13 GELUID

13.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het geluid van het windpark boven en onder water. Voor de keuze van de locatie en de inrichting van het windpark is het van belang om na te gaan, in welke mate het geluid van het windpark bijdraagt aan een verhoging van het achtergrondgeluid en in welk gebied rond het windpark het geluid ervan effect heeft. Het is daarbij zinvol om onderscheid te maken tussen luchtgeluid en onderwatergeluid en trillingen. Bij trillingen gaat het om trillingen in het water en trillingen in de zeebodem.

Luchtgeluid
Het achtergrondniveau van geluid, dat geproduceerd wordt door natuurlijke bronnen (golven en wind) bedraagt, afhankelijk van de windsnelheid, 40 - 55 dB(A) (Provinciale Waterstaat Zeeland, 1988). Volgens recente metingen zijn de natuurlijke achtergrond niveaus op zee 80 - 120 dB (Van Vessem et al, RIKZ, 2001a). Voor de mens worden niveaus hoger dan 50 dB(A) als storend ervaren.
Verstoring van vogels en bruinvissen wordt verwacht bij niveaus hoger dan 60 dB(A) (TNO, 1994). Daar staat tegenover dat, ondanks de toename van het achtergrond op de Noordzee als gevolg van menselijke activiteit, het aantal bruinvissen de laatste jaren aanzienlijk is gestegen (Van Vessem et al, RIKZ, 2001b).

Het geluid dat een windturbine produceert (ook wel brongeluid of geluidemissie) genoemd wordt over het algemeen veroorzaakt door het suizen van de rotorbladen in de wind. Het mechanisch geluid van moderne windturbines, veroorzaakt door de tandwielkast, de lagering en de generator, is meestal gering ten opzichte van het aerodynamische geluid van de draaiende rotorbladen. Het brongeluid van een moderne windturbine, zoals toegepast in het offshore windpark, bedraagt 106,4 dB(A) bij een windsnelheid van 8 m/s. Het brongeluid van (kleinere) windturbines voor toepassingen op land bedraagt 100 dB(A) tot 105 dB(A).
Door middel van de afstelling van de regeling van de windturbine en door het technische ontwerp van de turbine en de rotorbladen kan de geluidsproductie worden vermindert. Dit gaat echter vrijwel altijd ten koste van de energieopbrengst.

Normen voor luchtgeluid
Voor windprojecten op open zee zijn geen normen beschikbaar. In het kader van de vergunningverlening voor windturbines op land geldt het heersende achtergrondniveau of de richtwaarde (voorheen streefwaarde) vaak als toetsingsnorm (Ministerie van VROM, 1998). Over het algemeen is de maatgevende richtwaarde voor het geluidsniveau in landelijk gebied 30 dB(A) nachtwaarde en 40 dB(A) bovengrenswaarde.
Een windturbine, als geluidsbron, heeft echter de gunstige eigenschap dat deze geen geluid produceert als het windstil is. Juist in windstille perioden wordt een verhoging van het achtergrondniveau het meest hinderlijk ervaren. Bij een bepaalde windsnelheid treedt de windturbine in werking en gaan de rotorbladen draaien. Dit is voor wat het effect van geluid betreft de kritische windsnelheid. Bij hogere windsnelheden neemt ook het achtergrondgeluid toe: het geluid van golven en het bulderen van de wind. Het gemiddelde geluidsniveau als gevolg van wind en golven bedraagt bij een windsnelheid van 4 m/s 44 dB(A) en bij 7 m/s 55 dB(A). Bij hogere windsnelheden is het achtergrondgeluid maatgevend voor het geluid. Daarentegen is bijvoorbeeld scheepvaartgeluid en het geluid van olie- en gasinstallaties niet afhankelijk van de windsnelheid.

Het Ministerie van VROM heeft, in afwachting van de nieuwe normen, het advies uitgebracht om voor windturbinegeluid in landelijk gebied de bovengrenswaarde als norm te hanteren.

Onderwatergeluid en trillingen
Onderwatergeluid en trillingen zijn twee namen voor hetzelfde fenomeen. Voor het menselijk oor niet waarneembaar geluid wordt in het algemeen trilling genoemd. In dit hoofdstuk wordt met onderwatergeluid alle (voor de mens waarneembare en niet-waarneembare) geluid en trillingen onder water bedoeld.

Windturbines produceren verschillende typen mechanische trillingen:

- Laagfrequente trillingen,
  die samenhangen met de passage van de rotorbladen langs de mast, de trilling van de rotor en de eigen trilling van de mast en golven die tegen de mast slaan. Hogere frequenties kunnen mogelijk ontstaan door interferentie van deze trillingen met geluid uit de gondel.
- Hoogfrequente trillingen,
  die samenhangen met de draaiende onderdelen van de generator in de gondel, de interactie van de wind met de gehele windturbine (met name het aerodynamische geluid van de rotortippen), de beweging van zand en water langs de mast en organismen die op de windturbines voorkomen (in dit specifieke geval met name het sluiten van kleppen van de mossel).

Deze trillingen kunnen in principe op twee manieren worden overgedragen naar het water, namelijk direct via de mast en indirect vanuit de lucht via het grensvlak van lucht en water.

Bij hogere windsnelheden zal de frequentie van het geluid door wiekpassage niet veranderen vanwege de nagenoeg constante draaisnelheid. De intensiteit van mastgeluid kan echter wel toenemen. Een deel van de geluiden uit de gondel zal een hogere intensiteit en frequentie krijgen. De hogere intensiteit gaat echter gepaard met een toename van het achtergrondgeluid: Bij toenemende wind neemt ook de waterbeweging en - afhankelijk van de diepte - ook het zandtransport toe.

Over de emissie van geluid en trillingen die via de windturbinemast in het water en in de zeebodem worden gebracht, zijn slechts weinig gegevens beschikbaar (MER NSW, 2000). Om enigszins in deze lacune te voorzien zijn oriënterende geluids- en trillingsmetingen uitgevoerd aan een windturbine van het windpark Irene Vorrink (MER NSW, 2000). Dit windpark ligt in het IJsselmeer nabij Lelystad. De windturbines hebben elk een vermogen van 600 kW. De metingen bieden een eerste, globaal inzicht in de productie van onderwatergeluid en trillingen als gevolg van windturbines.

Of windturbines ook in de zeebodem trillingen veroorzaken, die merkbaar zijn in de omgeving, is afhankelijk van het turbinetype, de bodemgesteldheid en de gevoeligheid van de omgeving voor trillingen. Bij windturbines op of nabij dijken speelt de kans op trillingen een belangrijke rol. Trillingen kunnen de stabiliteit en daarmee de veiligheid van het dijklichaam negatief beïnvloeden. Op grond van ervaringen op land blijkt dat fundaties van windturbines, mits goed gedimensioneerd, geen hinderlijke trillingen doorgeven aan ondergrond, c.q. de omgeving.

Hoewel de fysische principes van geluid onder water vergelijkbaar zijn met die van geluid in lucht zijn er karakteristieke verschillen in de voortplanting van het geluid en in het achtergrondniveau (zie Haskoning, 1995a,b en Oranjewoud, 1998). De voortplanting van geluid onder water is onder andere afhankelijk van de frequentie van het geluid en de diepte van het water. Voor de Noordzee geldt in het algemeen dat geluid rond de 100 Hz tot op tientallen kilometers waarneembaar is, geluiden tussen de 1 kHz en 10 kHz zijn tot op enkele kilometers waarneembaar en geluiden boven de 100 kHz maximaal enkele meters. In ondiep water neemt de verspreiding toe door het zogenaamde tunneleffect. Als gevolg van reflecties tegen de bodem, geulranden en het wateroppervlak doven signalen beneden de 200 Hz in ondiep water echter snel uit.

13.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

Luchtgeluid op de kust
In het kader van de haalbaarheidsstudie voor het Near Shore Windpark (Novem, 1997) zijn geluidsmetingen uitgevoerd naar het achtergrondgeluid langs de kust. Op het strand en in de duinen wordt het achtergrondgeluid vooral bepaald door het geluid van de branding. Geluidsmetingen aan de branding bij Kijkduin wijzen uit dat het achtergrondniveau hier ongeveer 65 dB(A) bedraagt. Dit achtergrondniveau is gemeten bij een noordwestenwind, loodrecht op het strand, met een windsnelheid van ongeveer 4 meter per seconde (op de hoogte van een waarnemer). Op het strand en vóór de duinen, op ongeveer 75 meter van de branding is een achtergrondniveau gemeten van ongeveer 45 dB(A) (Haskoning, 1997).
Ook in het kader van het MER Proefboringen naar aardgas in de kustzone van Concessie 'Middelie' (Oranjewoud, 1998) zijn op het strand en in de duinen bij Castricum geluidsmetingen uitgevoerd. De huidige geluidbelasting op het strand bedraagt over een jaar gemiddeld tenminste 51 dB(A) en in de duinen 30 dB(A).

In de nabije toekomst zijn geen ontwikkelingen voorzien, die zullen leiden tot een noemenswaardige verandering in de huidige geluidsniveaus direct op de kust.

Luchtgeluid op zee
Op zee wordt het achtergrondgeluid bepaald door het geluid van de golven en de wind en het geluid van passerende schepen. Voor de zeevarende komt daar nog het geluid van het eigen schip bij.
Het achtergrondniveau op zee als gevolg van de golven en de wind bedraagt 40 - 55 dB(A). Het niveau van het achtergrondgeluid op zee is afhankelijk van de windsnelheid.

Onderwatergeluid en trillingen
Het achtergrondniveau van geluid in zee wordt bepaald door fysische, biotische en antropogene factoren. Regen heeft bijvoorbeeld een verhogend effect met circa 18 dB bij 100 Hz en circa 22 dB bij 1.000 Hz. Deze verhoging moet geteld worden bij het achtergrondgeluid van een volkomen vlakke zee van ongeveer 85 dB bij 30 Hz tot 60 dB bij 16 kHz. Bij storm kunnen deze achtergrondniveaus oplopen tot meer dan 100 dB bij 30 Hz en 85 dB bij 16 kHz. In ondiepe kustzones ligt het achtergrondniveau zelfs nog hoger als gevolg van branding, golfslag en snel stromend water.
Van de biotische factoren is met name van garnalen bekend dat ze het achtergrondniveau fors kunnen verhogen met circa 40 dB bij 8 kHz. Ook bijvoorbeeld walvissen en dolfijnen produceren zelf geluid, met pieken rond de 200 dB.

Antropogene factoren betreffen bijvoorbeeld het geluid van scheepvaart. Geluiden van vrachtschepen en veerboten variëren tussen 150 dB bij 100 Hz en 115 dB bij 5 kHz. Schepen produceren bijna alleen geluiden onder de 400 Hz. De grootste intensiteit wordt bij lagere frequenties gemeten: 160 - 170 dB bij 40 - 120 Hz. De geluiden, die van de luchtvaart afkomstig zijn, dringen nauwelijks door in het water.

Figuur 13.1 op de volgende pagina, geeft een grafisch overzicht van minimum- en maximumniveaus onder water van natuurlijk geluid en van menselijke activiteiten op zee.

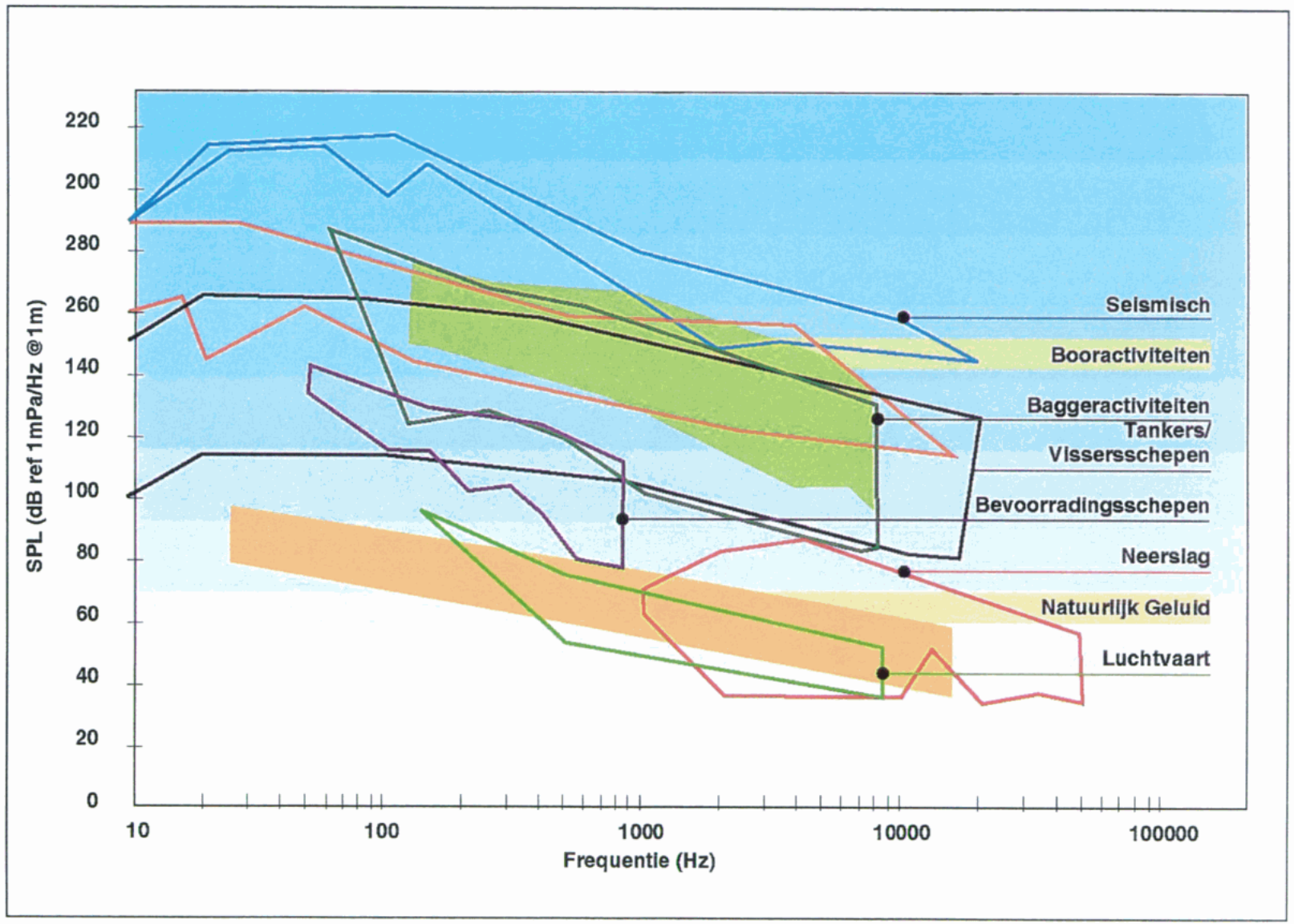
13.3 Effecten van het offshore windpark

Luchtgeluid
Wanneer als referentie wordt uitgegaan van de normen op land bedraagt het maximaal toegestane geluidbelastingniveau voor landelijk gebied 40 dB(A). Bij het offshore windpark reikt het geluidsniveau van 40 dB(A) tot maximaal 1.500 meter vanaf de rand van het windpark (zie figuur 13.2, pagina 240). Als rekening wordt gehouden met andere windsnelheden en andere windrichtingen vervormt de 40 dB(A) contour onder invloed van de wind enkele honderden meters met de windrichting mee.

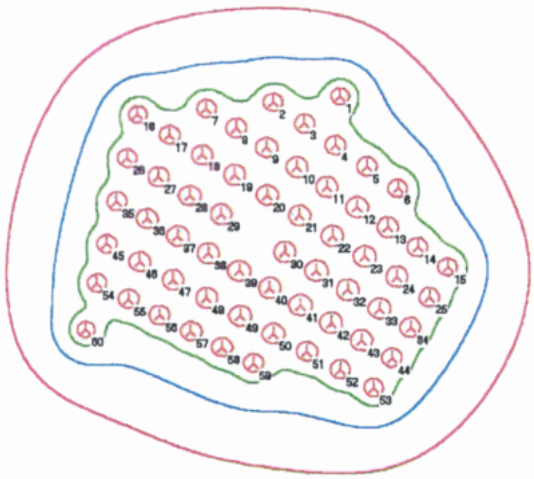
Het offshore windpark zal vanwege de grote afstand tot de kust geen gevolgen hebben voor het geluidsniveau op de kust. Bij windsnelheden tussen de 4 mis en 8 mis zal het geluidsniveau binnen een zone van 500 meter rond de windturbines mogelijk hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau voor de zeevarende waarnemer.
Voor vogels zullen de windturbines bij de kritische windsnelheid op een afstand van 500 meter tot 1000 meter hoorbaar zijn. Verstoring van vogels wordt verwacht bij niveaus hoger dan 60 dB(A). Dergelijke niveaus treden slechts op in een klein gebied rond de windturbines met een straal van enkele tientallen meters.

Onderwatergeluid en trillingen
Het brongeluid van het type windturbine, dat in het offshore windpark wordt toegepast, bedraagt bij een windsnelheid van 8 m/s ongeveer 74 dB bij 30 Hz, 90 dB bij 150 Hz en 98 dB bij 2000 Hz. Dit brongeluid ontstaat in de gondel en als gevolg van de draaiende beweging van de rotor. Hoewel niet bekend is in welke mate dit geluid onder water waarneembaar is, kunnen deze waarden vergeleken worden met het achtergrondgeluid van een volkomen vlakke zee van ongeveer 85 dB bij 30 Hz tot 60 dB bij 16 kHz.
Het geluid van een in bedrijf zijnde windturbine is aanzienlijk lager dan het geluid van vrachtschepen en veerboten: dit varieert tussen 150 dB bij 100 Hz en 115 dB bij 5 kHz.

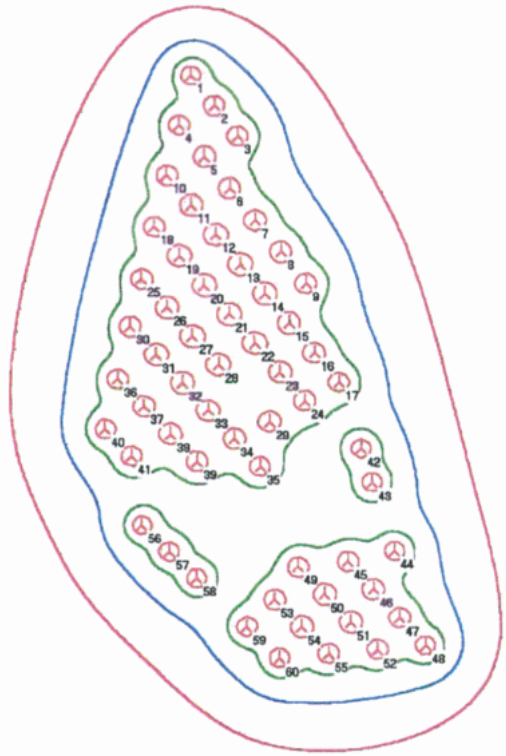
Aan de windturbine van het windpark Irene Vorrink zijn trillingsniveaus in de voet van de fundatie gemeten en geluidsdrukniveaus in het water op diverse afstanden van de windturbine.
De metingen leverden een relatief laag trillingsniveau op in de fundatie van de windturbine. Dat trillingsniveau blijkt, onder de omstandigheden waaronder de metingen werden verricht, niet sterk toe te nemen indien het geleverde vermogen toeneemt.
Als gevolg hiervan is het door de ondersteuningsconstructie van de windturbine afgestraalde onderwatergeluid eveneens relatief gering. Onder de meetomstandigheden is het geluid van de windturbines niet meer waarneembaar in het gemeten achtergrond geluidsdrukniveau vanaf een meetafstand van 90 meter.



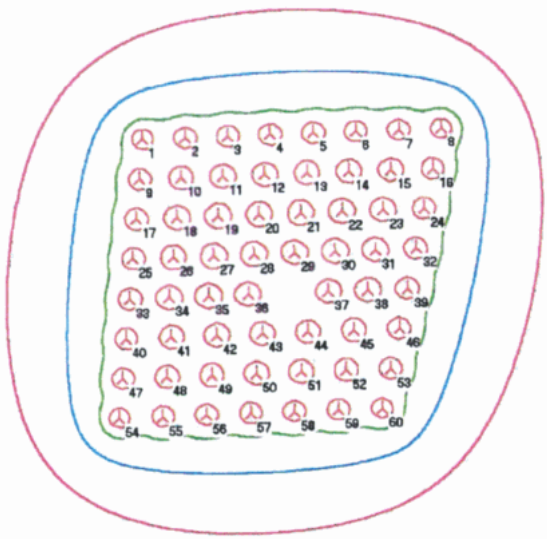
Figuur 13.1 Overzicht van minimum- en maximumniveaus onder water van natuurlijke geluid en van menselijke activiteiten op zee
Bron: NAM, 1996



Q7-WP



Q4-WP



P12-WP

Figuur 13.2 40 dB (A) geluidscontouren van de verschillende locaties

40 dB 45 dB 50 dB 55 dB

De in tabel 13.3 gepresenteerde totale geluidsdruk niveaus, afgerond op gehele getallen, zijn op diverse afstanden gemeten:

Afstand tot de fundatie (in meters)	Lp (in dB Re 1 µPa)
1,2	139
8	126
14	124
90	134
260	129
410	129

Tabel 13.3 Totaal geluidsdrukniveau Lp onder water op een diepte van 2 meter op diverse afstanden van een windturbine. Weergegeven zijn de gesommeerde niveaus over de tertsbanden van 10 Hz tot en met 10.000 kHz.

Het geluidsdruk niveau dat op een afstand van 1,2 meter uit de fundatie werd gemeten is in een beperkt frequentiegebied ongeveer 20 dB hoger dan het optredende achtergrondniveau.

De in bedrijf zijnde windturbines leveren naar verwachting geen significante bijdrage aan de verhoging van de bestaande geluidsniveaus onder water. Het onderwatergeluid van de in bedrijf zijnde windturbines kan het beste vergeleken worden met het onderwatergeluid als gevolg van scheepvaart. De locaties liggen in gebieden met intensieve scheepvaart in de omgeving van het windpark.

Het effect van de windturbines op het geluidsniveau onderwater is gering en op enige afstand van het windpark niet meer merkbaar. Anderzijds is er slechts beperkt inzicht in de gevoeligheid van het bodem- en onderwaterleven voor geluid en trillingen onder water (zie ook hoofdstuk 11 'Onderwaterleven').

13.3.1 *Effecten van de locaties*

Luchtgeluid

De voorkeurslocatie Q7-WP en het locatiealternatief P12-WP resulteren in een verhoging van het aanwezige achtergrondgeluidniveau in een kleiner gebied, omdat de inrichting van deze locaties compact is. Het locatiealternatief Q4-WP beïnvloedt een groter gebied.

Onderwatergeluid en trillingen

Naar verwachting is er geen onderscheid tussen de locaties wat betreft de gevolgen voor het onderwatergeluid en trillingen.

13.3.2 *Effecten van de inrichting*

Luchtgeluid

De geluidscontour van de basisinrichting van de verschillende locaties is weergegeven in figuur 13.2.

Luchtgeluid: Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Een toename van de ashoogte resulteert in een verlaging van de piekbelasting in het windpark net boven het wateroppervlak, maar een toename van het totale gebied, dat invloed van het geluid ondervindt.
De invloed van het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' op het aspect geluid is dus mede afhankelijk van het deelaspect (piekbelasting of verstoord gebied), waaraan het meeste gewicht wordt toegekend .

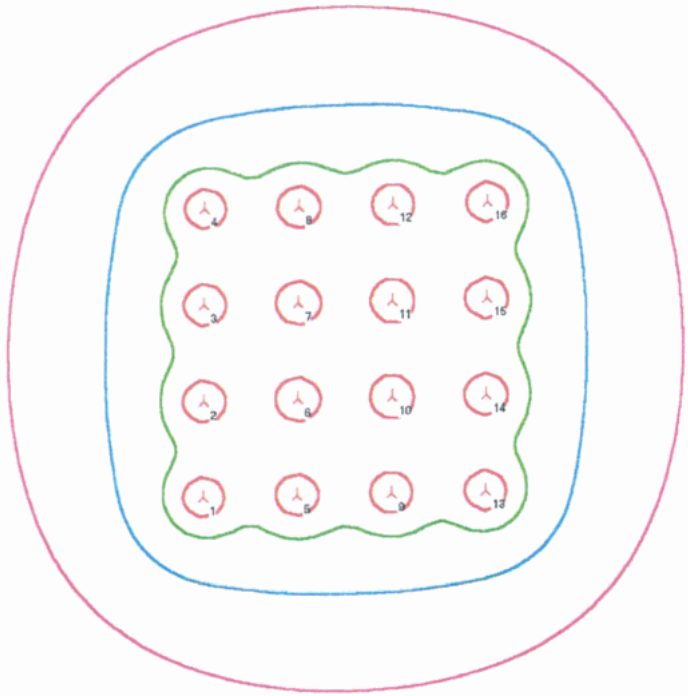
Luchtgeluid: Onderlinge afstand tussen de windturbines.
Wanneer de onderlinge afstand tussen de windturbines toeneemt, zal het geluid van de ene turbine minder bijdragen aan het totale geluidsniveau in de omgeving van een andere turbine. De 40 dB(A) geluidscontour komt daarmee dichter rond het windpark te liggen. Maar als gevolg van de grotere onderlinge afstand tussen de windturbines is het totale oppervlak van het gebied binnen de 40 dB(A) contour groter (zie figuur 13.4).
Bij een vergroting van de onderlinge afstand neemt de piekbelasting in het windpark dus af, maar het totale verstoorde gebied neemt toe. Hetzelfde geldt retro verso voor een verkleining onderlinge afstand tussen de windturbines.
De invloed van de milieu-alternatieven 'grote spacing' en 5 x D' op het aspect geluid is dus mede afhankelijk van het deelaspect (piekbelasting of verstoord gebied), waaraan het meeste gewicht wordt toegekend.

Luchtgeluid: Grotere rotordiameter
In het algemeen heeft een windturbine met een grotere rotor een hogere bronsterkte: de windturbines produceert meer geluid. Een grotere rotordiameter heeft in dat geval negatieve invloed op zowel de piekbelasting in het windpark als de omvang het verstoorde gebied.
Het milieu-alternatief 'V80-offshore' is dus minder gunstig voor het milieu dan de basisinrichting.

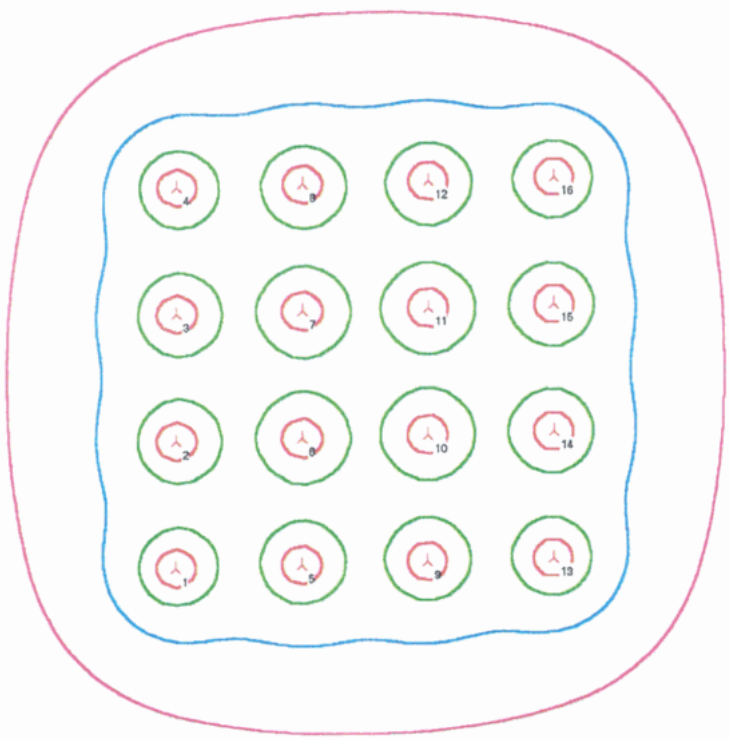
Luchtgeluid: Parkopstelling
De opstelling van de windturbines in een cirkel leidt tot een hogere piekbelasting in het windpark, maar een kleiner gebied dat verstoord wordt. Het effect van het milieu-alternatief 'cirkelvorm' is dus afhankelijk van het deelaspect (piekbelasting of verstoord gebied), waaraan het meeste gewicht wordt toegekend.

Onderwatergeluid en trillingen: Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
De ondersteuningsconstructie van een hogere windturbine is zwaarder dan in de basisinrichting. Daardoor zullen het geluid en de trillingen, die via deze constructie worden doorgegeven aan het water, verschillen van de basisinrichting. Er is onvoldoende bekend over het specifieke geluid dat windturbines op zee onderwater produceren om uitspraken te kunnen doen over de invloed van een zwaardere ondersteuningsconstructie op het onderwatergeluid. Er kan geen uitspraak worden gedaan over de invloed van het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' ten opzichte van de invloed van de basisinrichting.

Onderwatergeluid en trillingen: Grotere rotordiameter
Milieu-alternatief 'V80-offshore' heeft een zwaardere ondersteuningsconstructie. Hetgeen hiervoor is gezegd over het effect van een zwaardere ondersteuningsconstructie geldt ook bij dit alternatief.



600 m



800 m

40 dB 45 dB 50 dB 55 dB

Figuur 13.4 De geluidscontouren rond een windpark met onderlinge afstand van 600 m en 800 m

Onderwatergeluid en trillingen: Onderlinge afstand tussen de windturbines
Wanneer de windturbines verder uit elkaar worden geplaatst, wordt een groter gebied verstoord door onderwatergeluid en trillingen. Daarentegen is bij een grotere onderlinge afstand tussen de windturbines de piekbelasting in het windpark lager. Vanwege de onzekerheden omtrent het effect van onderwatergeluid op het onderwaterleven, met name zeezoogdieren, wordt aan verstoring door onderwatergeluid meer gewicht toegekend dan aan de piekbelasting van het onderwatergeluid.
Het milieu-alternatief 'grote spacing' heeft dus negatieve invloed op het aspect onderwatergeluid en trillingen. Het milieu-alternatief '5 x D' heeft een positieve invloed.

Onderwatergeluid en trillingen: Parkopstelling
De totale omvang van het verstoorde gebied is bij het milieu-alternatief 'cirkelvorm' kleiner dan bij de basisinrichting. Dit milieu-alternatief scoort dus positief op het aspect onderwatergeluid en trillingen.

13.3.3 *Effecten van het onderhoud*
Luchtgeluid
Onderhoud aan turbines kan, afhankelijk van de reparatie en onderhoudswerkzaamheden, gepaard gaan met de productie van geluid; helikopter, werkschepen, hijsen, e.d. Voor het reguliere onderhoud zullen de windturbines worden benaderd per werkschip.
Voor het verhelpen van storingen zullen de windturbines worden benaderd met een helikopter. Op grond van gepubliceerd onderzoek Europees en Amerikaans onderzoek komen Lensink en Dirksen (Lensink & Dirksen, 2000) tot de conclusie dat helikopters een verstorende invloed hebben op rustende en foeragerende niet-broedvogels. Op een afstand van minder dan 2 km en een vlieghoogte van minder dan 1000 meter kunnen helikopters verstoringen veroorzaken. Daarnaast is de kans op verstoring groter naarmate de hoogte en de afstand kleiner zijn. De helikopter overschrijdt het 60 dB(A) geluidsniveau tot een afstand van 1400 meter bij een vlieghoogte tussen de 50 en 180 meter. Naar verwachting wordt elke windturbine vier keer per jaar bezocht door een helikopter. De helikopter blijft gemiddeld hooguit 10 minuten boven het helihoist platform hangen. Voor het gehele windpark inclusief hoogspanningsstation zijn dit 244 vluchten. Dit aantal kan vergeleken worden met circa 6.500 vluchten per jaar vanaf Den Helder en Maasvlakte ten behoeve van het loodswezen. Daar kunnen de vluchten voor de offshore olie- en gasindustrie nog bij opgeteld worden.

Omdat het windpark nabij de IJ-geul en het ankergebied ligt, is naar verwachting in het gebied veel bestaande bedrijvigheid van loodsen en helikopters aanwezig. Wanneer geen sprake is van nieuwe aanvliegroutes, betekent dit dat de verstoring beperkt blijft tot een gebied dat reeds verstoord wordt. Daarnaast zal, ongeacht de aanvliegroute, het gebied van het windpark zelf altijd met extra verstoring te maken krijgen. Deze redenatie geldt voor vogels en zeezoogdieren.

Het geluid van het werkschip is niet afwijkend van het geluid van de normale scheepvaart in het gebied. De verstoring, die door deze activiteiten wordt veroorzaakt, is verwaarloosbaar ten opzichte van de aanwezige geluidsbronnen In het gebied. Onderhoud betekent in veel gevallen bovendien dat de turbine(s) gedurende een bepaalde tijd stilstaan, en dus geen bijdrage leveren aan het geluidsniveau.

Onderwatergeluid en trillingen
Voor onderhoud zal het windpark worden diverse keren per jaar bezocht door werkschepen en helikopters.
Zoals in de vorige alinea aangegeven overschrijdt de helikopter het 60 dB(A) geluidsniveau tot een afstand van 1400 meter bij een vlieghoogte tussen de 50 en 180 meter. Elke windturbine wordt vier keer per jaar bezocht door een helikopter en tijdens het hoisten blijft de helikopter gemiddeld hooguit 10 minuten boven het helihoist platform hangen. Het geluid van het werkschip is niet afwijkend van het geluid van de normale scheepvaart in het gebied. De verstoring, die door deze activiteiten wordt veroorzaakt, is daarom verwaarloosbaar ten opzichte van de aanwezige geluidsbronnen in het gebied. Onderhoud betekent in veel gevallen bovendien dat de turbine(s) gedurende een bepaalde tijd stilstaan, en dus geen bijdrage leveren aan het geluidsniveau.
Eens in de één of twee jaar zal de aangroei door middel van zeewater onder hoge druk van de buispalen gespoten worden. Deze activiteit leidt gedurende een zeer korte periode tot een verhoging van het geluidsniveau onder water. De verstoring, die door deze activiteit veroorzaakt wordt, is zeer kortdurend en incidenteel en zal niet tot significante effecten leiden.

13.3.4 *Effecten van de aanleg en verwijdering*
Luchtgeluid
De aanleg van het windpark zal tijdelijk een verhoging van de geluidbelasting in de omgeving veroorzaken, vooral door het heien van de buispalen van de turbines. Verwacht wordt dat het werkverkeer - temidden van de normale beroepsmatige en recreatieve scheepvaart - niet leidt tot een noemenswaardige toename van de geluidbelasting.
De monopaal, waarop de windturbine wordt geplaatst, wordt de bodem ingeheid. Het gaat hierbij echter slechts om een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Er zijn verschillende typen heistellingen. Een type dat veel wordt toegepast voor offshore werkzaamheden is het hydroblok, met een bronvermogen van 115 dB(A). Het bronvermogen kan worden gereduceerd door het aanbrengen van een geluiddempende mantel om het heiblok. Dit geeft een geluidsreductie van circa 14 dB(A). Het bronvermogen van een hydroblok met mantel komt daarmee op 101 dB(A).

In tabel 13.5 zijn de berekende gestandaardiseerde immissieniveaus (Li) als gevolg van het hydroblok en het hydroblok met een geluiddempende mantel weergegeven (MER NSW, 2000). De overdracht van het geluid wordt naast het bronvermogen ook bepaald door een aantal andere factoren, zoals absorberende en reflecterende bodemvlakken (de zee) en obstakels, die kunnen afschermen en/of reflecteren. Met al deze factoren wordt rekening gehouden bij de berekening. Er is gerekend op een waarneemhoogte van 1,8 meter zonder meteocorrectie. Dat laatste betekent dat gerekend is onder omstandigheden waarbij de overdracht van het geluid optimaal is. De wind is verondersteld gericht te zijn van bron naar ontvanger.

Afstand tot de bron (in meters)	Hydroblok (in dB(A))	Hydroblok met mantel (in dB(A))
1.000	41,5	32,9
2.000	32,2	26,8
3.000	26,0	23,2
4.000	21,2	20,6

Tabel 13.5 Berekende gestandaardiseerde immissieniveaus (Li) met 2 typen heistellingen.

Uit de berekeningen blijkt dat met een hydroblok met mantel al op 1 kilometer afstand van de bron ruimschoots kan worden voldaan aan 40 dB(A).
Vanwege de grote afstand tot de kust zijn de werkzaamheden niet te horen op de kust.

Tijdens de aanleg worden de buispalen en windturbines voorzien van (tijdelijke) markeringen voor de scheepvaart. Ten behoeve van de energievoorziening van deze verlichting en misthoorns is tijdens de bouw op elke buispaal een accubatterij en een dieselaggregaat van 3,3 kW aanwezig. De aggregaten zijn dagelijks één uur in bedrijf om de accubatterij op te laden. Daarnaast worden de aggregaten gebruikt tijdens het in de windturbine trekken van de elektriciteitskabels. Daarvoor is per windturbine een aggregaat 8 uur in bedrijf.
Het brongeluid van het aggregaat bedraagt 103 dB(A). Dat is minder dan het brongeluid van de windturbine (106,4 dB(A)). De geluidscontouren zoals weergegeven in figuur 13.2 zijn dus een overschatting van de geluidscontour als gevolg van de situatie waarbij op elke buispaal op hetzelfde moment het aggregaat in bedrijf is.

Om mogelijke verstoring van vogels zoveel mogelijk te beperken, dient de bouwperiode en dan met name de periode waarin geheid wordt, zo kort mogelijk te zijn. Vanuit economische overwegingen wordt er ook naar gestreefd de bouwtijd op zee zo kort mogelijk te houden.

De effecten als gevolg van de aanleg van het offshore windpark worden voornamelijk bepaald door de effecten van het heien. Deze activiteit vindt echter gedurende een korte periode plaats. Naar verwachting heeft dit geen significante gevolgen voor de omgeving.

Als het windpark wordt verwijderd, gaat dit gepaard met een tijdelijke verhoging van de geluidbelasting in de omgeving. Verwacht mag worden dat tijdens de verwijdering geen werkzaamheden zullen worden uitgevoerd, die de geluidspieken tijdens de aanleg van het windpark (met name het heien) zullen overtreffen.
Voor wat betreft geluid geldt dus dat de fase van verwijdering minder effect heeft dan de aanlegfase.

Onderwatergeluid en trillingen
Met uitzondering van het heien veroorzaakt de aanleg geen bijzondere verhoging van de geluidsbelasting. Verder zijn deze activiteiten eenmalig en gedurende een korte periode. Naar verwachting leidt de aanleg niet tot significante effecten.

Bij de verwijdering treden dezelfde geluiden op als tijdens de aanleg, met uitzondering van het heien. Zoals hiervoor aangegeven leidt dus ook de verwijdering niet tot significante effecten.

13.3.5 *Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal*
Luchtgeluid
Voor de aanleg van de kabel zullen tijdelijk werkschepen zich in het gebied van het windpark en het kabeltracé ophouden. Deze activiteit leidt echter niet tot een substantiële verhoging van het luchtgeluid. Ter plaatse van de kruising met de zeereep zal de kabel door middel van een gestuurde boring onder het strand en de duinen worden gebracht. De gestuurde boring leidt gedurende korte tijd tot een verhoging van het geluidsniveau op de kust. Omdat de aanlanding plaatsvindt op een plaats met bestaande onrust, zal deze tijdelijke activiteit geen wezenlijke gevolgen hebben voor de omgeving.

Onderwatergeluid en trillingen
Tijdens het jet trenchen zal het geluidsniveau onder water gedurende een korte periode verhoogd worden. Dit effect is afhankelijk van de lengte van het kabeltracé. Dit betekent dat het effect van de aanleg van de kabels vanaf P12-WP groter is dan het effect van de aanleg van de kabels vanaf Q4-WP. De aanleg van de kabels vanaf voorkeurslocatie Q7-WP heeft de minste effecten op onderwatergeluid en trillingen. Overigens zijn de effecten voor alle windparken zeer tijdelijk en beperkt en zullen deze naar verwachting niet tot significante effecten leiden.

13.4 Conclusies van de effectvoorspelling

De geluidbelasting tijdens de verschillende levensfases van het windpark (aanleg, gebruik en onderhoud en verwijdering) zal het heersende achtergrondniveau zowel boven water als onder water in een beperkt gebied overschrijden. Tijdens de gebruiksfase is deze overschrijding minder dan tijdens de aanleg en eventueel het verwijderen.
De geluidbelasting tijdens de verschillende levensfases van het windpark (aanleg, gebruik en onderhoud en verwijdering) leidt niet tot een verhoging van het geluidsniveau op of direct voor de kust. Voor alle locaties geldt dat de verhoging van het geluidsniveau in de gebruiksfase en tijdens onderhoud gering is en slechts in een beperkt gebied effect heeft. Tijdens de fase van aanleg is er, zeker tijdens het heien een verhoging van het geluidsniveau, maar deze activiteit is slechts van korte duur.

In de tabel op de volgende pagina zijn de effecten van het offshore windpark op geluid en onderwatergeluid samengevat.

	Gebruik		Onderhoud		Aanleg en verwijdering		Aanleg kabel	
	Luchtgeluid	Onderwater-geluid	Luchtgeluid	Onderwater-geluid	Luchtgeluid	Onderwater-geluid	Luchtgeluid	Onderwater-geluid
Voorkeurslocatie Q7-WP								
Basisinrichting en Inrichtingsvarianten	1.500 m -	Beperkt gebied	Helikoptergeluid Incidenteel & van korte duur	Uitsluitend helikoptergeluid Incidenteel & van korte duur	Heien Zeer korte duur	Met name heien Zeer korte duur	Kruising zeereep Zeer korte duur	Jet trenchen Korte duur -
Locatiealternatief Q4-WP								
Basisinrichting en Inrichtingsvarianten	1.500 m - -	Beperkt gebied	Helikoptergeluid Incidenteel & van korte duur	Uitsluitend helikoptergeluid Incidenteel & van korte duur	Heien Zeer korte duur	Met name heien Zeer korte duur	Kruising zeereep Zeer korte duur	Jet trenchen Korte duur - -
Locatiealternatief P12-WP								
Basisinrichting en Inrichtingsvarianten	1.500 m -	Beperkt gebied	Helikoptergeluid Incidenteel & van korte duur	Uitsluitend helikoptergeluid Incidenteel & van korte duur	Heien Zeer korte duur	Met name heien Zeer korte duur	Kruising zeereep Zeer korte duur	Jet trenchen Korte duur - - -

Tabel: 13.6 Samenvatting van de effecten van het offshore windpark op het aspect geluid.
Waar van toepassing is een onderscheid gemaakt tussen locaties. Des te minder **-** , des te minder effect.
De **-** in een rij mogen niet opgeteld worden, omdat geen weging van effecten heeft plaatsgevonden.

14 GEBRUIKSFUNCTIES

14.1 Algemeen

Bij het bepalen van mogelijke locaties voor het offshore windpark is al kort aandacht besteed aan de gebruiksfuncties op de Noordzee die een mogelijke relatie hebben met het offshore windpark. Bij de keuze van de locaties is zoveel mogelijk rekening gehouden met de randvoorwaarden die deze gebruiksfuncties aan de locatie van het windpark stellen. Dit neemt niet weg dat het windpark of de elektriciteitskabels tussen het windpark en de wal, de gebruiksfuncties op de Noordzee kunnen beïnvloeden. Hieronder is voor de belangrijkste functies aangegeven of en in welke mate deze worden beïnvloed door het offshore windpark.
Eén van de meest in het oogspringende gebruiksfuncties is de scheepvaart.
De effecten van het windpark op de scheepvaart zijn reeds beschreven in hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's' en blijven daarom hier buiten beschouwing.

14.2 Visserij

Het windpark kan de visserij zowel direct als indirect beïnvloeden. Van directe beïnvloeding zal sprake zijn doordat het oppervlak aan vergelijkbare visgronden wordt verminderd. Als indicatie voor de ligging van de visgronden kan de verspreiding van de visserijvloot buiten de 12-mijlszone worden gehanteerd (zie bijlage A, Effecten offshore windmolenpark op visserij, RIVO,2000).
Dit criterium biedt ook een globaal inzicht in gevolgen van het windpark voor de vaartijd naar de visgronden voor vissersschepen uit nabijgelegen havens. De vaartijd kan toenemen, doordat de schepen op weg naar de visgronden om het windpark heen moeten varen.

Indirecte effecten kunnen ontstaan door bijvoorbeeld veranderingen in stroompatronen, in de morfologie of aantasting van paaigebieden en kinderkamers voor diverse vissoorten.
Met het oog op de visserij is het van belang om het huidige stroompatroon in de Noordzeekustzone zo min mogelijk te wijzigen. Veranderingen in het stroompatroon kunnen de kinderkamerfunctie voor jonge vis beïnvloeden. Ook kan het larventransport in de kustzone worden onderbroken of vertraagd. 'Een ononderbroken en niet vertraagd larventransport is een randvoorwaarde voor de instandhouding van de commerciële bestanden van onder andere schol, haring en kabeljauw' (Rijkswaterstaat, 1998a). Zoals in hoofdstuk 10 'Morfologie, hydrologie en waterkwaliteit' is beschreven heeft het offshore windpark geen gevolgen voor het stroompatroon.
Het windpark kan ook positieve gevolgen hebben voor de visserij. Indien een gebied rond het offshore windpark wordt gesloten voor de scheepvaart kan een refugium, een broedkamer, ontstaan voor het onderwaterleven. In dit gesloten gebied kan het bodemleven zich herstellen en ontwikkelen. Een rijk bodemleven biedt voedsel aan vissen. Deze positieve gevolgen komen aan de orde in hoofdstuk 17 'Positieve milieueffecten'.
In het kader van dit MER is door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek onderzoek gedaan naar de mogelijke effecten van een offshore windpark op de locaties Q7-WP, Q4-WP en P12-WP voor de Nederlandse visserij (RIVO, 2000). Het onderzoeksrapport is opgenomen in bijlage A. De belangrijkste resultaten worden in deze paragraaf gepresenteerd.

14.3 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

'Visserij vindt op de gehele Noordzee plaats. De praktijk is dat er nu overal gevist wordt, behalve daar waar het verboden is in verband met de ruimtelijke scheiding met andere functies, bijvoorbeeld in de buurt van offshore platforms, rond pijpleidingen en kabels en in opgroeigebieden van jonge vis. (...) Het toekomstbeeld is een gezonde bedrijfstak die op een ecologisch verantwoorde en efficiënte manier gebruik maakt van de zee' (Rijkswaterstaat, 1998a). Uit het Visserij Registratie Systeem blijkt dat, in de ICES vakken waarin de locaties liggen, voor kotters tussen 225 en 300 pk naast de boomkor ook het staand want (warnet visserij), de bordentrawl en de spanzegen van kwantitatief belang zijn. Voor zwaardere kotters (> 300 pk) is naast de boomkor alleen de spanzegen nog een kwantitatief belangrijk tuig.

14.4 Effecten van het offshore windpark

Gesloten gebied
Wanneer het offshore windpark en een zone van 500 meter rond het windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, betekent dit dat er binnen dit gebied niet meer gevist mag worden. Maar ook buiten dit gesloten gebied gaat visgrond verloren omdat vissende schepen bij nadering van het gesloten gebied hun koers moeten verleggen. Bevissing vindt niet overal op het NCP in gelijk mate plaats. Naast verlies aan bevisbaar oppervlak wordt daarom ook gekeken naar de specifieke habitat, die bepalend is voor de bevissing. Een vergelijking op basis van vergelijkbare visgrond houdt rekening met het bevisbare oppervlak en de bevissingsintensiteit, c.q. de aanwezige habitat.
Het verlies aan vergelijkbare visgronden als gevolg van een offshore windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP, bedraagt 0,23%. Het verlies van vergelijkbare visgronden zal een geringe toename van de visserijdruk op de andere visgronden veroorzaken. Hierdoor zal de vangstefficiëntie van een schip kleiner worden. Hoewel het effect moeilijk is te kwantificeren, zal het effect naar verwachting gering zijn. Het aandeel van de visserij binnen de locaties is namelijk gering ten opzichte van de totale visserij buiten de Nederlandse 12-mijlszone. Het verlies aan bevisbaar oppervlak van het Nederlands Continentaal Plat als gevolg van offshore windpark Q7-WP bedraagt 0,039%. De visserij-inspanning op locatie Q7-WP ten opzichte van de visserij-inspanning op het Nederlands Continentaal Plat bedraagt 0,066%. De toename van de vaartijd van vissersschepen naar de visgronden is moeilijk in te schatten. Zowel IJmuiden als Scheveningen zijn een thuishaven voor vissersschepen. Uit onderzoek in het kader van het MER Near Shore Windpark blijkt dat vissers direct na het verlaten van de haven van IJmuiden koers zetten naar het noorden en vrijwel allemaal tussen de kust en een punt op 8 kilometer voor de kust van Egmond aan Zee zullen doorvaren (MER NSW, 2000). Een windpark op de locatie Q7-WP vormt voor deze groep vissers dus geen belemmering.

Geen gesloten gebied
Wanneer het gebied tussen de windturbines en de zone van 500 meter rond het windpark niet tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, zullen de effecten voor de visserij aanzienlijk geringer zijn. Het verlies aan vergelijkbare visgrond is in dat geval nihil. Het veilig doorkruisen van het gebied tussen de windturbines met een sleepnet zal echter meer stuurmanskunst en aandacht vergen.
Het is uit veiligheidsoverwegingen echter niet waarschijnlijk dat het bevoegd gezag het gebied tussen de windturbines en in een zone van 500 meter rond het windpark niet tot gesloten gebied zal verklaren.

14.4.1 *Effecten van de locaties*

Gesloten gebied

Aangezien het ruimtebeslag van het offshore windpark op alle locaties vrijwel gelijk is, is vooral de intensiteit van de visserij van belang. Het verlies aan bevisbaar oppervlak van het Nederlands Continentaal Plat als gevolg van de realisatie van een offshore windpark op het locatiealternatief Q4-WP bedraagt 0,035% en 0,037% voor P12-WP. Het verlies aan vergelijkbare visgrond (oppervlakte en habitat) bedraagt 0,20% voor Q4-WP en 0,22% voor P12-WP. De visserij-inspanning per locatie ten opzichte van die van het Nederlands Continentaal Plat bedraagt 0,036% voor Q4-WP en 0,063% voor P12-WP.

Geen gesloten gebied

In dit geval treedt geen verlies van visgrond op. De moeilijkheidsgraad van het doorkruisen van het gebied tussen de windturbines van het offshore windpark is voor de locatiealternatieven gelijk aan de voorkeurslocatie.

14.4.2 *Effecten van de inrichting*

Een grotere ashoogte, zoals in milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' heeft geen invloed op de visserij.
Een grotere rotordiameter heeft eveneens geen invloed op de mogelijkheden voor de visserij.
Een verkleining van de onderlinge afstand tussen de windturbines betekent dat het totale gebied van het windpark kleiner wordt. Een kleiner gebied heeft minder gevolgen voor de scheepvaart en de visserij, zowel voor de situatie van een open als volledig gesloten gebied. Milieu-alternatief '5 x D' heeft dus een positieve invloed en milieu-alternatief 'grote spacing' een negatieve invloed op de gebruiksfuncties scheepvaart en visserij.
De kleur van de windturbines en/of een rood knipperend toplicht hebben geen andere gevolgen voor de visserij dan de basisinrichting. Dit geldt zowel voor de situatie dat het gebied rond het windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, als voor de situatie van een volledig open gebied.

14.4.3 *Effecten van onderhoud en van de aanleg en verwijdering*

Gesloten gebied

Het onderhoud en de aanleg en verwijdering hebben geen gevolgen voor de visserij, omdat deze activiteiten zich binnen het gesloten gebied afspelen. De tijdelijke toename van scheepsbewegingen tijdens de fase van aanleg en verwijdering zijn ten opzichte van de normale scheepvaart niet zodanig, dat de visserij hierdoor belemmerd wordt.

Geen gesloten gebied

Wanneer het gebied rond het windpark niet tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, zal het gebied naar verwachting tijdens de fase van aanleg en verwijdering tijdelijk worden gesloten voor andere scheepvaart. Gedurende die relatief korte periode treedt dus tijdelijk een verlies aan vergelijkbare visgrond op.
Voor normaal onderhoud zal het windpark niet gesloten worden voor andere scheepvaart. In deze situatie treedt dus geen verlies aan visgrond op. Bij groot onderhoud, waarbij eventueel hefschepen worden ingezet, zal het gebied of een deel ervan tijdelijk tot gesloten gebied voor andere scheepvaart worden verklaard. Gedurende die relatief korte perioden is dan sprake van een tijdelijk verlies aan visgrond.

14.4.4 *Effecten van de (aanleg van de) elektriciteitskabel naar de wal*

Tijdens de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal zal andere scheepvaart tijdelijk geweerd worden uit het gebied waar de werkzaamheden plaatsvinden. Dit betekent echter dat slechts gedurende een zeer korte periode ter plaatse van het kabeltracé niet gevist kan worden. De gevolgen voor de visserij hiervan zijn verwaarloosbaar.

De aanwezigheid van de kabel legt geen beperkingen op aan de sleepnetvisserij boven of in de omgeving van het tracé van de kabel. Het beschadigen van de elektriciteitskabel door het loswoelen van de bodem met sleepnetten, wordt voorkomen door de kabel voldoende diep aan te leggen. De zeekabel zal op ongeveer 1 meter diepte worden ingegraven.
Deze diepte is voldoende om te voorkomen dat boomkorvissers met hun sleep de kabels kunnen beschadigen.

14.5 Scheepvaart

Iedere vijf jaar wordt nagegaan of de scheepvaartroutes gewijzigd moeten worden om een veilige scheiding tussen scheepvaart en andere gebruiksfuncties, zoals bijvoorbeeld de offshore olie- en gasexploiratie, te waarborgen. Ook de aanwezigheid van het offshore windpark kan ruimtelijke invloed hebben op de scheepvaart. Zoals blijkt uit hoofdstuk 4 ligt de voorkeurslocatie Q7-WP buiten het verkeersscheidingsstelsel en ruim 2 zeemijl ten Noordwesten van het ankergebied ten Noorden van de IJgeul. Of het offshore windpark en een zone van 500 meter rond het windpark wel of niet tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, heeft dus geen invloed op het verkeer in de scheepvaartroutes en in de zogeheten 'links'.
Wanneer scheepvaart tussen de windturbines van het windpark is toegestaan, is de kans op aanvaringen hoger dan wanneer het gebied gesloten is voor de scheepvaart. Daarnaast bestaat het risico van aandrijvingen van op drift geraakte schepen met de windturbines van het windpark. Deze risico's komen uitvoerig aan de orde hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's'.

Andere effecten op de scheepvaart dan de ruimtelijke invloed op de scheepvaartroutes worden zowel onder reguliere omstandigheden als bij incidentele gebeurtenissen niet of nauwelijks verwacht (Oranjewoud, 1999).

14.5.1 *Effecten van de locaties*

Ook het locatiealternatief Q4-WP ligt buiten het verkeersscheidingsstelsel en buiten de links. Locatiealternatief P12-WP ligt buiten het Maas-Texel verkeersscheidingsstelsel tussen de noordwaartse en de zuidwaartse route. Deze locaties hebben dus ook geen invloed op het verkeer in de scheepvaartroutes en links.

14.5.2 *Effecten van de inrichting*

Een grotere ashoogte, zoals in milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter', heeft geen invloed op de scheepvaart. Ook een grotere rotordiameter heeft hierop geen invloed.
Een verkleining van de onderlinge afstand tussen de windturbines betekent dat het totale gebied van het windpark kleiner wordt. Een kleiner gebied heeft minder gevolgen voor de scheepvaart en de visserij, zowel voor de situatie van een open als volledig gesloten gebied. Milieu-alternatief '5 x D' heeft dus een positieve invloed en milieu-alternatief 'grote spacing' een negatieve invloed op de gebruiksfunctie scheepvaart.

De kleur van de windturbines en/of een rood knipperend toplicht hebben geen andere gevolgen voor de gebruiksfunctie scheepvaart dan de basisinrichting. Dit geldt zowel voor de situatie dat het gebied rond het windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, als voor de situatie van een volledig open gebied.

14.5.3 *Effecten van onderhoud en van de aanleg en verwijdering*

Het onderhoud heeft geen invloed op de scheepvaart. Tijdens de periode van aanleg en verwijdering zal het aantal scheepsbewegingen in de omgeving van het windpark en tussen de locatie en de wal toenemen. Deze tijdelijke toename blijft echter binnen de gebruikelijke fluctuaties.

14.5.4 *Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal*

De werkschepen, die nodig zijn voor de aanleg van de elektriciteitskabel, kunnen gedurende een korte periode een belemmering vormen voor passerende scheepvaart. Deze verstoring is echter van korte duur. Passerende schepen zullen de werkschepen moeten en kunnen ontwijken, zonder dat zij daarbij buiten het verkeerscheidingsstelsel hoeven te geraken. Tijdens de gebruiksfase van de kabel ondervindt de scheepvaart geen gevolgen van de aanwezigheid van de kabel.

14.6 Militaire oefengebieden

Delen van de Noordzee zijn aangewezen als militair oefengebied. 'Op korte termijn wordt het verminderen van het aantal oefenterreinen niet voorzien. Vanwege het intensieve ruimtegebruik op de Noordzee is het verplaatsen van deze activiteiten nauwelijks mogelijk' (Rijkswaterstaat, 1998a). De voorkeurslocatie Q7-WP ligt niet in een militair restrictiegebied. Het offshore windpark heeft dus geen invloed op de mogelijkheden voor militaire oefeningen. Ditzelfde geldt voor de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP. Ook deze liggen niet in militaire restrictiegebieden of gebieden, waar geoefend wordt in laag vliegen.

14.7 Olie- en gaswinning

Het windpark kan voor de concessiehouder de olie- en gaswinning bemoeilijken. Binnen het offshore windpark blijft olie- en gaswinning mogelijk, omdat het niet direct noodzakelijk is om een boring recht boven een olie- of gasveld uit te voeren. Het is technisch mogelijk om op enkele kilometers afstand van een olie- of gasveld het boorplatform te plaatsen en met een schuine boring het veld te bereiken. Dit leidt wel tot hogere kosten. Een andere mogelijkheid is één van de windturbines te verwijderen en op de vrijgekomen plaats een platform te plaatsen.
Ook het transport van olie of gas vanaf de boring naar de wal kan door het offshore windpark worden belemmerd. In verband met de veiligheidszone aan weerszijden van de leiding, kan een olie- of gasleiding niet door het windpark worden aangelegd.

14.7.1 *Effecten van het offshore windpark*

Voorkeurslocatie Q7 -WP ligt op grote afstand van bestaande, vergunde en geplande platforms voor olie- en gaswinning. De locatie ligt in een gebied waarvoor een concessie voor exploratie en winning is verleend aan Clyde Petroleum Exploratie BV. Op grond van het met de concessiehouder gevoerde overleg, kan worden gesteld dat het offshore windpark geen belemmering oplevert voor de (mogelijkheden van) olie- en gaswinning.

14.7.2 *Effecten van de locaties*

Ook de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP liggen op grote afstand van bestaande, vergunde en geplande platforms voor olie- en gaswinning. Op basis van het met de concessiehouder gevoerde overleg, kan gesteld worden dat een offshore windpark op deze locaties ook geen belemmering oplevert voor de (mogelijkheden van) olie- en gaswinning.

14.7.3 *Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal*

In de praktijk wordt ernaar gestreefd het aantal kruisingen met andere kabels en leidingen tot een minimum te beperken. Dit betekent dat het tracé van de elektriciteitskabels de mogelijkheden voor toekomstige olie- of gasleidingen in het betreffende gebied beperkt.

14.8 Zand- en schelpenwinning

Op de Noordzee worden zand en schelpen gewonnen. In het Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee (RON, Ministerie V&W, 1991) is bepaald dat er, met uitzondering van de vaargeulen, geen zandwinning mag plaatsvinden binnen de 20 meter dieptelijn (Mean Sea Level) of binnen de 20 kilometer grens. Ook in het Structuurschema oppervlaktedelfstoffen (Ministeries V&W en VROM, 1996) is bepaald, dat binnen de 20 meter dieptelijn (NAP) in beginsel winning van oppervlaktedelfstoffen niet is toegestaan.
Op de Noordzee zijn enkele locaties aangewezen voor de winning van zand. Deze locaties liggen buiten de 20 meter dieptelijn en binnen een afstand van 50 km van een haven. Schelpenwinning mag wel plaatsvinden binnen de 20 meter dieptelijn (MSL). Er is voor een periode van drie jaar een vergunning verstrekt voor onderzoek naar de voorkomens van schelpen in de kustzone voor Noord- en Zuid-Holland tot 50 kilometer uit de kust. Daarbij is de winning van enkele tienduizenden kubieke meters schelpen per jaar toegestaan. Dit onderzoek heeft met name betrekking op de Zeeuwse regio. In de Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning (Ministerie van V&W, 1998) wordt grootschalige winning in de nabije toekomst niet realistisch geacht. 'Gelet op het ontbreken van opeenhopingen en het zeer grote aandeel spisula wordt dit niet als economisch haalbaar gezien'.

14.8.1 *Effecten van het offshore windpark*

Voorkeurslocatie Q7-WP ligt niet in een zandwingebied (Ministerie van V&W, 2000a). Schelpenwinning vindt alleen op kleine schaal plaats bij wijze van onderzoek en wordt in de nabije toekomst niet realistisch geacht. Daardoor zal het offshore windpark in principe geen belemmering vormen voor de zand- en schelpenwinning.

14.8.2 *Effecten van de locaties*

Ook locatiealternatief Q4-WP ligt niet in een zandwingebied. Locatiealternatief P12-WP ligt gedeeltelijk in een gebied waar zand (0 - 1) gewonnen kan worden. Als gevolg van de realisatie van het offshore windpark op de locatie P12-WP worden in circa 3% van het aangewezen zandwingebied de mogelijkheden voor winning beperkt.

14.8.3 *Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal*

De tracés van de elektriciteitskabels van de voorkeurslocatie en van de locatiealternatieven naar de wal doorsnijden geen zandwingebied of een gebied waar momenteel schelpen gewonnen worden.

14.9 Baggerstort

Bagger wordt gestort in zogenaamde verdiepte loswallen. Hierbij wordt de bagger gestort in kuilen die in de zeebodem zijn gegraven. De (voorgenomen) locaties van deze verdiepte loswallen bevinden zich ten Noorden van de Euro-Maasgeul (Ministerie van V&W, 2000b). Ook ten Noorden van de IJgeul is een baggerstort locatie aanwezig.

14.9.1 *Effecten van de locaties van het offshore windpark*

Op de voorkeurslocatie Q7-WP en op de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP vindt geen baggerstort plaats. Ook liggen de locaties op ruime afstand van bestaande baggerstort locaties. Geen van de locaties vormt een belemmering voor de mogelijkheden voor baggerstort.

14.9.2 *Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal*

Geen van de tracés van de elektriciteitskabels van één van locaties voor het offshore windpark doorsnijdt een locatie voor baggerstort.

14.9.3 *Combinatie van baggerstort met het offshore windpark*

Na de aanleg en ingebruikname van het offshore windpark kan de locatie eventueel gebruikt worden voor baggerstort, mits geen gebruik wordt gemaakt van verdiepte loswallen. Deze combinatie van gebruiksfuncties heeft consequenties voor het onderhoud aan kabels en ondersteuningsconstructies. Tegenover deze voor de exploitatie van het windpark negatieve effecten staan mogelijk voordelen als gevolg van een vermindering van de belasting op de ondersteuningsconstructie.
Alvorens kan worden besloten de locatie van het offshore windpark aan te wijzen als baggerstort locatie, moeten de effecten van deze combinatie voor het milieu en voor het gebruik en onderhoud van het offshore windpark nader worden onderzocht.

14.10 Kabels en leidingen

De realisatie van het windpark kan van invloed zijn op de onderhoudsmogelijkheden van bestaande kabels en leidingen. De werkschepen voor onderhoud en reparatie hebben een zekere manoeuvreerruimte nodig. Bij onderwater werkzaamheden zullen de schepen voor anker gaan. De ankerdraden kunnen enkele honderden meters naar voren en achteren worden uitgezet. Daarom wordt vooralsnog aanbevolen om ten behoeve van dit soort werkzaamheden aan minstens één zijde van kabels een vrije ruimte van 1.000 meter aan te houden en aan weerszijde van leidingen een vrije ruimte van 500 meter. Deze afstand kan per locatie verschillen en zal in overleg met eigenaren van de kabels en leidingen worden vastgesteld. Elke nieuwe kabel en leiding beperkt de mogelijkheden voor toekomstige kabels en leidingen. Kabels mogen in principe langs de hele Noordzeekust worden aangeland. De aanlanding van buisleidingen is slechts toegestaan op drie locaties langs de kust.

Huidige situatie en autonome ontwikkeling

In de huidige situatie liggen op de bodem van de Noordzee diverse telecommunicatiekabels en leidingen voor het transport van olie en gas (Ministerie van V&W, 8 november 2000). Bij een autonome ontwikkeling zullen nieuwe telecommunicatiekabels en leidingen op de bodem van de Noordzee worden gelegd. De tracés van enkele nieuwe kabels zijn reeds bekend.

Vanuit Castricum aan Zee zal een kabel worden aangelegd parallel aan het tracé van de twee kabels, die reeds vanuit Castricum richting het westen lopen. Ook vanuit Zandvoort, Katwijk en Egmond zullen nieuwe kabels worden aangelegd.
In de ontwerp Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening wordt voorgesteld naar analogie van de situatie op land leidingen en kabels te concentreren in leidingstraten en kabelstroken op de zeebodem. Ook zal er een opruimplicht komen voor verlaten kabels en leidingen.

14.10.1 *Effecten van de locaties van het offshore windpark*

De voorkeurslocatie Q7-WP wordt omsloten door diverse telecommunicatiekabels. Bij de inrichting van de locatie is rekening gehouden met deze kabels en is voldoende afstand tussen het tracé en de windturbines aangehouden. Er bevinden zich geen leidingen in de nabijheid van locatie Q7-WP.
Locatiealternatief Q4-WP wordt doorsneden door de tracés van twee telecommunicatiekabels. Bij de inrichting van de locatie is tenminste aan één zijde van deze kabels voldoende afstand aangehouden, zodat schepen, die aan de kabel moeten werken, kunnen manoeuvreren. Op meer dan 500 meter van locatie Q4-WP ligt de leiding, die van het Helm-veld naar de wal loopt.
Locatiealternatief P12-WP wordt omsloten door bestaande en vergunde tracés van telecommunicatiekabels. Bij de inrichting van de locatie is voldoende manoeuvreerruimte gelaten voor schepen, die moeten werken aan deze kabels. Er bevinden zich geen leidingen in de nabijheid van locatie P12-WP.

14.10.2 *Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal*

Zoals hiervoor reeds opgemerkt, beperkt elke nieuwe kabel of leiding de mogelijkheden voor toekomstige kabels en leidingen. Dit geldt dus ook voor de kabels vanaf de locaties voor het offshore windpark naar de wal. De tracés zijn vastgesteld in overleg met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Uitgangspunt daarbij was bestaande en vergunde tracés van kabels en leidingen te ontzien en de mogelijkheden voor nieuwe kabels en leidingen zo groot mogelijk te houden.

14.11 Recreatie

Voor de recreatie langs de kust en in de duinen zijn de zichtbaarheid en het geluid van het windpark van belang. Zoals in hoofdstuk 9 'Landschap' en hoofdstuk 13 'Geluid' is aangegeven, is het offshore windpark vrijwel niet zichtbaar vanaf de kust en is het offshore windpark niet hoorbaar op of bij de kust.
Het offshore windpark heeft een lokale en beperkte invloed op de beleving van de zee door een zeevarende recreant. Ook dit aspect is behandeld in hoofdstuk 9 'Landschap'.

Het offshore windpark kan recreanten met vaartuigen aantrekken. Het aanvaringsrisico neemt toe wanneer recreanten zich dichter bij of in het windpark ophouden. Het aanvaringsrisico komt aan de orde in hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's'. Teneinde deze risico's te beperken kan een gebied van 500 meter rond het windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart worden verklaard. Naar verwachting zal het offshore windpark geen negatieve invloed hebben op de (mogelijkheden voor) recreatie op zee (Oranjewoud 1999).

De invloed van het offshore windpark op recreatie is dus beperkt en lokaal van aard.

14.12 Archeologie

Eventueel aanwezige archeologische waarden kunnen tijdens de aanleg beschadigd worden. Het zal veelal gaan om scheepswrakken die (nadat de ligging nauwkeurig is bepaald) eventueel door een kleine verschuiving van de betreffende windturbine kunnen worden vermeden.
Uit de North Sea Atlas (ICONA, 1992; NISA 2000) blijkt dat het deel van de Noordzee waarin de voorkeurslocatie Q7-WP en de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP liggen, naar verwachting geen bijzondere archeologische waarden kent aan het bodemoppervlak. In dit deel van de Noordzee komen slechts verspreide archeologische waarden voor in de bodemlaag. Tijdens de gedetailleerde site survey, die voorafgaand aan de bouw wordt uitgevoerd, worden eventueel aanwezige archeologische waarden vastgesteld. Bij de aanleg van het windpark, de definitieve plaatsing van de betreffende windturbine en het aanbrengen van de erosiebescherming rond de buispaal, kan hier vervolgens rekening mee worden gehouden. Uitgangspunt hierbij is dat de archeologische waarde geen directe (beschadiging) of indirecte (blootlegging) schade ondervindt van de aanleg, exploitatie en onderhoud van het offshore windpark.

14.13 Luchtvaart

Een mogelijke toekomstige gebruiksfunctie in de Noordzee is een nieuwe nationale luchthaven. Op 17 december 1999 heeft het kabinet besloten om een luchthaven in zee niet verder in de besluitvormingsprocedure mee te nemen gezien de vele onderzekerheden (Nota TNL, 1999).

Gedurende de geplande exploitatieduur van de windturbines zal van aanleg van een eventueel geplande nieuwe nationale luchthaven geen sprake zijn.
Om die reden hoeft bij de locatiekeuze, inrichting en aanleg van het offshore windpark geen rekening te worden gehouden met (de aanleg van) een nieuwe nationale luchthaven in de Noordzee.

14.14 Bouwplannen in zee

Voor de bouwen exploitatie van twee radiozendmasten voor de Nederlandse kust is vergunning verleend. Deze plannen hebben betrekking op een gebied voor de Zeeuwse kust. Er is geen interactie tussen het offshore windpark en dit initiatief.

In december 2000 heeft het kabinet deel 3 van de procedure tot partiële wijziging van Planologische Kernbeslissing Structuurschema Elektriciteitsvoorziening 2 (PKB SEV-II) ten behoeve van de locatiekeuze voor een Near Shore Windpark vastgesteld. Ter voorbereiding van dit besluit is een locatie-MER uitgevoerd (MER NSW, 2000). De beoogde locatie voor dit Near Shore Windpark ligt ongeveer 8 kilometer uit de kust voor Egmond aan Zee. Nadat de procedure tot partiële wijziging van de PKB SEV-II is afgerond, zal een tender worden uitgeschreven voor de ontwikkeling, realisatie en exploitatie van dit Near Shore Windpark. Daarna zal een vergunning voor dit project moeten worden aangevraagd en zal in dat kader ook nog een inrichtings-MER moeten worden uitgevoerd.
Volgens het MER NSW zal de energie van het Near Shore Windpark via een elektriciteitskabel worden getransporteerd naar IJmuiden/Velsen.

Op dit punt kan 1.000 MW vermogen worden ingevoed op het landelijk net. Dit is voldoende voor het offshore windpark en een eventueel Near Shore Windpark.
Omdat nog geen definitief besluit is genomen over de locatie en de realisatie van het Near Shore Windpark wordt geen rekening gehouden met samenloop van beide projecten.

Het kabinet heeft onderzoek laten verrichten naar de aanleg van de Tweede Maasvlakte. Hierover is echter nog geen besluit genomen. Indien dit project wordt gerealiseerd heeft dat invloed op het stroompatroon langs de kust. Omdat de Tweede Maasvlakte verder in de zee steekt, zal het zandtransport langs de kust veranderen. De verwachting is dat als gevolg hiervan op enkele plaatsen meer sediment- en zandafzetting zal plaatsvinden en op andere locaties meer erosie zal optreden.
Deze effecten zullen in het kader van de definitieve besluitvorming over de Tweede Maasvlakte nader onderzocht en beoordeeld moeten worden.

14.15 Cumulatie van milieueffecten

Uit het voorgaande blijkt dat er veel activiteiten plaatsvinden op de Noordzee. Het gaat om zowel bestaande activiteiten als om geplande activiteiten. Van de geplande activiteiten is soms onzeker of deze doorgang zullen vinden. Door interactie van deze activiteiten met het offshore windpark kan er voor bepaalde (milieu-)aspecten sprake zijn van 'gezamenlijke' (en mogelijk zelfs elkaar versterkende) effecten. In dat geval spreken we over cumulatie van milieueffecten. In het volgende wordt een overzicht gegeven van deze cumulatieve effecten. Het overzicht betreft een kwalitatief overzicht dat vooral in gaat op de aard van de effecten.

14.15.1 *Vogels*

Effecten van andere gebruiksfuncties
Olie- en gaswinning kan effecten op vogels hebben door verstoring door geluid, door het affakelen en door bewegingen op en rond het platform (scheepvaart en helikoptervluchten) (Oranjewoud, 1998). Ook zand-/schelpenwinning, baggerstort en scheepvaart kunnen door geluid en beweging tot verstoring van vogels leiden. De effecten zijn in de meeste gevallen plaatselijk en tijdelijk.

Cumulatie met het offshore windpark
De effecten van het offshore windpark op vogels zijn beschreven in hoofdstuk 8 'Vogels'. Het belangrijkste effect betreft de kans op vogelslachtoffers, met name tijdens de seizoenstrek. Van cumulatie van effecten van de verschillende activiteiten zou daarom vooral sprake kunnen zijn voor wat betreft vogelslachtoffers en de barrière, die een offshore windpark kan vormen voor vogels. Het optreden van vogelslachtoffers als gevolg van de verschillende activiteiten heeft echter plaatselijke invloed op verspreide groepen vogels. Verder verschillen de oorzaken als gevolg waarvan bij de diverse activiteiten vogelslachtoffers kunnen optreden. De verwachting is dat onder een groep (dus soort) vogels als gevolg van de diverse activiteiten op de Noordzee geen significante aantallen slachtoffers vallen.
Van cumulatie van vogelslachtoffers is naar verwachting slechts in zeer beperkte mate sprake. Het beperkte effect van eventuele cumulatie van activiteiten is naar verwachting aanvaardbaar .

14.15.2 *Landschap*

Effecten van andere gebruiksfuncties

Van invloed op de beleving van de openheid van de zee door de waarnemer op de kust, zijn olie- en gasinstallaties, die relatief dicht onder de kust zijn geplaatst en dus goed zichtbaar zijn, en intensief scheepvaartverkeer. Ook voor de zeevarende zijn olie- en gasinstallaties van invloed op de beleving van de openheid van de zee. Intensieve scheepvaart, bijvoorbeeld bij de scheepvaartroutes van en naar havens, heeft hier ook invloed op.

Cumulatie met het offshore windpark

De effecten van het offshore windpark op landschap zijn beschreven in hoofdstuk 9 'Landschap'. Het offshore windpark is slechts een zeer klein deel van het jaar en onder bijzonder gunstige zichtomstandigheden zichtbaar voor de waarnemer op de kust. Vanwege de ligging nabij scheepvaartroutes ervaart de zeevarende het gebied waar het windpark is geplaatst, al als een relatief onrustig gebied. Hier treedt dus cumulatie van effecten op. Vanwege de ruime afstand van voorkeurslocatie Q7 -WP en locatiealternatief P12-WP tot olie- en gasinstallaties vindt geen cumulatie met (de effecten van) olie- en gaswinning plaats. Binnen zichtafstand van locatiealternatief Q4-WP ligt een platform voor gaswinning.
Als gevolg van de gekozen inrichting van het offshore windpark accentueert het windpark de ligging en hoofdrichting van de scheepvaartroutes. Hoewel voor de zeevarende cumulatie van effecten optreedt in een gebied met intensieve scheepvaart en andere economische activiteiten, draagt de accentuering van de scheepvaartroutes mogelijk bij aan een positieve waardering van het windpark. Naar verwachting wordt de relatieve concentratie van economische activiteiten in een gebied beter beoordeeld dan verspreiding van de effecten over het Nederlandse Continentaal Plat.

14.15.3 *Morfologie, hydrologie en waterkwaliteit*

Effecten van andere gebruiksfuncties

Voor olie- en gaswinning zijn bij regulier gebruik van een boorinstallatie geen significante negatieve en blijvende effecten op de bodem te verwachten (Oranjewoud, 1998 en 1999). Effecten op morfologie, hydrologie en waterkwaliteit zijn voorts te verwachten van baggerstort en zandwinning. Hierdoor verandert plaatselijk de sedimentsamenstelling, het stroompatroon en de waterdiepte en zal vertroebeling van het water optreden.
Als gevolg van het omploegen van de zeebodem heeft intensieve visserij met sleepnetten ook gevolgen voor de morfologie en de troebelheid van het water.

Cumulatie met het offshore windpark

De effecten van het offshore windpark op het aspect 'morfologie, hydrologie en waterkwaliteit' zijn beschreven in hoofdstuk 10. De effecten beperken zich tot een gebied van hooguit enkele tientallen meters rond de windturbine en zijn zeer beperkt van omvang. Daardoor zullen de effecten van het offshore windpark niet cumuleren met de effecten van andere gebruiksfuncties.

14.15.4 *Onderwaterleven*

Effecten van andere gebruiksfuncties

Het onderwaterleven wordt in de huidige situatie en bij een autonome ontwikkeling vooral beïnvloed door de visserij. De visserij is van grote invloed op de visstand in de Noordzee, evenals op de situatie van het overige onderwaterleven. Dit wordt veroorzaakt door de

zogenaamde 'bijvangst' (het onbedoeld vangen van soorten waarop niet wordt gevist) en door het gebruik van de boomkor (zie paragraaf 14.2). De winning van olie of gas heeft slechts beperkte, negatieve effecten op het bodemleven (Oranjewoud, 1998 en 1999).

Cumulatie met het offshore windpark
De effecten van het offshore windpark op het onderwaterleven zijn beschreven in hoofdstuk 11 'Onderwaterleven'. De effecten zijn lokaal en blijken gering van omvang. In sommige gevallen is mogelijk sprake van een positief effect als gevolg van de toename van hard substraat voor het onderwatermilieu en, indien het gebied gesloten wordt voor de scheepvaart en dus ook de visserij, door mogelijk herstel en ontwikkeling van bodemleven. Het offshore windpark zal door haar ligging op grote afstand van de kust de kustrivier niet beïnvloeden en het onderwaterleven kan zich tussen de turbinefundaties vrij ontwikkelen. Naar verwachting treedt geen cumulatie van effecten van andere gebruiksfuncties op. Mogelijk compenseert het offshore windpark zelfs de negatieve effecten van de intensieve visserij in een klein deel van de Noordzee.

14.15.5 *Geluid*
Effecten van andere gebruiksfuncties
Bronnen van geluid zijn olie- en gasinstallaties, schietoefeningen van defensie, scheepvaart, baggerstort en zand- en schelpenwinning. Elk van de genoemde gebruiksfuncties heeft een eigen gebied. Met uitzondering van scheepvaart vindt geen combinatie van gebruiksfuncties in één gebied plaats.

Effecten van de aanleg van installaties, kabels en leidingen
Tijdens de aanleg van installaties voor de olie- en gaswinning en de aanleg van leidingen en telecommunicatiekabels, treedt tijdelijk een verhoging van het geluidsniveau op.

Cumulatie met het offshore windpark
De effecten van het offshore windpark op het aspect Geluid zijn beschreven in hoofdstuk 13. Het blijkt dat op zee het gemiddelde geluidsniveau als gevolg van wind en golven, afhankelijk van de windsnelheid, 40 - 55 dB(A) bedraagt. De 40 dB(A) contour (LAeq) ligt op minder dan 1500 meter rond het windpark. Het geluid van het windpark is dus niet waarneembaar op de kust. De cumulatie van geluid van het offshore windpark met het geluid van andere gebruiksfuncties in hetzelfde of het direct aangrenzende gebied, zal leiden tot een lokale verhoging van het geluidsniveau. Dit betekent een vergroting van het verstoorde gebied. In de omgeving van het offshore windpark Q7-WP vindt geen zandwinning, baggerstort of olie- en gaswinning plaats. Door de keuze van de locatie van het offshore windpark tussen scheepvaartroutes levert het windpark geen bijdrage aan het achtergrondgeluidsniveau buiten deze scheepvaartroutes.
Binnen een afstand van ongeveer 3 zeemijl van locatiealternatief Q4-WP bevindt zich een platform voor gaswinning. Naar verwachting zal binnenkort een tweede platform geplaatst worden. De grote afstand tussen deze platforms en het offshore windpark treedt geen cumulatie op met betrekking tot het geluidsniveau in de gezamenlijke omgeving tussen beide functies. Tijdens normaal bedrijf raken de 40 dB(A) geluidscontouren elkaar niet.
In de omgeving van locatiealternatief P12-WP kan cumulatie met zandwinning plaatsvinden. Zandwinning is echter een tijdelijke activiteit. Door ligging van P12-WP tussen twee scheepvaartroutes levert het windpark geen bijdrage aan het achtergrondgeluidsniveau buiten deze scheepvaartroutes.

14.15.6 *Veiligheid*

Effecten van andere activiteiten

De veiligheid wordt bepaald door het risico van aanvaringen en aandrijvingen. Daarnaast bestaat bij olie- en gasinstallaties nog een ander veiligheidsrisico: blow-out, brand en lekkage. Calamiteiten met olie- en gasinstallaties hebben vanwege de afstand tot het offshore windpark geen invloed op het windpark.

Cumulatie met het offshore windpark

De gevolgen van het offshore windpark voor de veiligheid zijn beschreven in hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's'. Het offshore windpark beïnvloedt de veiligheid op verschillende manieren: enerzijds bestaat er een kans op aanvaring of aandrijving van een schip met een windturbine, anderzijds kan de kans op aanvaringen tussen schepen buiten het offshore windpark enigermate toenemen door hogere dichtheden (schepen die nu nog door de geplande locatie van het offshore windpark varen, zullen hun route verleggen buiten het offshore windpark om). De effecten van het offshore windpark met betrekking tot de veiligheid voor de scheepvaart kunnen cumuleren met de effecten als gevolg van de andere gebruiksfuncties.

Het offshore windpark en (in mindere mate) olie- en gasinstallaties en het mogelijk in de toekomst voor de kust van Egmond aan Zee te realiseren Near Shore Windpark vormen fysieke obstakels waar de scheepvaart rekening mee moet houden. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een schip zowel het offshore windpark als een gasinstallatie als obstakel op zijn route vindt.
De kans op cumulatie van effecten op de veiligheid als gevolg van olie- en gaswinning en als gevolg van het offshore windpark is naar verwachting klein. Het offshore windpark accentueert de scheepvaartroutes. De afstand tussen voorkeurslocatie Q7-WP en olie- en gasinstallaties is relatief groot. Het locatiealternatief Q4-WP en gasinstallatie Q4-A liggen elk aan een kant van de scheepvaartlink. In de omgeving van locatie P12-WP zijn geen olie- of gasinstallaties.

14.16 Conclusie van de effectvoorspelling

De mogelijkheden voor de visserij worden door het offshore windpark in beperkte mate beïnvloed omdat het visareaal afneemt. De visserij-inspanning op locatie Q7-WP ten opzichte van de visserij-inspanning op het Nederlands Continentaal Plat bedraagt 0,052%. Het verlies aan vergelijkbare visgronden als gevolg van een offshore windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP bedraagt 0,23%.
Het effect van het offshore windpark op de visserij is dus beperkt.

Het offshore windpark hoeft geen belemmering te vormen voor olie- en gaswinning. Ook de schelpenwinning wordt naar verwachting niet belemmerd door het offshore windpark. Het offshore windpark Q7-WP beperkt ook de mogelijkheden tot zandwinning niet. Dit geldt ook voor locatiealternatief Q4-WP. Locatiealternatief P12-WP beperkt de mogelijkheid tot winning van zand in circa 3% van het betreffende zandwingebied.
Het offshore windpark beperkt de mogelijkheden voor baggerstort niet.
Tracés van kabels en leidingen bevinden zich in de directe omgeving van het offshore windpark. Locatiealternatief Q4-WP wordt doorsneden door tracés van bestaande en vergunde kabels. Bij de inrichting van Q4-WP is hier rekening mee gehouden.

Het offshore windpark is niet van invloed op militaire restrictiegebieden of op de huidige mogelijkheden voor de luchtvaart. Binnen de gebruiksduur van het offshore windpark heeft het windpark geen invloed op een eventueel in de toekomst aan te leggen luchthaven in zee. Het offshore windpark heeft geen gevolgen voor eventueel aanwezige archeologische waarden. Deze kunnen, op basis van de gegevens van de gedetailleerde locatie en route survey, ontzien worden tijdens de aanleg, bij de plaatsing van de betreffende windturbine en de aanleg van de erosiebescherming rond de buispaal. Het offshore windpark heeft geen invloed op de recreatie op de kust. De gevolgen van het offshore windpark voor de beleving van het zeelandschap door de zeevarende zijn beperkt en, als gevolg van accentuering van de ligging en oriëntatie van de scheepvaartroutes, mogelijk zelfs licht positief.
Een samenvatting van de gevolgen van het offshore windpark op de andere gebruiksfuncties is gepresenteerd in tabel 14.1.

14.17 Mitigerende maatregelen

De effecten van het windpark op de diverse gebruiksfuncties zijn, zoals hiervoor uitgebreid beschreven, naar verwachting gering. De effecten die op zullen treden kunnen met mitigerende maatregelen verder worden beperkt. Mitigerende maatregelen om de effecten van het offshore windpark op de scheepvaart te beperken zijn gegeven in hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's'.
De vermindering aan visgronden door de aanleg van het offshore windpark kan worden beperkt door binnen het windpark visserijvormen toe te staan met passieve vistuigen (met name staand want) in plaats van actieve vistuigen. De vissers, die gebruik maken van passieve vistuigen zijn echter anderen dan de vissers met actieve vistuigen, waardoor de maatregel niet de getroffen groep ten goede komt. Ook is deze mitigerende maatregel uitsluitend mogelijk wanneer het gebied rond het windpark niet gesloten wordt voor de scheepvaart. Dit heeft echter weer gevolgen voor de veiligheid (hoofdstuk 12) en de eventuele refugiumfunctie van een gesloten gebied.

	Voorkeurslocatie Q7-WP	Locatiealternatief Q4-WP	Locatiealternatief P12-WP
Scheepvaart (zie hoofdstuk 12)	-	- -	-
Visserij	- - -	-	- -
Militaire restrictiegebieden	0		
Olie- en gaswinning	-	-	-
Zandwinning	0	0	Beperking 3%
Schelpenwinning	0		
Baggerstort	0		
Kabels en leidingen	Toekomstige tracés -	Doorkruisen locatie - -	Toekomstige tracés -
Recreatie op de kust	0		
Recreatie op zee	Zeer beperkte invloed		
Archeologie	0 Directe en indirecte schade kan voorkomen worden		
Luchtvaart	Binnen gebruiksduur windpark: 0	Binnen gebruiksduur windpark: 0	Binnen gebruiksduur windpark: 0. Locatie ligt in zoekgebied TNLIZ.
Tweede Maasvlakte	0 Nog geen besluit over Tweede Maasvlakte		
Near Shore Windpark	0 Nog geen definitief besluit over NSW (PKB deel 3) PKB deel 4 dient gevolgd te worden door tender, vergunningaanvraag en inrichtings-MER		

Tabel 14.1 Samenvatting van de gevolgen van het offshore windpark op andere gebruiksfuncties. Per rij wordt een rangorde aangegeven met -. De - in een kolom mogen niet worden opgeteld, omdat geen weging van effecten heeft plaatsgevonden.
Des te minder -, des te minder effect op andere gebruiksfuncties.
0 = geen of slechts een vrijwel verwaarloosbare invloed.

15 EFFECTEN OP LAND

15.1 Algemeen

De elektriciteitskabel van het windpark naar het aansluitpunt op het elektriciteitsnet kan ook op het vasteland gevolgen hebben voor de omgeving. De aard en omvang van deze gevolgen zijn afhankelijk van de ligging van het netinpassingspunt en van de ligging van het tracé van de kabel naar het netinpassingspunt toe.
Voor de aansluiting van de elektriciteitskabel op het nationale elektriciteitsnet zijn twee mogelijkheden onderscheiden. Voor de voorkeurslocatie Q7-WP en het locatiealternatief Q4-WP komen het hoogspanningsstation op het Corus terrein te IJmuiden en het station bij de elektriciteitscentrale te Velsen in aanmerking. Het locatiealternatief P12-WP wordt via het hoogspanningsstation bij Sassenheim gekoppeld met het landelijk net. De effecten van de kabel op land en de belangrijkste verschillen tussen de tracés van de elektriciteitskabel op land worden in dit hoofdstuk beschreven.

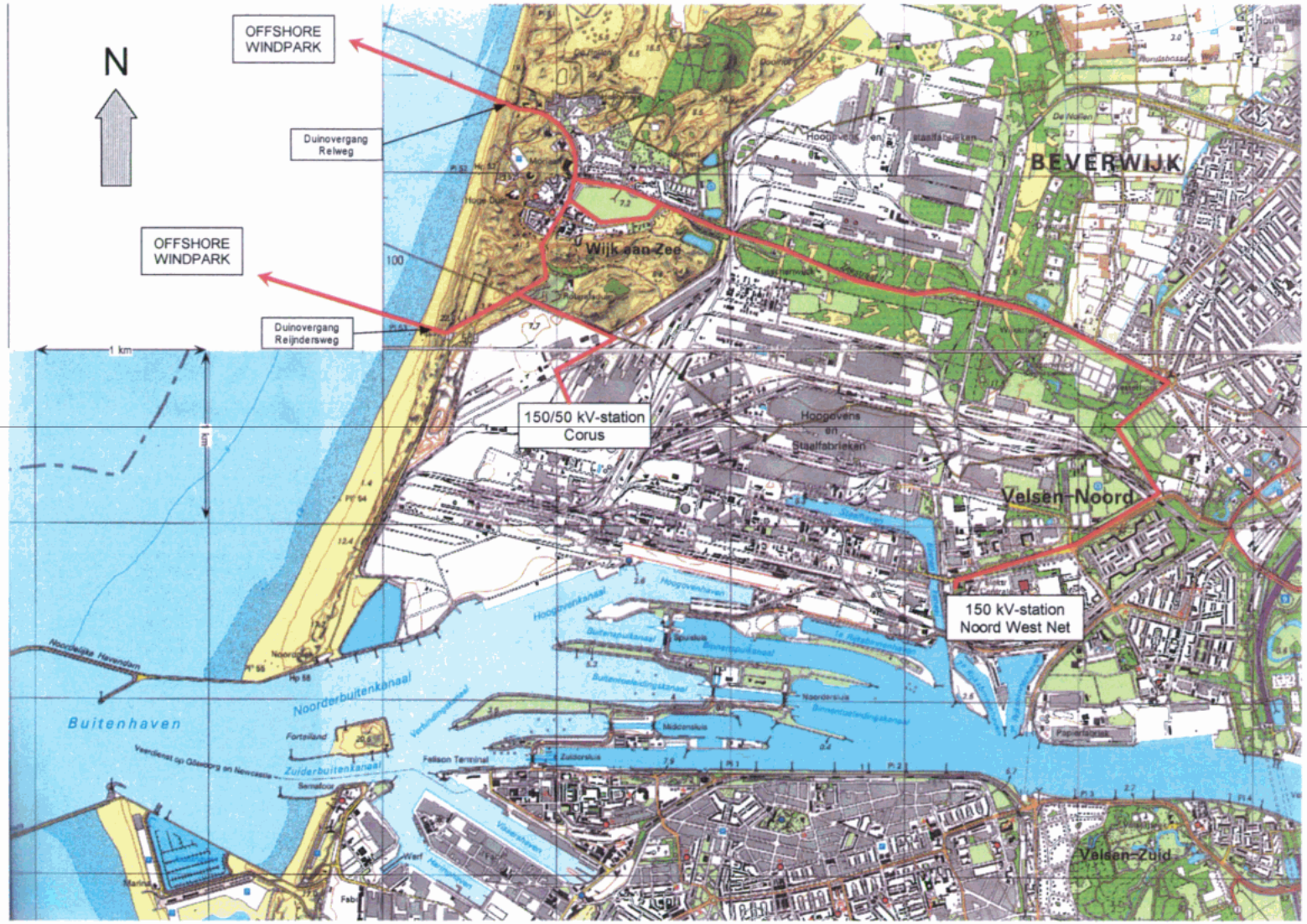
15.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

Langs het tracé van de kabel liggen andere kabels en leidingen. Dit betekent dat het tracé naar verwachting vrij zal blijven van bebouwing.

Volgens het Streekplan Kennemerland bestaat het landschap langs de kust tussen Castricum aan Zee en de haven van IJmuiden uit duinen en verder naar het oosten uit een binnenduinrandgebied. Ter hoogte van het Corus terrein zijn de duinen zeer smal in vergelijking met het duingebied noordelijk van Wijk aan Zee en verder naar het Noorden. Het duingebied ten noorden van Wijk aan Zee is een grondwaterbeschermingsgebied. Delen van dit duingebied zijn aangemerkt als waterwingebied. Ten noorden van Heemskerk is nog sprake van landelijk gebied, in het streekplan aangeduid als strandwallen en -vlakten en als grasland. Het Rolandsduin, gelegen ten zuiden van de bebouwing van Wijk aan Zee en ten noorden van het Corus terrein, is een gebied met belangrijke natuurwaarden.
Langs de oostzijde van de Reijndersweg, de weg vanaf Wijk aan Zee naar de zuidelijke duinovergang, is sprake van bijzondere planten.

15.3 Effecten op land van de kabel van het offshore windpark

Tracé vanaf de zeereep tot het netinpassingspunt
De voorkeurslocaties Q7-WP kan op het landelijk hoogspanningsnet worden aangesloten bij het hoogspanningsstation op het Corus terrein te IJmuiden en bij het hoogspanningsstation naast de elektriciteitscentrale te Velsen (zie figuur 15.1).



Figuur 15.1 Landtracé's transportkabels van offshore windparken Q4-WP en Q7-WP
Bron: © Topografische Dienst, Emmen

Het Noord tracé landt aan ter hoogte van de duinovergang bij de Relweg in Wijk aan Zee. Het Zuid tracé landt aan 50 meter ten zuiden van de bestaande gasleiding, ter hoogte van de duinovergang bij de Reijndersweg in Wijk aan Zee. Vanuit zee zal de elektriciteitskabel door middel van een gestuurde boring onder het strand en de smalle zeereep door worden geleid. Vervolgens gaat het tracé naar het hoogspanningsstation op het Corus terrein of naar het station bij de centrale te Velsen.
Tussen de zeereep en de centrale te Velsen loopt het tracé langs het Corus terrein via Wijk aan Zee. Ter hoogte van Wijk aan Zee ligt de weg tot vlak bij het strand. Eventuele overlast voor de inwoners van Wijk aan Zee tijdens de aanleg van de kabel kan daardoor beperkt blijven en is slechts tijdelijk. Overlast voor recreanten en verstoring van de natuur is er niet. Hemelsbreed is de afstand tussen het aanlandingspunt en de centrale ongeveer 4 kilometer.

De tracés, zoals aangegeven in figuur 15.1, geven de voorgenomen tracés van de kabels tussen de aanlandingspunten langs de kust en de aansluitpunten op het hoogspanningsnet aan. Bij de verdere besluitvorming kan het noodzakelijk of praktisch zijn om, als gevolg van lokale omstandigheden of eigendomsverhoudingen, plaatselijk in overleg met de beheerder van het voorgestelde tracé af te wijken.

De toegepaste kabels zijn van een olievrij type. Bij eventuele beschadiging van de kabel tijdens graafwerkzaamheden van derden kan dus geen verontreiniging van de bodem op treden.

Opwarming en verdroging van de bodem
Tijdens het gebruik van de kabel kan de elektrische stroom door de elektriciteitskabel leiden tot opwarming en verdroging van de bodem (zie kader 15.2). Omdat de bodem langs het tracé tussen het aanlandingspunt en het trafostation niet droog is, wordt de eventuele opwarming of verdroging beperkt of nihil geacht. Daar waar delen van het tracé in gebieden liggen die van nature droog zijn, kan mogelijk wel sprake van een plaatselijke verdroging van de bodem. Voor deze delen van het tracé zijn technisch en financieel haalbare maatregelen denkbaar om verdroging te voorkomen. Zo kan ervoor gekozen worden rond de kabel speciale grond met goede warmtegeleidende eigenschappen aan te brengen.

"Verwarming van de bodem heeft effecten op de kieming van zaden en gewasontwikkeling en op de waterhuishouding in de bodem. In het Agrotherm proefproject in Duitsland werd vastgesteld dat een verhoging van de bodemtemperatuur in het open veld met 7 tot 10 K een 40 tot 70 procent opbrengstverhoging gaf van een aantal verschillende landbouwgewassen. (...) Opwarming van de bodem zal in droge perioden eerder tot uitdroging van de bodem kunnen leiden. Effecten van uitdroging van de bodem ten gevolge van opwarming door kabels kunnen zich in zeer droge perioden voordoen op humusarme zandbodems, maar doet zich niet voor op kleibodems. Als grenswaarde voor temperatuursverhoging in de bodem ten gevolge van kabels en leidingen, ter voorkoming van droogteschade aan akkerbouwgewassen en graslanden, geldt een opwarming van 2 K op 20 cm diepte" (Sep, 1997).

Kader 15.2 Toelichting op bodemverwarming door kabels

Blootlegging van de kabel
Op land bestaat over het algemeen geen gevaar dat de kabel bloot komt te liggen.
Een uitzondering hierop vormen het strand en de zeereep. Als gevolg van extreme weersomstandigheden kunnen delen van het strand 'wegslaan'.

Om te voorkomen dat daardoor de kabel op het strand bloot komt te liggen, wordt de kabel oor middel van een gestuurde boring voldoende diep onder het strand en de zeereep gebracht.
Ten einde mogelijke schade aan de duinen te voorkomen worden de kabels bij de kruising met de zeereep aangelegd onder of vlak langs bestaande infrastructuur, zoals de duinovergang bij de Relweg en de duinovergang bij de Reijndersweg.

Natuurgebieden
De tracés vanaf de aanlandingspunten bij Wijk aan Zee naar het hoogspanningsstation op het Corus terrein en naar de centrale van Velsen doorkruisen geen natuurgebied.
Langs de oostzijde van de Reijndersweg is sprake van bijzondere planten. Het tracé volgt om die reden de westzijde van de Reijndersweg.

15.3.1 *Effecten van de inrichting*
Voor de aansluiting van het offshore windpark Q7-WP op het hoogspanningsnet komen twee tracés op land met bijbehorende aansluitpunten in aanmerking. Het tracé over het Corus terrein met aansluiting op het hoogspanningsstation van Corus en het tracé via Wijk aan Zee langs het Corus terrein met aansluiting op het hoogspanningsstation bij de centrale te Velsen.
De eventuele gevolgen voor de aansluiting van Corus op het landelijk net als gevolg van de aansluiting van het offshore windpark op het hoogspanningsstation van Corus, zijn nog onderwerp van studie en overleg met Corus. Mogelijk zijn er nog niet geïdentificeerde bezwaren vanuit de bedrijfsvoering van Corus voor aansluiting op dit station.
Op grond van de Elektriciteitswet 1998 kan het offshore windpark aangesloten worden op het hoogspanningsstation bij de centrale te Velsen. Ook het tracé langs het Corus terrein met aansluiting op het hoogspanningsstation bij Velsen kan worden gerealiseerd zonder noemenswaardige overlast voor de omgeving.
De effecten zijn voor beide varianten vergelijkbaar en beperken zich tot mogelijke overlast tijdens de korte periode van aanleg.

15.3.2 *Effecten van de locaties*
Tracés voor de kabels vanaf locatiealternatief Q4-WP
Het offshore windpark op locatie Q4-WP wordt op dezelfde aansluitpunten op het landelijk net aangesloten als voorkeurslocatie Q7-WP. De effecten op land van de aanleg van de kabel vanaf offshore windpark Q4-WP zijn dus gelijk aan die voor de (aanleg van de) kabel vanaf locatie Q7-WP.

Tracé voor de kabel vanaf locatiealternatief P12-WP
Het offshore windpark op de locatie P12-WP wordt via het hoogspanningsstation bij Sassenheim aangesloten op het landelijk hoogspanningsnet. De aansluiting van het offshore windpark op het hoogspanningsstation bij Sassenheim is in technisch, economisch, planologisch en procedureel opzicht haalbaar (MER NSW, 2000). Hiervoor moet de capaciteit van het hoogspanningsstation worden uitgebreid. Dit kan echter binnen een periode van ongeveer één jaar gerealiseerd worden. De planologische bestemming van het terrein is al in orde en er is voldoende ruimte.

Bij het Noord tracé landt de kabel circa 300 meter noordelijk van paal 81 aan en kruist bij de duinovergang de zeereep. Het Zuid tracé landt circa 200 meter zuidelijk van paal 81 aan ter hoogte van de Wilhelmina boulevard. Door Noordwijk aan Zee loopt een openbare weg tot dicht bij het strand. Tussen de zee en het begin van deze openbare weg is een gestuurde

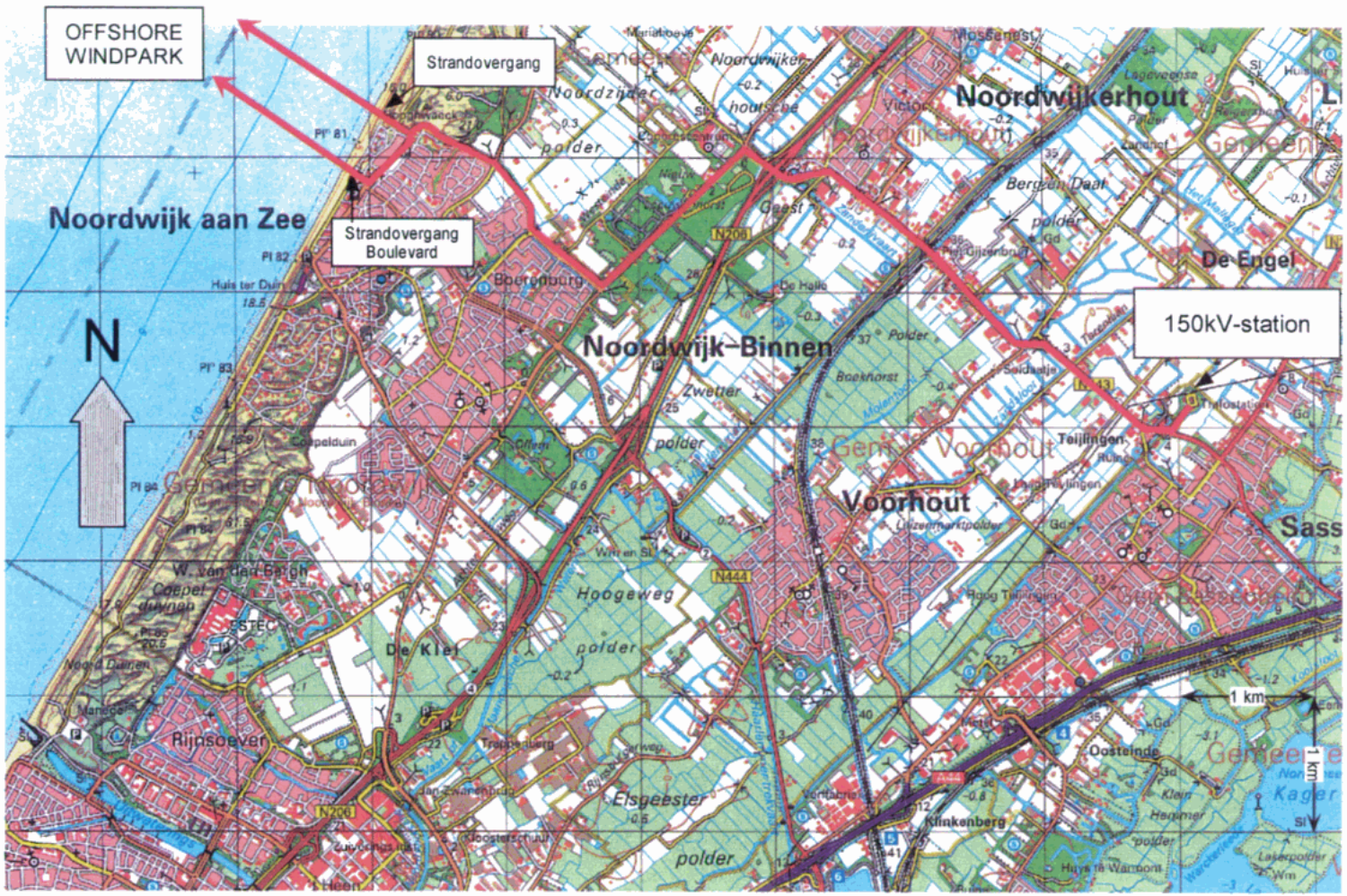
boring mogelijk. Er zijn dan geen graafwerkzaamheden nodig op het strand en in de smalle zeereep tussen het strand en de boulevard van Noordwijk. Een weg loopt vervolgens in oostelijke richting landinwaarts door de bebouwde kom tot Noordwijk-Binnen.
Het tracé over land bedraagt bij aansluiting van het windpark op het hoogspanningsstation bij Sassenheim ongeveer 8 kilometer (zie figuur 15.3). Het grootste deel van het tracé kan worden aangelegd langs wegen. Gebieden met belangrijke natuur- en/of landschapswaarden worden bij de tracékeuze vermeden. Tussen de kruising met de zeereep en het hoogspanningsstation liggen geen gebieden, die deel uitmaken van de Ecologische Hoofdstructuur. Voor een groot deel van het tracé wordt de weg tussen Sassenheim en Noordwijkerhout gevolgd.
Het tracé vanaf Noordwijk naar het hoogspanningsstation te Sassenheim doorkruist geen natuurgebied of gebied met belangrijke natuurwaarden.
Het tracé, zoals aangegeven in figuur 15.3, geeft het voorgenomen tracé van de kabels tussen de aanlandingspunten langs de kust en het aansluitpunt op het hoogspanningsnet aan. Bij de verdere besluitvorming kan het noodzakelijk of praktisch zijn om, als gevolg van lokale omstandigheden of eigendomsverhoudingen, plaatselijk van het voorgestelde tracé af te wijken.

15.3.3 *Effecten van de aanleg en verwijdering*

Op het punt van aanlanding zal de kabel door middel van een gestuurde boring onder het strand en de zeereep door worden aangelegd. Ter plaatse van de uiteinden van deze boring zullen gedurende korte tijd werkzaamheden plaatsvinden. De gestuurde boring maakt een diepere ligging van de kabel mogelijk, hetgeen van belang is om blootlegging van de kabel te voorkomen. Langs het tracé over land wordt de kabel ingegraven tot op een diepte van ongeveer één meter. Voor deze werkzaamheden is enkele meters werkruimte nodig is. Ook op land kan het plaatselijk noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld bij de passage van infrastructuur of andere kabels, de kabel aan te leggen door middel van een zo kort mogelijke, gestuurde boring. De meerkosten van een gestuurde boring ten opzichte van ingraven bedragen ongeveer 400 per meter .

De aanleg van de kabel gaat relatief snel. Gemiddeld kunnen per dag enkele honderden meters kabel worden ingegraven. Na de aanleg wordt de bovengrond weer zo goed mogelijk in de oude staat teruggebracht. Daardoor treden als gevolg van de kabelaanleg slechts gedurende een korte tijd effecten op. Boven het tracé van de kabel is in principe geen nieuwe bebouwing toegestaan.
Langs het tracé van de kabel liggen andere kabels en leidingen. Dit betekent dat het tracé naar verwachting vrij zal blijven van bebouwing.

De werkzaamheden tijdens de aanleg kunnen leiden tot verstoring op het strand, in de duinen en in het bebouwde gebied. Deze verstoring wordt vooral veroorzaakt door de tijdelijke activiteiten: de gestuurde boring en graafwerkzaamheden, en door de tijdelijke aanwezigheid van mensen en installaties. De omvang van de verstoring blijft beperkt tot de directe omgeving van het tracé. Bovendien is de verstoring van korte duur. De aanleg gaat immers relatief snel. De overlast voor de omgeving neemt toe met de lengte van het tracé van de kabel in een gebied met relatief veel woonbebouwing. De overlast kan beperkt blijven, wanneer het tracé kort is en kan worden gebundeld met bestaande infrastructuur, zoals de berm van een provinciale weg of een leidingstraat op een industrieterrein.
Ook kan de overlast beperkt worden door de aanleg buiten het vakantieseizoen uit te voeren.



Figuur 15.3 Landtracé's transportkabels van offshore windpark P12-WP
Bron: © Topografiche Dienst, Emmen

Het belangrijkste effect van de aanleg van de kabel dat op kan treden, is de verandering van de bestaande bodemopbouw of -structuur of het bodemreliëf. Het grondverzet is echter beperkt, omdat de kabel ongeveer één meter diep wordt ingegraven. Ook is de sleuf, waarin de kabel wordt gelegd, relatief smal.

Tijdens de verwijdering van de kabels van het offshore windpark treden op land dezelfde effecten op als tijdens de aanleg.

15.3.4 *Effecten van onderhoud*

Aan ingegraven kabels is vrijwel geen onderhoud nodig. Alleen in geval van kabelbreuk is reparatie nodig. De kans hierop is echter klein.
Op die plaatsen waar bouw- of verbouwingsactiviteiten verwacht worden is de kans op beschadiging van de kabel het grootst. Omdat olievrije kabels worden toegepast, zal beschadiging van de kabel geen verontreiniging van de bodem tot gevolg hebben.

15.4 Samenvatting van de effectvoorspelling

Tabel 15.4 geeft een samenvatting van de effecten op land.

	Tracélengte (in km) zee	land	totaal	**Gebruik**	**Aanleg & verwijdering**	**Onderhoud**
Voorkeurslocatie Q7-WP						
Corus terrein & Corus	28	3 -	31	Bedrijfsvoering Corus - -	Lengte: -	Bedrijfsvoering Corus - -
Wijk aan Zee & Velsen	28	7 - -	35	-	Lengte: - -	-
Locatiealternatief Q4-WP						
Corus terrein & Corus	32	3 -	35	Bedrijfsvoering Corus - -	Lengte: -	Bedrijfsvoering Corus - -
Wijk aan Zee & Velsen	32	7 - -	39	-	Lengte: - -	-
Locatiealternatief P12-WP	33	8 - - -	41	-	Lengte: - - -	Mogelijke vergravingen - -

Tabel 15.4 Samenvatting van de effecten op land.
Des te minder -, des te minder effect. De - dienen om per kolom een vergelijking te kunnen maken. De - in één rij mogen niet worden opgeteld, omdat geen weging heeft plaatsgevonden.

16 TECHNIEK EN ECONOMIE

16.1 Algemeen

Hoewel geen formeelonderdeel van het MER wordt in dit hoofdstuk een nadere toelichting gegeven op de technische en economische randvoorwaarden van het offshore windpark. Gedetailleerde absolute gegevens over de investering, de exploitatiekosten en de kostprijs per kWh zijn uit concurrentie overwegingen uiteraard achterwege gelaten.

Voor de financiering van het project is een gezonde rentabiliteit van essentieel belang. Onder meer in het kader van de Haalbaarheidsstudie Near Shore Windpark (Novem, 1997) is uitgebreid onderzoek verricht naar de rentabiliteit. Hierbij is echter uitgegaan van een windpark binnen de 12 mijlszone en binnen het zicht vanaf de kust. Zoals ook uit het MER Near Shore Windpark blijkt, zijn de effecten voor vogels en voor de beleving van de kust als gevolg van een windpark op enkele kilometers uit de kust groot.
Een windpark op grotere afstand van de kust heeft minder effecten voor vogels en, bij voldoende grote afstand, niet of nauwelijks effect op de beleving van de openheid en de rust van de zee vanaf de kust. Bij toenemende afstand vanaf de kust neemt in het algemeen ook de waterdiepte toe.

16.2 Waterdiepte

De waterdiepte stelt hoge eisen aan de ondersteuningsconstructie van de windturbines. Deze constructie moet bestand zijn tegen de belastingen als gevolg van de golven, de stroming, eventuele veranderingen in de zeebodem (zandgolven), de windbelasting en de bewegingen van de windturbine en de inwerking van zout water. Uit diverse studies is gebleken dat om technisch-economische redenen de zogeheten monopaal het meest in aanmerking komt (Opti-OWECS, 1995, en Stork, 1999). De ondersteuningconstructie van de windturbine bestaat in dat geval uit één enkele stalen buispaal die in de zeebodem wordt geheid.
Uit deze studies blijkt dat de maximale waterdiepte voor een offshore windpark uit oogpunt van technisch-economische haalbaarheid, ongeveer 20 tot 25 meter (llws) is. Hierbij gaat het om een waterdiepte ten opzichte van 'laag-laag water spring' (llws), die in het gebied van de locaties nagenoeg overeenkomt met de waarde van het 'Lowest Astronomical Tide' (LAT).
Op basis van gedetailleerde gegevens van de toe te passen windturbine en buispaal en locatiespecifieke gegevens als bodemgesteldheid, golf- en stromingsgegevens, extreme windbelasting en extreme golfhoogte, is het ontwerp van de totale constructie gemaakt. Elke combinatie van ondersteuningsconstructie en offshore windturbine dient per locatie apart gecertificeerd te worden. Voor dit offshore windpark wordt deze certificering uitgevoerd door Germanischer Lloyd.
De uitgangspunten en de berekeningsmethode voor het ontwerp zijn vooraf beoordeeld door externe deskundigen, waaronder deskundigen van Germanischer Lloyd. Vervolgens zijn de berekeningen en het ontwerp geverifieerd door externe experts. De definitieve certificering zal voor elke combinatie van offshore windturbine, ondersteuningsconstructie en locatie worden uitgevoerd aan de hand van gedetailleerde grondgegevens. Deze worden verkregen tijdens de route- en soilsurveys, die in het jaar voorafgaand aan de bouw zullen worden uitgevoerd.
Bij het ontwerp van de combinatie van ondersteuningsconstructie en offshore windturbine hebben de volgende factoren een belangrijke rol gespeeld.

De windturbine
Het type windturbine, (de wijze van afregeling van) het toerental en de gewichtsverdeling van de windturbine hebben belangrijke invloed op het ontwerp van de monopaal. De massa van mast, gondel en rotor. De sterkte en stijfheid van de constructiedelen, het toerental van de rotor en de eigen frequentie(s) van de constructie.

De grondcondities
De sterkte eigenschappen van de grond zijn een andere belangrijke factor. De gesteldheid en eigenschappen van de zandige bodem zijn op de locaties Q7-WP, Q4-WP en P12-WP in grote lijnen vergelijkbaar.

De bodemvormen
Ook de dynamiek van de bodemvormen spelen een belangrijke rol. Wanneer de bodem zeer variabel van diepte is, maar in de tijd niet varieert, kan bij het ontwerp van de buispalen met de variaties in diepte rekening worden gehouden. Wanneer de bodemvormen in de tijd wel veranderen, is de tijdschaal van die veranderingen in relatie tot de levensduur van het offshore windpark van belang. Een zandbank, die slechts enkele meters per 50 jaar verplaatst en flauwe hellingen heeft, heeft vrijwel geen invloed op het ontwerp. Daarentegen is bij het ontwerp wel rekening gehouden met de verplaatsing van dynamische zandgolven, met een gemiddelde hoogte van 2 tot 4 meter en een verplaatsing van enkele meters per jaar. De buispaal wordt in dat geval ontworpen op de grootste waterdiepte, die zich tijdens de levensduur van het windpark als gevolg van een passerende zandgolf kan voordoen.

16.3 Rentabiliteit

Windaanbod
Voor de locatie van het offshore windpark is de gemiddelde (langjarige) windsnelheid op ashoogte bepaald. De gegevens zijn ondermeer gebaseerd op de langjarige winddata van Meetpost Noordwijk, Europlatform en platform K13. Deze gegevens zijn omgerekend naar de locatie, waarbij tevens een correctie voor de ashoogte is toegepast.

Voor locaties op zee is de afstand tot de kust het meest bepalend voor de te verwachten gemiddelde windsnelheid. Deze afhankelijkheid geldt vooral in de eerste kilometers vanaf de kust. Op afstanden van 10 kilometer en meer neemt de gemiddelde windsnelheid nog slechts beperkt toe.
Boven land neemt de windsnelheid bij toenemende hoogte eveneens toe. Dit effect treedt ook boven zee op, maar de gradiënt is veel minder steil dan boven land. Met andere woorden: een bepaalde toename van de masthoogte heeft boven zee een veel kleiner effect op de opbrengst dan boven land.

Opbrengst
De parkopbrengst wordt voor bepaald door de gemiddelde windsnelheid, de ashoogte, het type windturbine en de opstelling van de windturbines binnen het windpark. De toegepaste windturbine is de V66 - 2MW offshore. De windturbine heeft een as hoogte van 50 meter en een rotordiameter van 66 meter.

De onderlinge beïnvloeding van de windturbines in een windpark wordt aangeduid als het parkeffect. Achter elke windturbine treedt turbulentie op als gevolg van de passage van de wind door de rotor. Een windturbine geplaatst in deze turbulentie, het zog, wordt extra zwaar belast. Dit leidt tot extra slijtage, hogere onderhoudskosten en vermindering van de opbrengst. Zoals in hoofdstuk 4: 'Voorgenomen activiteit en alternatieven' is beschreven, is op basis van optimalisatie gekozen voor een onderlinge afstand van tenminste 8 x de rotordiameter. Een grotere onderlinge afstand leidt tot een verhoging van de kabelkosten, maar geen evenredige verhoging van de opbrengst. Een verkleining van de onderlinge afstand leidt tot lagere opbrengst, maar dit wordt onvoldoende gecompenseerd door de lagere kosten van de kabel.
Op basis van bovenstaande uitgangspunten en rekening houdend met de gegarandeerde beschikbaarheid van de installaties van 95% en transportverliezen, is de energieopbrengst berekend.
De netto energieproductie van het offshore windpark op voorkeurslocatie Q7-WP bedraagt per jaar gemiddeld 350.000.000 kWh.

Kosten
De kosten van het park vallen uiteen in investeringskosten en onderhoudskosten. De investeringskosten worden gevormd door de kosten voor de ondersteuningsconstructies, de windturbines, de elektrische infrastructuur en de aanleg en installatie van het park, inclusief het leggen van de kabels. De totale investeringskosten worden voor een deel bepaald door locatie afhankelijke factoren, zoals de waterdiepte, de bodemgesteldheid en de afstand tot het inpassingspunt met het landelijk elektriciteitsnet.
Daarnaast is een deel van de investeringskosten onafhankelijk van de locatie. Het gaat dan vooral om de kosten van de windturbines (exclusief ondersteuningsconstructie), het offshore hoogspanningsstation en de aansluiting met het landelijk net.
De kosten voor het onderhoud zijn afhankelijk van de afstand tot de dichtstbijzijnde haven en de afstand tot het basisstation van de helikopter.

Rentabiliteit
Een belangrijke graadmeter voor de bepaling van de rentabiliteit is de kostprijs van een kWh, die wordt opgewekt met het offshore windpark en wordt geleverd aan het landelijk net. De exploitatiekosten: onderhouds- en verzekeringskosten, hebben grote invloed op de kWh-kostprijs.
Uit concurrentie overwegingen is geen gedetailleerd inzicht in de kWh-kostprijs gegeven. De verstrekte informatie is vooral bedoeld om een rangorde in kostprijs tussen de locaties onderling te geven.

16.3.1 *Effecten van de locaties*

Voor Q4-WP bedraagt de netto energieopbrengst per jaar gemiddeld 352.000.000 kWh en voor P12-WP 354.000.000 kWh.
De totale investeringskosten zijn voor een deel afhankelijk van locatie afhankelijke factoren. Deze factoren zijn weergegeven in tabel 16.1.

	Waterdiepte (in meter LAT)		Afstand tot netinpassingspunt (in km)		Afstand tot haven (in km)
	min	max	zeekabel	over land (max)	
Q7-WP	19	24	28	7	35
	zandgolven in zuiden				
Q4-WP	20	24	32	7	39
P12-WP	18	24	33	8	41
	zandgolven				

Tabel 16.1 Kenmerken van de locaties voor het offshore windpark, die van belang zijn bij de bepaling van de investeringskosten.

Voor de drie locaties verschillen de kosten voor de ondersteuningsconstructie en aanleg en installatie van de windturbines vrijwel niet. De kosten voor het leggen van de kabels binnen het park verschillen vrijwel niet voor de voorkeurslocatie Q7-WP en locatiealternatief Q4-WP. Deze kosten zijn voor locatiealternatief P12-WP iets hoger dan voor beide andere locaties in verband met de zandgolven op deze locatie.
De kosten van de elektriciteitskabel, voor het transport van de energie van het windpark naar het netinpassingspunt, verschillen per locatie. Een vergroting van de afstand van het windpark tot het aansluitingspunt met het landelijk net, betekent voor elke extra kilometer een verhoging van de kabelkosten met circa NLG 1.000.000,- (€ 460.000,-) per tracé..
De onderhoudskosten verschillen evenredig met de afstand tot de haven of het basisstation van de helikopter. De verschillen in afstand voor de verschillende locaties zijn echter marginaal en blijken vrijwel niet van invloed op de onderhoudskosten.

Uitgaande van de kostprijs per kWh geproduceerde energie als indicatie voor de rentabiliteit van het offshore windpark, heeft locatie Q7-WP vanwege de ligging dichter bij de kust dus de voorkeur boven de locaties Q4-WP en P12-WP.
De kWh-kosten van het offshore windpark Q4-WP zijn hoger dan van het windpark Q7-WP omdat de kosten voor de transportkabel naar de wal hoger zijn en de energieopbrengst lager is. De kWh-kosten van het offshore windpark P12-WP zijn ook hoger dan van het windpark Q7-WP. Weliswaar is de opbrengst van P12-WP hoger dan van Q7-WP, maar de kosten van de transportkabel zijn ook hoger .
De specifieke efficiency van de meeropbrengst, respectievelijk de meerkosten van een variant uitgedrukt in c€/kWh, kan berekend worden uitgaande van rente en looptijd van de financiering. Op basis van deze methode bedraagt de kWh-kostprijs van de meerkosten van de zeekabel van Q4-WP ten opzichte van de voorkeurslocatie Q7-WP meer dan 39,8 ct/kW (18,06 c€/kWh).

Deze kWh-kostprijs resulteert niet in een verbetering van de rendabele exploitatie van het windpark. Wanneer uitsluitend de meerkosten van de zeekabel van P12-WP worden beschouwd en geen rekening wordt gehouden met andere meerkosten, bedraagt de kWh-kostprijs van deze meerkosten meer dan 24,9 ct/kWh (11,3 c€/kWh).

	Voorkeurslocatie **Q7-WP**	Locatiealternatief **Q4-WP**	Locatiealternatief **P12-WP**
Energieopbrengst	350 GWh/jr	352 GWh/jr	354 GWh/jr
Lengte zeekabel	28 km	32 km	33 km
Meerkosten zeekabel	0	circa NLG 8 miljoen	circa NLG 10 miljoen
Lengte landkabel	7 km	7 km	8 km
Afstand tot haven	30 km	33 km	41 km
Bodemgesteldheid	zandgolven in het zuiden	-	zandgolven
Meerkosten zeekabel per kWh meeropbrengst	0	39,8 ct/kWh	24,9 ct/kWh

Tabel 16.2 Samenvatting verschillen in rentabiliteit

16.3.2 *Effecten van de inrichting*

Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau

Vergroting van de ashoogte leidt tot een hogere energieopbrengst. In hoofdstuk 4 is aangegeven dat bij een toename van de ashoogte met 10 meter (ten opzichte van 50 meter) de opbrengst bijna 3% toeneemt, maar dat de kosten van de ondersteuningsconstructie met meer dan 8% stijgen. De additionele toename van de energieopbrengst per 10 meter extra masthoogte neemt af met het toenemen van de ashoogte. De additionele stijging van de kosten van de constructie nemen echter sterk toe bij het toenemen van de ashoogte.
De rentabiliteit van het project neemt daardoor af met het toenemen van de ashoogte. Het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' heeft dus een negatieve invloed op de economie van het project.

Grotere rotordiameter

Een windturbine met een grotere rotordiameter heeft een ashoogte van tenminste 57 meter in verband met de veilige afstand tussen het werkbordes en de onderzijde van de rotor. De zwaardere gondel/rotor combinatie en de hogere mast maken een zwaardere ondersteuningsconstructie nodig. Als gevolg van de hogere mast en de grotere rotordiameter is de energieopbrengst naar verwachting ruim 26% hoger. Daarentegen nemen de kosten van de ondersteuningsconstructie ook sterk toe: op grond van een indicatieve berekening met meer dan 20%. Theoretisch neemt de rentabiliteit van het windpark toe als gevolg van een grotere rotordiameter. Van het type windturbine met de grotere rotordiameter zijn op dit moment echter nog veel minder turbines op land geplaatst, dan van het type uit de basisinrichting. Op zee is nog geen enkele turbine van dit type geplaatst.

Daardoor ontbreekt, naar de mening van investeerders, financiers en verzekeraars de door hen gevraagde bedrijfservaring. Dat betekent dat de voorwaarden voor financiering en verzekering ongunstiger zijn, hetgeen tot hogere kosten leidt. De invloed van het milieu-alternatief 'V80-offshore' op het aspect economie (rentabiliteit) wordt daarmee negatief.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
De onderlinge afstand in de basisinrichting varieert tussen 8 en 9 x de rotordiameter. Het milieu-alternatief 'grote spacing' gaat uit van een onderlinge afstand van circa 800 meter (= 12 x de rotordiameter). De energieopbrengst van deze variant is minder dan 1% hoger dan in de basisinrichting. De extra kosten voor de langere onderlinge kabels resulteren echter in een verhoging van de investeringskosten van 2 - 3%.
De energieopbrengst van het milieu-alternatief '5 x D' is ruim 12% lager dan de opbrengst van basisinrichting. De investering is daarentegen slechts 2 - 3% lager. De beschikbare ruimte voor werkschepen om te manoeuvreren is bij deze onderlinge afstand aanzienlijk beperkt, hetgeen de inzet van werkschepen bemoeilijkt en dus tot hogere exploitatielasten leidt.
Resumerend leiden de beide milieu-alternatieven niet tot een verbetering van de rentabiliteit ten opzichte van de basisinrichting.

Kleur van de windturbines
De kleur van de windturbines heeft geen invloed op de rentabiliteit van het project.

Rood flitsend toplicht
De lampen van de knipperende markeringsverlichting ten behoeve van de luchtvaart dienen vaker vervangen te worden dan de vast brandende lampen. Deze vervanging kan echter meegenomen worden tijdens de periodieke inspectie- en onderhoudsbeurten. De kosten van de knipperende lampen zijn lager dan de kosten van de vast brandende lampen. Het milieu-alternatief 'knipperend rood' heeft ten opzichte van de basisinrichting geen invloed op de rentabiliteit.

17 POSITIEVE MILIEUEFFECTEN

17.1 Algemeen

De opwekking van windenergie wordt door het rijk gestimuleerd, vooral omdat met deze vorm van duurzame energie diverse schadelijke emissies worden vermeden, die bij gebruik van fossiele energie in het milieu worden gebracht. Het gaat primair om de schadelijke stoffen kooldioxide (CO_2), zwaveldioxide (SO_2) en stikstofoxiden (NO_x). Daarnaast komt bij de productie van elektrische energie door middel van windenergie, geen koelwater vrij zoals bij thermische centrales wel het geval is. Als gevolg van de productie van elektriciteit door middel van windenergie wordt bespaard op het gebruik van aardgas en andere fossiele brandstof. Aardgas kan dan gebruikt worden voor andere, meer hoogwaardige toepassingen, dan verbranding.
Naast bovengenoemde positieve milieueffecten kunnen ook andere effecten optreden, die per saldo een positief effect hebben voor het milieu. Wanneer het gebied rond het windpark wordt gesloten voor de visserij en andere gebruiksfuncties kan het gebied als refugium gaan functioneren en zo een positief effect hebben op het plaatselijke leven onderwater.

17.2 Vermeden emissies en energiebalans

Het Projectbureau CO_2-reductieplan heeft gegevens gepubliceerd over vermeden emissies bij gebruik van windenergie in vergelijking met fossiele energie. Deze gegevens zijn gebaseerd op gemiddelden van de huidige technologie, verouderde centrales zijn buiten beschouwing gelaten (Projectbureau CO_2, 2000). Naar verwachting kan bij windenergie per kWh een emissie van 0,37 kilogram CO_2 worden vermeden. De besparing op primaire energie bedraagt 10,9 MJ/kWh. De vermeden hoeveelheden zuurequivalenten (NO_x en SO_2) zijn vergelijkbaar met de vermeden emissies en bedragen volgens EnergieNed 0,0165 zuurequivalenten per geproduceerde kWh.

Productie, installatie, onderhoud en uiteindelijk verwijdering van de turbines kost ook energie. Door middel van een zogeheten Life Cycle Analysis kan worden nagegaan welke hoeveelheid energie enerzijds nodig is om een offshore windpark te vervaardigen en plaatsen, te onderhouden en uiteindelijk te verwijderen, en anderzijds door het windpark gedurende de levensduur wordt opgewekt. In de volgende paragraaf is de LCA voor deze offshore windparken uitgewerkt.

17.3 Energiebalans voor de levenscyclus van offshore windturbines

17.3.1 *Inleiding*

In deze paragraaf wordt een indicatie gegeven van de energiebalans gedurende de levenscyclus van offshore windturbines.
Voor het verwerken van grondstoffen tot bruikbare materialen, het bewerken van deze materialen en het samenbouwen van de bewerkte onderdelen tot een windturbine, inclusief de daarbij behorende onderdelen zoals de ondersteuningsconstructie, hoogspanningsapparatuur, e.d., is (fossiele) energie nodig. Ook voor de bediening en het onderhoud van de windturbines is energie nodig. Aan het eind van de levensduur moet het windpark verwijderd worden. Ook daarvoor is energie nodig.

Daar staat tegenover dat het windpark gedurende de levensduur elektrische energie produceert en zo bespaart op het gebruik van fossiele energie.
De hoeveelheid fossiele energie, die nodig is om het windpark te realiseren, onderhouden en verwijderen, wordt vergeleken met de hoeveelheid fossiele energie, die het windpark gedurende de ontwerptechnische levensduur van 20 jaar bespaart. Een dergelijke analyse wordt een energiebalans over de levenscyclus of LCA genoemd.

17.3.2 *Energie-inhoud offshore windturbines*

Voor alle hoofdcomponenten van het offshore windpark is op basis van kengetallen het energiegebruik uitgedrukt in fossiele energie per geïnvesteerde gulden berekend. De kengetallen zijn ontleend aan een uitgebreide studie uit Denemarken (zie Bijlage B, The energy balance of modern wind turbines, Vindmøllenindustrien, 1997) waarbij gebruik wordt gemaakt van kengetallen van de energie-inhoud voor de Deense industrie uit 1995. Denemarken is de bakermat van de moderne windturbine industrie. Gezien de voortschrijdende verbetering van de energie-efficiency in de westerse landen, resulteert het gebruik van kengetallen uit 1995 in een overschatting van de werkelijke energie-inhoud van de huidige generatie nieuw te bouwen windturbines.
Op basis van de investerings-, onderhouds- en verwijderingskosten is het directe en indirecte bruto energie verbruik bepaald. Deze gegevens zijn vermeld in tabel 17.1. Zoals uit deze tabel blijkt, draagt het energie verbruik voor het bedienen en onderhouden van een offshore windturbine voor een belangrijk deel bij aan de totale energie-inhoud van een offshore windturbine.
Overigens zijn in tabel 7.1 uit concurrentie overwegingen hogere kosten voor de investering en bediening en onderhoud vermeld dan in werkelijkheid worden verwacht. Dit resulteert echter in een onderschatting van de energetische terugverdientijd van het offshore windpark.

Procesdeel	**Waarde** (M*f*)	**Direct + indirect energieverbruik bedrijfstak 1995:** (TJ-fos/ M*f*)	**per windturbine:** (TJ-fos)
Fabricage windturbine inclusief componenten en assemblage:	3,85	2,131	8,20
Offshore fundering en installatie:	1,75	2,570	4,50
Elektrische infrastructuur on- en offshore, inclusief aanleg:	1,86	2,570	4,78
Bediening en onderhoud gedurende 20 jaar:	2,64	1,454	3,84
Totaal:			21,32

Tabel 17.1 Direct en indirect bruto verbruik aan fossiele energie voor een 2 MW offshore windturbine

Het verwijderen van een windturbine kost weliswaar ook energie, maar dankzij hergebruik van componenten die recycled kunnen worden, wordt weer energie bespaard. Voor een standaard 600 kW windturbine is uitgerekend (zie Bijlage B), dat het verwijderen van een windturbine per saldo meer energie oplevert, dan nodig is voor de verwijdering.

Omdat bij offshore windparken met zware stalen monopaal fundaties relatief veel herbruikbare metalen vrijkomen, wordt er van uitgegaan dat de verwijdering van offshore windturbine per saldo geen energie kost.

De totale energie-inhoud van een 2 MW offshore windturbine bedraagt 21,32 TJ (1 TJ = 1.000.000 MJ).

17.3.3 *Energieopbrengst*

De offshore windparken produceren gemiddeld netto 350 miljoen kWh per jaar. De gemiddelde elektriciteitsproductie per windturbine bedraagt netto 5,8 miljoen kWh per jaar. De totale elektriciteitsproductie per windturbine gedurende de levensduur van 20 jaar bedraagt 116 miljoen kWh (= 116 GWh).

De energiebesparing per kWh elektrische energie, die is geproduceerd met windenergie, bedraagt volgens het Projectbureau CO_2-reductieplan 0,34 m^3 aardgas per jaar. Bij een energie-inhoud van 32 MJ/m^3 gas, komt deze hoeveelheid overeen met een fossiele energiebesparing van 10,9 MJ per kWh windstroom.

Per offshore windturbine wordt dus 63 TJ per jaar bespaard (= 5,25 TJ per maand).

17.3.4 *Specifieke energie-inhoud van een offshore windturbine*

De specifieke energie-inhoud van een kWh geproduceerd met een offshore windturbine is de verhouding tussen enerzijds de hoeveelheid energie, die nodig om de offshore windturbine te maken, te gebruiken en te verwijderen, en anderzijds de hoeveelheid energie, die met de offshore windturbine geproduceerd wordt.
De specifieke energie-inhoud is een maat voor de energie-efficiency van deze methode van elektriciteitsproductie.
De specifieke energie-inhoud van een kWh geproduceerd met een offshore windturbine bedraagt 168 kJ per kWh (= 19,43 TJ / 116 GWh).

17.3.5 *Conclusie van de LCA*

De totale energie-inhoud van een offshore windturbine van 21,32 TJ wordt, zelfs bij conservatieve aannames, binnen 5 maanden terugverdiend.

17.3.6 *Effecten van de locaties*

De verschillen tussen de energieopbrengst van de windpark locaties zijn zeer gering (minder dan 1,5%). De verschillen in vermeden emissies zijn dus ook zeer gering (zie tabel 17.2). Rekening houdend met de onnauwkeurigheid van de opbrengstberekening en de jaarlijkse variatie van het windaanbod is dit verschil verwaarloosbaar.

Locatie	Energieopbrengst Windpark	Vermeden emissies Bestaande centrales		Vermeden emissies Huidige technologie	
	(in GWh per jaar)	CO_2 (in kton)	SO_2 en NO_x (in 10^6 z.e)	CO_2 (in kton)	SO_2 en NO_x (in 10^6 z.e.)
Q7 - WP	350	205,1	5,77	129,5	5,77
Q4 - WP	352	206,2	5,81	130,3	5,81
P12 – WP	354	207,4	5,84	131,0	5,84

Tabel 17.2 De vermeden emissies voor de drie locaties voor het windpark, gerelateerd aan enerzijds de bestaande elektriciteitscentrales en anderzijds de huidige technologische mogelijkheden voor opwekking van fossiele energie.

Voor de energiesector (waartoe ook de productie van duurzame energie wordt gerekend) is voor 2010 een CO_2-reductiedoelstelling van 13,1 procent gesteld (Uitvoeringsnota Klimaatbeleid, Ministerie van VROM, 1999). Bij ongewijzigd beleid zal de emissie van de energiesector in 2010 ongeveer 61 Mton CO_2 bedragen. De CO_2-reductiedoelstelling van 13,1 procent komt dus overeen met ongeveer 8 Mton CO_2.
Wat is nu de bijdrage van het offshore windpark aan deze reductiedoelstelling?
Bij vergelijking met bestaande centrales levert het windpark een jaarlijkse bijdrage van ongeveer 205 kton CO_2 en bij vergelijking met de thans beschikbare beste technologie een bijdrage van ongeveer 130 kton CO_2. Het gaat dus om een bijdrage van 2,6% respectievelijk 1,6% aan de CO2-reductiedoelstelling.
De eerste studies naar de mogelijkheden voor de plaatsing van windturbines buitengaats geven aan dat plaatsing van 4.000 tot 6.000 MW mogelijk is (zie Novem, 1999). Bij realisering van 4.000 MW kunnen offshore windparken, op basis van berekeningen met bovenstaande gegevens, een bijdrage leveren van bijna 85 procent (gerelateerd aan bestaande elektriciteitscentrales) respectievelijk ruim 50 procent (gerelateerd aan de huidige technologie) aan de CO_2-reductiedoelstelling.

17.3.7 *Effecten van de inrichting*

Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' resulteert in een verhoging van de energieopbrengst met 5% ten opzichte van de basisinrichting. Vanuit het oogpunt van vermijding van emissies scoort dit milieu-alternatieven positief ten opzichte van de basisinrichting.

Grotere rotordiameter
Het milieu-alternatief 'V80-offshore' resulteert in een verhoging van de energieopbrengst met 15% ten opzichte van de basisinrichting. De invloed van dit milieu-alternatief op de vermeden emissies is positief ten opzichte van de basisinrichting.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
Milieu-alternatief 'grote spacing' leidt tot een fractioneel hogere energieopbrengst en dus tot een zeer beperkte toename van de vermeden emissies. Milieu-alternatief '5 x D' leidt tot een lagere energieopbrengst en dus tot minder vermeden emissies dan de basisinrichting.

Parkopstelling
Het milieu-alternatief 'cirkelvorm' levert niet meer energie dan de basisinrichting, mits de onderlinge afstand, net als in de basisinrichting, bij deze variant ook 8 - 9 x de rotordiameter bedraagt. Dit milieu-alternatief onderscheidt zich op dit aspect niet van de basisinrichting.

17.4 Besparing fossiele brandstof

Aardgas
Als gevolg van de productie van elektriciteit door middel van windenergie wordt bespaard op het gebruik van fossiele brandstof in conventionele centrales. Per kWh elektrische energie, die wordt opgewekt door middel van windenergie, wordt 0,34 m^3 aardgas bespaard. Dit aardgas zou gebruikt kunnen worden voor andere, meer hoogwaardige toepassingen, dan verbranding. Per jaar bespaart het offshore windpark ongeveer 121 miljoen m3 aardgas. Tijdens de levensduur van het windpark van 20 jaar wordt dus 2,42 miljard m^3 aardgas bespaard.
Volgens het MER Winning van aardgas in blok Q4 (Oranjewoud, 1999) bevatten de twee velden, die worden geëxploiteerd door de platforms Q4-A en Q4-B ongeveer 5 miljard m^3 winbaar aardgas. Deze hoeveelheid wordt gedurende een periode van 15 - 20 jaar naar boven gehaald. Twee offshore windparken van elk 120 MW (de omvang van Q7-WP) besparen dus een zelfde hoeveelheid aardgas als gewonnen wordt vanaf de platforms Q4-A en Q4-B.

Aardolie
In plaats van aardgas kan het windpark bij de productie van elektriciteit ook aardolie besparen. In het kader van het onderzoek van MARIN naar aanvaringskansen bij het offshore windpark en de gevolgen voor het milieu van eventuele aanvaringen (zie hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's'), komt MARIN tot de volgende conclusie:
Bij het transport van olie over de Noordzee bestaat de kans op vervuiling van de Noordzee met olie, als gevolg van olieverlies tijdens calamiteiten. Per getransporteerde hoeveelheid olie kan de gemiddelde jaarlijkse verontreiniging worden bepaald.
Bij een aanvaring met het windpark bestaat ook kans op olievervuiling van de Noordzee. Dit kan zijn lading- of bunkerolie van het schip, olie uit de tandwielkast of het hydraulisch systeem van de windturbine en olie uit het noodaggregaat voor de markeringsverlichting en misthoorns.
Volgens MARIN is de jaarlijkse gemiddelde vervuiling van de zee met olie, als gevolg van het transport van de door het windpark jaarlijks bespaarde hoeveelheid olie, groter dan de jaarlijks gemiddelde vervuiling als gevolg van de kans op aandrijvingen met het offshore windpark.

Effecten van de inrichting
Hetgeen hiervoor is vermeld met betrekking tot de effecten van de inrichting op de vermeden emissies geldt in gelijke mate voor de besparing van fossiele brandstoffen. Des te hoger de energieopbrengst, des te meer schadelijke emissies worden vermeden en des te hoger de besparing van fossiele brandstoffen.

17.5 Refugium voor onderwaterleven of een open gebied?

In het Nederlandse deel van het Continentaal Plat zijn geen gebieden aangewezen waar gedurende het gehele jaar niet gevist mag worden.
Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat voor een duidelijk inzicht in de effecten van visserij met behulp van gesleepte vistuigen op het bodemleven, een gesloten referentiegebied gewenst zo niet een noodzakelijk vereiste is (NIOZ, 2000). Indien als gevolg van de realisatie van een offshore windpark het gebied voor de visserij wordt gesloten, ontstaat een in dit opzicht beschermd gebied voor het onderwaterleven, een zogenaamd refugium. Het instellen van beschermde gebieden op de Noordzee biedt de mogelijkheid om nieuwe levensgemeenschappen tot ontplooiing te laten komen en aan soorten een schuilplaats te bieden. In dat opzicht vormt een offshore windpark een meerwaarde ten aanzien van de van nature aanwezige fauna. "Een gesloten gebied zal voor opgroeiende vis, met name schol en tong een tijdelijk refugium kunnen zijn. Uiteindelijk zal de vis er van weg zwemmen. (...) Een refugium zal voor de visserij dan ook geen verlies aan commerciële soorten inhouden. (...) Een windpark in de diepere kustzone heeft voor de minder talrijke grotere exemplaren betekenis" (RIVO-DLO, 1999).
Door de grootte van het offshore windpark (bij een omvang van 17 km^2 tot 21 km^2) is de beschermende functie relatief beperkt. In een rapport over beschermde gebieden in de Noordzee Bergman et al. 1991) wordt gesproken over gebieden ter grootte van 800 tot 10.000 km^2. Het is waarschijnlijk dat een gebied van slechts een tiental km^2 alleen voor een beperkt aantal soorten bescherming biedt. Een beperkt gebied creëert wel de mogelijkheid van herstel van de bodemfauna. Te denken valt bijvoorbeeld aan weinig mobiele grotere organismen, zoals schelpdieren. Herstel en ontwikkeling van bodemleven leidt tot herstel van de voedselbron voor vissen. Daarom zal een beperkt gebied ook voor vissen, die zich slechts tijdelijk in het gebied ophouden, een positief effect hebben.
Zoals uit het voorgaande blijkt, kan het offshore windpark, wanneer het gebied voor visserij (en andere scheepvaart) gesloten wordt, behalve als refugium ook dienen als een onderzoeksgebied voor de bestudering van de gevolgen van visserij voor de bodemfauna.
In hoofdstuk 11 'Onderwaterleven' is aangegeven dat diergroepen die nu op de zandbodems van de Noordzee vrijwel ontbreken, zoals sponzen, hydropoliepen, zeeanemonen en zeepokken, zich in groten getale op de ondersteuningsconstructies van de windturbines en het stortsteen op de bodem kunnen vestigen. Een aantal van deze soorten of de door hen gevormde structuren vormen op hun beurt een ondergrond voor andere vastzittende soorten. Tussen en op deze soorten komen vrij kruipende organismen voor, zoals naaktslakken, krabben en kreeften. Op de buispalen onder de zeespiegel kunnen zich mosselen vasthechten. Naar verwachting zal zich een totaal andere levensgemeenschap ontwikkelen dan op een 'kale' zandbodem. De biodiversiteit en biomassa zal sterk toenemen. De ontwikkeling van 'hard substraat fauna' op en rond de ondersteuningsconstructie kan als een positief milieueffect worden gezien.

Wanneer de aangroei op de ondersteuningsconstructie toeneemt, neemt ook de golfbelasting op de constructie toe. Teneinde de belasting op de constructie te beperken, moet de aangroei periodiek verwijderd worden. Afhankelijk van de aangroeisnelheid is dit jaarlijks of tweejaarlijks. De aangroei wordt verwijderd door middel van een zeewaterstraal onder hoge druk. Bij deze methode breekt de aangroei los van de constructie en valt op de zeebodem waar het gedeeltelijk voedsel wordt voor diverse organismen en gedeeltelijk hard substraat vormt, waarop nieuwe organismen zich kunnen vestigen (zie ook kader 11.5 van paragraaf 11.3.2).

Door het gebruik van zeewater onder hoge druk, zonder bijmenging van aangroeiwerende middelen, worden geen schadelijke stoffen in het milieu gebracht.
Hoewel de aangroei dus periodiek verwijderd wordt, is toch sprake van een toename van biodiversiteit en biomassa als gevolg van de aanwezigheid van ondersteuningsconstructies.

Indien het gebied van het windpark tot gesloten gebied wordt verklaard, wordt het positieve effect van het windpark op het onderwaterleven verder versterkt.

17.5.1 *Effecten van de locaties*

Een gesloten gebied rond het offshore windpark zal op alle locaties een refugium kunnen vormen. Naarmate een locatie een grotere ecologische waarde heeft zou het effect van een refugium die waarde verder kunnen versterken. Hierdoor ontstaat echter een belangrijk knelpunt: enerzijds is dit MER er op gericht die locatie te selecteren waar de negatieve effecten op het ecosysteem minimaal zijn. Anderzijds zou in verband met de refugium-functie juist een voorkeur kunnen ontstaan voor een locatie in het meest waardevolle gebied, omdat daar de natuurwaarde optimaal versterkt kan worden.
De ecologische waarde van de verschillende locaties verschilt echter niet significant. De mogelijkheid tot het creëren van een refugium is dus geen onderscheidend criterium tussen de voorkeurslocatie Q7-WP en de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP.

Voor de ontwikkeling van 'hard substraat fauna' op en om de ondersteuningsconstructie gaat de voorkeur uit naar een zo diep mogelijke locatie voor het offshore windpark. Op langere buispalen ontstaan, door de lengte, meer kansen voor de ontwikkeling van hard substraat fauna. De waterdiepte is op alle locaties 20 tot 24 meter. De mogelijkheid voor de ontwikkeling van hard substraat fauna is dus geen onderscheidend criterium tussen de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven.

17.5.2 *Effecten van inrichting*

Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Een vergroting van de as hoogte betekent dat de ondersteuningsconstructie zwaarder wordt dan die van de basisinrichting. Een zwaardere buispaal heeft in het algemeen een grotere diameter. Een grotere diameter vraagt een grotere erosiebescherming. Dit betekent dat bij hetzelfde aantal turbines een vergroting van de as hoogte leidt tot een toename van het beschikbare oppervlak hard substraat (de buispaal én de erosiebescherming). Het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' heeft daarmee een positief effect op de toename van biomassa en biodiversiteit.

Grotere rotordiameter
Een windturbine met een grotere rotordiameter heeft een ashoogte van tenminste 57 meter in verband met de veilige afstand tussen het werkbordes en de onderzijde van de rotor. De zwaardere gondel/rotor combinatie en de hogere mast maken een zwaardere ondersteuningsconstructie nodig. Het milieu-alternatief 'V80-offshore' heeft dus ook een positief effect op de toename van biomassa en biodiversiteit.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
Het belang van het refugium is afhankelijk van de grootte van het gesloten gebied. Des te groter het gebied des te hoger de waarde van het refugium. Het milieu-alternatief 'grote spacing' heeft dus een positief effect op de waarde van het refugium. Het milieu-alternatief '5 x D' heeft daarentegen een negatief effect op de waarde van het refugium ten opzichte van de basisinrichting.

Parkopstelling
In het algemeen is de opstelling in een cirkelvorm, bij gelijk aantal turbines en een gelijke onderlinge afstand, compacter. Deze opstelling resulteert dan in een kleiner gesloten gebied. Zoals hiervoor aangegeven heeft een groter refugium de voorkeur. Het milieu-alternatief 'cirkelvorm' scoort dus negatief ten opzichte van de basisinrichting.

17.6 Conclusies van de effectvoorspelling

Het voornaamste positieve milieueffect van het windpark zijn de emissies die met deze duurzame vorm van energie-opwekking worden vermeden ten opzichte van opwekking uit fossiele brandstoffen. Er bestaan geen significante verschillen tussen de locaties voor wat betreft de vermeden emissies aan $C0_2$, $S0_2$ en NO_x (zie tabel 17.2). In het algemeen geldt dat de energieopbrengst hoger zal zijn bij een locatie verder uit de kust. Een hogere opbrengst leidt tot een grotere hoeveelheid vermeden emissies. Bij de relatief geringe variatie in de afstand tot de kust verschilt de energieopbrengst van de locaties niet significant.

Het instellen van een refugium op de Noordzee biedt de mogelijkheid om nieuwe levensgemeenschappen tot ontplooiing te laten komen en aan soorten een schuilplaats te bieden. In dat opzicht vormt een offshore windpark een meerwaarde ten aanzien van de van nature aanwezige fauna. Naarmate een locatie een grotere ecologische waarde heeft, zou het effect van een refugium die waarde verder kunnen versterken. Gegeven de grote biotische en abiotische overeenkomsten tussen de locaties is er geen voorkeur voor een van de locaties uit te spreken.

	gebruik		**onderhoud**		**aanleg en verwijdering**	
	windpark	kabel	windpark	kabel	windpark	kabel
Voorkeurslocatie Q7-WP						
Basisinrichting en Inrichtingsvarianten	Beperking emissies Besparing olie/gas Refugium Energie-inhoud < 5 mndn +	geen	geen	geen	geen	geen
Locatiealternatief Q4-WP						
Basisinrichting en Inrichtingsvarianten	Beperking emissies Besparing olie/gas Refugium Energie-inhoud < 5 mndn ++	geen	geen	geen	geen	geen
Locatiealternatief P12-WP						
Basisinrichting en Inrichtingsvarianten	Beperking emissies Besparing olie/gas Refugium Energie-inhoud < 5 mndn +++	geen	geen	geen	geen	geen

Tabel 17.3 Samenvatting positieve milieueffecten offshore windpark
Des te meer +, des te hoger is het positieve effect.
De onderlinge verschillen zijn echter kleiner dan 1,5%

LITERATUUR EN BRONNEN

Hoofdstuk 1

Ministerie van Economische Zaken (EZ), 1996
Derde energienota, Den Haag

Ministerie van EZ, 1998
Elektriciteitswet 1998

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), 1998
Nationaal Milieubeleidsplan 3, Den Haag

Ministerie van VROM, 1999
Uitvoeringsnota Klimaatbeleid

Novem 1996
Wind uit een andere hoek. Samenvatting van vier verkennende studies naar niet-traditionele locaties voor windturbines

Novem, 1999
Plaatsingsplan Windturbines Buitengaats: Op weg naar grootschalige opwekking van windenergie op de Noordzee

Hoofdstuk 2

EnergieNed, 24 oktober 2000
Presentatie DENA-rapport, uitgebracht door CEA i.o.v. Ministerie van EZ
(Rapport & discussie gebaseerd op gegevens EnergieNed)

MER NSW, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze, demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van EZ, 1996
Derde energienota, Den Haag

Ministerie van EZ, 1997
Duurzame energie in opmars, Actieprogramma 1997-2000, Den Haag

Ministerie van EZ, 1998
Elektriciteitswet 1998

Ministerie van EZ, 1999
Duurzame energie in uitvoering - Voortgangsrapportage 1999, Den Haag

Ministerie van VROM, 1998
Nationaal Milieubeleidsplan 3, Den Haag

Ministerie van VROM, 1998
Jaarrapportage Windenergie 1998, Verslag van de uitvoering van de Bestuursovereenkomst Plaatsingsproblematiek Windenergie (BPW) door provincies en rijksoverheid in 1997, Den Haag

Ministerie van VROM, 1999
Uitvoeringsnota Klimaatbeleid

Novem, 1996
Toepassing windenergie in Nederland 2, Meerjarenprogramma windenergie 1996-2000 (TWIN-2), Den Haag

Novem, 1997
Evaluatierapport Bestuursovereenkomst Plaatsingsproblematiek Windenergie, Utrecht

Novem, 1999
Plaatsingsplan Windturbines Buitengaats: Op weg naar grootschalige opwekking van windenergie op de Noordzee

Wind Service Holland, 2000
Internetpagina: http://home.wxs.nl/~windsh/home.html

Hoofdstuk 3

AEWA,1995
Agreement of the conservation of African-Eurosian migratory waterbirds

Bern, 19 september 1979
Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats

Bonn, 23 juni 1979
Convention on the conservation of migratory species of wild animals

EnergieNed, 2000
Presentatie van het DENA-onderzoek door CEA op 24 oktober 2000 bij het Ministerie van Economische Zaken

Europese Economische Gemeenschap (EEG), 2 april 1979
EG richtlijn 79/409/EEG inzake het behoud van de vogelstand (Vogelrichtlijn), Document 379L0409

Europese Gemeenschap (EEG), 21 mei 1992
EG richtlijn 92/43/EEG inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna (Habitatrichtlijn), Document 392L0043

EEG-verordening 3760 - Gemeenschappelijk Visserijbeleid -, 1992
Afspraken over visserij

IBA 1989
Inventory of important Bird Areas in the European Community

IBA 1994
Review of Areas important for Birds in the Netherlands

Kyoto, 11 december 1997
Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change

Ministerie van Defensie, 1985
Structuurschema Militaire Terreinen (SMT), Den Haag

Ministerie van Defensie, 1991
Evaluatienota Structuurschema Militaire Terreinen, Den Haag

Ministerie van EZ, 1994
Tweede Structuurnota Electriciteitsvoorziening, Den Haag

Ministerie van EZ, 1996
Derde Energienota

Ministerie van EZ, 1997
Duurzame Energie in opmars, Actieprogramma 1997-2000, Den Haag

Ministerie van EZ, 1998
Energiebesparingsnota, Den Haag

Ministerie van EZ, 1999a
Actieprogramma Energiebesparingsbeleid

Ministerie van EZ, 23 juli 1999b
Voortgangsrapportage Duurzame energie in uitvoering

Ministerie van EZ, Ontwerp PKB Partiële herziening SEV-2, 2000
Partiële herziening ontwerp PKB tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening

Ministerie van EZ, Kabinetsstandpunt PKB Partiële herziening SEV-2, 2001
Kabinetsstandpunt partiële herziening PKB tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening

Ministeries van EZ, VROM en Verkeer en Waterstaat (V&W), 1984
Structuurschema Buisleidingen (SBUI), Den Haag

Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij (LNV), 1995
Structuurschema Groene Ruimte, Den Haag

Ministerie van LNV, 14-10-1999
Ecosysteemdoelen Noordzee

Ministerie van LNV (i.s.m. Min VROM, V&W en Ontwikkelingssamenwerking), 2000
Nota Mensen voor natuur, natuur voor mensen

Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 1991
Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee

Ministerie van V&W, 1996
Recht-zo-die-gaat, Voortgangsnota Scheepvaartverkeer Noordzee

Ministerie van V&W, 1997
Vierde Nota Waterhuishouding, Den Haag

Ministerie van V&W, 17 april 2000
Graadmeters voor de Noordzee, Rapport RIKZ-2000.022

Ministerie van V&W, november 2000
Ontwerp Nationaal Verkeers- en Vervoerplan 2001-2020

Ministerie van V&W, 2000
Correspondentie met Directie Noordzee

Ministerie van V&W, 2001
Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee 2, Directie Noordzee, april 2001

Ministeries van V&W, LNV, VROM en EZ, 1999
Beheersvisie Noordzee 2010, bron van leven, rust, ruimte - motor van economische activiteiten

Ministeries van V&W en VROM, 1996
Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen, Deel 4: Planologische Kernbeslissing, Den Haag

Ministerie van VROM, 1993
Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Extra (Vinex)

Ministerie van VROM, 1999
Uitvoeringsnota Klimaatbeleid

Ministerie van VROM, 2001
Ontwerp Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening, PKB deel 1

Ministerie van VROM, Rijksplanologische Dienst, i.s.m. Ministerie LNV, 1996
Notitie toepassing beschermingsformule SGR, ontwerp

Ministeries van VROM en EZ en College van GS van de provincies Groningen, Friesland, Flevoland, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en Noord-Brabant, 1991
Bestuursovereenkomst Plaatsingsproblematiek Windenergie (BPW)

Ministeries van VROM, EZ, LNV en V&W, 1997
Nota Milieu en Economie, Den Haag

Ministeries van VROM, EZ, LNV en V&W, 1999
Startnota ruimtelijke ordening 1999, De ruimte van Nederland, Den Haag

Morel, S.A.A., oktober 1998
Consequenties van 'beschermingsformules Structuurschema Groene Ruimte, Habitatrichtlijn, Vogelrichtlijn', in kenMERken, jaargang 5, nummer 5

New York, 9 mei 1992
United Nations framework convention on climate change

OSPAR-verdrag, 1992
Verdrag van Oslo-Parijs

Rio de Janeiro, 5 juni 1992
Convention of Biological Diversity

SOLAS-verdrag, 1974
Safety of life at Sea

TNO, 1999
Kader voor ruimtelijk beheer op de Noordzee

UNCLOS,1982
United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), Montega Bay, Jamaica, 1982, Tractatenblad 1984, nr. 55

Hoofdstuk 4

Haalbaarheidsstudie Near Shore Windpark, 1997
Bijlage C, Deelrapport Park Geometrie Energieonderzoek Centrum Nederland

ICONA, 1992
Noordzee-Atlas, voor het Nederlands beleid en beheer

MER NSW, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze, demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van V&W, Directie Noordzee (DNZ), 2000,
Correspondentie met Directie Noordzee

Opti-OWECS, 1998
Opti-OWECS Final Report, Volume 0: Structural and Economic Optimisation of Bottom-mounted Offshore Wind Energy Converters. Institute for Wind Energy, Delft University of Technology,1998)

PKB, februari 2000
Ontwerp Planologische Kernbeslissing Locatiekeuze Demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

SMC, November 2000
Constructie- en Plaatsingsplan voor het Offshore Windpark Q7-WP (Q7WP.OP.MER-RO1), Smit Maritime Contractors, Vestas-Nederland Windtechnologie, ABB en E-Connection Project

Hoofdstuk 5

Haven Operatiecentrum IJmuiden, 2000
Haven Operatiecentrum IJmuiden, Gespreksverslagen 6 september en 27 oktober 2000

MER NSW, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze, demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van V&W, 17 april 2000
Graadmeters voor de Noordzee, Rapport RIKZ-2000.022

Hoofdstuk 6

MER NSW, 2000
Milieu-Effectrapport locatieproject demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

GONZ-III, Ministerie van V&W, 2000
Graadmeters voor de Noordzee, Rapport RIKZ-2000.022

Hoofdstuk 8

Alerstam T. 1980
Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge

Altenburg W, S. Dirksen, M. Engelmoer, M.J.W. van Roomen, J. van der Winden & V. van den Berk. 1997
De status van niet-broedende watervogels in Nederland. Voorstel tot uitbreiding van de doelsoortenlijst voor het Nederlandse natuurbeleid. IKC-Natuurbeheer rapport nr. W-107, Wageningen

Baptist, H.J.M. & P.A. Wolf 1993
Atlas van de vogels van het Nederlands Continentaal Plat. Rapport DGW-93.013. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren & Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Middelburg, Yerseke

Baptist, H.J.M. & P.L. Meininger (red.) 1996
Vogels van de Voordelta 1975-95. Rapport RIKZ 96.018. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Baptist, H.J.M., R.H. Witte, P. Duiven & P. Wolf 1997
Aantallen Eidereenden Somateria mollissima in de Nederlandse kustwateren en de Waddenzee in de winters 1993-1997. Limosa 70: 113-118

Bauer, K.M. & U.N. Glutz van Blatzheim (ed.) 1966
Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 1. Gaviiformes-Phoenicopteriformes. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main

Buurma, L.S. 1987
Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in oktober. Limosa 60: 63-74

Buurma, L.S. & H. van Gasteren 1989
Trekvogels en obstakels langs de Zuid-Hollandse kust. Rapport van de Koninklijke Luchtmacht, Luchtmachtstaf, Afdeling Luchtmacht Bedrijfsveiligheid, sectie Ornithologie, 's-Gravenhage

Buurma L.S. & Lensink R. 1999
Achtergrondinformatie bij zichtbare vogeltrek. In R. Lensink et al. (red). Vogeltrek over Nederland 1976-93. KNNV/SOVON, Utrecht

Camphuysen, C.J. 1988
Dode zangvogels op de vloedlijn. Sula 2: 79-82

Camphuysen, C.J. 1992
Nachttrek van Grote Sterns Sterna sandvicensis door het binnenland. Sula 6: 56-57

Camphuysen , C.J. 1996a
De verspreiding van zeevogels in de Noordzee: naar een beter begrip van patronen en verbanden. Sula 10 (special issue 2): 41-88

Camphuysen, C.J. 1996b
Herring gull Larus argentatus and Lesser Black-backed gull L. fuscus feeding at fishing vessels in the breeding season: competitive scavenging versus efficient flying. Ardea 83: 365-380

Camphuysen, C.J. 1998
Vliegveld in de Noordzee: aanvaringsrisico's en ecologische betekenis van de kustwateren tussen Goeree en Wijk aan zee. Werkdocument TNLI, CSR-rapport 98-03, Oosterend Texel

Camphuysen C.J. 2000a
Vogels in het Noord-Hollands kustgebied, rond en buiten de 20m diepte contour. Report 2000-011 CSR Consultancy, Oosterend Texel

Camphuysen C.J. 2000b
Vogels van de Zuidelijke Bocht, in en rond het mijnbouwvak P12-WP (52°22'NB, 04°0L) Report 2000-13, CSR Consultancy, Oosterend Texel

Camphuysen, C.J. & J. van Dijk 1983
Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust, 1974-79. Limosa 56: 81-230

Camphuysen, C.J., G.O. Keijl & J.E. den Ouden 1982
Meetpost Noordwijk 1978-1981, verslag nr. 1, Gaviidae-Ardeidae. CvZ-verslag, Amsterdam

Camphuysen, C.J. & M.F. Leopold 1994
Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research Report 94/6, NIOZ-Report 1994-8, Institute for Forestry and Nature Research, Dutch Seabird Group and Netherlands Institute for Sea Research, Texel

Clausager, I. & H. Nøhr 1996
Impact of wind turbines on birds, an overview of European and American experience. pp. 156-159 in: Proceedings 1996 European Union Wind Energy Conference, Göteborg, Sweden

Deelder, C.L. & L. Tinbergen 1947
Waarnemingen over de vlieghoogte van trekkende Vinken Fringilla coelebs L. en Spreeuwen Sturnus vulgaris L. Ardea 35: 45-78

Den Ouden, J.E. & C.J. Camphuysen 1983
Meetpost Noordwijk 1978-1981, verslag nr. 2, Anatidae-Scolopacidae. CvZ-verslag, Amsterdam

Den Ouden, J.E. & N.F. van der Ham 1988
Meetpost Noordwijk 1978-1981, verslag nr. 3, Stercorariidae-Alcidae. CvZ-verslag, Amsterdam.

Dijk van A.J., F. Hustings, H. Sierdsema & T. Verstreal. 1996
SOVON broedvogelverslag 1994. SOVON-monitoringrapport 1996/06. SOVON, Beek-Ubbergen

Dijk van A.J., F. Hustings, H. Sierdsema & R. Meijer. 1997
Kolonievogels en zeldzame broedvogels in Nederland in 1995. SOVON-monitoringrapport 1997/06. SOVON, Beek-Ubbergen

Dijk van A.J., A. Boele, D. Zoetebier & R. Meijer. 1998
Kolonievogels en zeldzame broedvogels in Nederland in 1996. SOVON-monitoringrapport 1998/07. SOVON, Beek-Ubbergen

Dirksen S., A.L. Spaans & J. van der Winden 1995
Nachtelijke trek en vlieghoogtes van steltlopers over de noordelijke havendam van IJmuiden, voorjaar 1995. Bureau Waardenburg, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. Bureau Waardenburg rapport 95.26, Culemborg

Dirksen, S., A.L. Spaans & J. van der Winden 1996a
Nachtelijke trek en vlieghoogtes van steltlopers in het voorjaar over de noordelijke havendam van IJmuiden. Sula 10:129-142

Dirksen, S., A.L. Spaans, J. van der Winden & L.M.J. van den Bergh 1996b
Vogelhinder door Windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 2: nachtelijke vlieghoogtemetingen van duikeenden in het IJsselmeergebied. Bureau Waardenburg rapport 96.18. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Bureau Waardenburg bv; Wageningen, Culemborg

E-Connection 2000a
Startnotitie MER offshore Windpark Q4-WP. Rapport, E-Connection, Bunnik

E-Connection 2000b
Startnotitie MER offshore Windpark Q7-WP Rapport, E-Connection, Bunnik

Garthe, S. & O. Hüppop 1996
Nocturnal scavenging by gulls in the southern North Sea. Colonial Waterbirds 19: 232-241

Glutz von Blatzheim, U.N.& K.M. Bauer (red.) 1982
Handbuch der Vogel Mitteleuropas. Band 8/II. Charadriiformes-Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden

Guillemette, M., J. Kyed Larsen & I. Clausager 1998
Impact assessment of an off-shore wind park on sea ducks. NERI Technical Report No.227 . National Environmental Research Institute, Denmark

Haskoning Ingenieurs en Architektenbureau, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze demonstratieproject Near Shore Windpark. Rapport, Haskoning, Nijmegen

Hebert E., E. Reese & L. Mark. 1995
Avian collision and electrocution: an annotated bibliography. Report P700-95-001, California Energy Commission

Kabuta S.H. & H. Duijts 2000
Graadmeters voor de Noordzee. Rapport RIKZ/2000.022. RIKZ, Middelburg

Keijl, G.O. & K. Mostert 1988
Vorsttrek van Scholeksters Haematopus ostralegus langs de kust in 1987. Sula 2: 113-118.

Keijl, G.O., M.W.J. van Roomen & H. Veldhuijzen van Zanten 1989
De relatie tussen het gebruik van de Zeereep door Stormmeeuwen Larus canus en het voorkomen van vissende meeuwengroepen op zee. Sula 3: 26-30

Larsson, A-K. 1994
The environmental impact trom an offshore plant. Wind Engineering 18: 213-218

Lensink R. 1996
33 Koperwieken ZW 4, vogeltrek in het binnenland. Wetenschappelijke Mededeling KNNV nr. 217. KNNV, Utrecht

Lensink R. & R. Kwak 1985
Vogeltrek over Arnhem in 1983 met een samenvatting over 1981-83 en methodieken voor het bewerken van trek-telmateriaal, dl. 1 & 2. Rapport, VWG Arnhem eo, Arnhem

Lensink R. & J. van der Winden 1997
Trek van niet-zeevogels langs en over de Noordzee: een verkenning. Rapport nr. 97.023, Bureau Waardenburg bv, Culemborg

Lensink R., C.J. Camphuysen, M.F. Leopold, D.A. Jonkers, H. Schekkerman & S. Dirksen 1999
Falls, an analysis of current knowledge. Report 99.052, Bureau Waardenburg/CSR Consultancy/Alterra, Culemborg

Leopold, M.F. 1996
Spisula subtruncata als voedselbron voor zee-eenden in Nederland. BEON rapp. 96-2

Leopold, M.F., H.J.B. Baptist, P.A. Wolf & H. Offringa 1995
De Zwarte zee-eend Melanitta nigra in Nederland. Limosa 68:49-64

Meininger, P.L., H. Schekkerman & M.W.J. van Roomen 1995
Populatieschattingen en 1%-normen van in Nederland voorkomende watervogelsoorten: voorstellen voor standaardisatie. Limosa 68: 41-48

Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 17 april 2000
Graadmeters voor de Noordzee, Rapport RIKZ-2000.022

Musters, C.J.M., G.J.C. van Zuylen & W.J. ter Keurs 1991
Vogels en windturbines bij de Kreekraksluizen. Rapport vakgroep Biologie, Rijksuniversiteit Leiden, Leiden

Ornis Consult 1989
Konsekvenser for fuglelivet ved etableringen af mindre vindmøller. Rapport, Ornis Consult, Kopenhagen

Platteeuw, M. 1987
Trekbewegingen van Kokmeeuwen Larus ridibundus langs de Noordzeekust: oorzaken en achtergronden. Sula 1: 29-37

Platteeuw, M. 1990
Zwarte zee-eenden Melanitta nigra snijden Nederlandse kust af. Sula 4: 70-74

Platteeuw, M. & M.R. van Eerden 1995
Time and energy constraints of fishing behaviour in breeding Cormorants Phalacrocorax carbo sinensis at Lake IJsselmeer, The Netherlands. Ardea 83: 223-234

Platteeuw Mo, No F. van der Ham & C.J. Camphuysen 1985.
K7-FA-1, K8-FA-1 Zeevogelobservaties winter 1984/85

Platteeuw M., N.F. van der Ham & J.E. den Ouden 1994
Zeetrektellingen in Nederland in de jaren tachtig. Sula 8 (1/2, special issue): 1-203

Richardson, W.J. 1978
Timing and amount of bird migration in relation ta weather: a review. Oikos 30: 224-272

Skov, H., J. Durinck, M.F. Leopold & M.L. Tasker 1995
Important bird areas for seabirds in the North Sea, including the Channel and the Kattegat. Birdlife International, Cambridge

SOVON 1987
Atlas van de Nederlandse vogels. SOVON, Arnhem

Spaans, A.L., J. van der Winden, L.M.J. van den Bergh & S. Dirksen 1995
Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 1: verkennend onderzoek naar nachtelijke vliegbewegingen in getijdegebieden. Bureau Waardenburg rapport 95.43. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Bureau Waardenburg bv; Wageningen, Culemborg

Spaans, A.L., J. van der Winden, R. Lensink, L.M.J. van den Bergh & S. Dirksen 1998a
Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 4: nachtelijke vliegbewegingen en vlieghoogtes langs de Afsluitdijk. Bureau Waardenburg rapport 98.015. Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen

Spaans, A.L., J. van der Winden, R. Lensink, L.M.J. van den Bergh & S. Dirksen 1998b
Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 5: nachtelijke vliegpatronen en vlieghoogtes van getijdentrek langs de Friese waddenkust. Bureau Waardenburg rapport 98.066. Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen

Still, D., B. Little & S. Lawrence 1995
The effect of wind turbines on the bird population at Blyth. ETSU, Haugh Lane Industrial Estate, Hexham

Trapp J. 1998
Bird kills at towers and other man-made structures: an annotated partial bibliography (1960-1998). Report. U.S. Fish and Wildlife Service, Virginia.

Tucker, V.A. 1996
A mathematical model of bird collisions with wind turbine rotors. Journal of Solar Energy Engineering 118: 253-262

Tulp,I., J. van der Winden, H. Schekkerman, J. Larsen & S. Dirksen 1999
Nachtelijke vliegbewegingen van zee-eenden bij het windpark Tunø Knob in de Oostzee. Rapport, Bureau Waardenburg, Culemborg (in druk)

Van der Winden, J., S. Dirksen, L.M.J. van den Bergh & A.L. Spaans 1996
Nachtelijke vliegbewegingen van duikeenden bij het Windpark Lely in het IJsselmeer. Bureau Waardenburg rapport 95.052. Bureau Waardenburg, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Culemborg, Wageningen

Van der Winden, J., G.W.N.M. van Moorsel & S. Dirksen 1997
Near shore windenergie, voorstudie locatieselectie, deelstudie ecologie. Bureau Waardenburg rapport 97.015. Bureau Waardenburg, Culemborg, Wageningen

Van der Winden, J., A.L. Spaans, I. Tulp, B. Verboom, R. Lensink, D.A. Jonkers & S. Dirksen. 1999
Deelstudie Ornithologie MER Interprovinciaal windpark Afsluitdijk. Bureau Waardenburg rapport 99.002, Bureau Waardenburg/DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Culemborg/Wageningen

Van Dobben, W. H. 1953
Migration in the Netherlands. Ibis 95: 214-234

Van Gasteren, H. 1986
De trek van de Kievit over Nederland. Rapport, Klu, Den Haag

Van Swelm, N. 1988
Vogels en de multi-windturbine op de Maasvlakte (1987). Rapport PPD Zuid-Holland, Den Haag.

Verheijen F.J. 1980
The moon: a neglected factor in studies on collision of nocturnal migrant birds with tall lighted structures and with aircraft. Vogelwarte 30: 305-320

Verheijen F.J. 1981
Birds kills at tall lighted structures in the USA in the period 1935-1973 and kills at a Dutch lighthouse in the period 1924-28 show similar lunar periodicity. Ardea 69: 199-203

Winkelman, J.E. 1989
Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/15. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem

Winkelman, J.E. 1992a
De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels,
1: aanvaringsslachtoffers. RIN-rapport 92/2. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem

Winkelman, J.E. 1992b
De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 2: nachtelijke aanvaringskansen. RIN-rapport 92/3. DLO-Instituutvoor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem

Winkelman, J.E. 1992c
De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 3: aanvlieggedrag overdag. RIN-rapport 92/4. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem

Winkelman, J.E. 1992d
De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 4: verstoring. RIN-rapport 92/5. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem

Winkelman, J.E. 1992e
Methodologische aspecten vogelonderzoek Sep-proefwindcentrale Costerbierum (Fr.), deel 2 (1988-1991). RIN-rapport 92/6. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem

Hoofdstuk 9

Klijn, J.A., 1981
Nederlandse kustduinen; geomorfologie en bodems, Wageningen, Pudoc

KNMI, 1959
Mededelingen en Verhandelingen no.67 , deel III

KNMI, 18-06-1999
Correspondentie drs A.F.V. van Engelen

KNMI, Maritiem Kennis Centrum, 1999
op basis van ref.23: dertig jaar waarnemingen van 1910 t/m 1939

Korevaar, C.G., 1987
Climatological data of the Netherlands lightvessels over the period 1949-1980 - KNMI-rapport WR 87-9

Ministerie van LNV, 1999
Ecosysteemdoelen Noordzee

Ministerie van V&W, 1990
Kustverdediging na 1990; beleidskeuze voor de kustlijnzorg, Den Haag, Tweede Kamer 1989-1990, 21.136

Ministerie van V&W, 1996
Kustbalans 1995. De tweede kustnota, Den Haag

Ministerie van V&W, 1998
Zichtbaarheid landaanwinning, Meteo Consult, in opdracht van Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten Werkgroep Landschap, november 1998

Hoofdstuk 10

Alphen, J.S.L.J., van en M.A. Damoiseaux, 1989
A geomorphological map of the Dutch shoreface and adjacent part of the continental shelf, Geol, en mijnb. 68: 433-443

Chakrabari S.K., 1987
Hydrodynamics of Offshore Structures, Computational Mechanics Publications

Eisma, D., 1981
Suspended matter as a carrier for pollutants in estuaries and the sea, In: R.A. Geyer, Mar. Envir. Pollution, 2. Mixing and dumping, Elsevier Science Publ.Comp., Amsterdam

Haskoning Ingenieurs en Architektenbureau, 1997
Haalbaarheidsstudie Demonstratieproject Near Shore Windpark

Hoffman, C.J.C.M. en H.J. Verheij, 1997
Scour Manual, A.A. Balkerma Publications

Hulscher, S., 1996
Formation and Migration of Large Scale, Rhythmic Seabed Patterns: a Stability Approach, Universiteit Utrecht

Korevaar, 1990
North Sea Climate: Based on observations from ships and light vessels, KNMI

MER NSW, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze, demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van V&W, 1997
Vierde Nota Waterhuishouding, Den Haag

Ministerie van V&W, 1988
Geomorfologie van de Nederlandse kustwateren, Kaarten, Rijkswaterstaat (RWS)

OSPAR, 2000a
Quality Status Report 2000 - Region II Greater North Sea, OSPAR Commission, London

OSPAR,2000b
Quality Status Report 2000, OSPAR Commission, London

RIKZ (Rijksinstituut voor Kust en Zee), 1997
Landen op zee, Kwalitatieve beschrijving van de morfologische en ecologische effecten van een vliegveld in de Noordzee, deel 1, Rapport RIKZ-97.047

RIKZ/RIZA, 1998
Jaarboek Monitoring Rijkswateren 1996/1997: kengetallen en presentator

Rijn, L.C., van, 1995
Sandbudget and coastline changes of the central coast of Holland between Den Helder and Hoek van Holland, period 1964-2040, Kustgenese rapport H2129

Hoofdstuk 11

Addink,M.J.en C. Smeenk, 1999
The harbour porpoise Phocoena phocoena in Dutch coastal waters: Analysis of stranding records for the period 1920-1994. Lutra 41 (1-2) 55-80

Addink, M.J., 2000
The Harbour porpoise Phocoena phocoena in Dutch coastal waters: Analysis of stranding records for the period 1920-1994. Lezing Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Groningen 28 sept. 2000

Alphen, J.S.L.J. van en M.A. Damoiseaux,1989
A geomorphological map of the Dutch shoreface and adjacent part of the continental shelf, Geol. en mijnb. 68: 433-443

Bergman, M.J.N. en M.F. Leopold,1992
De ecologie van de kustzone van Vlieland en Terschelling, NIOZ-rapport 1992-2

Bergman, M.J.N. en J.W. van Santbrink, 1998
Distribution of larger sized invertebrate species (megafauna) in the Dutch sector of the North Sea. BEON rapp. 98-2, 55-92

Bijkerk, R., 1988
Ontsnappen of begraven blijven, de effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden, RDD aquatic ecosystems, Groningen

Brasseur, S., 2000
'Radio tracking of seals' -behaviour and habitat use of free ranging harbour seals. Lezing Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Groningen 28 sept. 2000

Camphuizen, C.J. en M.F. Leopold, 1998
Kustvogels, zeevogels en bruinvissen in het Hollandse kustgebied, NIOZ-rapport 1998-4, CSR-rapport 1998-2, IBN-rapport 354

Daan, R. en M.J.N. Bergman en J.W. van Santbrink, 1997
Macrobenthos op Loswal Noord na 35 jaar stortingen van havenslib en op Loswal Noordwest voor aanvang van stortingen, NIOZ-rapport 1997-3

Duyckinck Dörner, G.C., 1999
Akoestisch onderzoek. Onderwatermetingen windmolenpark Irene Vorrink. Novem, GO795.FD/R001/GCDD/JER

Eertman, R.H.M. en A.C. Smaal, 1995
Habitat karakterisering van de Nederlandse kustwateren. NIOO-CEMO/RIKZ-95.042

Goodson, A.D., 1997
Studying the acoustic signals of the harbour porpoise, pp. 56-59 in: Evans, P.G.H. (ed.), European research on Cateceans 10. Proc, 10th Annual Conference European Catecean Society, Lisbon, Portugal, 11-13 March 1996

Hatakeyama, Y, K. Ishii, T. Akamatsu, H. Soenda, T. Shimamura & T. Kojima, 1994
A review of studies on attempts to reduce the entanglement of the Dall's porpoise, Phocoenoides dalli, in the Japanese salmon gillnet fishery. Rep. Int. Whal. Comm. (Spec. Issue) 15: 549-563

Heessen, H.J.L., 1998
Gevolgen voor de zeevisserij van infrastructurele werken in de kustzone, Symp. Productschap Vis, Den Haag, 6 jan 1998

Heessen, H.J.L., P.M. de Vries & H.C. Welleman, 1999
Ecosysteemdoelen Noordzee: Vissen. Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), IJmuiden, RIVO-Rapport CO60/99

Holtmann, S.E., A. Groenewold, K.H.M. Schrader, J. Asjes, J.A. Craeymeersch, G.C.A. Duineveld, A.J. van Bostelen en J. van der Meer, 1996
Atlas of the zoobenthos of the Dutch Continental Shelf, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, North Sea Directorate, Rijswijk, pp. 244

Holtmann, S.E., G.C.A. Duineveld & M. Mulder, 1999
The macrobenthic fauna in the Dutch sector of the North Sea in 1998 and a comparison with previous data. Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), Texel. NIOZ-Rapport 1999-5

Kastelein, R.A., 2000
Reducing bycatch of harbour porpoises in gillnet fisheries. Lezing Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Groningen 28 sept. 2000

Knijn, R.J., T.W. Boon, H.J.L. Heessen en J.R.G. Hislop, 1996
Atlas of the North Sea Fishes, ICES coop. res. rep. nr. 194

Laane, R.W.P.M. & G.Groeneveld, 2000
Butyltin-verbindingen in sediment van de Noordzee, Delta en Waddenzee (1996). Verspreiding en normtoetsing. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Rapport RIKZ/2000.019

Lavaleye, M.S.S., H.J. Lindeboom & M.J.M. Bergman, 2000
Macrobenthos van het NCP. Rapport Ecosysteemdoelen Noordzee. Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), Texel. NIOZ-Rapport 2000-4

Leopold, M.F, 1996
Spisula subtruncata als voedselbron voor zee-eenden in Nederland. BEON rapp. 96-2

Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 17 april 2000
Graadmeters voor de Noordzee, Rapport RIKZ-2000.022

Moorsel, G.W.N.M. van, 1992
Vooronderzoek kunstriffen Noordzee 1992, Bureau Waardenburg bv., Culemborg (rapp. nr 92.41)

Moorsel, G.W.N.M. van, 1993
Vooronderzoek kunstriffen Noordzee 1992, Bureau Waardenburg bv ., Culemborg (rapp. nr 93.02)

Moorsel, G.W.N.M. van, 1994
Monitoring kunstriffen Noordzee 1993, Bureau Waardenburg bv., Culemborg (rapp. nr. 94.05)

Moorsel, G.W.N.M. van, 1999
Deelstudie Onderwaterleven. MER Locatie Demonstratieproject Near Shore Windpark Bureau Waardenburg, 1999

Moorsel, G.W.N.M. van en R. Munts, 1995
Effecten van zandoverslag met de "Punaise II" op sediment en macrobenthos, Onderzoek in kader van strandsuppletie bij Bloemendaal-Zandvoort 1993 t/m 1995, Bureau Waardenburg bv., Culemborg (rapp. nr 95.47)

Moorsel, G.W.N.M. van, H. W. Waardenburg en J. van der Horst, 1991
Het leven op en rond scheepswrakken en andere substraten in de Noordzee (1986 t/m 1990) - een synthese -, Bureau Waardenburg bv., Culemborg (rapp. nr 91.19)

Oosterbaan, A., 1991
De grote vijf van de Hollandse kust, Nutura 1991 (4) 86-87

Peeters, J.G.H., H.A. Haas & L. Peperzak, 1991
Eutrofiëring, primaire productie en zuurstofhuishouding in de Noordzee. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee. Nota GWHA-91.083

Platteeuw, M., N.F. van der Ham en J.E. den Ouden, 1994
Zeetrektellingen in Nederland in de jaren tachtig, Sula 8 (1/2, special issue) 1-203

Read, A.J., 1997
Through the looking glass: the behaviour of harbour porpoises in relation to the entanglement in gill nets, in: European research on Cateceans 11 Proc. 11th Annual Conference European Catecean Society, Stralsund, Germany, 11-12 March 1997

Richardson, W.J., C.R. Greene, C.I. Malme en D.H. Thomson, 1995
Marine mammals and noise, Academic Press, London

Rijnsdorp, A.D., P.I. van Leeuwen en B. Vingerhoed, 1995
Variation in abundance and distribution of demersal fish species in the coastal zone of the south-eastern North Sea between 1980 and 1993. deel 3, (pp 20) in: Wintermans, G., N. Dankers, H. van der Veer, A.D. Rijnsdorp, P.I. van Leeuwen & B.Vingerhoed, Habitatkarakteristieken van de Nederlandse kustzone. BEON rapp. 95-12

Scheppingen, Y., van en A. Groenewold, 1990
De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee, de Nederlandse kustzone overzicht 1988-1989, Rijkwaterstaat Dir. Noordzee / Dienst Getijdewateren, MILZON-BENTHOS rapp. 90-03

SEP, 1997
Milieu-effectrapport Hoogspanningsverbinding Noorwegen-Nederland, Arnhem

Shannon, C.E. & W. Weaver 1949
The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana

Smit, M.J., I. Borup, J. M. Lourens en P. van Vessem, 1998
Landen op zee 2, Veranderingen in het water- en kustsysteem door het aanleggen van een vliegveld in zee in de zoekruimten Maasvlakte en Noordzee. Rapp. RIKZ 98.025

Stutterheim, S., 1999
Balanceren met baggerspecie, een nieuwe loslocatie op de Noordzee voor licht verontreinigde baggerspecie uit de Rijnmond. Zoutkrant 1999 (3) 5-6

Sundberg, J en M. Söderman, 1999
Windpower and Grey Seals: An impact assessment of potential effects by sea-based windpower plants on a local seal population. Anceps Ecologidata & Department of Animal Ecology, Uppsala University, Sweden

Van Dalfsen, J.A. en K. Essink, 1996
Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON). Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-97.022

Van Dalfsen, J.A., 1998
RIACON 2. Long term effects of subaqueous sand extraction North of the island of Terschelling. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Report RIKZ-98.034

Verboom, W.C., 1991
Possible disturbance of marine mammal hearing perception by human made noises - preparatory study, TNO-rep. TPD-HAG-RPT -91-110, pp 39

Vlas, J. de, 1979
Annual food intake by plaice and flounder in a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, with special reference to consumption of regenerating parts of macrobenthic prey, Neth.J.Sea.Res.13 (1) 117-153

Waardenburg, H.W., 1987
De fauna op een aantal scheepswrakken in de Noordzee in 1986, Bureau Waardenburg bv., Culemborg (rapp. nr 87.19)

Winden, J. van der, G.W.N.M. van Moorsel & S. Dirksen, 1997
Nearshore Windenergie, Cluster I: Voorstudie locatieselectie, Deelstudie ecologie, Bureau Waardenburg, Culemborg (rapport nr. 97.15)

Witte, R.H. en P.A. Wolf; 1997
Vliegtuigtellingen van de gewone zeehond (Phoca vitulina) in de Voordelta, Westerschelde en Oosterschelde, Delta Project, Culemborg / Rijkinstuut voor Kust en Zee, Middelburg

Witte, R.H., H.J M. Baptist en P.V.M. Bot, 1998
Increase of the harbour porpoise Phocoena phocoena in the Dutch sector of the North Sea. Lutra 40 (2) 33-40

Hoofdstuk 12

API, 1993
American Petroleum Institute, Recommended Practice for planning, designing and constructing of fixed offshore platforms (2A-WSD)

Christiaan Huygens Lab, 1988
Onderzoeksrapport 'Radarhinder van windmolens', september 1988

Cie MER, 2000a
Toetsingsadvies over het milieueffectrapport Winning van aardgas in blok Q4 van het Nederlands deel van het continentaal plat en de aanvulling daarop, 17 maart 2000, Commissie voor de milieueffectrapportage, rapport 999-82

Cie MER, 2000b
Toetsingsadvies over het milieueffectrapport Near Shore Windpark en de aanvulling daarop, 30 november 2000, Commissie voor de milieueffectrapportage, rapport 964-151

E-Connection, 2000
Risicocontouren bij een near-shore windpark met Vestas V66 windturbines bij de westelijke havendam te Zeebrugge, juni 2000

E-Connection, 2001a
Risicocontouren van een offshore windturbine van het type Vestas V66 (2 MW) offshore windturbines, januari 2001

E-Connection, 2001b
Toelichting aanvraag Wbr-vergunning zeekabels naar Q7-WP,
Rapport P46/Toel/WbrKabelsQ7WP

Expert meeting, 2000
Beknopt verslag expert meeting van 26 oktober 2000 over scheepvaart en veiligheid MER offshore windpark, met prof. ir. A. Aalbers en ir. J.W. Frouws van de Vakgroep Scheepsontwerpen van de Technische Universiteit Delft en ir. A. W. Vredeveldt van het Centrum voor Maritieme Constructies van TNO-Bouw

Forturn Brochure
Neste Trafo 10X -A new generation transformer oil, 2000

Fay, 1971
Fay J.A., 1971: Physical process in the spread of oil on a water surface

Germanischer Lloyd, 1998
Germanischer Lloyd, Rules and regulations for offshore wind energy converters, Edition 1998

Haskoning, 2000
Nadere toelichting veiligheidsrisico's van het NSW, Rapport H2699.DO/R003/JVDR/KK

Haven Operatiecentrum IJmuiden, 2000
Haven Operatiecentrum IJmuiden, Gespreksverslagen 6 september en 27 oktober 2000

Hessels & van Rooij, 2000
Report & Appendices 'Investigation of the effect of ship impact on a monopile foundation for a windturbine'

Hydrografische Dienst (van de Koninklijke Marine), 1992
Stroomatlas HP19 Noordzee

IEC, 1999
International Electrotechnical Commission, International Standard IEC 61400-1, Wind turbine generator systems -Part 1: Safety requirements

KEMA, 1993
Een risicoschatting van in de nabijheid van het veer Kruiningen-Perkpolder te plaatsen windturbines; 9 juni 1993

Kustwacht brochure
Brochure 'De kustwacht: wakend in dienstbaarheid', Kustwachtcentrum, 2000

Kustwachtcentrum, 1999
Kustwachtcentrum, Afdeling Opsporing, Gespreksverslag 3 februari 1999

Kustwachtcentrum, 2001a
Kustwachtcentrum, Afdeling Operatiën, Gespreksverslag 11 januari 2001

Kustwachtcentrum, 2001b
Informatie Kustwachtcentrum, januari 2001

MARIN, 2000a
Nadere toelichting veiligheidsstudie voor het Near Shore Windpark, September 2000, Rapport 16466.620/1, Bijlage 2 van 'Nadere toelichting veiligheidsrisico's van het NSW'

MARIN, 2000b
Veiligheidsstudie voor de Milieueffectrapportage van de offshore windparken Q4-WP, Q7-WP en P12-WP, December 2000, Rapport 16580.620/2

MER NSW, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van V&W, 2000a
internet: http://waterland.net/dgg

Ministerie van V&W, 2000b
Vessel Traffic on the North Sea, kaart

Ministerie van V&W, DGG, 2000
Gespreksverslagen en correspondentie met Afdeling Verkeersmanagement van Directie Transportveiligheid, september 2000

Ministerie van V&W, DGG, 2001
Notitie Afdeling Verkeersmanagement, Directie Transportveiligheid, januari 2001

Ministerie van V&W, DGSM, 1996
Voortgangsrapportage scheepvaartverkeer Noordzee, Recht-zo-die-gaat

Ministerie van V&W, RLD, 2000
Air Operator Certificate, Rijksluchtvaartdienst. Procedure E12 'Helicopter offshore operations'

Ministerie van V&W, RWS, 1988
Advies 'Radarhinder windmolens', Dienst Verkeerskunde, Den Haag

Ministerie van V&W, RWS, 1998
Interactie zeegebonden gebruik, in opdracht van: Toekomstige Nationale Luchtvaart Infrastructuur (TNLI)

Ministerie van V&W, RWS-DNZ, 1999
Noordzeewacht, Gespreksverslag 2 februari 1999

NMP, 1989
Nationaal Milieubeleidsplan, Annex, Nota "Omgaan met risico's"

Oranjewoud, 1999
MER: Winning van aardgas in blok Q4 van het Nederlands deel van het Continentaal Plat, 1999, in opdracht van Clyde Petroleum Exploratie

Oranjewoud, 1999; E&P Forum, 1996
Quantitative Risk Assessment Datasheet Directory. Report No. 11.8/250; informatiebron in het MER: Winning van aardgas in blok Q4 van het Nederlands deel van het Continentaal Plat, 1999, in opdracht van Clyde Petroleum Exploratie

Schreiner Airways, 2001
Gespreksverslagen en correspondentie met de vliegdienst van helikopter bedrijf Schreiner Airways

SWOV, 1992
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, 'De invloed van windturbineparken op de verkeersveiligheid'

TNO, 1993
Risico-analyse voor het windplan nabij de Roompotsluizen, 15 december 1993

TNO-FEL, 1999
Berekening van de verstoring van de walradar te IJmuiden, Bijlage K bij MER NSW, 2000

Toelichting aanvraag Wbr-vergunning zeekabels naar Q7-WP, 2000
Rapport P46/Toel/WbrKabels Q7WP van E-Connection

TUD-Maritiem, 2000
Technische Universiteit Delft, Maritieme Techniek, Inventarisatie van typerende aanvarings- en aandrijvingskenmerken voorbeeldschepen van de scheepvaartroutes MAAS-TEXEL-IJMUIDEN

Tweede Kamer, 1995
Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, kamerstuk, 24611, nr. 2 vergaderjaar 1995-1996.

Vestas et. al., 2000
Veiligheidsplan Offshore Windpark Q7-WP, Vestas-Nederland Windtechnologie, Smit Maritime Contractors, ABB en E-Connection, 2000

Vestas, SMC et. al., 2000
Onderhoudsplan Offshore Windpark Q7-WP, Vestas-Nederland Windtechnologie, Smit Maritime Contractors, ABB en E-Connection, 2000

Waardenburg, 1999
Ecologische aspecten plaatsing zendmast Delta Radio in de Noordzee

Wbr-vergunning nr. 5139/98, Delta Radio
Toelichting bij aanvraag van Delta Radio

Hoofdstuk 13

Haskoning Ingenieurs- en Architectenbureau, 1995a
MER Proefboringen naar aardgas in de Noordzeekustzone en op Ameland, Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Haskoning Ingenieurs- en Architectenbureau, 1995b
MER Proefboringen naar aardgas in de Waddenzee, Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Haskoning Ingenieurs- en Architectenbureau, 1997
Haalbaarheidsstudie Demonstratieproject Near Shore Windpark -Cluster I: Voorstudie Locatieselectie -Deelstudie Windaanbod

Lensink & Dirksen, 2000
Lensink, R. & S. Dirksen, 2000. Relaties tussen vlieghoogte van de kleine burgerluchtvaart en de verstoring van fauna - een overzicht van bestaande kennis. In rapport 00-31, Bureau Waardenburg BV, Culemborg.

MER NSW, 2000
Milieu-effectrapport, locatiekeuze, demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van VROM, 1998
Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening, Den Haag

Novem 1997
Haalbaarheidsstudie Demonstratieproject Near Shore Windpark, Amsterdam

Oranjewoud, 1998
MER: Proefboringen naar aardgas in de kustzone van de Concessie 'Middelie', Heerenveen

Provinciale Waterstaat Zeeland, 1988
Uitzonderingsgebieden Wetland Oosterschelde en Markiezaatsmeer

TNO, 1994
Ecologische risicoanalyse op basis van overschrijding van kritische verstoringsniveaus. TNO-rapport DH94-015

Van Vessem et al, RIKZ, 2001a
Vessem, P. van, A.W. Kraak, RIKZ/AB/2001.101x, RIKZ, 2001, pag. 24:
Jak, R.G. e.a., 1999, Kwantitatieve verstoring-effect relaties voor AMOEBE soorten.
TNO-MEP-CR 99/023

Van Vessem et al, RIKZ, 2001b
Vessem, P. van, A.W. Kraak, RIKZ/AB/2001.101x, RIKZ, 2001

Hoofdstuk 14

ICONA, 1992
Noordzee-Atlas, voor het Nederlands beleid en beheer

MER NSW, 2000
Milieu-Effectrapport locatieproject demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat (RWS), 1991
Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee, Rijswijk

Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 1998
Landelijke beleidsnota schelpenwinning, Den Haag

Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 2000a
Mededeling Directie Noordzee, Mw. H. Branderhorst

Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 2000b
Telefonische mededeling Directie Noordzee, Dhr. H. Versteeg, september 2000

Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 2000c
Schriftelijke mededeling Directie Noordzee, november 2000

Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 8 november 2000
Electrakabels bij ontwikkeling van Q4-WP en Q7-WP , NZAM 2000-0341 b,
R:\RBG_opdr\am\am00_341.apr

Ministeries van V&W en VROM, 1996
Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen, Deel 4: Planologische Kernbeslissing, Den Haag

Ministerie van VROM, 2001
Ontwerp Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening, Deel 1 PKB

NISA, 2000
Telefonische mededeling Dhr. T. Mareveld

Nota TNL, 17 december 1999
Nota 'Toekomst van de Nationale Luchthaven', Ministerie van V&W

Oranjewoud, 1998
MER: Proefboringen naar aardgas in de kustzone van de Concessie 'Middelie', Heerenveen

Oranjewoud, 1999
MER: Winning van aardgas in blok Q4 van het Nederlands deel van het Continentaal Plat

PKB SEV II, 1994
Planologische Kernbeslissing Structuurschema Elektriciteitsvoorziening

Rijkswaterstaat, Ministerie van V&W Directoraat-Generaal, 1998a
Interactie zeegebonden gebruik, in opdracht van: Toekomstige Nationale Luchtvaart Infrastructuur (TNLI)

RIVO, september 2000
Effecten offshore windmolenpark op visserij

Hoofdstuk 15

MER NSW, 2000
Milieu-Effectrapport Locatiekeuze Demonstratieproject Near Shore Windpark, Min. van EZ.

SEP, 1997
Milieu-effectrapport Hoogspanningsverbinding Noorwegen-Nederland, NV Sep, Arnhem

Hoofdstuk 16

ICONA, 1992
Noordzee atlas voor het Nederlandse Beleid en Beheer

Novem, 1997
Haalbaarheidsstudie Demonstratieproject Near Shore Windpark

Opti-OWECS, August 1995
EU Joule III project JOR3-CT95-0087; Final report, Volumes 0 to 5

Stork Engineering Consultancy b.v., 1999
Projectnotitie Quick Scan ten behoeve van het MER Near Shore Windpark, document nr.63199-SEC-001

Hoofdstuk 17

Bergman, M.J.N., H.J. Lindeboom, G.Peet, P.H.M.Nelissen, H.Nijkamp en M.F. Leopold, 1991
Beschermende gebieden Noordzee - noodzaak en mogelijkheden -, NIOZ-rapport 1991-3

Ministerie van VROM, 1999
Uitvoeringsnota Klimaatbeleid
NIOZ, Macrobenthos van het NCP, 2000
Ecosysteemdoelen Noordzee, M.S.S. Lavaleye e.a., 2000, pag. 62

Novem, 1999
Plaatsingsplan Windturbines Buitengaats; Op weg naar grootschalige opwekking van windenergie op de Noordzee

Oranjewoud, 1999
MER: Winning van aardgas in blok Q4 van het Nederlands deel van het Continentaal Plat

Projectbureau CO_2, 2000
Telefonische mededeling 25 augustus 2000, Dhr. Wielinga

RIVO-DLO, 1999
Effecten windpark op visserij, nummer CO40/99, dr. S.J. de Groot

Vindmøllenindustrien, 1997
Windpower Note -The Energy Balance of Modern Wind Turbines

AFKORTINGEN

BPW	Bestuursovereenkomst Plaatsingproblematiek Windenergie
CO_2	koolstofdioxide
CH4	methaan
dB(A)	decibel
EC	Europese Commissie
EEG	Europese Economische Gemeenschap
EEZ	Exclusieve Economische Zone
EHS	Ecologische Hoofdstructuur
EZ	Economische Zaken
GWh	GigaWattuur = 1.000.000 kWh
Joule	0,239 calorie
km	kilometer
kWh	kiloWattuur (eenheid van elektrische energie: wanneer een lamp van 100 Watt tien uur brandt, heeft deze 1.000 Wattuur = 1 kWh verbruikt)
l	liter
LA T	Lowest Astronomical Tide
llws	laag laag water spring
LNV	Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
m	meter
m.e.r.	milieu-effectrapportage
MER	milieu-effectrapport
MMA	Meest Milieuvriendelijke Alternatief
MSL	Mean Sea level
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
Mton	Megaton
MW	MegaWatt
NAP	Nieuw Amsterdams Peil
NBP	Natuurbeleidsplan
NCP	Nederlands Continentaal Plat
NMP3	derde Nationaal Milieubeleidsplan
NO_x	stikstofoxides
NO_2	stikstofdioxide
PJ	PètaJoule = 10^{15} Joule
PKB	Planologische Kernbeslissing
SGR	Structuurschema Groene Ruimte
SEV-2	Tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening
SO_2	zwaveldioxide
TJ	TeraJoule = 10^{12} Joule
VN	Verenigde Naties
VROM	Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu
V&W	Verkeer en Waterstaat
WRO	Wet op de Ruimtelijke Ordening

BEGRIPPEN

Alternatief
Mogelijkheid om op andere wijze met de voorgenomen activiteit (in aanvaardbare mate) tegemoet te komen aan de doelstelling(en). De Wet milieubeheer schrijft voor, dat in een MER alleen alternatieven moeten worden beschouwd die redelijkerwijs in de besluitvorming een rol kunnen spelen. De richtlijnen voor het MER geven mede richting aan dat begrip "redelijkerwijs".

Autonome ontwikkeling
De ontwikkeling die in de toekomst optreedt als er geen ingreep plaatsvindt.

Bevoegd gezag
Overheidsorgaan dat bevoegd is een besluit te nemen over de voorgenomen activiteit van initiatiefnemer.

Compensatiebeginsel
Het principe, dat bij een aantasting (kwantitatief of kwalitatief) van waardevolle natuurgebieden of landschappen, mitigerende en/of compenserende maatregelen moeten worden genomen.

Compenserende maatregel
Het vergoeden van schade aan natuur en landschap, die is ontstaan door een ingreep. Dit kan zowel financieel als fysiek door het treffen van positieve maatregelen voor natuur en landschap in het gebied rond die ingreep of elders.

Ecologische Hoofdstructuur
Het door de overheid nagestreefde en in beleidsnota's vastgelegde landelijke netwerk van natuurgebieden en de verbindingszones daartussen.

Estuariene karakter
Door getijstromen wijde riviermond.

Fauna
De gezamenlijke diersoorten van een bepaald gebied of land.

Flora
De vegetatie van een bepaald gebied of land.

Geluidemissie
Hoeveelheid geluid, die door een geluidsbron wordt uitgezonden.

Geluidimissie
Hoeveelheid geluid, die op een bepaald punt wordt ontvangen.

Hardsubstraat
Hard materiaalonder water waar mosselen, poliepen e.d. zich op kunnen hechten.

Initiatiefnemer
Een rechtspersoon, die een bepaalde activiteit wil (doen) ondernemen en daarover een besluit vraagt.

K-strategie: Zie r-K strategen

Klimaatneutrale energiedragers
Energieopwekking die minder of geen CO_2 uitstoot oplevert

Kustzone
Gebied aan de zeezijde van het strand, evenwijdig aan de kust met een relatief geringe waterdiepte.

Macrobenthos
Bodemleven bestaande uit de grotere organismen (groter dan 1 millimeter).

Meest Milieuvriendelijke Alternatief
Het alternatief waarbij de nadelige gevolgen voor het milieu worden voorkomen, dan wel, voor zover dat niet mogelijk is deze met gebruikmaking van de beste bestaande mogelijkheden ter bescherming van het milieu, zoveel mogelijk worden beperkt.

m.e.r.
De wettelijk geregelde procedure van milieu-effectrapportage; een hulpmiddel bij de besluitvorming, dat bestaat uit het maken, beoordelen en gebruiken van een milieu-effectrapport en het evalueren achteraf van de gevolgen voor het milieu van de uitvoering van een activiteit.

MER
Milieu-effectrapport: een rapport waarin de resultaten worden neergelegd van het onderzoek naar de milieu-effecten van een voorgenomen activiteit en van de redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven daarvoor.

Mitigerende maatregelen
Maatregelen die worden genomen om de nadelige effecten van activiteiten of fysieke ingrepen te verminderen dan wel te voorkomen.

Near shore
Gebied tussen de kustlijn en de 12-mijlszone.

Nederlands Continentaal Plat
Het continentaal plat omvat de zeebodem en de ondergrond van de onder water gelegen gebieden die zich buiten de territoriale zee uitstrekken tot maximaal 200 zeemijl.

Netinpassingspunt
Het punt waar de elektriciteitskabel, die van het windpark komt, wordt aangesloten op het elektriciteitsnetwerk.

Niet-routegebonden scheepvaart
Visserij, werkvaart (bijvoorbeeld voor offshore installaties), supply vaart en recreatievaart.

Offshore
Gebied zeewaarts van de 12-mijlszone

Pleisterende vogels
Rustende, niet-broedende vogels.

r-K strategen
r-strategie: opportunistische (revolutionaire) levensstrategie.
soortkenmerken: snelle vestiging op open plekken; snelle groei;
voortplanting op jonge leeftijd; veel nakomelingen per jaar.
K-strategie: Konservatieve levensstrategie.
soortkenmerken: energie wordt vooral in handhaving gestopt; langzame groei;
hoge leeftijd; voortplanting op late leeftijd; weinig nakomelingen per jaar

Refugium
Plaats binnen een gebied, waar planten of dieren kunnen overleven.

Resedimentatie
Opnieuw sedimenteren

Resuspensie
Opnieuw vermengen. Tijdens stormen kan sediment onder invloed van de waterbeweging opnieuw opwervelen en vermengen met het zeewater.

Richtlijnen
De door het bevoegd gezag na het vooroverleg te bepalen wenselijke inhoud van het op te stellen milieu-effectrapport.

Routegebonden scheepvaart
Veerboten, passagiersschepen en alle koopvaardijvaart (alle verkeer tussen zeehavens).

Spisula
Schelpensoort.

Startnotitie
Het eerste product in de m.e.r.-procedure dat de formele start van de procedure markeert.

Trenchen
Het laten verzinken van kabels in de zeebodem door middel van het 'verweken' van de bodem met water.

Voorgenomen activiteit
Datgene wat de initiatiefnemer voornemens is uit te voeren. Dit is een beschrijving van de activiteit, de wijze waarop de activiteit zal worden uitgevoerd en de alternatieven die redelijkerwijs daarvoor in beschouwing worden genomen.

Waaidagen of onwerkbare dagen
Dagen dat het teveel waait om werkzaamheden op zee uit te kunnen voeren.

Zog
Dit is het effect waarbij het windveld van een windturbine wordt verstoord door het windveld van andere windturbines. Door zogeffecten neemt de opbrengst van een windpark af. Het zogeffect wordt kleiner naarmate de afstand tussen windturbines groter wordt.

COLOFON

Dit MER is opgesteld door E-Connection Project BV.

Specialistische inbreng is onder meer geleverd door:
Prof. ir. A. Aalbers, veiligheidsrisico's, Vakgroep Scheepsontwerpen, TU-Delft
Dr. ir. ing. A.R. Boon, visserij, DLO Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek, IJmuiden
C.J. Camphuysen, vogels, CSR *Consultancy*
Drs. S. Dirksen, vogels, Bureau Waardenburg
Ir. J.W. Frouws, veiligheidsrisico's, Vakgroep Scheepsontwerpen, TU-Delft
R.A. Kastelein, zeezoogdieren, Dolfinarium Harderwijk
Dr. G.W. van Moorsel, onderwaterleven, Bureau Waardenburg
Dr. A.D. Rijnsdorp, visserij, DLO Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek, IJmuiden
Ir. J.H.A. van Rooij, veiligheidsrisico's, Hessels & Van Rooij, Eindhoven
Ir. C. van der Tak, veiligheidsrisico's, MARIN, Wageningen
Ir. A. W. Vredeveldt, veiligheidsrisico's, Centrum voor Maritieme Constructies, TNO-Bouw
Drs. J. van der Winden, vogels, Bureau Waardenburg

Literatuurverwijzingen naar dit MER kunnen als volgt plaatsvinden:
MER Offshore windpark Q7-WP, E-Connection, 2001

Specifieke onderdelen:

- *Drs. J. van der Winden en drs. S. Dirksen, Bureau Waardenburg, 2000*
  Deelstudie Vogels, in: Milieu-effectrapport MER Offshore windpark 07-WP
- *Dr. G. W. N. M. van Moorsel, Bureau Waardenburg, 2000*
  Deelstudie Onderwaterleven, in: Milieu-effectrapport MER Offshore windpark 07 -WP
- *Dr. A.D. Rijnsdorp en dr. ir. ing. A.R. Boon, RIVO-DLO, 2000*
  Bijlage A bij Milieu-effectrapport MER Offshore windpark Q7 -WP:
  'Effecten offshore windmolenpark op visserij'.

BIJLAGEN

A. RIVO – Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek

Effect offshore windmolenpark of visserij

B. Vindmøllenindustrien

Windpower Note – The Energy Balance of modern wind turbines

RIVO-Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek

Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax.: 0255 564644
Internet:postkamer@rivo.dlo.nl

Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax.: 0113 573477

RIVO Rapport

Nummer: C032/00

Effecten offshore windmolenpark op visserij

Dr.Ir.Ing. A.R. Boon

Opdrachtgever: E-Connection Project BV
Postbus 101
3980 CC Bunnik

Project nummer: 324.75523.11.01

Akkoord: Dr. A.D. Rijnsdorp
Hoofd Afdeling Biologie & Ecologie

Handtekening:

Datum: 13 september 2000

Aantal exemplaren: 10
Aantal pagina's: 15
Aantal tabellen: 5
Aantal figuren: 4
Aantal bijlagen: =

In verband met de verzelfstandiging van de Stichting DLO, waartoe tevens RIVO behoort, maken wij sinds 1 juni 1999 geen deel meer uit van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister Centraal Nederland nr. 09098104 BTW nr. NL 806511618B14.

De Directie van het RIVO is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het RIVO; opdrachtgever vrijwaart het RIVO van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave:

Inhoudsopgave: 2

1. Inleiding 3

2. Visserijactiviteit op de mogelijke locaties 4

3. Verlies van visgrond en vistijd 6

4. Effecten op de visstand 8

5. Referenties 9

6. Tabellen 10

7. Figuren 12

1. Inleiding

Als onderdeel van het MER ten behoeve van de aanvraag voor het realiseren van een offshore windmolenpark in de Noordzee heeft E-Connection Project BV het RIVO verzocht om een inventarisatie van de mogelijke effecten op de visserij van een drietal locaties voor een windmolenpark.

Het RIVO levert:
1. de microverspreiding van de Nederlandse boomkorvloot in en rondom het gebied van de voorgenomen locaties;
2. de ecotypen kartering (sedimentmorfologie en diepte) op en rondom de voorgenomen locaties;
3. een weergave van de intensiteit van de visserij op en rondom de voorgenomen locaties;
4. een expert beoordeling van de te verwachten effecten van een windmolenpark op de voorgenomen locaties op de visserij en de visbestanden;
5. een expert beoordeling van de te verwachten effecten van een windmolenpark op de voorgenomen locaties op de vaartijd van vissersschepen naar en van de visgronden en op de toename van de visserij gerelateerde scheepvaart in routes om of in de nabijheid van de voorgenomen locatie in verband met omvaren.

Onze rapportage is gebaseerd op de uitgangspunten zoals die zijn opgesteld in het kader van de MER voor het offshore windmolenpark.

Het gaat in dit rapport om een drietal mogelijke locaties (en een straal van 10 km rondom deze locaties) en wel de volgende:

1. Offshore windmolenpark Q7-WP:

Coördinaten:	52°39' NB	4°12' OL
	52°35' NB	4°17' OL
	52°33' NB	4°14' OL
	52°33' NB	4°10' OL

2. Offshore windmolenpark Q4-WP:

Coördinaten:	52°45' NB	4°14' OL
	52°40' NB	4°18' OL
	52°36' NB	4°18' OL
	52°41' NB	4°13' OL

3. Offshore windmolenpark P12-WP:

Coördinaten:	52°24' NB	3°57' OL
	52°24' NB	4°03' OL
	52°20' NB	4°02' OL
	52°20' NB	3°57' OL

2. Visserijactiviteit op de mogelijke locaties

Gegevens over de visserijactiviteiten van de Nederlandse vissersschepen zijn beschikbaar in het Visserij Registratie Systeem (VIRIS) per vak van 0,5 breedtegraad en 1 lengtegraad (ICES vakken). De te onderzoeken locaties zijn gelegen in de ICES vakken 33F3 (52°-52°30°NB, 3°-4° OL), 33F4 (52°-52°30'NB, 4°-5° OL) en 34F4 (53°30'-53°NB, 4°-5° OL).

ICES vakken 33F4 en 34F4 liggen voor een groot deel binnen de 12-mijls zone, vak 33F3 ligt vrijwel geheel buiten de 12-mijls zone. De 12-mijls zone is van belang, omdat boomkorschepen met een motorvermogen van meer dan 300 pk geen visserijactiviteiten mogen verrichten in deze zone. In Tabel 1 en 2 zijn de visserijactiviteiten in deze vakken weergegeven. Tabel 1 geeft het aantal zeedagen gemiddeld per jaar, per tuig, per vermogensklasse. Tabel 2 geeft het aantal schepen dat gemiddeld per jaar (en ook per vermogensklasse en per tuig) in het betreffende ICES vak heeft gevist.

Uit deze tabellen blijkt dat voor de kotters tussen 225 en 300 pk naast de boomkor ook het staand want (warnet visserij), de bodem bordentrawl en de spanzegen (voornamelijk op rondvis) van kwantitatief belang zijn. Voor de zwaardere kotters (> 300 pk) is naast de boomkor alleen de spanzegen nog een kwantitatief belangrijk tuig.

De VIRIS gegevens geven geen inzicht in de verdeling van de visserijactiviteiten binnen de ICES vakken. Gedetailleerde informatie over de ruimtelijke verdeling van visserijactiviteiten binnen een ICES vak is alleen beschikbaar voor de boomkorvloot. Voor deze vloot is sinds 1993 van een steekproef van 25 schepen (ca. 13% van de vloot) iedere 6-minuten de vispositie geregistreerd met een nauwkeurigheid van ca. 180 m (Rijnsdorp et al., 1998). Op basis van deze gegevens en de informatie over de visserijinspanning van de gehele Nederlandse vloot uit VIRIS is de ligging van de visgronden en de bevissingsintensiteit bepaald met een resolutie van 2' NB x 2' OL (ca. 2,46 nm^2). De intensiteit is uitgedrukt als het aantal malen dat de zeebodem wordt bevist.

In Figuur 1 is de bevissingsfrequentie weergegeven van boomkorschepen met een motorvermogen van boven 300 pk in dit gedeelte van de Noordzee. De getalsaanduiding refereert aan het aantal keer per jaar dat de zeebodem wordt bevist. Tevens is het gebied aangegeven dat in beslag wordt genomen door de mogelijke locaties van het windmolenpark met daar omheen het zoekgebied met een straal van 10 km Figuur 2 bevat dezelfde gegevens voor de lichtere vaartuigen, van 225 tot en met 300 pk. In Figuur 1 is de 12-mijls zone vanaf de Nederlandse kust, waar boomkorschepen met een vermogen boven de 300 pk niet mogen vissen, goed zichtbaar. Immers, de oostelijke begrenzing van het visgebied van de zware kotters wordt gevormd door deze zone.

In Tabel 3 is een overzicht van de 3 alternatieve locaties gegeven met de gemiddelde bevissingsfrequentie per jaar, de diepteklassen en het type sediment. Uit deze tabel blijkt dat het meest noordelijk gelegen alternatief (Q4-WP) de laagste bevissingsintensiteit kent, en het middelste alternatief (Q7-WP) de hoogste. Het verschil tussen de alternatieve locaties wordt verkleind indien de 10 kilometerzone er omheen wordt meegenomen. Voor Q4-WP gaat het gemiddelde omhoog, omdat het gebied er omheen relatief intensief wordt bevist, terwijl voor de andere 2 locaties het omgekeerde geldt. Deze gebieden (zonder zoekgebied) worden voor 96 tot 100% door de

Nederlandse vloot bevist, met de overige procenten door buitenlandse schepen (Rijnsdorp et al. 2000a). De data in Tabel 1 worden dan ook representatief geacht voor de bevissingsintensiteit van deze gebieden. Van het NCP wordt ca. 40% 1 of meerdere keren per jaar bevist. Dit geeft aan dat de voorgestelde windmolenparklocaties, met een bevissingsfrequentie van ca. 2 keer per jaar tot de gebieden behoren die relatief vaak bevist worden en dus van groot belang zijn voor de visserij (Rijnsdorp et al. 2000a, maar zie ook Rijnsdorp et al. 1998).

3. Verlies van visgrond en vistijd

Het door de Nederlandse boomkorvissers in de Noordzee beviste gebied is ca. 50.000 vierkante zeemijl (nautische mijlen: nm^2). Dit gebied omvat het Nederlands Continentaal Plat (NCP ca. 36.000 nm^2) maar ook gebieden daarbuiten. Het oppervlak van de mogelijke locaties Q7-WP, Q4-WP en P12-WP bedraagt respectievelijk 12,4, 14,0 en 13,4 vierkante zeemijlen. Inclusief een 10 km breed zoekgebied worden deze oppervlakten respectievelijk 209, 193 en 185 vierkante zeemijl (Tabel 4). Ten opzichte van het NCP (ca 36000 nm^2) bedraagt het door de verschillende alternatieven voor het windmolenpark bestemde gebied (exclusief de 10 km zone) resp. 0,035%, 0,039% en 0,037% verlies van visoppervlak voor Q4-WP, Q7-WP en P12-WP.

Echter, bevissing vindt niet overal op het NCP in gelijke mate plaats. Dit betekent dat als het verlies van visgronden wordt bekeken voor de specifieke habitat, hier omschreven als de combinatie van diepte en sedimentkorrelgrootte, de verhoudingen anders komen te liggen. Dit is van belang, aangezien vissen specifieke habitat eisen hebben, en dus niet door de gehele Noordzee worden aangetroffen. Het gaat dan om combinaties van gronden die liggen op een diepte in de klassen van 15 tot 20 m en van 20 tot 25 m, met een sedimenttype van fijn zand (0,125 - 0,250 mm; $\varphi = 2$ in de figuur) en middel grof zand (0,250 - 0.500 mm; $\varphi = 1$ in de figuur). Deze specifieke gronden beslaan 17% van het NCP, namelijk ca. 6100 nm^2 (zie Fig. 3 en 4). Op deze wijze omschreven bedraagt het verlies aan vergelijkbare visgronden 0,20%, 0,23% en 0,22% voor de respectievelijke alternatieven Q4-WP, Q7-WP en P12-WP.

Een andere vergelijking die kan worden gemaakt is de tijd die normaal binnen deze gebieden aan vissen wordt besteed, en bij toewijzing van een windmolenpark verplaatst zal worden, indien de vlootsamenstelling niet wijzigt.

Gemiddeld (berekend over 1993 tot en met 1998) werden er jaarlijks ca. 721 duizend visuren gemaakt op het NCP door de Nederlandse boomkorvloot, waarvan 169 duizend visuren, d.i. 23,4%, op de bovengenoemde habitats. De alternatieve gebieden voor het windmolenpark Q4-WP, Q7-WP en P12-WP, namen van deze 169 duizend visuren respectievelijk 0,036%, 0,066% en 0,063% voor hun rekening. Tabel 5 geeft een samenvatting van de berekende verliezen aan visgrond.

Bovengenoemde verliespercentages hebben betrekking op de oppervlakte van het mogelijke windmolenpark en houden geen rekening met de mogelijk in te stellen veiligheidszone.

Wat betreft de verplaatsing van de visserij naar andere gebieden, m.a.w. waarheen zullen de schepen moeten uitwijken, is niet met zekerheid te voorspellen. Uit Figuur 3 en 4, met respectievelijk de diepteverdeling en de korrelgrootteverdeling op het NCP, blijkt dat gronden met vergelijkbare diepte en sediment kenmerken te vinden zijn in de directe omgeving van de planlocaties.

De bovengenoemde schattingen van het verlies aan visgrond hebben betrekking op de gehele vloot. Voor individuele schepen is het verlies groter omdat het visgebied van individuele schepen kleiner is dan het gehele NCP. Omdat schepen vooral de visgronden in de nabijheid van de thuishaven bevissen, zal het verlies voor de schepen uit de thuishavens nabij de voorgenomen locaties groter zijn dan het verlies voor schepen uit

verder afgelegen havens. Voor de locaties van deze studie zal het effect dus met name groot zijn voor de schepen met de thuishaven Den Helder, Texel, Wieringen, IJmuiden, Scheveningen en in mindere mate Stellendam. Het verlies aan visgrond zal voor kleinere schepen groter zijn dan voor grote schepen omdat de actieradius van een schip toeneemt met de grootte.

Afhankelijk van de locatie van een windmolenpark ten opzichte van andere belemmeringen voor de visserij zoals bijvoorbeeld scheepvaartroutes, boorplatforms, wrakken etc, zal een windmolenpark de efficiëntie van de visserijactiviteiten kunnen belemmeren. In de praktijk worden door de boomkorvisserij trekken uitgevoerd van ongeveer 2 uur langs een bepaalde dieptelijn waarin een afstand van 10-14 mijl wordt afgelegd. Als door een veelheid aan obstakels een schip haar koers telkens moeten verleggen zal de efficiëntie van de visserij afnemen.

Onderzoek heeft aangetoond dat een reductie van de dichtheid van boomkorschepen tot een verhoging van de vangst per visuur leidt (Rijnsdorp et al., 2000b). Dit effect kan worden verklaard uit de competitieve interacties tussen vissersschepen. Dit betekent dat door het sluiten van gebieden voor de visserij de dichtheid van schepen in het resterende visgebied zal toenemen met als gevolg een verminderde efficiëntie: een verlaging van de vangst per eenheid van visserijinspanning. Naar verwachting zal dit effect niet lineair maar exponentieel toenemen met het verlies van visgronden.

4. Effecten op de visstand

Het plaatsen van een windmolenpark in de Noordzee betekent het mogelijk afsluiten van een gebied ter grootte van 10 tot 14 vierkante zeemijl voor de visserij (zie tabel 4), maar ook voor de scheepvaart, booractiviteiten en andere mogelijke fysieke ingrepen in de zee en de zeebodem. In de praktijk betekent dit het creëren van een klein natuurgebied, waar gemeenschappen zich kunnen ontwikkelen zonder verstoord te worden. Voor de vis betekent dit enerzijds een refugium, een soort vluchtplaats, maar anderzijds ook een gebied dat door het ontbreken van bodemverstoring een mogelijk positief effect zal hebben op de verscheidenheid aan bodemdieren en vis. Het is echter onwaarschijnlijk dat het een positief effect zal hebben op het bestand van de commercieel interessante vis. Een bekend fenomeen is dat vissers vaak op hun sporen terugkeren, omdat onder andere schar en wijting op de bodemfauna afkomen die de boomkor achterlaat. In het onderzoeksveld naar de effecten van de boomkorvisserij op bodemecosystemen wordt door sommigen geopperd dat de bodemverstoring een positief effect kan hebben op de bestanden van vissen die profiteren van deze verstoring (Rijnsdorp en Van Leeuwen 1996, Kaiser en Ramsay 1997). Dit zou kunnen betekenen dat met het afsluiten van een gebied dit voordeel voor deze specifieke soorten zou wegvallen. Voorts is de omvang van het gesloten gebied klein in vergelijking met de migraties die de commerciële vissoorten gedurende een jaar uitvoeren. De bescherming van de deze vissoorten door een gesloten gebied van de omvang van een 10 tot 14 vierkante mijl zal daardoor niet aantoonbaar zijn.

In het gesloten gebied zal de bodemgemeenschap niet meer door bodemberoering verstoord worden. In principe kan dit leiden tot een meer diverse bodemgemeenschap, die ook een meer diverse visgemeenschap aantrekt. Echter, de voorgestelde gebieden liggen in een gebied met relatief hoge getijdestromen en een geringe diepte waardoor harde wind en stroming de bodem kunnen verstoren. Uitgebreid onderzoek geeft sterke aanwijzingen dat de bodemgemeenschap, en dus ook de vissen die hier op afkomen, al zijn aangepast aan een dynamische omgeving (Jennings & Reynolds 2000; Tuck *et al.* 2000). Als gevolg hiervan is het niet te verwachten dat het stopzetten van visserij in dit gebied aanzienlijke verbetering van de diversiteit zal opleveren.

Tenslotte is het, gezien de oppervlakte van het betrokken gebied, onwaarschijnlijk dat de mogelijke locale vermindering in productiviteit van het bodemsysteem invloed zal hebben op de commerciële visstand.

5. Referenties

Jennings, S., Reynolds, J.D. (2000). Impacts of fisheries on diversity: from pattern to process. In: (Eds. Kaiser, M.J., De Groot, S.J.). *The effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues.* Blackwell Science Oxford, p. 235-250.

Kaiser, M.J., Ramsay, K. (1997). Opportunistic feeding by dabs within areas of trawl disturbance: possible implications for increased survival. Mar. Ecol. Prog. Ser. 152: 307-310.

Pastoors, M., Rijnsdorp, A.D., Van Leeuwen, P.I., Groot, P., Groeneveld, K., Rink, G., Den Uijl, D. (1999). Evaluation of the plaice box, Interim Report, March 1999.

Rijnsdorp, A.D., Buys, A.M., Storbeck, F., Visser, E.G. (1998). Micro-scale distribution of beam trawl effort in the southern North Sea between 1993 and 1996 in relation to the trawling frequency of the seabed and the impact on benthic organisms. ICES J. Mar. Sci. 55: 403-419.

Rijnsdorp, A.D., Van Leeuwen, P.I. (1996). Changes in the growth of North Sea plaice since

1950 in relation to density, eutrophication, beam-trawl effort, and temperature. ICES J. mar. Sci. 53: 1199-1213.

Rijnsdorp A.D., Piet G.J., Storbeck F., Visser E. (2000a). De microverspreiding van de Nederlandse boomkorvloot in de periode 1993-1999 en de effecten op het bodemecosysteem. RIVO rapport C017/00.

Rijnsdorp, A.D., Dol, W., Hoyer, M. en Pastoors, M.A. (2000b). Effects of fishing power and

competitive interactions among vessels on the effort allocation on the trip level of the Dutch beam trawl fleet. ICES Journal of Marine Science 57 (in druk).

Tuck, I.D., Bailey, N., Harding, M., Sangster, G., Howell, T., Graham, N., Breen, M. (2000). The impact of water jet dredging for razor clams, *Ensis* spp., in a shallow sandy subtidal environment. J. Sea Res. 43: 65-81.

6. Tabellen

Tabel 1. Aantal zeedagen per jaar (gem. 1995-1999) per visserijtype, per pk klasse en per ICES rechthoek.

		ICES vak		
Vistuig	**pk klasse**	**33/F3**	**33/F4**	**34/F4**
Staand Want	225 - 300	252,04	147,07	356,52
	> 300	0,17		0,42
Divers onbekend	225 - 300	1,04	4,85	3,06
Borden trawl bodem	225 - 300	127,97	376,55	237,84
	> 300	5,58	22,3	30,41
Borden trawl water	225 - 300	4,37	5,15	11
	> 300	12,96	0,43	2,25
Spanzegen bodem	225 - 300	6,19	92,07	131,87
	> 300	12,52	243,84	461,81
Spanzegen water	225 - 300		0,19	2,81
	> 300	17,83	4,65	40,3
Schotse Zegen	225 - 300			9,78
	> 300	3,3	0,27	3,79
Boomkor	225 – 300	883,52	1355,26	991,42
	> 300	2231,58	115,52	535,33

Tabel 2. Aantal schepen per visserijtype en pk klasse dat per jaar (gem. 1995-1999) in een ICES vak heeft gevist.

		ICES vak		
Vistuig	**pk klasse**	**33/F3**	**33/F4**	**34/F4**
Staand want	225 - 300	22,0	15,2	29,6
	> 300	0,2	0,0	0,2
Divers onbekend	225 - 300	0,4	1,0	1,2
Borden trawl bodem	225 - 300	16,8	38,2	31,0
	> 300	1,4	5,0	7,2
Borden trawl water	225 - 300	1,4	1,4	1,0
	> 300	1,2	0,2	2,6
Spanzegen bodem	225 - 300	2,6	10,0	13,8
	> 300	5,6	13,6	15,0
Spanzegen pelagisch	225 - 300	0,0	0,2	0,8
	> 300	4,6	2,0	7,2
Schotse zegen	225 - 300	0,0	0,0	1,8
	> 300	0,6	0,2	0,8
Boomkor	225 - 300	49,8	67,2	76,2
	> 300	66,2	29,8	57,4

Tabel 3. Overzicht locaties met gemiddelde jaarlijkse bevissingsfrequentie (door Nederlandse boomkorvloot), diepte en sedimenttypering op de mogelijke locaties.

Locatie	visfrequentie (per jaar)		diepteklassen (m)*	sediment
	excl. 10 km	incl. 10 km		
Q4-WP	1,56	1,92	20, 25	fijn - matig grof zand
Q7-WP	2,55	2,17	20, 25	fijn zand
P12-WP	2,52	2,10	20, 25	fijn zand

*: klassen bestaan uit 5 meter, genoemd wordt de bovengrens.

Tabel 4. Oppervlakte (vierkante zeemijl) van de mogelijke locaties en de eventueel in te stellen veiligheidszones van 500 m en 10 km.

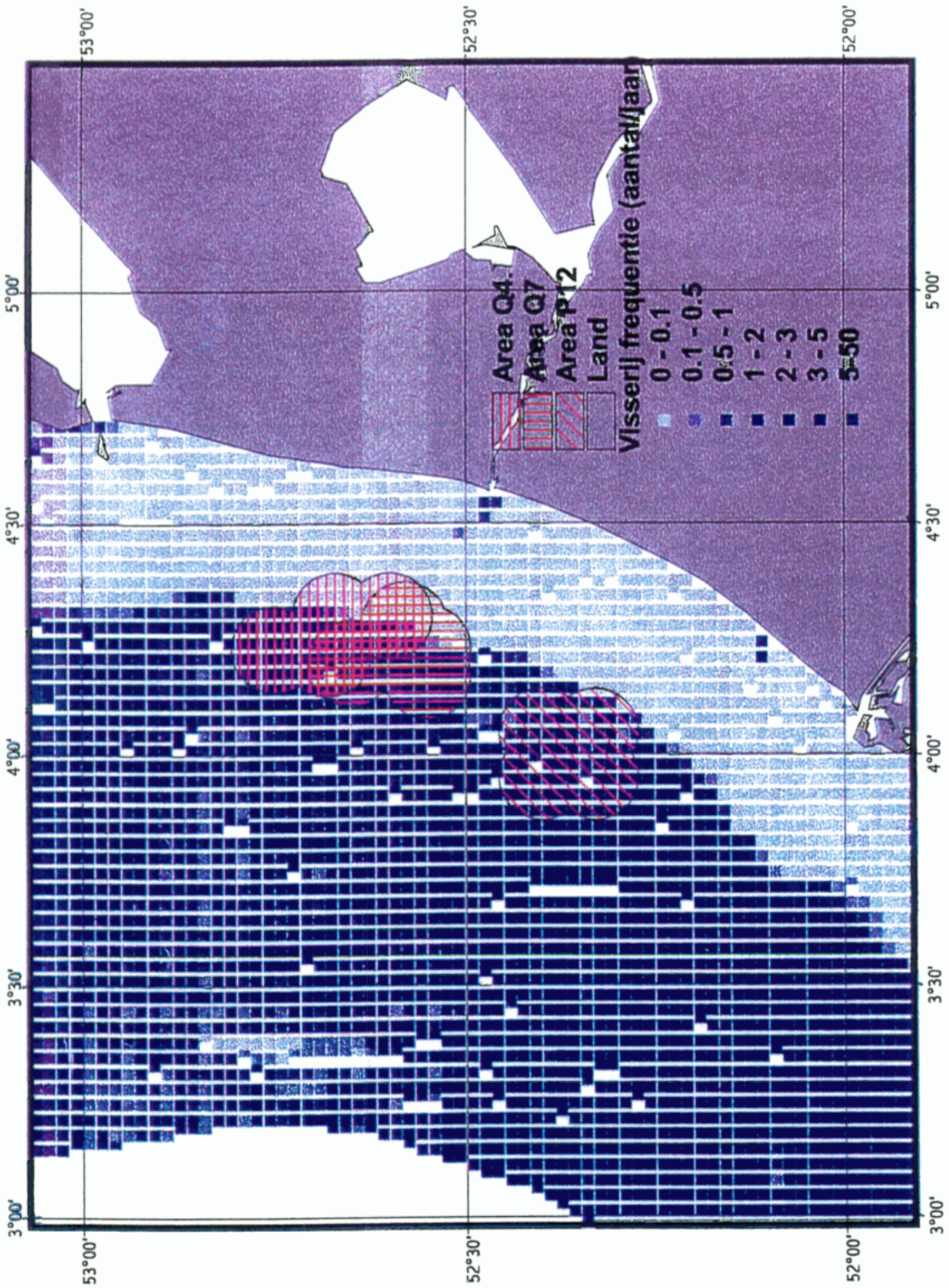
Locatie	exclusief zone	incl. 500 m zone	incl. 10 km zone
Q4-WP	12,4	17,9	209
Q7-WP	14,0	18,6	193
P12-WP	13,4	17,6	185

Tabel 5. Procentueel effect van alternatieven Q4-WP, Q7-WP en P12-WP (exclusief 10 km veiligheidszone) op verlies van oppervlakte NCP, verlies van specifieke visgrond (habitat) en verplaatsing van vistijd.

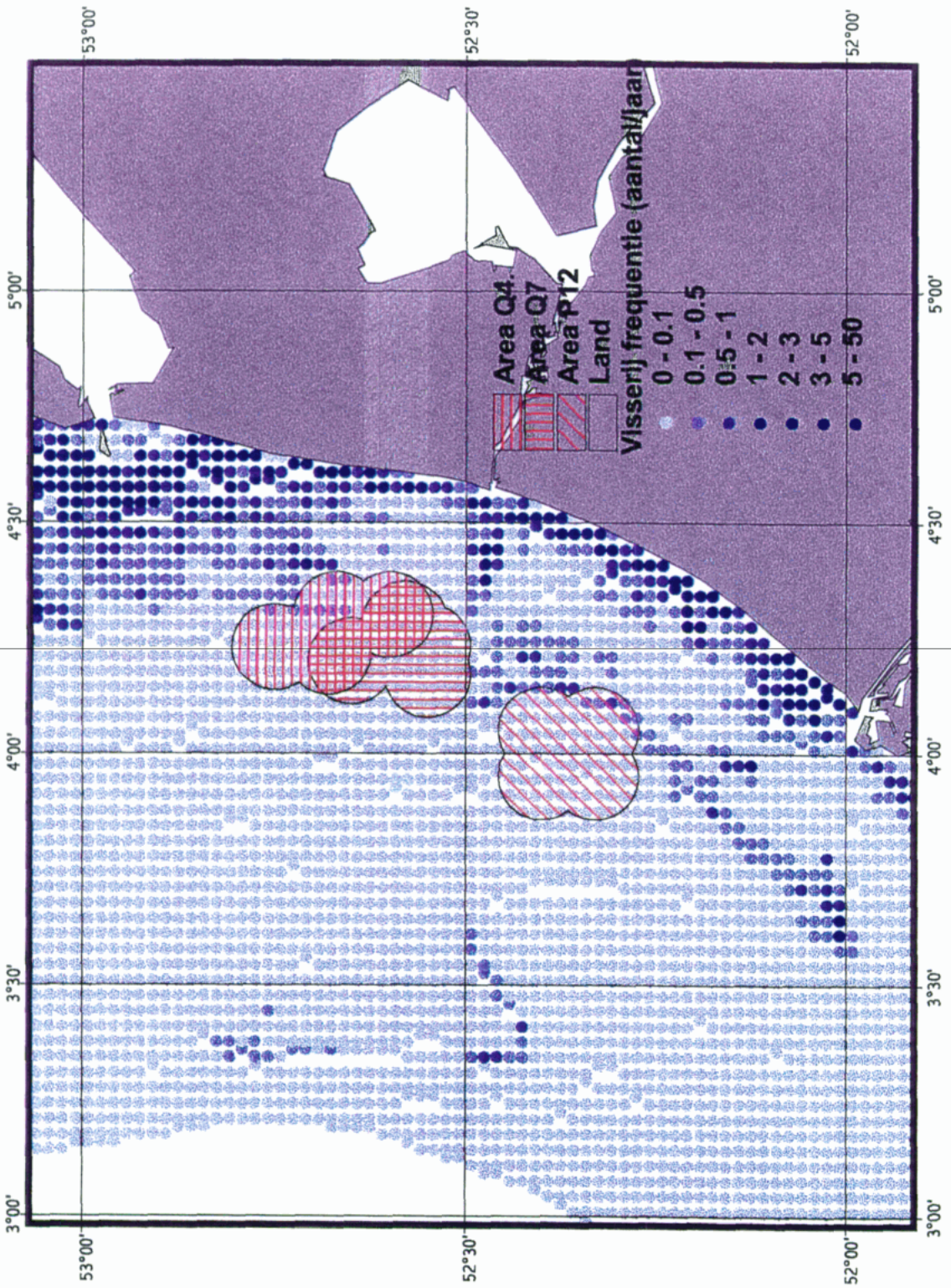
Locatie	Q4-WP	Q7-WP	P12-WP
oppervlakte	0,035%	0,039%	0,037%
habitat	0,20%	0,23%	0,22%
vistijd	0,036%	0,066%	0,063%

7. Figuren

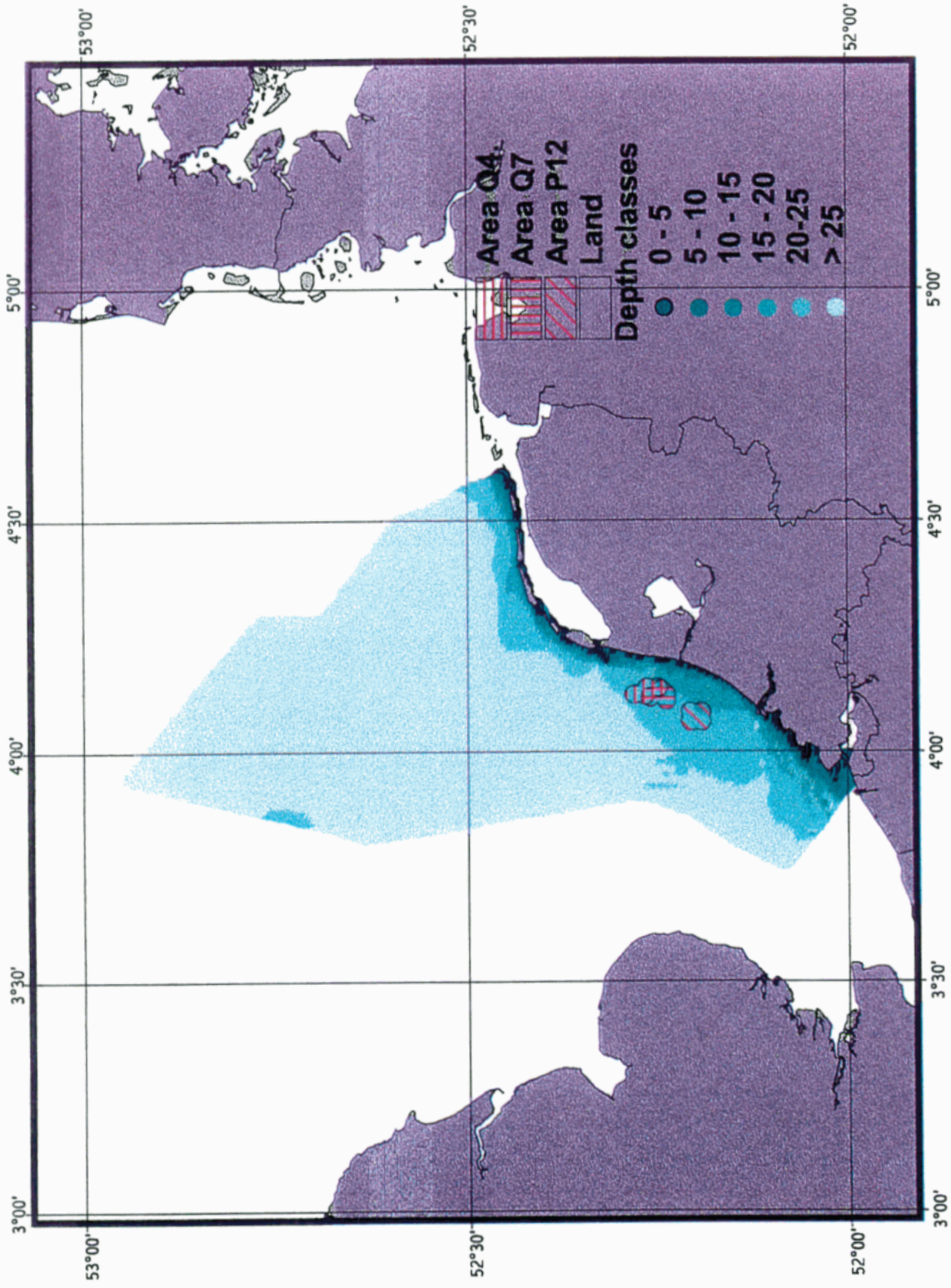
Figuur 1. Bevissingsfrequentie van Nederlandse boomkorschepen met een motorvermogen boven de 300 pk.



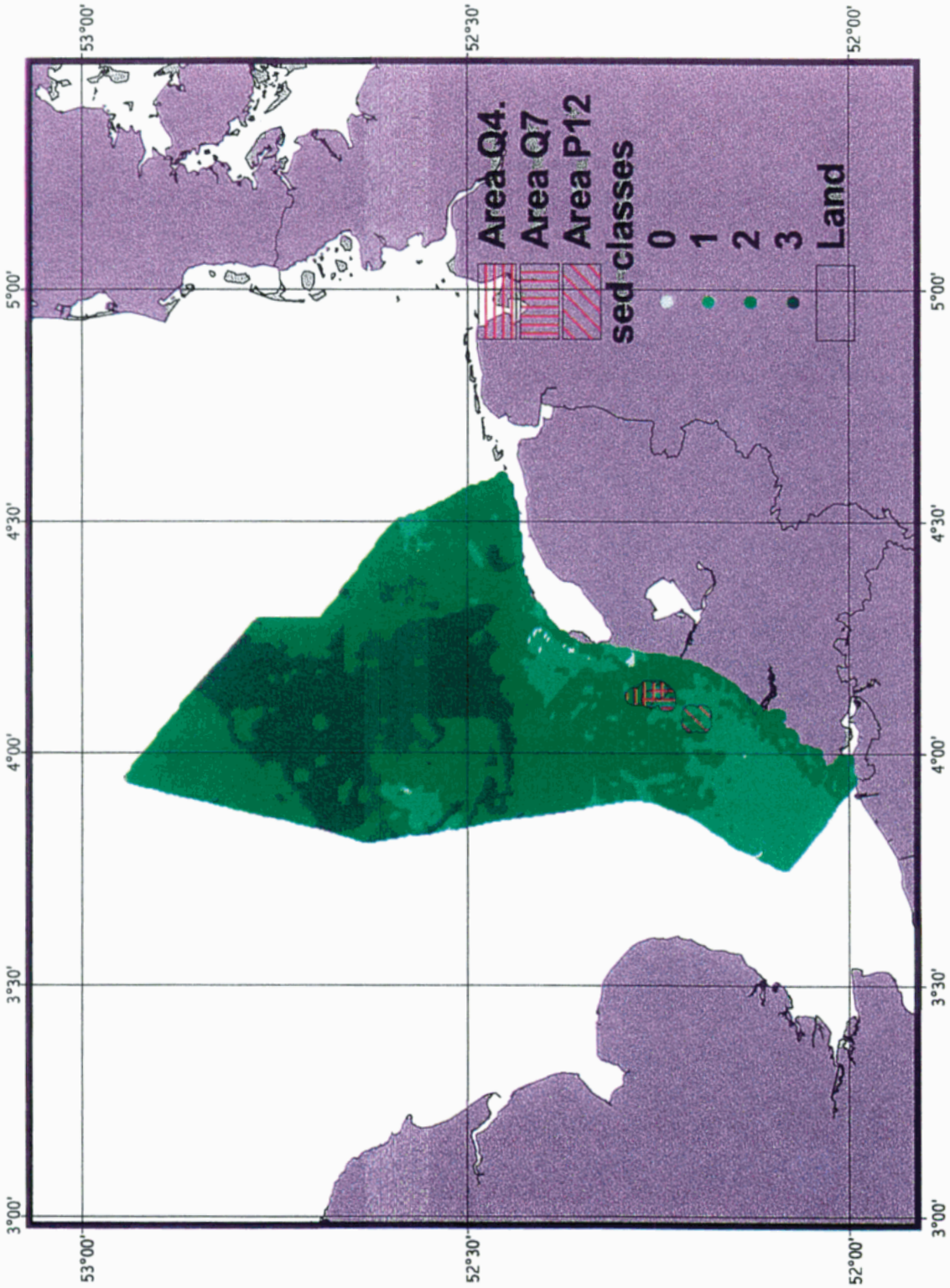
Figuur 2. Bevissingsfrequentie van Nederlandse boomkorschepen met een motorvermogen tussen de 225 en 300 pk.



Figuur 3. Diepteverdeling in 5 meter klassen van het NCP.



Figuur 4. Sediment korrelgrootteverdeling van het NCP.



NO. 16 DECEMBER 1997

BACKGROUND INFORMATION NOTE

WIND POWER Note

THE ENERGY BALANCE OF MODERN WIND TURBINES

A modern Danish 600 kW wind turbine will recover all the energy spent in its manufacture, maintenance, and scrapping within some three months of its commissioning.

Within its 20-year design lifetime a wind turbine will supply at least 80 times the energy spent in its manufacture, installation, operation, maintenance and scrapping.

The scrapping of a turbine requires energy. But recycling the metal parts will recover slightly more energy than what is required for the scrapping process.

This note contains new energy balances for the most modern coal-fired power stations which take due account of the energy used for transporting coal to the power plant.

This note was published 5 December 1997. A previous, shorter version of this note was published (in Danish) 20 December 1995.

Editor: Søren Krohn
ISSN: 1397-1697

VINDMØLLEINDUSTRIEN
Vester Voldgade 106
DK 1552 København V
Tel +45 3373 0330 • Fax +45 3373 0333
E-mail : danish@windpower.dk
Internet : http://www.windpower.dk

This paper calculates the energy balance in the manufacture, operation, maintenance and scrapping of a typical modern wind turbine.

The *energy balance* is the ratio between the amount of energy used for manufacturing, operation, maintenance, repairs, and scrapping of a wind turbine – and the energy which the turbine will supply throughout its lifetime. Modern wind turbines have a design lifetime of 20 years.

The basic calculation method is input-output analysis using the energy matrices published by *Danmarks Statistik* (Danish Central Bureau of Statistics).

Danmarks Statistik publishes an annual report of sources and uses of 25 different energy goods and their flow through 117 industrial sectors.

In addition to its own use of energy each sector needs supplies of goods and services manufactured in other sectors which in turn use energy and supplies of goods and services from other sectors.

It is possible to calculate *direct and indirect use of energy* for each and every sector in the chain of production which ends up in the final output of the sector we are investigating.

If we make the assumption that deliveries from foreign countries on average are manufactured using the same amount of energy as deliveries from domestic (Danish) suppliers one may calculate *the global direct and indirect use of energy* in the production process. We shall be using this concept to estimate the use of energy in wind turbine manufacturing.

The precision in the calculations in this paper is not as large as the number of significant digits would seem to imply. However, one may safely use *the tendencies and orders of magnitude* in the results.

The method being used is roughly the same as the one used in a three year older study from Risø National Laboratory, although the present calculations have been performed using much more disaggregated and newer data.

In addition, this note also calculates the energy balance in the scrapping of wind turbines.

One of the results is, that the energy balance in the scrapping-recycling process is *positive*, since a substantial amount of energy from the original manufacture of metal components may be recovered in the subsequent manufacture of metals.

The data in this paper is consistent with the publications from the Danish Energy Agency, the publications from Risø National Laboratory, and the publication *Employment in the Windpower Industry*, *WindPower Note no. 1*, published in March 1996 by the Danish Wind Turbine Manufacturers Association.

DANISH WIND TURBINE MANUFACTURERS ASSOCIATION

1 BASIC ASSUMPTIONS

1.1 Global direct and Indirect Use of Energy

This report estimates *the global direct and indirect use of energy* in the manufacture, installation, operation, maintenance and scrapping of a wind turbine, i.e. the energy which directly and indirectly has been used domestically or abroad throughout the life cycle of a wind turbine.

1.2 The Components of a Wind Turbine

The basis for the calculations is a modern Danish 600 kW wind turbine manufactured in 1995. The cost of the components of the turbine and the costs due to the installation of the turbine have already been published in *Employment in the Wind Power Industry, WindPower Note no. 1*, published in March 1996 by the Danish Wind Turbine Manufacturers Association.

1.3 Turbine Installation

The calculations also account for the installation of the turbine.

The basis for cost calculations is the cost of wind turbine installation for private individuals as analysed in *Rapport om privatejede vindmøllers økonomi*, Energistyrelsen (Danish Energy Agency), January 1994.

Power companies may have somewhat lower costs than those indicated here since they usually place turbines in wind parks.

These calculations only account for grid reinforcement costs to the extent that they include the transformer which is needed to connect the turbine to the high voltage grid (usually at the 10-20 kV level).[1)]

This assumption has been made even if the power companies may need to extend the high voltage grid in order to accommodate another wind turbine. The reason for this assumption is that the power companies may reuse the reinforced grid to serve future customers and/or handle an increase in electricity demand. Furthermore, the cost of grid reinforcement is usually relatively modest, probably about 5 to 6 per cent of installation costs, and the net result on the calculations will be in the order of magnitude of 2 to 3 per cent. Finally, when comparing with conventional electricity generation, we have not included the cost of the high voltage grid when calculating energy use in that connection.

1.4 Turbine Operation

Annual costs of operation and maintenance are assumed to be at the level of 3 per cent of the price of the turbine. This corresponds to historical Danish experience cf. *Redegørelse om den teknisk-økonomiske udvikling på vindmølleområdet, Status primo 1993* published by Risø National Laboratory.

The assumption is probably outdated for the largest wind turbines today. A figure of some 1.5 - 2.5 per cent would appear more reasonable since larger turbines should imply lower maintenance cost per kW installed power, in any case. The basic reason is, that some costs and the corresponding energy use (for transportation, oil replacement etc.) would appear to be relatively independent of the machine size.

1.5 Scrapping of a Turbine

Wind turbines can often be made to work somewhat longer than their design lifetime by a major overhaul, e.g. replacing the gear box or other major components like the generator. In addition there is a market for used turbines in developing countries.

In this paper, however, we assume that wind turbines have a lifetime of 20 years corresponding to the design lifetime, and that the foundations are not reused for another wind turbine.

The energy balance may therefore be slightly better that indicated in this report.

In connection with the scrapping of the turbine we assume that all components except for the transformer are destroyed and that the material is not reused but only recycled to the extent that this is economical.

2 ENERGY USE IN THE MANUFACTURE AND INSTALLATION OF A 600 kW WIND TURBINE

2.1 Gross Value Added for a Wind Turbine

The domestic market price of a 600 kW Danish

1) Any high voltage grid has a limited transmission capacity. This is both a question of the amount of electrical power it can transmit (thermal limit), and a question of the *power quality* (voltage and power stability) which is acceptable. *Grid reinforcement* is the upgrading of the grid which may be necessitated by the addition of another wind turbine (or electricity consumer) to the grid.

wind turbine was on average 3.0 million DKK (excluding VAT) at the end of 1995.

The estimated ex factory value of the different components of a wind turbine are given in table 1, while table 2 shows the installation cost. Table 3 gives the cost of operation and maintenance of the turbine.

2.3 Energy Multipliers

Danmarks Statistik (The Danish Central Bureau of Statistics) publishes so-called *energy multipliers* each year for each of the 117 sectors of the Danish economy. These multipliers indicate the average direct and indirect global use of energy per 1 million DKK of gross value added.

Energy consumption is registered as its *gross* value, i.e. for electricity, district central heating, and gas works gas, the total amount of fuel which has been used to manufacture the energy in question is registered. (In electricity production only part of the energy use is transformed into electricity, the rest of the energy is wasted through heating cooling water, through losses in the electrical grid etc.).

Energy consumption per million DKK is shown in table 1 to 3 in Terajoule per million DKK gross value added in the years 1987 and 1991 in 1987 and 1991-prices respectively.[2)]

The figures in the last row of the table have been computed weighing the multipliers with the percentage weights given in column 2 of the table.

It is obvious that there is some uncertainty in both the calculation of the energy multipliers and the implicit assumption that the energy use in the production of wind turbine components corresponds to the average energy use per million DKK of gross value added.

However, this method has many important advantages compared to engineering calculations of energy use in the manufacture of different products.

Firstly, the input-output method accounts in great detail for the energy use in subcomponents and raw materials. Secondly, the tables have been constructed to ensure that the sum of energy use per sector and in total corresponds exactly to deliveries from other sectors. We are therefore on much firmer ground than if we had applied various engineering methods.

The substantial amount of detail in the 117 subsectors of the economy furthermore enables us to make calculations on the basis of individual components of the turbines.

The advantage of this method is that we eliminate several potential sources of bias if wind turbine components differ from the average in the fabricated metals sector. Potential errors at the detailed sectorial level would tend to cancel out, in any case.

Consequently, there is good reason to give a substantial amount of credibility to the *totals* rather than the subtotals for individual components, as economists familiar with input-output analysis will be aware.

2.4 Forecasting Energy Multipliers to 1995

Detailed sectorial tables of energy multipliers are published by *Danmarks Statistik* with a delay of 4

Table 1. Direct and Indirect Global Gross Energy Use Manufacturing a Danish 600 kW Wind Turbine in 1995

	GDP at factor cost, Share of turbine value		Component Manufactured in sector *Manufacture of...*	value 1995	Global direct & indirect gross energy multiplier 1987	1991	1995*)	Global dir. & indir. gross energy use per turbine
	per cent			mill. DKK	TJ/mill. DKK			TJ
Generator	4	38398	Other electrical supplies	0.120	0.91	0.70	0.54	0.065
Gearbox	12	38238	Industrial machinery	0.360	0.96	0.73	0.56	0.202
Rotor (blades)	18	35600	Plastic products n.e.c.**)	0.540	1.44	1.07	0.80	0.432
Tower	18	38138	Structural metal prod.	0.540	1.35	1.00	0.74	0.400
Brakes, hydraulics	1.5	38238	Industrial machinery	0.045	0.96	0.73	0.56	0.025
Electronic controller	4	38320	Telecom equipment	0.120	0.82	0.65	0.52	0.062
Nacelle (remainder)	42.5	28238	Industrial machinery	1.275	0.96	0.73	0.56	0.714
I alt	**100.0**			**3.000**	**1.11**	**0.84**	**0.63**	**1.900**

*) Computed values cf. section 2.4.

**)In the publication *Employment in the Wind Power Industry, WindPower Note No. 1*, this sector has been classified as *Construction Industry*, since the manufacturing process is relatively labour intensive. Considering the use of energy, it is more appropriate to use the present classification, *Manufacture of plastic products n.e.c.*

2) 1 Joule = 1 Watt second. 1 Terajoule (TJ) = 10^{12} Joule. 1 Gigajoule (GJ) = 10^{9} Joule. 1 Megajoule (MJ) = 10^{6} Joule.

years. If we were to use the energy multipliers directly, our calculations would show the energy use producing a wind turbine using 1987- and 1991-technology (and 1987 and 1991 prices).

The multipliers consequently have to be updated to 1995 to be applicable to the gross value added figures, which obviously are given at a 1995 price level. Furthermore, we have to account for the fact that energy efficiency in production has been increasing over time.

Thus, we have chosen to forecast the multipliers from 1991 to 1995 using the same annual growth rate as during the period 1987 to 1991, i.e. the previous four-year period.

2.5 Gross Energy Use per Wind Turbine

The last column in tables 1 through 3 show the total energy consumption in the manufacture, installation and operation and maintenance of a 600 kW wind turbine. The figure is the product of the costs and the relevant 1995 multiplier.

3 OPERATION AND MAINTENANCE OF A 600 kW WIND TURBINE

Operation and maintenance includes transportation, man-hours, oil etc., and spare parts. We have chosen the same method as Risø National Laboratory i.e. using the sector *automobile repair services* when calculating the energy content in O&M, since that sector is as close as we can get at something resembling wind turbine service.

The method used to build the table is otherwise the same as the one used for table 1 and 2.

4 SCRAPPING OF A 600 kW WIND TURBINE

All Danish wind turbines of the 600 kW size have rotor blades made of glass fibre reinforced polyester (GRP) or epoxy. The towers are usually tubular steel towers. The foundations are armed concrete.

As an alterative to dumping the used rotor blades, the blades may be shredded and used in the manufacture of certain plastics or concrete. Alternatively, they may be incinerated at a high temperature. This note assumes that the incineration method is used, but the amount of energy thus recovered is very modest, in any case.

Concrete foundations may be fragmented and used in the manufacture of concrete or as landfill. The amount of energy recovered in these processes is approximately zero.[3)]

Gear oil may be recycled or burned. This note assumes that it is burned.

The rest of the turbine consists of mostly steel, iron and copper which may be sorted, shredded,

Table 2. Direct and Indirect Global Gross Energy Use Installing a 600 kW Danish Wind Turbine in 1995

GDP at factor cost, Share of turbine value	No.	Manufactured in sector *Manufacture of...*	Component value 1995	Global direct & indirect gross energy multiplier 1987	1991	1995*)	Global dir. & indir. gross energy use per turbine
per cent			mill. DKK	TJ/mill. DKK			TJ
Developer & legal costs 1.9	83509	Business services	0.057	0.55	0.44	0.35	0.020
Foundations 4.5	50000	Construction	0.135	1.04	0.89	0.76	0.103
Elctricity installation 1.9	50000	Construction	0.057	1.04	0.89	0.76	0.043
Connect., kiosk, cable 10.9	50000	Construction	0.327	1.04	0.89	0.76	0.249
Transformer 2.6	38398	Other electrical supplies	0.078	0.91	0.70	0.54	0.042
Remote surveillance 0.6	38320	Telecom equipment	0.018	0.73	0.61	0.51	0.009
Road construction 1.3	50000	Construction	0.039	1.04	0.89	0.76	0.030
Total 23.7			**0.711**	0.98	0.82	0.70	0.495

*) Calculated values, cf. section 2.4.

Table 3. Direct and Indirect Global Gross Energy Use during 20 years of operation and maintenance 600 kW Danish Wind Turbine in 1995 prices

GDP at factor cost, Share of turbine value	No.	Manufactured in sector *Repair of...*	Component value 1995	Global direct & indirect gross energy multiplier 1987	1991	1995*)	Global dir. & indir. gross energy use per turbine
per cent			mill. DKK	TJ/mill. DKK			TJ
Oper. & Maintenance 60	95130	Motor vehicles	1.800	0.66	0.53	0.43	0.774
Total **60**			**1.800**	**0.66**	**0.53**	**0.43**	**0.774**

*) Calculated values, cf. section 2.4.

Table 4. Energy Use in Scrapping a 600 kW Danish Wind Turbine

Process	Gross energy use total		Source
	kWh	TJ	
Disassembly, crane, 8.5 t fuel	100 000	0.360	*Kehrbaum*
Cutting, fragmentation, pyrolytic treatment	20 000	0.072	*Kehrbaum*
Truck transport 25 000 tonnne kilometer	25 000	0.090	*Kehrbaum*
Total	**145 000**	**0.522**	

Sources for energy data, see note 3.

Table 5. Recovered Energy from the Scrapping of a 600 kW Danish Wind Turbine

Material	Weight	Saved gross energy per kg	Saved gross energy total		Source
	kg	kWh/kg	kWh	TJ	
Steel	57 000	2 205	125 685	0.452	*Stålvalseværket*
Copper[4)]	3 000	7.0	21 000	0.076	*Niels F. Gram*
Aluminium	300	75.0	22 500	0.081	*Dansk Metallurgisk Selskab*
Reinforced polyester/epoxy	4 500	4.5	20 250	0.073	*Kehrbaum*
Gear oil	200	12.0	2 400	0.009	*Kehrbaum*
Transformer *)	...	...	11 667	0.042	
Total	**65 000**		**203 502**	**0.733**	

Sources for energy data, see note 3.

*) The transformer is considered 100% recovered, since its lifetime is substantially longer than that of the turbine, probably around 50 years.

refined and recycled. The scrap value of the metal is approximately 50 000 DKK. (More than 75 per cent by value is copper).

During the past ten years the weight of Danish wind turbines per kW nameplate electrical power has been halved. That obviously contributes significantly to energy balance improvement. Danish 600 kW wind turbines on average weigh approximately 60 metric tonnes plus 4.5 tonnes weight for the rotor blades.

A comparable German 600 kW Tacke turbine weighs some 90 tonnes plus 4.5 tonnes of rotor blades. If we account for differences in tower height, and look at turbines with 50 metre tower height only, it would appear that Danish turbines weigh one third less than the German turbine.

4.1 Energy Use for the Scrapping Process

Dismantling and shredding/fragmenting wind turbine parts and transporting them to their final processing location requires energy.

We have not used input-output analysis for this particular calculation, since these very specific processes are not adequately covered by any particular sector in the available tables.

We have therefore used an engineering calculation which deliberately has added some extra energy use to account for indirect energy use in this process.

Table 4 shows the energy use for dismantling, shredding, fragmenting, and transportation of a disused wind turbine.

4.2 Recovered Energy from the Scrapping Process

Recoverable energy from the scrapping of a Danish 600 kW turbine has been accounted for in table 5.

A substantial amount of process energy is saved through the recycling of steel, copper, and aluminium scrap metal if one compares with average energy use in the iron and metals processing sector.

Copper and aluminium are assumed to be recycled, but not refined to the same uses as was formerly the case (that would be uneconomic at present prices). In the case of aluminium 95 per cent of the energy can be recovered. Roughly the

3) Energy data in table 4 is from *Kehrbaum*. Table 5 uses a number of other sources, since our calculations show that Kehrbaum's figures for steel and copper are too high. An interview with *Eywind Rasmussen*, Stålvalseværket in Frederiksværk, Denmark, shows that the primary energy use recycling iron and steel scrap metal is 1 750 kWh/t against 3 955 kWh/t spent in the reduction of iron ore in a classical smelter. Strictly speaking, we ought to account for the share of metal normally recycled in the metal industry. (In the case of copper the figure is rather high, about 30-40 per cent.) However, we have another bias in the opposite direction, since here we do not account for indirect energy use, as we do in the input-output calculations.

4) In table 4 the amount of copper has been reduced after a communication from *Kehrbaum*.

Tabel 6. Energy Use During the Life Cycle of a 600 kW Danish Wind Turbine

	Gross energy use, total
	TJ
Manufacture of wind turbine, cf. table 1	1.900
Installation of wind turbine cf. table 2	0.495
Operation and maintenance cf. table 3	0.774
Total excluding scrapping	**3.169**
Scrapping, energy use cf. table 4	0.522
Scrapping, recovered energy cf. table 5	- 0.733
Total including scrapping	**2.958**

same figure holds for the recycling of copper scrap metal.

Cf. table 1 and 2 manufacture and installation of a turbine required 2.395 TJ (Terajoule) of energy. Approximately 31 per cent, i.e. 0.773 TJ can be recovered as indicated in table 5.

5 THE ENERGY BALANCE FOR A 600 kW DANISH WIND TURBINE

Table 6 summarises the results of the calculations in the previous part of this paper. The table shows the total gross energy use. Logically, recovered energy is indicated as a negative figure.

The annual electricity output from a 600 kW wind turbine according to *Vindmølleoversigten, September 1995* amounts to 1.393 gigawatt hours (GWh) in roughness class 1 on average. Annual production in roughness class 2 is 1.130 GWh.

The annual electricity production is shown in tables 8 and 9.

The same tables indicate how energy usage (use of primary fuel) is required in a conventional power plant to produce the same amount of electricity as the turbine produces in one year.

It would require 11.14 TJ, and 9.04 TJ respectively if the same amount of electricity were to be produced at a coal fired power plant with a thermal efficiency of 45 per cent.[5] This assumption corresponds to the assumptions in the publication *Redegørelse om den teknisk-økonomiske udvikling på vindmølleområdet, Status primo 1993*, by Risø National Laboratory.

The most recent coal fired power plant from ELSAM (Western Danish utility group) which is under construction at present, however, will have a thermal efficiency of 47 per cent.[6]

5.1 Accounting for Fuel Transportation in the Total Fuel Cycle

The analysis from Risø only accounts for the thermal value of coal used in a coal fired power plant. The analysis ought to account for indirect use of fuel in the fuel cycle, however, if the figures are to be strictly comparable to the input-output calculations

In particular, we need to account for the energy use in mining, local freight to a port, and shipment by sea, since we assume that the coal fired power plant is located at the seashore.

Information for that purpose may be found in another Risø publication, *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion (1994)*.

One should be aware of the fact, however, that Risø's calculations in that report only accounts for direct energy use in the processes. Indirect energy consumption as used in input-output analysis is not included.

The results will consequently be biased towards a low estimate for the marginal energy use in a coal-fired power plant.

Note, that we account only for the fuel-related part of energy use at the power plant (fuel costs account for less than half of the total cost of building and operating a coal fired power plant).

Table 7 indicates the direct energy use in transportation of coal to Denmark.

5.1.1 Coal Mining

Risø assumes that 60 per cent of Danish coal imports consist of surface mined coal, while the remainder comes from coal pits.

The energy use in the two processes is 275 and 360 MJ/tonne respectively. The weighted average thus amounts to 309 MJ/ton.

5.1.2 Local Coal Freight

The same source estimates that coal on average has to be shipped 700 km by diesel train to the coast for subsequent transportation by sea.

According to Risø's *Energiforbrug og emission ved godstransport i 1990* one tonne km by train requires 0.69 MJ of energy. Assuming that the train returns empty total energy consumption may be estimated as $0.69 \cdot 1.5 \cdot 700 = 725$ MJ/

5) On average, the thermal efficiency of Danish power plant was 40.8 per cent in 1994, cf. *Dansk Elforsyning Statistik 1994* from Danske Elværkers Forening.
Risø's *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion (1994)* using ELSAM as a source obtains a figure for coal consumption of 0.39 kg/kWh corresponding to a thermal efficiency of 36 per cent.

6) Interview with *Bjarne Røikjær*, ELSAMPROJEKT.

Table 7. Energy use in coal transport

	Direct gross energy use GJ/t coal
Coal mining	0.309
Train transport to harbour	0.725
Loading and unloading	...
Sea transport	1.035
Unloading	...
Total direct energy use for transport	**2.069**
Steam coal thermal energy content	25.700
Added energy use for transportation = 8.05 pct.	

tonne of coal.

5.1.3 Coal Freight by Ship

Risø's paper *Energiforbrug og emission ved godstransport i 1990* estimates that a large bulk carrier of 172810 DWT on average requires 1.15 grammes of fuel oil/tonne/nautical mile.
In the paper *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter* sea transport is estimated to amount to two times 8,500 nautical miles. (Energy data assumes that the bulk carrier sails fully loaded and returns empty). On the other hand we do not account for indirect energy use or energy use for loading and unloading trains and ships.

Fuel oil has an energy content of 40.6 GJ/tonne[6], giving a total energy use for sea freight of $2 \cdot 8500 \cdot 0.0000015 \cdot 40.6 = 1.035$ GJ/tonne of coal.

5.1.4 Energy Use for Coal Fired Power Plant is more than 8 per cent above the Thermal Energy Content of Coal

Cf. table 7 we obtain a total direct energy use of 0.309 + 0.724 + 1.035 = 2.069 GJ/tonne of coal.

The energy content of steam coal is 25.7 GJ/tonne.[6]

Direct energy use for coal transport thus increases energy use by approximately 8 per cent.

The figure does not include indirect energy use in the coal firing process, including transportation of ash, lime, or other products used for combustion or smoke scrubbing.

6 ENERGY PAYBACK PERIOD FOR WIND TURBINES

The most modern coal-fired power plant under construction in Denmark (built by the ELSAM utility) will have a thermal efficiency of 47 per cent.

The 47 per cent are calculated on the basis of *direct fuel consumption* only. Thus we have to adjust for at least the *direct* energy use in transporting the coal.

The efficiency adjusted for coal transport becomes 0.47 : 1.0805 = 43.5 per cent.

Table 8 has been included in this paper to enable a direct comparison with Risø's analysis from the beginning of 1993 which does not take the scrapping of the wind turbine into account.

The energy used for the manufacturing process in this paper is some 20 per cent lower than in the Risø paper. Annual electricity output is 8.5 per cent higher than for Risø's 500 kW wind turbine.

The new results indicate that the energy payback period is some 33 per cent lower than in the previous Risø study. (Risø found a payback period of 0.42 years in roughness class 1, and 0.52 years in roughness class 2).

Table 8. Energy Balance for a 600 kW Danish Wind Turbine *excl. scrapping*

	Electricty production from wind turbine per year	Primary energy use in power plant		Energy for manufacture and operation	Energy recovered in	
	mill. kWh	mill. kWh	TJ	TJ	years	months
Roughness class 1	1.393	3.202	11.528	3.169	0.28	3.3
Roughness class 2	1.130	2.598	9.352	3.169	0.34	4.1

Table 9. Energy Balance for a 600 kW Danish Wind Turbine *incl. scrapping*

	Electricty production from wind turbine per year	Primary energy use in power plant		Energy for manufacture and operation	Energy recovered in	
	mill. kWh	mill. kWh	TJ	TJ	years	months
Roughness class 1	1.393	3.202	11.528	2.958	0.26	3.1
Roughness class 2	1.130	2.598	9.352	2.958	0.32	3.8

6) Energy contents taken from *Brændselsprisforudsætninger for samfundsøkonomiske beregninger*, Energistyrelsen februar 1994.

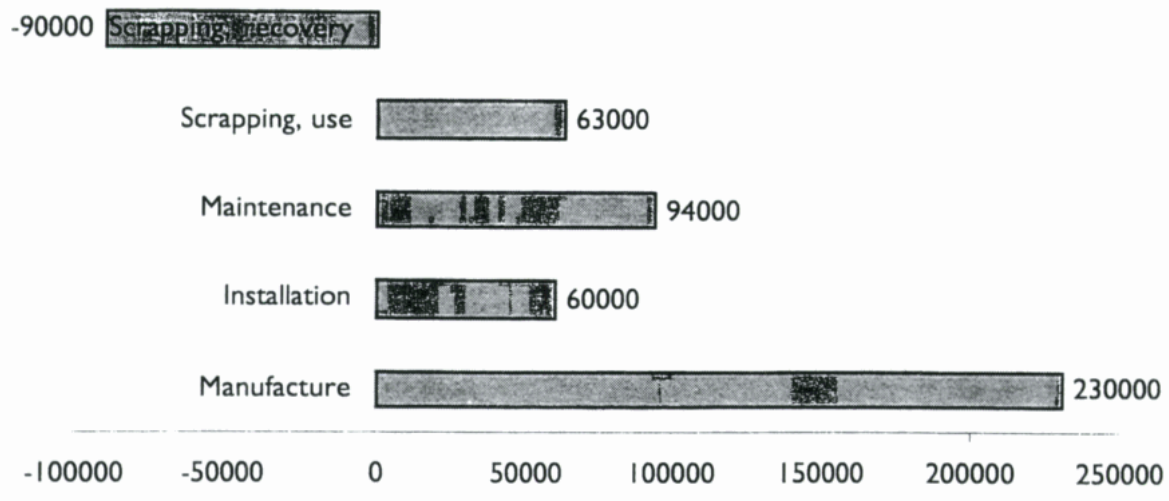


Figure 1. Energy use recalculated to kWh electrcity (net energy use)

The net efficiency of the coal-fired power plant is slightly lower than in the Risø analysis, although we use a plant with a slightly higher thermal efficiency. The reason, of course, is that we at least account partially for transportation of the fuel.

Table 9 gives the final results of this analysis, including the energy scrap value of the wind turbine.

8 CONCLUSIONS

Comparing table 8 and 9 we find that the scrapping of the wind turbine gives a net energy gain amounting to an average week of electricity production from the wind turbine.

The calculations assume operation and maintenance costs of 3 per cent of the price of the turbine, which is probably a somewhat exaggerated figure. Consequently the energy use for the operation of the turbine is biased upwards.

Grid losses for wind turbines must on average be assumed to be somewhat lower than for central power plant, since wind turbines are typically dispersed in the grid (embedded generation). For central power plant the grid losses are typically in the order of magnitude of 6 to 9 per cent.

Lennart Söder estimates that the grid losses for wind turbines are about two percentage points lower than for central power plant. Thus, in addition to what we added for coal transportation, we could have added another 2 percentage points.

A wind turbine will typically recover the energy spent in its manufacture, installation, operation, maintenance, and scrapping, some 80 times over.

The annual electricity production from a wind turbine is approximately proportional to the energy content of the wind, i.e. it varies with the third power of the average wind speed on the site.

In e.g. the Cap Verde Islands, Southern Argentina, or Southern China, wind speed are on average some 30 to 50 per cent above the figures known from Denmark.

In these areas wind turbines may recover the energy spent on their manufacture and operation in one month. The alternatives to wind energy in these areas will usually be diesel generators or coal fired power plant with far lower efficiency. (cf. note 4).

Even if a 65 tonne wind turbine has to be shipped 10 000 nautical miles, it will only affect its net energy use by 1.5 per cent, cf. section 5.1.3.

Since 1992 the energy balance for wind turbines has improved dramatically.

Comparing with the analysis from Risø National Laboratory, one should bear in mind that Risø has calculated with older 500 kW wind turbines, with an older production technology, and without accounting for scrapping or the energy use in the transportation of coal.

These differences explain the difference between the present results and the results from the 1993 study from Risø.

Søren Krohn

Note

Appendix I

The Energy Balance of Offshore Wind Turbines

Energy 21

The Danish Government published its very ambitious long term energy plan, *Energy 21*, in 1996. This plan intends to limit Danish CO_2 emissions by 50 per cent before the year 2030 (compared to the base year 1988).

Most of Danish electricity is presently generated using fossil fuels, although increasingly in CHP plant (combined heat and power generation). Base power load is provided by large coal fired power stations, although natural gas has increasingly been used in smaller local power plant and also in certain large power stations.

Offshore Plans in Denmark

By the end of 1997 some 1 000 MW of onshore wind power is online in Denmark, covering some 7 per cent of total electricity consumption.

Two pilot offshore wind parks, Vindeby and Tunø Knob of 5 MW each have paved the way for large scale offshore wind power in Denmark.

The Danish Government currently plans to have 4 000 MW of wind power installed offshore before the year 2030, in addition to 1 500 MW onshore by the year 2005.

Presently 75 per cent of Danish wind power is owned by individuals or wind co-operatives, but it is expected that the major part of offshore development will be done by the power companies as a *public service obligation* to provide lower CO_2-emissions.

In 1996-1997 a number of feasibility studies for offshore wind turbines have been performed in Denmark by the Danish Energy Agency, the two large Danish utility groups, ELKRAFT and ELSAM, plus a number of consulting engineering firms.

The following sections summarise a number of modifications to the previous conclusions made on the basis of these reports published by the study groups (cf. the last two publications in the references list).

Megawatt Wind Turbines

Naively, one might assume that the »Square cube law« applies to wind turbines, i.e. that if we double the rotor diameter we get four times as high an energy output, and that the weight of the turbine will increase by a factor eight, because we need to multiply all lengths by two in each of the three dimensions.

Whereas the square law roughly holds, the cube law does not. Technology development means that new turbines are comparatively lighter than their predecessors.

If we take a three bladed pitch controlled 1.65 MW Vestas wind turbine with a 66 metre rotor diameter as an example, we find that the weight of the turbine per installed kW of power is roughly the same as for a 600 kW machine.

Tower Height

Although the machine in our example is normally delivered with hub heights of 60, 67 or 78 metres, an offshore version would probably be fitted with a lower tower.

This is due to the fact that offshore wind turbines will be placed in an environment with a very smooth surface in *roughness class zero* (in European Wind Atlas terminology) i.e. a roughness length of some 0.0002 m.[7]

This implies that *wind shear* will be slight, i.e. wind speeds will not increase very much with tower height, since the wind is not braked very much by the sea surface.

The Danish power companies at the time of writing estimate that the optimal tower height would be some 55 metres for a 1.5 MW turbine with a rotor diameter of 64 metres.

Adding another metre to the tower height would increase annual energy production by

7) You may wish to consult the European Wind Atlas for definitions, or look at the web site www.windpower.dk for further explanations.

8) Estimated by the author on the basis of information from Vestas Wind Systems A/S on the weigh of towers for land-based machines.

about 0.5 per cent, and the cost of a taller tower, plus stronger foundations would increase costs by roughly the same percentage.

The total weight of the 1.65 MW turbine in our example with a 55 metre tower would be approximately 158 tonnes, as shown in table 10.

The plans made by the Danish power companies call for a design lifetime for towers of 50 years.

Rotor blades

Interestingly, the weight of the rotor blades is almost exactly proportional to the increase in nameplate power of the machine from 600 kW to 1.65 kW, i.e. an increase from 1.5 tonnes per blade to 4 tonnes per blade.

This is definitely not what one would have expected, since the strength of the blades have to vary with the cube of their length.

Foundation Costs

The new Danish studies on cost optimization of offshore wind turbine foundations has led to engineers abandoning concrete foundations in favour of steel foundations.

The first two Danish offshore wind parks off the coast of Vindeby, and at Tunø Knob had concrete caisson foundation built onshore, floated out to sea, and subsequently filled with sand and gravel (The same principle used for building bridges).

These so-called *gravitational foundations* were manageable for turbines of 450 and 500 kW, but foundations for 1.5 MW turbines would be extremely heavy and would thus require heavy duty sea cranes, raising the cost considerably.

Eventually, the consulting engineering firms opted for three different designs which turned out to cost roughly the same, as shown in figure 2 below.

Figure 2 does not include the cost of a boat landing for each turbine, although the previous offshore wind farms at Vindeby and Tunø Knob included mooring facilities for boats.

The reason for omitting the costs of a boat landing is that the power companies are considering building special boats which can operate without a classical boat landing.

In case boat landings would be necessary in the final project, their cost would be approximately 250 000 DKK per turbine.

Otherwise, the foundation costs include surveying costs, drilling, preparation of the bottom, design, manufacture, installation and erosion protection.

Corrosion protection to ensure a design lifetime of 50 years will be accomplished electrically.

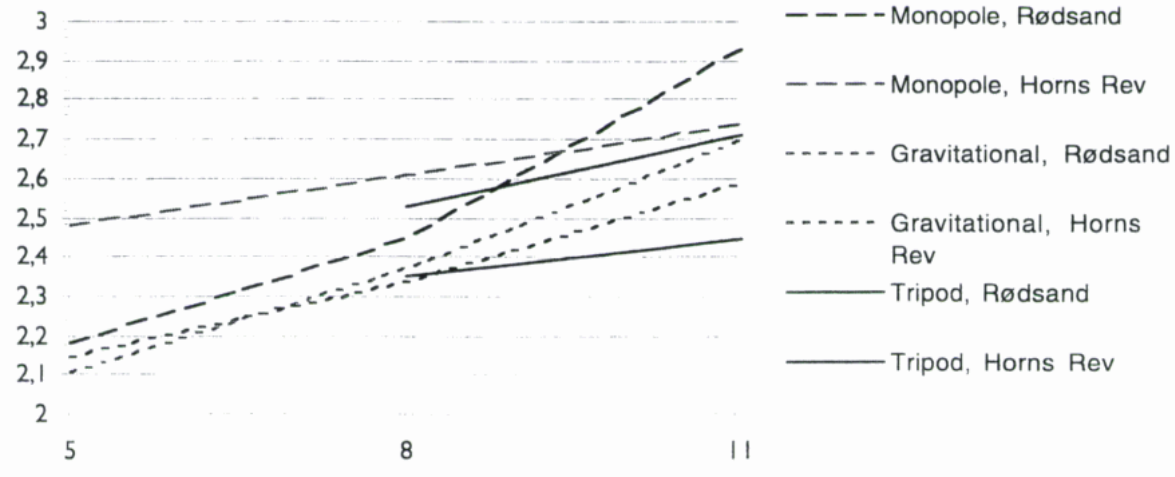
Mono pile Foundations

This type of foundation is essentially a steel pole which is rammed or drilled into the seabed. In locations with e.g. chalk or other stable seabed this may be a suitable solution. From figure 2 it appears that mono pile foundations are less cost effective at larger water depths, particularly in areas where pack ice may be a problem.

Gravitational Foundations

Basically they perform the same function as the

Figure 2. Cost of Offshore Wind Turbine Foundations by Water Depth



Note

concrete caissons mentioned above, but made of a steel enclosure which is subsequently filled with a high-density mineral (Olivine).

Tripod Foundations

This solution is particularly suitable for larger water depths (and cannot be installed at lower water depths). The basic structure resembles a typical offshore oil rig. This type of foundation is most cost effective at larger water depths, particularly in areas without pack ice.

Weight of Different Foundation Types

To check on our previous results, tables 10 and 11 give the weights for the steel structures involved for the three technologies for two different locations in Danish sea territory.

Finally, table 12 summarises the weight for a wind turbine placed on an average Danish offshore location

Table 10. Estimated Weight of Steel Foundations for a 1.5 MW Turbine, Baltic Sea at Rødsand (Ice Loads Dimensioning Factor)

Water depth	5m	8m	11m
	Metric tonnes		
Mono pile	98	120	155
Gravitational	80	90	100
Tripod	...	106	119

Source: *Vindmøllefundamenter i havet, Slutrapport.*

Table 11. Estimated Weight of Steel Foundations for a 1.5 MW Turbine, North Sea at Horns Rev (Waves Dimensioning Factor)

Water depth	5m	8m	11m
	Metric tonnes		
Mono pile	103	117	131
Gravitational	90	100	110
Tripod	...	100	102

Source: *Vindmøllefundamenter i havet, Slutrapport.*

Table 12. Estimated Weight of a Danish 1.65 MW Offshore Wind Turbine

	Weight
	Metric tonnes
Tower (55 m hub height)	80
Nacelle	55
Rotor Blades	12
Hub, other rotor parts	+11
Total Wind Turbine	158
Foundation (average 8 m depth)	100
	258

Source: Calculations of the author based on data from Vestas Wind Systems A/S, and *Vindmøllefundamenter i havet, Slutrapport.*

Energy Output Offshore

The energy production from wind turbines located offshore will be significantly higher than from turbines onshore.

Wind measurements and calculations for the major sites indicate annual production figures shown in table 14 (on the basis of the 1.5 MW turbines mentioned in the earlier part of this section).

Table 14. Estimated Energy Output/Year and Investment

Location	Installed MW	Full load hours/yr	Energy TWh/yr	Investment DKK/MW
Gedser Rev	150	3 287	0.493	12.4
Gedser Rødsand	600	3 330	1.998	11.5
Omø	300	3 014	0.904	11.0
Læsø	600	3 380	2.028	11.7
Horns Rev	600	3 530	2.118	11.7
Subtotal	2250	3 352	7.541	11.6
Remainder, Læsø	1750	3 380	5.915	11.7
Total	4000	3 364	13.456	11.6

Source: *Havmølle-handlingsplan for de danske farvande.*

In table 14 we have included the planned sites, and for this calculation example chosen the very spacious area south of the island of Læsø for the remaining part of the 4 000 MW of offshore wind power planned to be erected before 2030.

On typical onshore locations in Denmark, (roughness class 1.25) wind turbines register 2223 full load hours per year. (I.e. annual electricity production is equivalent to 2223 times the nameplate power of the wind turbine).

In offshore applications the figure in table 14 becomes 3364 full load hours per year on average, i.e. 51 per cent more than on land.

Even if we are not comparing identical machines onshore and offshore, it seems fairly safe to use this comparison with the degree of precision we are working with here. In any case, the figures are reasonably close to the manufacturers' specifications, if we recalculate them to a 55 metre hub height.

We have included the investment per MW for each site in the last column of table 14.

Calculation Method

For the wind turbine itself it seems safe to upscale the results from the 600 kW turbine to in the first part of this paper to 1 500 kW, when we look at the weights involved.

The price of 1.5 MW turbine for offshore

applications is not known at the time of writing. Danish electrical power companies, however, believe that prices will be in the region of 9-9.5 million DKK (in 1997) for an order of 50 to 100 machines of 15 MW each.

In order to make a conservative estimate we use the low figure of 9 million DKK per machine, and let the rest of the cost be attributed to the foundation, which is more energy intensive than the turbine.

We also use the 1995 energy multipliers in table 15 below, which means that we get an upward bias in the energy content, since energy intensity per DKK tends to decline over time.

We assume a maintenance cost of 0.08 DKK/kWh in accordance with power company estimates. Annual energy production in kWh comes from table 14, i.e. 3 364 full load hours.

Finally, in table 16 we show the energy use for manufacturing, installing, and maintaining the turbine.

The method is exactly the same as in table 8.

Conclusions

Offshore turbines with a lifetime of 20 years will recover the energy spent in their manufacture, operation, and maintenance slightly quicker than onshore turbines in roughness class 1. (Danish conditions).

The difference is small, but we should also take into account, that the calculations on this page have a bias towards high energy use, as explained above.

An onshore wind turbine will recover the energy spent in its manufacture and maintenance some 80 times over throughout its 20 year design lifetime.

If we account for the fact that offshore wind turbines would have a longer lifetime of 25-30 years (due to less turbulence at sea, and thus lower fatigue loads), we find that an offshore wind turbine will recover the energy spent on it more than 100 times over.

Table 15. Direct and Indirect Global Gross Energy Use for 1.5 MW Offshore Wind Turbines

Process	value	Global direct and indirect gross energy multiplier 1995	Energy use
	mill. DKK	TJ/mill. DKK	TJ
Turbine manufacturing	9.0	0.63	5.67
Foundation + installation	2.6	0.74	1.92
Operation + maintenance for 20 years	8.1	0.43	3.47
Total	...	0.65	11.06

Table 16. Energy Use During the Life Cycle of a 1.5 MW offshore wind turbine

	Electricity production for wind turbine per year	Primary energy use in power plant	Primary energy use in power plant	Energy for manufacture and operation	Energy recovery	Energy recovery
	mill. kWh	mill. kWh	TJ	TJ	years	months
Total	5.046	11.600	41.76	11.06	0.26	3.2

Appendix 2

The Energy Balance of Danish Vintage 1980 Wind Turbines

The Legend

It has been an extremely persistent legend in Denmark that wind turbines would never recover the energy spent in manufacturing them, let alone operating and maintaining them.

After the analysis in the main part of this paper has become widely known, the focus of the debate has shifted to acknowledging that modern wind turbines have a very favourable energy balance. On the other hand some people still claim that there was an enormous energy waste in manufacturing wind turbines in the 1980ies.

The remaining part of this paper sets out to investigate that claim, using the same methodology as in the first part of this paper.

1980 Technology compared to 1996

Energy & Environmental Data has been publishing statistics on Danish wind turbine performance since 1980. It has a sample of 27 machines installed during 1980 with a total nameplate power of 942 kW, i.e. with an average size of 34.9 kW.

The average energy yield per m^2 rotor area in 1980 (normalised to an average wind year) was 475 kWh/m^2 (compared to 1037 kWh/m^2 in 1996). The increase in yield per m^2 is thus some 118 per cent, corresponding to an annual growth rate of 5 per cent.

The huge difference in yields is not only due to better aerodynamics and higher efficiency in the turbine drive train: Typical tower heights have increased from 19 m to 46 m, explaining 25 percentage points of the increase.

Higher, (and indeed economic) towers are, of course, part of the technology, so this improvement should also be credited technology development.

The methodology for siting developed by Risø National Laboratory and others in the *European Wind Atlas Method* accounts for another substantial share of the improvement in the intervening period. Siting methodology should also be considered as a very important part of wind energy technology.

A typical machine in 1980 would be a Nordtank 55 kW machine with a rotor diameter of 11 m, and a hub height of 20 m

In table 1 we have selected three typical machines from each of the two major suppliers at the time (Vestas and Nordtank).

Wind Turbine Prices in 1980

The Danish Wind Turbine Owners' Association has been publishing semiannual price lists for wind turbines throughout the 1980ies and 1990ies.

The list from July 1980 has been used in table 1. To compare with present-day machines, the list price of a 600 kW machine with 43-44 m rotor diameter and a hub height of 50 m is between 2.8 and 3.2 million DKK in 1997.

Installation Costs

Risø National Laboratory has done a number of studies on the costs of wind energy in Denmark. Using their early reports, we obtain an installation cost of around 30 per cent of the turbine price.

Global Direct and Indirect Energy Content in Manufacturing and Installation

As we demonstrated in the conclusions of the first part of this paper, one may safely use the aggregate energy coefficients for the fabricated metal products sector when estimating the energy content of wind turbines.

Danmarks Statistiks input-output tables give a figure for global direct and indirect (primary) energy content in 1980 of 2.02 TJ/million DKK for manufacturing of fabricated metal products, and 1.98 TJ/million DKK for construction.

Using an average of 2 TJ/million DKK for the whole investment, we obtain a total global direct and indirect energy content per machine listed in gigajoule (and converted to kWh) in table 1.

Global Direct and Indirect Energy Content in Annual Operation and Maintenance

In 1996 annual operation and maintenance costs for wind turbines of the 10-30 kW size was 0.13 DKK/kWh (1996 prices) according to an analysis published in the October 1997 issue of *Naturlig*

Energi, published by the Danish Wind Turbine Owners' Association.

Risø National Laboratory reports on operation and maintenance costs indicate cost in the order of magnitude of 3-4 per cent of purchasing price per year.

The warranty period for the turbines in 1980 was generally 1 year. In the case of Nordtank, 2 years.

In the case of the 1980 Vestas machines, a two year service contract was included in the purchase price of the machines.

Annual Energy Yield

Using the officially published power curves, and a siting in roughness class 2, based on European Wind Atlas data for Beldringe, Denmark, we have computed the average annual production figures listed in table 1. (In cases where power curves did not cover wind speeds all the way to the cutout wind speed, we have assumed a constant output beyond the last reading).

(You may verify the production figures and check the power curves using the Wind Turbine Power Calculator on the Danish Wind Turbine Manufacturers Association's web site www.windpower.dk).

We have verified the figures using the Danish Wind Turbine Owners' Association magazine, *Vindstyrke*, to check for errors, and make sure that our figures are reasonably realistic.

The primary energy required to produce electricity in 1980 may be assumed to be the number of kWh produced divided by 0.35, assuming an average thermal efficiency of 35 per cent for typical Danish coal or oilfired power plant in 1980.

Energy Payback Period for 1980 Vintage Machines

When we take the energy content of the turbine and divide by the amount of primary energy saved per year, (and multiply by 12) we get the energy payback period (in months).

In this calculation you should note that we have also accounted for an assumed average (poor) siting of the 1980 vintage machines.

Improvements in the Energy Balance of Danish Wind Turbines 1980-1995

Comparing with the first section of this paper, and considering the fact that present day turbines on average are located on sites better than roughness class 1.25, we may deduce that the energy balance for wind turbines located in Denmark has been improved by a factor 2 to 4 since 1980.

One should bear in mind, that the improvement is some 15 per cent higher than the change in the number of months indicate, since we have assumed an extremely high thermal efficiency in modern coal fired power plant when analysing the energy balance for 1995 wind turbines.

Improvement in the Energy Balance of Danish Wind Turbines Since 1980

Looking at table 1, it is obvious that there is an enormous difference in energy efficiency between the 55 kW generation of wind turbines and the previous generations of 30, 22, and 15 kW turbines.

Tower heights matter a lot, however, if one compares with present day 600 kW machines.

The 55 kW 1980 vintage Nordtank machine would produce 36% more with a 50 m tower. Moving it to roughness class 1.25 would increase output by another 13%.

The total increase in production would be 54%. One should bear in mind, however, that such a tall tower would not be economic (and probably not very energy efficient) for such a comparatively small machine.

Conclusions

Wind turbines in 1980 had a typical energy payback period of around 8 months if one loosely takes a weighted average over the different machine sizes.

This is quite impressive compared to today's 2-3 months for a modern wind turbine, when one bears in mind the difference in hub heights, and the (average) relatively poor siting of turbines.

The 55 kW generation of wind turbines heralded a breakthrough in energy efficiency in turbine manufacturing with energy payback periods of some 6 months, even on relatively poor sites.

Table 1. Typical Danish Wind Turbines from 1980

Wind turbine brand	Power rating	Rotor diam.	Hub height	Price ex works	Installled price	Primary Energy content	Primary Energy content	Electricity Output per year[1)]	Primary energy saved/yr	Energy payback period
	kW	m	m	DKK	DKK	GJ	kWh	kWh	kWh	months
Kuriant	15/4	10	18	89 500	116 500	233	64 500	26 933	77 000	10.1
Vestas	22/3	10	18	131 500				...	...	...
Nordtank	22/7.5	10.8	18	130 000				38 321	109 500	10.4
Average	22			130 750	170 000	340	94 500			
Vestas	30/5	10	18	135 000				35 500[4)]	101 500	
Nordtank	30/7.5	11	20.5	140 000				39 154[2)]	112 000	10.7
Average	30			137 500	179 000	358	99 500			
Vestas	55/7.5	15.3	18[3)]	185 000				91 396[3)]	261 000	6.1
Nordtank	55/10	16	22	180 000				99 141	283 000	5.6
Average	55			182 500	237 000	474	131 700			5.9

Notes:

1) We assume a relatively poor siting in roughness class 2, using European Wind Atlas data from Beldringe, Denmark, and use the officially publishe power curve for the turbine.

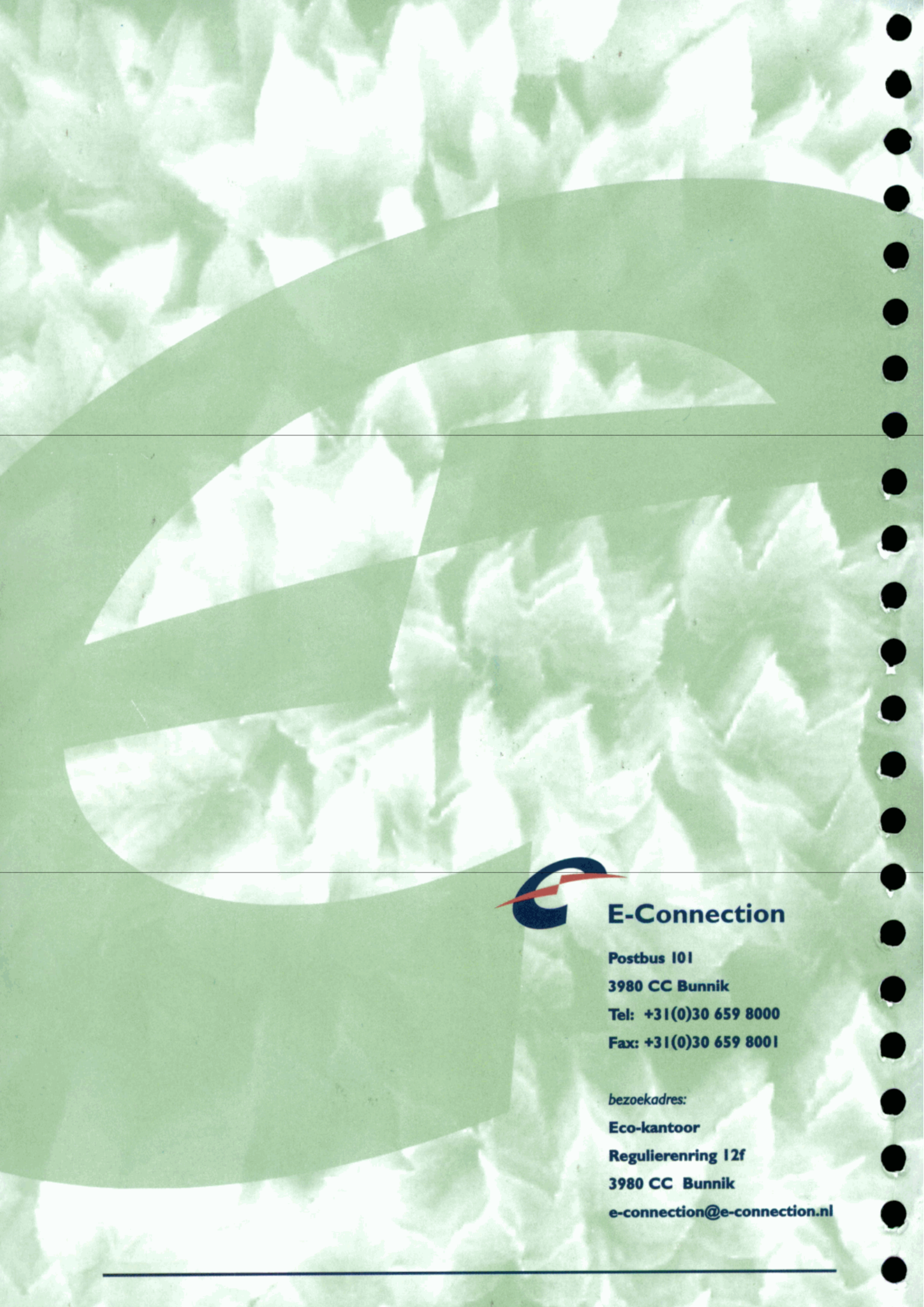
2) The power curve seems to underestimate true output. These machines typically procuce 50 000 kWh/year according to *VindStyrke* statistics.

3) Most machines were delivered with 22 m towers, and the power curve only extends to 15.4 m/s, consequently statistics shov substantially higher average production.

4) Estimated as an average from 3 turbines (no roughness classification given) in 1995 *VindStyrke* statistics, normalised to an average wind year.

REFERENCES

- *Input-output tabeller og analyser 1987*, Danmarks Statistik January 1991.
- *Input-output tabeller og analyser 1990*, Danmarks Statistik April 1994.
- *Input-output tabeller og analyser 1991*, Danmarks Statistik April 1995.
- *Employment in the Wind Power Industry, WindPower Note no. 1, October 1995*, Danish Wind Turbine Manufacturers Association.
- *Rapport om privatejede vindmøllers økonomi*, Energistyrelsen, January 1994.
- *Vindmølleoversigten, September 1995*, Informationssekretariatet for vedvarende Energi, Dansk Teknologisk Institut.
- Ralph Kehrbaum, *Entsorgung von Windkraftanlagen, Technische, ökonomische und ökologische Betrachtung*, Interner Bericht, Forschungszentrum Jülich GmbH, Programgruppe Technologiefolgenforschung, August 1995.
- *Redegørelse om den teknisk-økonomiske udvikling på vindmølleområdet, Status primo 1993*. Forskningscenter Risø, Prøvestationen for vindmøller 1993.
- *Dansk Elforsyning, Statistik 1994*, Danske Elværkers Forening 1994.
- *Energistatistik 1994*, Energistyrelsen 1995.
- Henrik Meyer, Poul Erik Morthorst, Lotte Schleisner, Niels I. Meyer, Per Sieverts Nielsen, Vilhjálmur Nielsen, *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion*. Forskningscenter Risø, September 1994.
- Niels A. Kilde, *Energiforbrug og emissioner ved godstransport i 1990*, Forskningscenter Risø juli 1995.
- *Brændselsprisforudsætninger for samfundsøkonomiske beregninger*, Energistyrelsen February 1994.
- Lennart Söder, *Closing Speech, 5th European Wind Energy Association Conference*,EWEA 1994.
- Dansk Metallurgisk Selskab, *Letmetaller. Vintermødet 1992*.
- Niels F. Gram, *Genudnyttelse af metaller. Er der nok?*, Lindhardt & Ringhoff 1973.
- Ib Troen & Erik Lundtang Petersen, *European Wind Atlas*, Risø National Laboratory, Denmark, 1989.
- Elsamprojekt A/S, SEAS, LIC Engineering A/S, NNR, Rambøll, *Vindmølleundamenter i havet, Slutrapport*, February 1997.
- Elselskabernes og Energistyrelsens Arbejdsgruppe for havmøller, *Havmølle-handlingsplan for de danske farvande*, July 1997.
- Danske Vindkraftværker, *Naturlig Energi*, July 1980.
- Danmarks Vindmølleforening, *VindStyrke*, 1996-1997.
- Energy & Environmental Data, *WindPro Programme*.



E-Connection

Postbus 101

3980 CC Bunnik

Tel: +31(0)30 659 8000

Fax: +31(0)30 659 8001

bezoekadres:

Eco-kantoor

Regulierenring 12f

3980 CC Bunnik

e-connection@e-connection.nl