9 LANDSCHAP

9.1 Algemeen

Bij het aspect landschap moet onderscheid gemaakt worden tussen de beleving van het landschap vanaf de kust en de beleving van het landschap door zeevarenden.

Met betrekking tot de belevingswaarde van de Noordzee zijn de volgende ecosysteemdoelen geformuleerd.
- Het handhaven van de mogelijkheden voor het ervaren van de dynamiek van de natuurkrachten wind, water, zand en zout op de overgang van open water naar droge kustzone.
- Het handhaven van de openheid, weidsheid, stilte en duisternis; dit geldt voor de gehele kustlijn in noord-zuid-richting en loodrecht op het strand tot aan de zichtlijn ('schone' horizon).
- Het handhaven en waar mogelijk bevorderen van de mogelijkheden om de aanwezigheid van bijvoorbeeld vogels, vissen en zeezoogdieren te ervaren.

Met uitzondering van het derde doel hebben deze doelen uitsluitend betrekking op de beleving van de Noordzee vanaf de kust.
Het derde ecosysteemdoel kan zowel voor mensen aan de kust als zeevarenden gelden.
Overigens komen de mogelijke effecten van het offshore windpark op vogels respectievelijk zeezoogdieren en vissen aan de orde in hoofdstuk 8 en hoofdstuk 11.

Windturbines kunnen, indien deze waarneembaar zijn vanaf de kust, invloed hebben op de ervaring van dynamiek van de natuurkrachten en op de openheid, weidsheid, stilte en duisternis.
Voor de zeevarende wordt de ongereptheid van de zee beïnvloed door de mate waarin de windturbines zichtbaar zijn en geluid produceren dat het normale achtergrondgeluid, dat de zeevarende ervaart, overstemt. In dit hoofdstuk worden effecten op (de beleving van) het landschap gerelateerd aan de zichtbaarheid van het windpark, c.q. de windturbines. De invloed van geluid komt aan de orde in hoofdstuk 13.

9.2 Zichtbaarheid

De zichtbaarheid van het windpark vanaf de kust is afhankelijk van de afstand van het windpark tot de kust, de positie van de waarnemer en de algemene zichtbaarheid (contrast, helderheid) van het windpark.
Des te groter de afstand tot de kust, des te minder zichtbaar zullen de windturbines zijn. De zichtbaarheid over grote afstand is afhankelijk van een combinatie van de volgende factoren:
- kromming van de aarde
- perspectivische verkleining
- heiigheid van de lucht
- meteorologische zicht
- seizoenseffecten
- hoogte van de waarnemer
- helderheid.

AFSTAND IN ZEEMIJLEN, WAAROP EEN VOORWERP ZICHTBAAR WORDT IN DE KIM

Hoogte voorwerp	Hoogte van het oog boven water in meters														
boven water in m.	0	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16	18	20	23	26	29
0	0,0	2,5	3,5	4,3	5,0	5,7	6,4	7,0	7,6	8,1	8,6	9,0	9,7	10,3	10,9
10	6,4	8,9	9,9	10,7	11,3	12,1	12,8	13,4	14,0	14,5	15,0	15,4	16,1	16,7	17,3
12	7,0	9,5	10,5	11,3	12,0	12,7	13,4	14,0	14,6	15,1	15,6	16,0	16,7	17,3	17,9
14	7,6	10,0	11,1	11,8	12,5	13,3	14,0	14,6	15,1	15,6	16,1	16,6	17,3	17,9	18,4
16	8,1	10,6	11,6	12,4	13,0	13,8	14,5	15,1	15,6	16,2	16,7	17,1	17,8	18,4	19,0
18	8,6	11,0	12,1	12,9	13,5	14,3	15,0	15,6	16,1	16,7	17,1	17,6	18,3	18,9	19,5
20	9,0	11,5	12,5	13,3	14,0	14,8	15,4	16,0	16,6	17,1	17,6	18,1	18,7	19,3	19,9
23	9,7	12,2	13,2	14,0	14,6	15,4	16,1	16,7	17,3	17,8	18,3	18,7	19,4	20,0	20,6
26	10,3	12,8	13,8	14,6	15,3	16,0	16,7	17,3	17,9	18,4	18,9	19,3	20,0	20,6	21,2
29	10,9	13,4	14,4	15,2	15,8	16,6	17,3	17,9	18,4	19,0	19,5	19,9	20,6	21,2	21,8
32	11,4	13,9	14,9	15,7	16,4	17,1	17,8	18,4	19,0	19,5	20,0	20,5	21,1	21,7	22,3
36	12,1	14,6	15,6	16,4	17,1	17,8	18,5	19,1	19,7	20,2	20,7	21,2	21,8	22,4	23,0
40	12,8	15,3	16,3	17,1	17,7	18,5	19,2	19,8	20,3	20,9	21,4	21,8	22,5	23,1	23,7
45	13,6	16,0	17,1	17,8	18,5	19,3	19,9	20,6	21,1	21,6	22,1	22,6	23,2	23,9	24,4
50	14,3	16,8	17,8	18,6	19,2	20,0	20,7	21,3	21,9	22,4	22,9	23,3	24,0	24,6	25,2
55	15,0	17,5	18,5	19,3	19,9	20,7	21,4	22,0	22,5	23,1	23,6	24,0	24,7	25,3	25,9
60	15,7	18,1	19,2	19,9	20,6	21,4	22,0	22,7	23,2	23,7	24,2	24,7	25,3	26,0	26,5
70	16,9	19,4	20,4	21,2	21,9	22,6	23,3	23,9	24,5	25,0	25,5	25,9	26,6	27,2	27,8
80	18,1	20,6	21,6	22,4	23,0	23,8	24,5	25,1	25,6	26,2	26,6	27,1	27,8	28,4	29,0
90	19,2	21,6	22,7	23,5	24,1	24,9	25,6	26,2	26,7	27,3	27,7	28,2	28,9	29,5	30,1
100	20,2	22,7	23,7	24,5	25,2	25,9	26,6	27,2	27,8	28,3	28,8	29,2	29,9	30,5	31,1
125	22,6	25,1	26,1	26,9	27,5	28,3	29,0	29,6	30,2	30,7	31,2	31,6	32,3	32,9	33,5
150	24,8	27,2	28,3	29,0	29,7	30,5	31,1	31,8	32,3	32,8	33,3	33,8	34,4	35,1	35,6
175	26,7	29,2	30,2	31,0	31,7	32,4	33,1	33,7	34,3	34,8	35,3	35,8	36,4	37,0	37,6

Tabel 9.1 Zichtafstanden op zee in zeemijlen (1 zeemijl = 1.852 m)
(Bron: Scheepvaart-almanak)

Kromming van de aarde
Het theoretisch maximale zicht wordt bepaald door de kromming van de aarde (zie tabel 9.1). Een waarnemer op het strand zal geen objecten op zee kunnen zien, die minder dan 23 meter boven zeeniveau uitsteken en zich bevinden op een afstand van 12 mijl (= 22,3 km) vanaf de kust. Windturbines met een rotordiameter van 66 meter en een ashoogte van 50 meter boven zeeniveau verdwijnen op een afstand van 38 km volledig achter de kim.

Staande op een boulevard, zeedijk of duinovergang op een hoogte van ongeveer 8 m boven zeeniveau zijn windturbines met een tophoogte van 83 m hoogte op een afstand van 44 km uit de kust niet meer zichtbaar.

Dit theoretisch maximale zicht geldt echter alleen bij situaties zonder golfslag. Als gevolg van de golven op zee wordt de zichtbare horizon bepaald door de hoogste golven, die zich tussen de waarnemer en de werkelijke horizon bevinden.

Perspectivische verkleining
Bij het bepalen van de zichtbaarheid speelt ook de perspectivische verkleining van het object een rol. Een windpark op grote afstand van de waarnemer neemt minder van het zichtveld in beslag dan een windpark dichterbij. Dit heeft niet alleen betrekking op de horizontale zichthoek: de breedte van het windpark in het zichtveld. Ook de verticale zichthoek: de hoogte van het windpark in het zichtveld, wordt geringer.
Als gevolg van perspectivische verkleining wordt een object op grote afstand van de waarnemer minder snel waargenomen.

Heiigheid van de lucht
In de praktijk wordt het theoretisch maximale zicht ook aanzienlijk beperkt als gevolg van de heiigheid van de atmosfeer tussen de waarnemer en het object aan de horizon, in dit geval de windturbines.
De heiigheid wordt bepaald door de vochtigheid van en de hoeveelheid verontreinigingen in de lucht. Des te meer verontreiniging en minuscule waterdruppeltjes in de lucht boven zee zweven, des te minder wordt het zicht. Bij mist bevat de lucht zoveel waterdruppels, dat het zicht ernstig beperkt wordt. Maar ook op andere dagen zweven als gevolg van golfslag en de branding veel waterdruppeltjes in de lucht boven zee.

Meteorologisch zicht
De mate waarin het windpark vanaf de kust te zien zal zijn, hangt ondermeer samen met het meteorologisch zicht. Dit wordt uitgedrukt in aantal zichturen per jaar bij een bepaalde afstandsklasse, bijvoorbeeld van 5 tot 10 kilometer.
Naarmate de afstand toeneemt, neemt de zichtbaarheid af.

Het KNMI doet al geruime tijd zichtwaarnemingen op zee. Omdat deze waarnemingen bedoeld zijn om het optreden van 'slecht zicht'-situaties in kaart te brengen, zijn slechts weinig gedetailleerde, statistische gegevens bekend over het zicht over grotere afstanden (C.G. Korevaar, 1987).

Voor de lichtschepen Noordhinder, Schouwenbank, Haaks en Terschellingerbank heeft het KNMI (KNMI, 1959) vastgesteld, dat gemiddeld circa 77% van het jaar het zicht op zee meer dan 5 zeemijl (= 9,3 km) bedraagt (KNMI 18-06-1999). Een object op 9 kilometer afstand is dus gemiddeld ruim 75% van de tijd van het jaar zichtbaar.

Het meteorologische zicht neemt bij afstanden groter dan 10 zeemijl (= 18,5 km) voor zowel land- als zeestations sterk af.

Op grond van de langjarige waarnemingen vanaf lichtschepen, is vastgesteld dat het meteorologisch zicht slechts circa 20% van het jaar meer dan 10 zeemijl (18,5 km) bedraagt (KNMI, Maritiem Kennis Centrum, 1999).

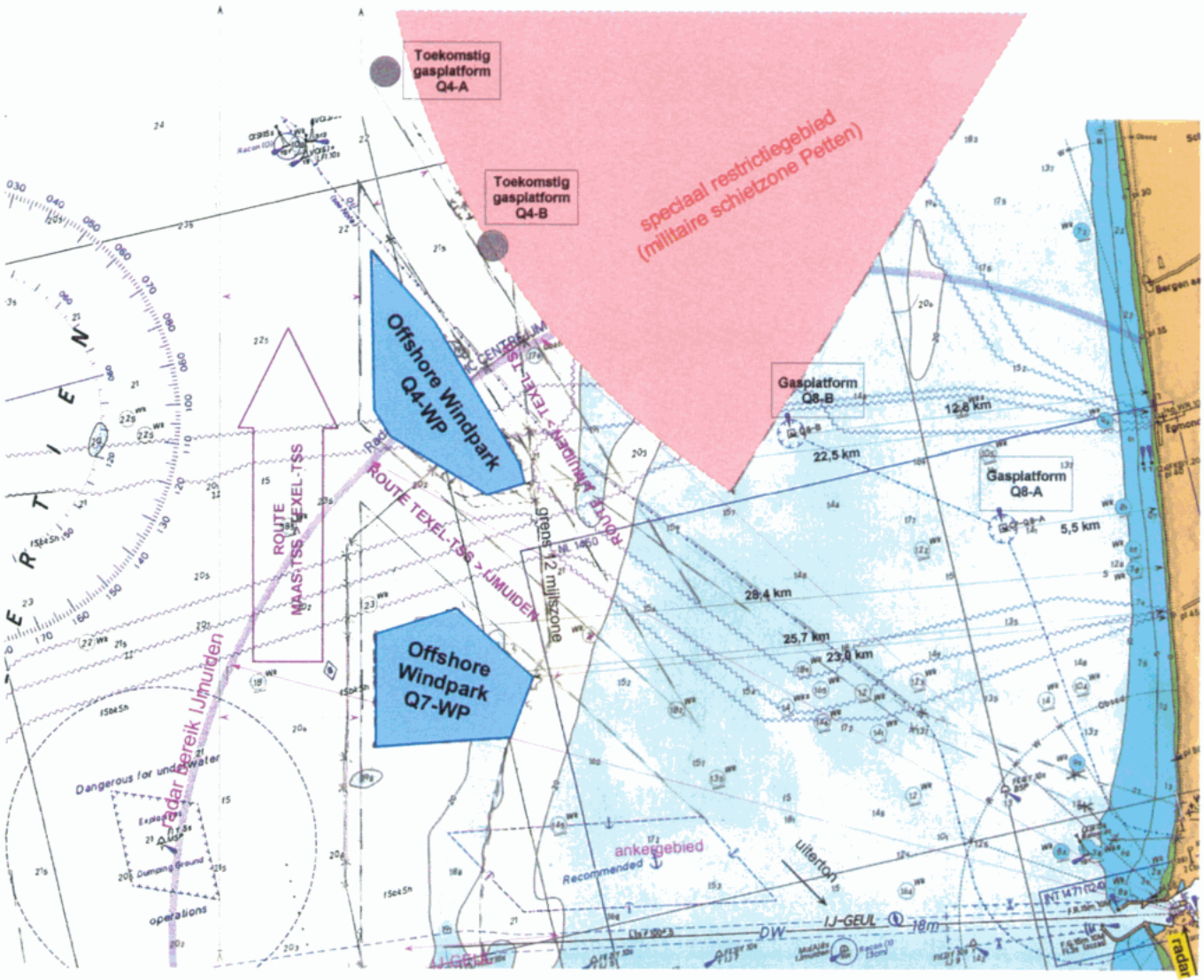
Seizoenseffecten
Op grond van een studie uitgevoerd door Meteo Consult in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat blijkt dat gedurende de zomer en herfst vaker sprake is van goed zicht, dan in de winter en lente (Ministerie van V&W, 1998). Uit deze studie blijkt voorts dat in de zomer, dus bij goede zichtomstandigheden, het zicht vanaf de kust ruim 70% van de tijd meer dan 10 kilometer bedraagt. Het zicht bedraagt in de zomer ruim 15% van de tijd meer dan 20 kilometer en slechts 1% van de tijd meer dan 30 kilometer.
Hoewel het zicht in de zomer goed is, vermindert de heiigheid het zicht over grote afstand. De heiigheid ontstaat omdat warme lucht boven het koele zeewater een inversie genereert met weinig uitwisseling en dus opeenhoping van verontreinigingen.

Hoogte van de waarnemer
De hiervoor genoemde zichtafstanden gelden voor de meteorologische waarnemingshoogtes. Bij waarnemingen op bijvoorbeeld 2 meter boven het strand, zoals van toepassing voor een waarnemer op het strand, is het zicht aanzienlijk minder. Dit wordt veroorzaakt door enerzijds opspattende kleine waterdruppeltjes en anderzijds luchttrillingen boven (opwarmend) land.

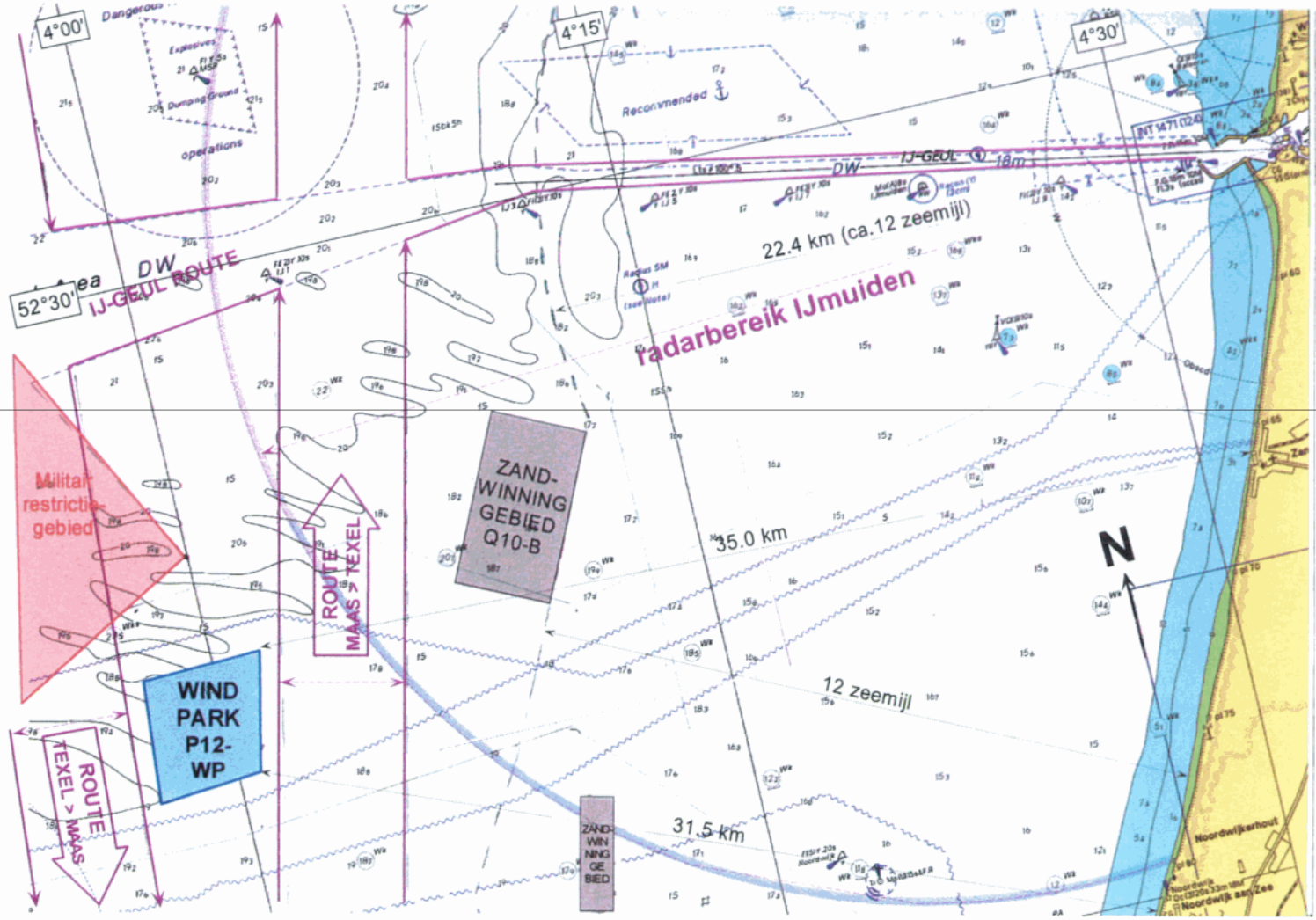
Helderheid
De meeste zichtwaarnemingen van het KNMI zijn gebaseerd op feitelijke waarnemingen door waarnemers en niet op gegevens van instrumenten. De zichtwaarnemingen van het KNMI zijn gebaseerd op bekende, goed herkenbare zichtmerken, die overdag afsteken tegen de omgeving en 's nachts goed verlicht zijn.
Bij de inrichting van het offshore windpark zullen alle windturbine onderdelen, die in potentie vanaf de kust zichtbaar kunnen zijn, in niet reflecterende, neutrale kleuren worden afgewerkt.

Zichtafstanden in de praktijk
Een indicatie van de zichtbaarheid over water van objecten op grote afstand vanaf de kust kan men in Nederland ook verkrijgen aan de hand van de twee platforms Q8-A en Q8-B (zie figuur 9.2 en 9.3) voor de kust bij Egmond aan Zee en de windturbines rond het IJsselmeer (zie figuur 9.4 en tabel 9.5).

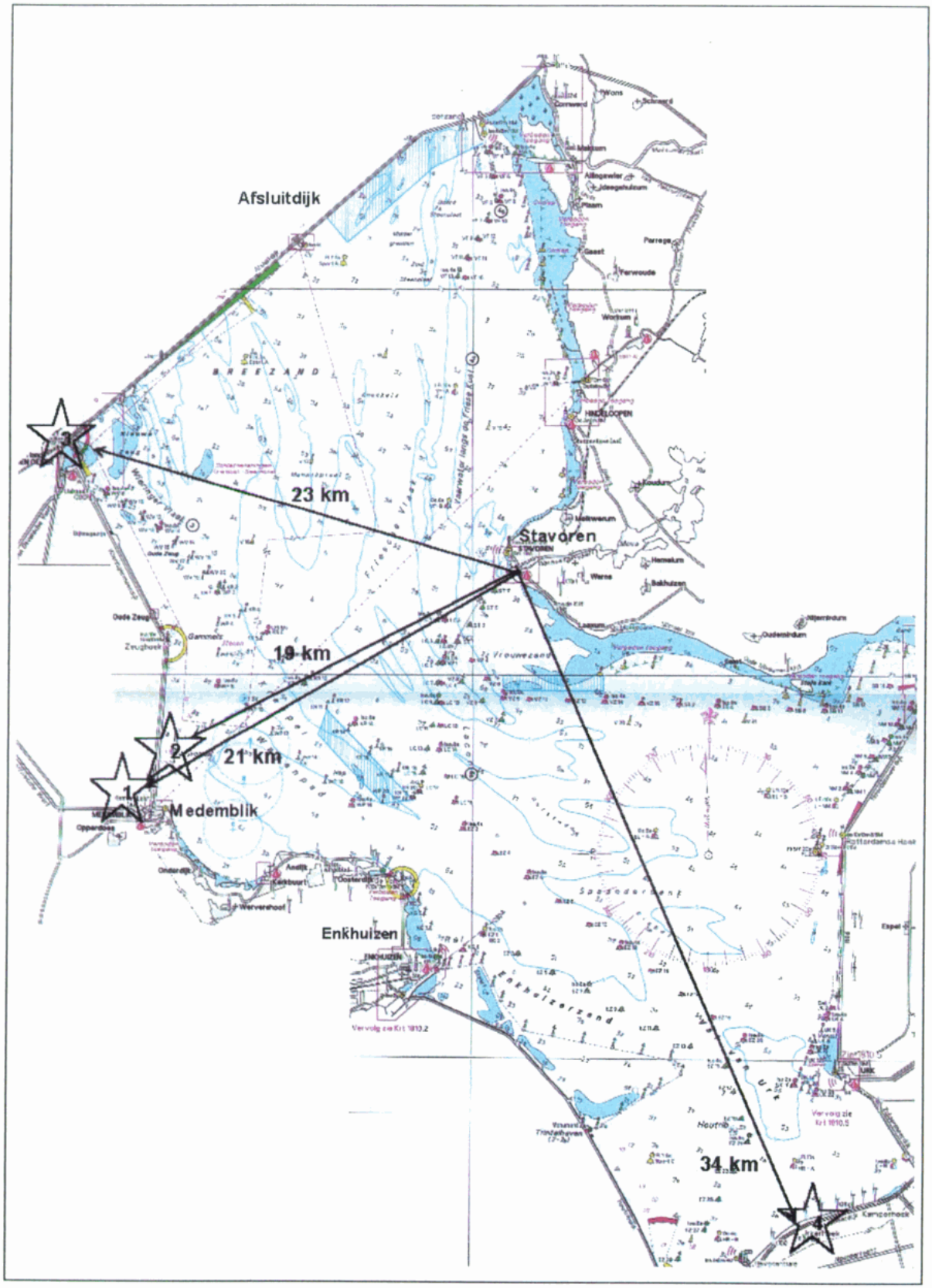
Markeringsverlichting
Ten behoeve van de scheepvaart en de defensie luchtvaart wordt het windpark voorzien van markeringsverlichting. Dit bestaat uit onder meer uit gele knipperende lichten ter hoogte van het werkbordes op 15 meter boven de waterlijn (LA T) en rode markeringslichten op het dak van de gondel. De markeringsverlichting heeft een bereik van circa 10 kilometer (5 zeemijl). De afstand tot de kust is voor Q7-WP en Q4-WP meer dan 23 kilometer en voor P12-WP meer dan 30 kilometer. Het bereik van de markeringsverlichting is dus onvoldoende om vanaf de kust zichtbaar te zijn.



Figuur 9.2 Zichtafstanden in de praktijk, locatie Q7-WP en Q4-WP
Bron : Dienst der Hydrografie



Figuur 9.3 Zichtafstanden in de praktijk, locatie P12-WP
Bron : Dienst der Hydrografie



Figuur 9.4 Illustratieve zichtafstanden windturbines langs IJsselmeer voor waarnemer bij Stavoren
1. Windturbine Medemblik
2. Windpark Lely buitendijks
3. Windturbine Den Oever
4. Windpark Lelystad buitendijks
Bron: Dienst der Hydrografie
Met toestemming van de Chef der Hydrografie van de Koninklijke Marine

Windpark	Aantal turbines	Rotor diameter	Hoogte as/top (t.o.v. zeeniveau)	Afstand tot zichtpunt
Windpark Lely: Medemblik	4 x NW40	40 m	41 m / 61 m	Stavoren: 19 km Urk: 35 km
Windturbine bij Medemblik	1 x NW50	52,6 m	49 m / 75 m	Stavoren: 21 km
Windturbine: haven Den Oever	1 x V44	44 m	55 m / 77 m	Stavoren: 23 km Andijk: 27 km Urk: 48 km
Windpark Irene Vorrink: bij Lelystad	9 x NTK600	43 m	50 m / 62 m	Stavoren: 34 km Den Oever: 51 km Andijk: 25 km

Tabel 9.5 Dimensies en afstanden windparken rond het IJsselmeer (zie figuur 9.4)

Conclusie
Op ongeveer 23 km afstand van de kust zijn offshore windturbines met een ashoogte van 50 meter en tophoogte van maximaal 83 meter in de praktijk vrijwel niet meer zichtbaar (Klijn, 1981). Alleen de top van de rotorbladen is theoretisch zichtbaar.
In de praktijk zullen de windturbines op deze afstand niet meer zichtbaar zijn als gevolg van de natuurlijke heiigheid boven zee.

9.3 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

Het landschap in de kustzone
De positie van de waarnemer aan de kust wordt mede bepaald door het landschap van de kustzone. Dit landschap bestaat van west naar oost uit de Noordzee, het strand en de duinen. De duinen variëren sterk in breedte: van 5 kilometer tot 0,5 kilometer. Belangrijke onderbrekingen in de duinenrij zijn de monding van de Oude Rijn bij Katwijk en het Noordzeekanaal bij IJmuiden.

Het duingebied ten noorden van Bergen aan Zee is breed en langs de binnenduinrand relatief hoog (hoger dan 50 meter). Een groot deel van deze duinen is bebost om zandverstuivingen tegen te gaan. De zeereep, dat is de eerste duinenrij vanaf het strand, is hier tussen 10 en 15 meter hoog.

Het duingebied tussen Hoek van Holland en Bergen aan Zee bestaat uit duinenreeksen die ongeveer evenwijdig aan de kust liggen. Het gedeelte tussen Bergen aan Zee en Egmond Binnen varieert van 2,5 tot 1 kilometer breedte en is veel minder bebost dan ten noorden van Bergen aan Zee. In dit gedeelte komen relatief veel hogere duintoppen voor, die het mogelijk maken de Noordzee te zien. Tussen Egmond Binnen en Beverwijk zijn de duinen weer veel breder en voor een groot deel bebost. In de duinvalleien vindt waterinfiltratie plaats. Hier is het vooral vanaf de zeereep, die hier op een hoogte ligt van ongeveer 18 meter, mogelijk om de Noordzee te zien.

Ten zuiden van IJmuiden tot Ruigenhoek is het duingebied breed, zo'n 4,5 tot 5 kilometer. De binnenduinrand is sterk bebost. Verder komen er veel verspreide kleine bosjes voor.

Verspreide duintoppen maken het mogelijk over de zeereep heen te kijken en de Noordzee te zien. Ten zuiden van Zandvoort is dat veel minder mogelijk omdat de oppervlakte van duinvalleien hier groot is. Deze zijn voor een belangrijk deel in gebruik voor de drinkwaterwinning.

Het gebied tussen Ruigenhoek en Katwijk is veel smaller, maar vooral tussen Noordwijk aan Zee en Katwijk aan Zee komt weinig bos voor en zijn er wel veel hogere duintoppen achter de zeereep aanwezig. Van Katwijk aan Zee tot Kijkduin zijn de mogelijkheden voor het zien van de Noordzee in het noordelijke deel (tussen Katwijk en Wassenaar) groter dan in het zuidelijke deel. Het voorkomen van duintoppen hoger dan de zeereep en de mate van bebossing en bebouwing zijn bepalend voor de zichtbaarheid van de Noordzee vanuit de duinen.

Autonome ontwikkeling van het landschap in de kustzone
Hoewel de kustzone nog een sterk natuurlijk karakter heeft en beschermd wordt, is deze toch dynamisch. Allereerst betreft dat de natuurlijke dynamiek van kustafslag, verstuivingen, sluftervorming, mede in relatie tot de zeespiegelrijzing. Voorts wordt de dynamiek bepaald door menselijke activiteiten: vergravingen, verstedelijking, drinkwaterwinning, bebossing en dergelijke.
Voor de autonome ontwikkeling van het landschap is het beleid voor de kustzone van belang. Regering en parlement hebben in 1990 gekozen voor het dynamisch handhaven van de kustlijn (Ministerie van V&W, 1990). De doelstellingen van dynamisch handhaven zijn duurzaam handhaven van de veiligheid en duurzaam behoud van functies en waarden in duingebieden. Het beleid is gericht op bescherming van het landschap en op het tot staan brengen van de achteruitgang van de kustlijn op zo'n manier dat de natuurlijke dynamiek van de kust (het vrije spel van zand, water en wind) zoveel mogelijk intact blijft (Ministerie van V&W, 1996). Verwacht mag worden dat door dit beleid, maar ook doordat grote delen beheerd worden door natuurbeschermingsinstanties en drinkwaterbedrijven, de duinen ook op de langere termijn beschermd zijn. Tegelijk zal de verstedelijking in de nabijheid van de kustzone toenemen en daarmee de recreatieve druk in de kustzone.

Twee ecosysteemdoelen (Ministerie van LNV, 1999) van de Noordzee hebben betrekking op de kust. Het handhaven van de mogelijkheden voor het ervaren van de dynamiek van de natuurkrachten wind, water, zand en zout op de overgang van open water naar droge kustzone; en het handhaven van de openheid, weidsheid, stilte en duisternis; dit geldt voor de gehele kustlijn in noord-zuid-richting en loodrecht op het strand tot aan de zichtlijn (de "schone horizon").

Het zeelandschap
Het zee-'landschap' in de omgeving van de locaties wordt bepaald door intensieve, routegebonden en niet routegebonden scheepvaartverkeer. In de directe omgeving van locatie Q4-WP staat een platform voor olie- en gaswinning. De omgeving van de locaties kenmerkt zich door veel menselijke activiteit en daardoor veel onrust.

De locaties grenzen aan de scheepvaartroutes van het verkeersscheiding stelsel die van en naar Maas en Texel lopen. De basisinrichting van de locaties is zodanig dat de ligging van de scheepvaartroutes door de vorm van de windparken worden geaccentueerd.
De zeevarende zal binnen de bestaande onrust in het gebied een extra, vast herkenningspunt hebben aan het offshore windpark. In de omgeving van de locaties zijn als

gevolg van de bestaande concentratie van menselijke activiteit de mogelijkheden om de aanwezigheid van bijvoorbeeld vogels, vissen en zeezoogdieren te ervaren minder dan elders op open zee.

Autonome ontwikkeling van het zeelandschap
De intensiteit van de scheepvaart in de omgeving van de windparken zal naar verwachting in de toekomst verder toenemen. Naar verwachting zal het aantal platforms voor olie- en gasexploratie en -winning in de directe omgeving van de locaties toenemen.

9.4 Effecten van het offshore windpark

9.4.1 *Effecten van de locaties*
De afstand van locatie P12-WP tot de kust is het grootst. Locatie P12-WP zal hoogstens 1% van de tijd zichtbaar zijn voor een waarnemer op de kust. Locaties Q7-WP en Q4-WP zullen minder dan 15% van de tijd zichtbaar zijn. Tussen de waarnemer op de kust en de windparken vindt in het zichtveld intensieve, route gebonden en niet routegebonden scheepvaart plaats.
De bestaande menselijke activiteit (scheepvaart, winning van olie en gas) en daarmee de bestaande onrust is op de locaties Q7 -WP en Q4-WP het grootst.

De mogelijkheid om de aanwezigheid van bijvoorbeeld vogels, vissen en zeezoogdieren te ervaren is op alle locaties gelijk, waarbij rekening moet worden gehouden met de reeds bestaande menselijke activiteiten in de omgeving van de locaties.

De kans op eventuele verstoring van de "schone horizon" is voor P12-WP het minst. Vanwege het bestaande en de nieuw te bouwen platforms voor winning van olie en gas in de nabijheid van Q4-WP is de schone horizon ter plaatse al verstoord. De zichtbaarheid voor de waarnemer op de kust is het meest gering voor P12-WP, gevolgd door Q4-WP en Q7-WP. Op alle locaties is sprake van bestaande verstoring van de mogelijkheid om de openheid van de zee en de aanwezigheid van bijvoorbeeld vogels, vissen en zeezoogdieren te ervaren. Deze verstoring is het grootst op de locaties Q4-WP en Q7-WP en relatief het minst op de locatie P12-WP.

Het effect van een windpark op het landschap is altijd omkeerbaar: na beëindiging van het gebruik en verwijdering van het windpark wordt de oorspronkelijke situatie weer hersteld.

9.4.2 *Effecten van de inrichting*
Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Hogere objecten zijn op grotere afstand zichtbaar. Windturbines met een ashoogte van 70 meter zullen vanaf de kust circa 23% van het jaar zichtbaar zijn, tegenover hoogstens 15% voor windturbines met een ashoogte van 50 meter. Om de zichtbaarheid vanaf de kust te beperken heeft de basisinrichting dus de voorkeur. Ook om de invloed van het windpark op de beleving van het zeelandschap door zeevarenden te beperken heeft de basisinrichting de voorkeur.

Grotere rotordiameter
Windturbines met een grotere rotordiameter, zoals in milieu-alternatief 'V80-offshore', vormen grotere objecten. Ook de ashoogte van de windturbines van deze variant is enkele meters

hoger dan in de basisinrichting. Het object is groter en hoger en is daarom op grotere afstand zichtbaar.

Om de invloed op de beleving door zeevarenden en op de zichtbaarheid vanaf de kust te beperken, heeft de basisinrichting de voorkeur.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
Voor de waarnemer op de kust neemt de bestreken zichthoek verder af wanneer de onderlinge afstand tussen de windturbines kleiner wordt. Dit geldt ook voor zeevarenden, maar omdat voor zeevarenden de gemiddelde afstand tot het windpark kleiner is, zal dit effect geringer zijn. De onderlinge afstand tussen de windturbines heeft, naast het effect op de zichthoek, geen invloed op de zichtbaarheid.
Ter beperking van de zichtbaarheid vanaf de kust en van de invloed op de beleving door zeevarenden is er dus een lichte voorkeur voor milieu-alternatief '5 x D', gevolgd door de basisinrichting. Het milieu-alternatief 'grote spacing' heeft een negatieve invloed op het aspect landschap.

De kleur van de windturbines
De kleur en de verlichting van de windturbines hebben invloed op de zichtbaarheid van het offshore windpark op grote afstand. Kleur en verlichting moeten zodanig zijn, dat de het windpark voldoende zichtbaar is uit oogpunt van scheepvaartveiligheid. Uit oogpunt van zichtbaarheid voor de waarnemer op de kust zou het windpark niet te veel mogen contrasteren met de achtergrond. De markeringsverlichting is niet zichtbaar vanaf de kust. De basisvariant, met een heldere witte kleur, is in alle gevallen beter zichtbaar, dan de inrichtingsvariant met een grijze kleur.
Vanwege de beperkte zichtbaarheid vanaf de kust is het effect van de kleur op de zichtbaarheid vanaf de kust beperkt.

Voor zeevarenden is het windpark duidelijk zichtbaar door de verlichting en door de gele kleur van het onderste gedeelte van de mast vanaf de waterlijn tot het werkbordes. Als gevolg hiervan is de invloed van de basiskleur wit en de kleurvariant grijs op de zichtbaarheid voor de zeevarende zeer gering.

Parkopstelling
Vanwege de grote afstand en de perspectivische verkleining is voor waarnemers op de kust de opstelling van de windturbines binnen een locatie niet te onderscheiden.
Voor zeevarenden is bij nadering van het windpark een duidelijke markering van de begrenzing van het windpark van belang. De zichtbaarheid van de windturbines op de hoekpunten is versterkt door nautische markeringsverlichting.
De basisinrichting is zodanig gekozen, dat ter plaatse van een scheepvaartroute de windturbines aan de periferie van het windpark de ligging van deze scheepvaartroutes accentueren. Elk windpark draagt daarmee bij aan de herkenbaarheid van de scheepvaartroutes (zie ook hoofdstuk 12 'Veiligheidsrisico's'). De inrichting van het windpark is voor een zeevarende, vanwege de relatief beperkte afstand tot de waarnemer, goed zichtbaar. Vanuit de aard van zijn aanwezigheid is voor de zeevarende de zichtbaarheid van de windturbine(s) met de kleinste afstand tot de waarnemer van belang.
Bij het milieu-alternatief 'cirkelvorm' is de vorm mogelijk herkenbaar, maar de afstand tot de dichtstbijzijnde windturbine in de periferie van het windpark is niet eenduidig. Om die reden wordt het milieu-alternatief 'cirkelvorm' minder gunstig beoordeeld dan de basisinrichting.

9.4.3 *Effecten van het onderhoud*

Het onderhoud van het windpark wordt uitgevoerd met werkschepen en vanaf een bepaalde zeegang met helikopters. De aanwezigheid van offshore supply schepen, werkschepen en (loods-)helikopters is in de omgeving van de locaties geen bijzonder verschijnsel. De scheepsbewegingen en helikoptervluchten ten behoeve van het onderhoud aan het windpark vormen slechts een klein deel van het totale aantal scheepsbewegingen en helikoptervluchten in het gebied en hebben dus nagenoeg geen effect op de beleving van het landschap door de zeevarende.
De waarnemer op de kust kan de werkschepen en de helikopter niet onderscheiden vanwege de afstand tot de kust.

9.4.4 *Effecten van de aanleg en verwijdering*

Tijdens de aanleg van het windpark is sprake van een tijdelijke intensivering van het (werk-)verkeer in de omgeving van de locatie en tussen de locatie en de haven. Deze verhoogde menselijke activiteit is tijdelijk en kortdurend. Een deel van deze activiteiten zal, net als het windpark, gedurende een beperkt deel van de tijd zichtbaar zijn vanaf de kust. Voor zeevarenden is het in verband met de veiligheid voor de passerende scheepvaart juist van belang dat de werkzaamheden tijdens aanleg duidelijk gemarkeerd en dus zichtbaar zijn. Als gevolg van deze extra verhoging van de reeds aanwezige menselijke activiteit zal de mogelijkheid om de openheid van de zee en de aanwezigheid van bijvoorbeeld vogels, vissen en zeezoogdieren te ervaren tijdelijk negatief worden beïnvloed. Deze situatie is echter enerzijds van korte duur en anderzijds van belang voor de veiligheid van passanten en diegene die op de locatie aan het werk zijn.
Hetzelfde geldt voor de fase van verwijdering.

9.4.5 *Effecten van de kabelaanleg door de zeereep*

De aanleg van de elektriciteitskabels door de zeereep zal bij voorkeur plaatsvinden op een plaats waar sprake is van bestaande menselijke ingrepen in het landschap en bestaande menselijke activiteit: op of nabij het Corus terrein te IJmuiden of Wijk aan Zee (voor Q7-WP en Q4-WP) of bij Noordwijk aan Zee (voor P12-WP).
Als gevolg van de keuze van het aanlandingspunt is geen sprake van blijvende aantasting van de duinen in of direct achter de zeereep. De werkzaamheden tijdens de aanleg en verwijdering van de kabels zijn tijdelijk van aard en sluiten aan bij andere, bestaande menselijke activiteit in het gebied van de aanlanding.
Voor wat betreft de kabels is er dus uitsluitend tijdens de periode van aanleg en verwijdering van de kabels sprake van een kortdurend en zeer beperkt effect op het landschap.

9.5 Conclusies van de effectvoorspelling

Accentuering van het zeelandschap
Een offshore windpark, zeker wanneer dit geplaatst wordt tussen twee vaarroutes, kan bijdragen aan de visuele structurering van andere activiteiten in de Noordzee. Door concentratie van menselijke activiteit wordt ook de onrust, die hiervan een direct gevolg is, geconcentreerd.

De zichtbaarheid
Een offshore windpark op grote afstand van de kust (meer dan 23 kilometer) is minder dan 15% van de tijd zichtbaar voor een waarnemer op de kust. Dat betekent dat een waarnemer op de kust meer dan 85% van de tijd de weidsheid, openheid, stilte en duisternis van zee

vanaf de kust en de dynamiek van de natuurkrachten wind, water, zout en zand op de overgang van zee en kust ongestoord kan ervaren.
Voor windpark P12-WP is dit zelfs 99% van de tijd.

Het effect van het seizoen op de zichtbaarheid
De zichtbaarheid (met name vanaf de kust) varieert gedurende het jaar. Verreweg de beste zichtbaarheid treedt op in het zomerseizoen (juli tot en met september). Twee factoren versterken elkaar dan: het goede meteorologisch zicht en het grotere aantal zichturen. Aanleg en verwijdering zullen in verband met werkbaar weer juist gedurende deze periode plaatsvinden.

Het effect van de inrichting op de zichtbaarheid
Vanwege de grote afstand tot de kust (meer dan 23 kilometer) heeft de opstelling van de windturbines in het windpark geen effect op de zichtbaarheid van het windpark. Voor de zeevarende kan de opstelling ondersteunend zijn bij de accentuering van zeelandschap, in het bijzonder de markering van vaarroutes.

Het effect van de kleur van de windturbines op de zichtbaarheid
Een windturbine met een heldere kleur is beter zichtbaar dan een grijze windturbine. Voor zeevarenden, voor wie de afstand tot het windpark geringer is dan voor een waarnemer op de kust, zullen de markeringsverlichting en de gele kleur van het onderste gedeelte van de mast bepalend zijn voor de zichtbaarheid. Voor de waarnemer op de kust zal een grijs windpark weliswaar minder zichtbaar zijn dan een helder gekleurd windpark, maar ook het helder gekleurde windpark is slechts beperkt zichtbaar vanaf de kust.

Effecten van aanleg en verwijdering
De effecten van aanleg van het windpark, de kabels en de aanlanding van de kabel en de kruising van de kabel met de zeereep zijn tijdelijke ingrepen met een plaatselijke verhoging van de reeds aanwezige menselijke activiteit. Het totale effect op het landschap is vanwege de relatief korte duur zeer beperkt.

9.6 Samenvatting van de effecten op het landschap

Een overzicht van de effecten op het landschap van de verschillende locaties en inrichtingsvarianten tijdens aanleg, gebruik, onderhoud en verwijdering is gepresenteerd in tabel 9.6 op de volgende pagina.

	Gebruik		Onderhoud		Aanleg en verwijdering	
	Vanaf de kust	Zeevarenden	Vanaf de kust	Zeevarenden	Vanaf de kust	Zeevarenden
Voorkeurslocatie **Q7-WP** basisinrichting	Beperkt < 15% (+)	Accentuering vaarroute & Aansluiting bij bestaande onrust (++)	Niet te onderscheiden vanaf de kust	Vrijwel geen verhoging van bestaande activiteit	Gedurende korte periode en Zeer beperkt (+)	Gedurende korte periode verhoging bestaande onrust (++)
Voorkeurslocatie **Q7-WP** Inrichtingsvariant grijs	Beperkt << 15% (++)					
Locatievariant **Q4-WP** Basisinrichting	Beperkt < 15% (+)	Accentuering vaarroute & Aansluiting bij bestaande onrust (+++)			Gedurende korte periode en Zeer beperkt (+)	Gedurende korte periode verhoging bestaande onrust (+++)
Locatievariant **Q4-WP** Inrichtingsvariant grijs	Beperkt << 15% (++)					
Locatievariant **P12-WP** Basisinrichting	Nihil < 1% (+++)	Accentuering vaarroute & Aansluiting bij bestaande onrust (+)			Gedurende korte periode en Vrijwel niet zichtbaar (++)	Gedurende korte periode verhoging bestaande onrust (+)
Locatievariant **P12-WP** Inrichtingsvariant grijs	Nihil << 1% (++++)					
Kabel voor **Q7-WP**	Geen	Geen	Gedurende korte periode in druk seizoen	Gedurende korte periode en vrijwel geen verhoging bestaande activiteit	Gedurende korte periode en beperkt en aansluiting bij bestaande activiteit	Gedurende korte periode verhoging bestaande onrust
Kabel voor **Q4-WP**						
Kabel voor **P12-WP**						

Tabel 9.6 Samenvatting effecten op het landschap
Per kolom geldt dat des te meer (+), des te minder effect op het landschap.
De (+) in een rij mogen niet opgeteld worden, omdat geen weging van effecten heeft plaatsgevonden.

10 MORFOLOGIE, HYDROLOGIE EN WATERKWALITEIT

10.1 Algemeen

In dit hoofdstuk richt de aandacht zich op mogelijke veranderingen in morfologische en hydrodynamische processen en in de waterkwaliteit, die het offshore windpark kan veroorzaken. Het gaat vooral om veranderingen in de zeebodem en het zeewater, maar ook eventuele veranderingen van/op het strand worden in beschouwing genomen. Bij de beschrijving van veranderingen is, gegeven de aard en omvang van de ingrepen, alleen het bovenste deel van de zeebodem tot een diepte van enkele meters in beschouwing genomen.

De beschrijving van de effecten is mede gebaseerd op het onderzoek verricht in het kader van het MER Near Shore Windpark (MER NSW, 2000) en de resultaten van de Haalbaarheidsstudie Near Shore Windpark (Haskoning, 1997).

De morfologie voor de Hollandse kust, het gedeelte tussen Hoek van Holland en Den Helder, is minder ingewikkeld dan de Waddenkust en de Deltakust. De invloed van het getij op de morfologische veranderingen is verder uit de kust, in diep water, het grootst en neemt naar de kust toe af. De invloed van golven neemt juist in de richting van de kust toe.

Voor de beschrijving van de effecten van het offshore windpark op het aspect 'Morfologie, Hydrologie en Waterkwaliteit' zijn zeven criteria onderscheiden. Deze criteria hebben alleen of in samenspel met elkaar invloed op de morfologie voor de Hollandse kust. De criteria zijn onderling met elkaar verbonden en beïnvloeden elkaar. De criteria zijn:

- Golven
- Waterbeweging (waterstand en stroming)
- Waterdiepte en bodemvormen
- Sedimentsamenstelling
- Troebelheid en waterkwaliteit
- Sedimenttransport
- Kustveiligheid

Golven
Bepalende factoren voor golven zijn de duur van de wind, de strijklengte (dit is de lengte van de open zee waarover de wind waait en een golf kan groeien) en de waterdiepte. Golven spelen een grote rol in de morfologische processen door hun invloed op het zandtransport. Daarbij geldt: hoe ondieper het water, hoe groter de invloed van de golven op het zandtransport. Pas vanaf een bepaalde waterdiepte kunnen golven het zand van de bodem in beweging brengen. De mate van opwoeling is vooral afhankelijk van de eigenschappen van het bodemmateriaal en de grootte van de wrijvingskrachten op het bodemoppervlak. De opwoeling door golven maakt het mogelijk dat bodemmateriaal kan worden getransporteerd door stromingen, die zelf niet sterk genoeg zijn om het zand van de bodem los te maken.

Waterbeweging
De waterbeweging wordt bepaald door een samenspel van getij, stroming, wind en de wateraanvoer via de rivieren. De getijbeweging is te onderscheiden in een verticaal getij (periodieke beweging van de waterstand) en een horizontaal getij (getij-gedreven stroming). Wind veroorzaakt verhogingen van de waterstand, golven en stromingen. Wind is als zodanig indirect de oorzaak van vele morfologische veranderingen die in het kustgebied plaatsvinden. De windopzet en de golf- en stromingskarakteristieken hangen nauw samen

met het windklimaat (windrichting en windsnelheid). Het windklimaat kan veranderen als gevolg van veranderingen in de klimatologische en meteorologische omstandigheden.

Waterdiepte en bodemvormen
De waterdiepte speelt een grote rol bij de morfologische processen. Daarnaast komt in de Noordzee een aantal bodemvormen voor, zoals geulen, (mega)ribbels, zandgolven, zandbanken en ebdelta's. Deze bodemvormen hebben grote invloed op bijvoorbeeld het sedimenttransport, de kustveiligheid en de stabiliteit van kabels en leidingen, die op en in de bodem van de Noordzee liggen.

Sedimentsamenstelling
De sedimentsamenstelling van de bodem, speelt een belangrijke rol bij het optreden van verschillende processen. Zo hebben de sedimentkarakteristieken grote invloed op het sedimenttransport en het optreden van erosiekuilen. De sedimentsamenstelling heeft ook invloed op het bodemleven. Tevens is de bodemsamenstelling van belang voor de funderingen van de windturbines en het ingraven van de kabels.

Troebelheid en waterkwaliteit
De troebelheid of de helderheid van het water wordt bepaald door de aanvoer van slib uit rivieren, dumping van baggerspecie op zee, opwerveling en suspensie als gevolg van oxidatie van materiaal van onder meer de opofferingsanodes. Tijdens stormen kan onder invloed van de waterbeweging sediment opnieuw opwervelen (resuspensie). In de winter is het gehalte zwevend stof over het algemeen hoger dan in de zomer, onder meer door de sterkere werking van golven.

Sedimenttransport
In algemene zin treden sedimenttransporten op als gevolg van de gezamenlijke werking van golven, wind en stromingen. Als gevolg van golven of menselijke activiteit (baggeren, baggerstort, jet trenchen, zandwinning, visserij) kan het sediment van de bodem worden opgewoeld, waarna het door de stroming kan worden getransporteerd. Of sprake is van sedimenttransport is voornamelijk afhankelijk van de beweging van het water en de bodemsamenstelling. In het algemeen kan het sedimenttransport worden opgedeeld in drie fasen, te weten het opwoeien van bodemmateriaal, de horizontale verplaatsing door het water en de resedimentatie (opnieuw sedimenteren).

Kustveiligheid
De kustveiligheid heeft hoofdzakelijk te maken met de veiligheid tegen overstroming. Dit hangt enerzijds af van de (hydrodynamische) belasting en anderzijds van de sterkte van de zeewering. Deze wordt bij de zachte delen van de zeewering (het strand en de duinen) in hoge mate bepaald door de hoeveelheid zand, die aanwezig is. Deze hoeveelheid zand fluctueert in ruimte en tijd en is afhankelijk van het gevoerde kustbeleid. Het huidige beleid gaat uit van kustlijnhandhaving door middel van zandsuppleties. De natuurlijke verandering in de hoeveelheid zand in een bepaald kustvak, hangt af van met name de golven en het getij (waterstanden en watersnelheden). Het criterium 'kustveiligheid' wordt dus beïnvloed door de andere criteria.

10.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

Algemeen
In het algemeen kan worden gesteld dat, bezien vanuit morfologische en hydrodynamische processen, op de Noordzee sprake is van een dynamisch evenwicht. Binnen dit evenwicht zijn grote variaties mogelijk. De morfologie van en voor de Hollandse kust wordt mede beïnvloed door grootschalige, menselijke ingrepen. Zo hebben de aanleg van de Maasvlakte en de Deltawerken en de aanleg en verlenging van de havenhoofden bij IJmuiden duidelijk invloed. De invloed van het getij op de morfologische veranderingen is het grootst in diep water en neemt naar de kust toe af. De invloed van golven neemt juist in de richting van de kust toe. Voor een historisch overzicht van de kustlijnontwikkeling bij IJmuiden en Hoek van Holland wordt verwezen naar de Haalbaarheidsstudie voor het Near Shore Windpark uit 1997. Tevens is in die studie een lange termijn voorspelling gedaan van de bodemligging.

Golven
De golfhoogte in de Noordzee varieert sterk. De hoogste golven komen uit het noordwesten (Korevaar, 1990). De strijklengte is bij deze golven het grootst. Voor het noordelijke deel van de Noordzee wordt een gemiddelde golfhoogte (de golfhoogte die door 50 procent van de golven wordt overschreden) gemeten tussen de 1 en 2 meter. Naar het zuiden toe neemt de gemiddelde golfhoogte, mede onder invloed van de toenemende stroming en de (relatieve) vernauwing van de Noordzee, af. De gemiddelde golfhoogte in het zuidelijk deel van de Noordzee ligt tussen de 0,5 en 1 meter.

Waterbeweging
Het gemiddelde getijverschil bij Hoek van Holland en IJmuiden bedraagt respectievelijk 1,74 en 1,70 meter. In Den Helder is het beduidend kleiner: 1,39 meter (getijtafels voor Nederland). Dit betekent dat het getijverschil bij Q4-WP wat kleiner is dan bij de andere locaties, maar dit verschil zal niet groter zijn dan enkele centimeters.
Ongeveer één uur na hoogwater is er in de bovenste waterlaag een maximale getijstroom, die varieert van 0,3 m/s tijdens doodtij tot 0,7 m/s langs de kust in noordwaartse richting. Na laagwater loopt de stroom in de tegenovergestelde richting, maar bereikt daarbij een wat lagere snelheid. Hierdoor en door de overheersende zuidwestelijke wind loopt er een reststroom langs de kust in noordelijke richting. Deze reststroom zorgt ervoor dat rivierwater vanuit het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg langs de kust wordt getransporteerd, onder andere naar de Waddenzee. Deze 'kustrivier' is ongeveer 15 kilometer breed.

Waterdiepte en bodemvormen
De bodemligging van de Hollandse kust is continu aan verandering onderhevig. Deze verandering wordt veroorzaakt door het optreden van verschillen in het zandtransport. Langs het grootste gedeelte van de Hollandse kust komen brandingsruggen (of brekerbanken) voor. Deze brandingsruggen zijn voortdurend in beweging, waarbij met name tijdens stormperioden grote verplaatsingen optreden. De Hollandse kust kan worden opgedeeld in de 'zeebodem' (de zone zeewaarts van NAP - 20 meter), de vooroever (de zone tussen de zeebodem en de actieve zone), de actieve zone (de zone tussen NAP - 8 meter tot NAP + 3 meter) en de toegangsgeulen tot de havens van IJmuiden en Rotterdam.
De 'zeebodem' is in vergelijking met de vooroever en de zeer dynamische actieve zone tamelijk stabiel, met een diepte vanaf 20 meter NAP, waarop zandgolven en banken zijn gevormd. Veranderingen in de 'zeebodem' voltrekken zich relatief langzaam en over langere tijd.

De vooroever en de actieve zone vertonen daarentegen een grote dynamiek. De breedte van de vooroever varieert sterk. Ook de helling van de vooroever verschilt. Binnen de actieve zone treedt het grootste sedimenttransport op.

De locaties liggen zó ver uit de kust dat ze in beginsel een vlakke zeebodem hebben (met een helling kleiner dan 1:1000). De locaties Q4-WP en Q7-WP bevinden zich in een gebied met zandbanken, waarvan de kam een oriëntatie van zuidwest -noordoost heeft.
Zandbanken zijn relatief grote en stabiele bodemvormen met een hoogte van enige meters en lengten van kilometers, die tijdens een periode van 20 jaar (de bedrijfseconomische levensduur van het offshore windpark) circa 15 meter van plaats zouden kunnen veranderen (MER NSW, 2000). Door de flauwe hellingen van zandbanken (orde 1:100) zal de verticale ligging van de bodem 10 tot 20 centimeter veranderen.
Ter hoogte van de locatie P12-WP bevinden zich zandgolven. Dit zijn bodemvormen met hoogtes, die variëren tussen 0,5 en ongeveer 5 meter en met lengtes van enkele honderden meters en met een voortplantingssnelheid (migratiesnelheid) van enkele meters per jaar (Hulscher, 1996). Binnen het gebied van de voorkeurslocatie Q7-WP bevinden zich aan de zuidzijde zandgolven. De kammen van de zandgolven staan ongeveer loodrecht op de kust (Van Alphen en Damoiseaux, 1989). In het gebied van locatiealternatief Q4-WP bevinden zich geen zandgolven.
De positie van banken en zandgolven wordt aangeduid in figuur 11.3.
De dynamiek van de bovenste zandlaag wordt verder vergroot door de boomkorvisserij.

Sedimentsamenstelling
De zeebodem ter plekke van de locaties bestaat voornamelijk uit zand. De korrelgrootte verdeling van het sediment vertoont een zekere samenhang met de waterdiepte en de stroomsnelheid. De gemiddelde korreldiameter (D50) varieert tussen 125 µm en 500 µm.
De locaties Q7-WP en Q4-WP liggen in een gebied met fijn zand (125-250 µm).
Locatie P12-WP ligt in een gebied met fijn en middelgrof (250-500 µm) zand.

Troebelheid en waterkwaliteit
De troebelheid neemt zeewaarts af van 30 - 50 mg/l op 5 km tot 10 mg/l op 10 km en 5 mg/l op 20 km afstand van de kust. Op zee is het gehalte in de zomer circa 2 mg/l en jaargemiddeld 5 tot 10 mg/l (RIKZ, 1997). Bij storm kan de troebelheid overal oplopen tot 1.000 mg/l (Eisma, 1981).

De offshore industrie gebruikt zogeheten kathodische bescherming voor de bescherming van haar installaties tegen corrosie. Als gevolg hiervan is ruim 16.500 ton anode-materiaal aanwezig op of aan constructies in de Noordzee (OSPAR, 2000a).
De natuurlijke achtergrondconcentratie van zink in de Noordzee bedraagt 0,4 µg/l.

Sedimenttransport
De verandering van de Hollandse kustlijn wordt hoofdzakelijk bepaald door het sedimenttransport langs de kust.
In de actieve zone, dit is de zone tot een waterdiepte van circa 8 meter, treedt het grootste transport op. In deze zone zijn de golfgedreven transporten dominant. Het netto transport in noordelijke richting bedraagt in de actieve zone circa 100.000 tot 500.000 m^3 per jaar (Van Rijn, 1995). De havenmonden van Rotterdam, Scheveningen en IJmuiden verstoren het langs transport met als gevolg een afwisselend patroon van erosie en aangroei langs de kust.

Kustveiligheid
Met het huidige beleid van 'dynamisch handhaven van de basiskustlijn' wordt waar mogelijk ruimte gegeven aan de natuurlijke processen. De zee krijgt binnen zekere grenzen enige speelruimte. Alleen daar waar structureel land verloren dreigt te gaan, wordt ingegrepen. Bij aantasting van de basiskustlijn (ligging van de kustlijn op 1 januari 1990) worden maatregelen genomen. In de praktijk betekent dit dat er dan een zandsuppletie wordt uitgevoerd. Daarmee wordt voorkomen dat de veiligheid van de waterkering in het geding komt. Het suppletiezand wordt zo dicht mogelijk onder de kust gewonnen, maar vanwege de stabiliteit van de kust zeewaarts van de circa 20 meter dieptelijn.

Autonome ontwikkeling
Bij een autonome ontwikkeling doen zich voor de Hollandse kust geen veranderingen voor die de morfologische en hydrodynamische processen wezenlijk zullen beïnvloeden. Binnen de gebruiksduur van het offshore windpark heeft ook de zeespiegelstijging geen wezenlijke invloed op deze processen. De situatie bij een autonome ontwikkeling wijkt daardoor nauwelijks af van de huidige situatie. Dit blijkt ook uit de zogenaamde kustlijnkaarten (Ministerie van V&W, 1988). Deze kaarten geven een beschrijving van de ontwikkeling van de Hollandse kust. Er wordt van uit gegaan dat, overeenkomstig het huidige beleid, de dynamische kustlijn gehandhaafd blijft.

Voor de Rijnlandse kust tussen Scheveningen en Zandvoort is de ligging van de kustlijn overwegend stabiel. Fluctuaties tengevolge van migratie van brandingsruggen domineren de ligging van de huidige kustlijn. Van structurele erosie is alleen sprake in de omgeving van Wassenaar. De morfologische ontwikkeling van de Rijnlandse kust tussen Zandvoort en IJmuiden hangt samen met de havenhoofden van IJmuiden: alleen ter hoogte van Bloemendaal en Zandvoort treedt erosie op. In de overige gebieden verschuift de kustlijn juist in zeewaartse richting. Ten noorden van IJmuiden treedt over het algemeen erosie op, die zich in de komende jaren naar alle waarschijnlijkheid doorzet.

10.3 Effecten van het offshore windpark

Bij de voorspelling van de effecten van het offshore windpark op de morfologie en de hydrodynamica moet bedacht worden, dat de Noordzee ten aanzien van de meeste criteria een dynamisch evenwicht met grote fluctuaties kent. Illustratief is bijvoorbeeld de troebelheid van het zeewater, die in normale situaties ongeveer 10 mg/l bedraagt, maar bij storm kan oplopen tot 1.000 mg/l.

De effectvoorspelling is voornamelijk kwalitatief van aard. In enkele gevallen kunnen de veranderingen in globale getallen worden uitgedrukt. Deze getallen dienen met name om een vergelijking tussen de locaties mogelijk te maken.
Hieronder wordt per criterium een toelichting gegeven.

10.3.1 *Effecten van de locaties*

Algemeen

Bij de beschrijving van de gevolgen van het offshore windpark is rekening gehouden met het feit dat rond de monopaal ondersteuningsconstructie erosiebescherming wordt aangebracht.

Golven

Door de aanwezigheid van het offshore windpark zal het golfpatroon rond de buispalen veranderen. Alleen lokaal zal achter de buispalen een verlaging van de golfhoogte optreden (Hoffman e.a., 1997; Chakrabari, 1987). Deze verandering treedt op tot een afstand van één tot twee keer de diameter van de paal. De diameter van de buispaal bedraagt ter hoogte van de golven 4,0 meter. Er is dus slechts sprake van een verandering tot een afstand van ten hoogste 8 meter.
Een buispaal in een golfveld veroorzaakt door extra wrijving opstuwing aan de loefkant en enige verlaging van de waterstand aan de lijkant van de paal. Deze verandering is echter zeer gering en zeer plaatselijk.
De invloed van het offshore windpark op de golven blijft daarmee ruim binnen de natuurlijke variatie.

Waterbeweging (waterstand en stroming)

Door de aanwezigheid van het offshore windpark zal ook de waterbeweging rondom de buispalen veranderen. Deze verandering van het stroombeeld treedt zeer lokaal, achter de buispaal op. De verandering strekt zich uit over een afstand van één tot twee keer de diameter van de paal (Hoffman e.a., 1997; Chakrabari, 1987). Een buispaal in een stromingsveld veroorzaakt een geringe verandering van de stroomsnelheid aan weerszijden van de paal en turbulentie aan de lijzijde van de paal. Deze veranderingen zijn echter zeer gering als gevolg van de relatief kleine diameter van de buispaal (4 – 4,5 meter) in vergelijking met de waterdiepte (20 tot 24 meter).
De effecten van het offshore windpark zullen daardoor alleen merkbaar zijn in de directe omgeving van de turbines.
De buispalen hebben geen invloed op de gemiddelde stroomsnelheid binnen het park. Daarvoor is de diameter van de paal te klein, de waterdiepte te groot en de onderlinge afstand tussen de windturbines te groot (528 tot 600 meter).

Waterdiepte en bodemvormen

De veranderingen in de bodemligging worden veroorzaakt door het sedimenttransport. Het sedimenttransport wordt onder andere beïnvloed door golven en de waterdiepte.
De golven en de gemiddelde waterdiepte op de verschillende locaties verschillen vrijwel niet.

De voorkeurslocatie Q7-WP bevindt zich in een gebied met zandbanken, waarvan de kam een oriëntatie van zuidwest-noordoost heeft (zie figuur 11.3). Gedurende de levensduur van het offshore windpark (20 jaar) kunnen zandbanken in de orde van 15 meter van plaats veranderen. De verticale ligging van de bodem zal dan 10 tot 20 centimeter veranderen. Dit betekent slechts een beperkte en natuurlijke verandering van de waterdiepte.
Binnen het gebied van de voorkeurslocatie Q7-WP bevinden zich aan de zuidzijde zandgolven. De hoogte van deze zandgolven kan, gedurende de levensduur van het offshore windpark, tussen de 1 en 5 meter variëren.
Het locatiealternatief Q4-WP bevindt zich in een gebied met zandbanken. In dit gebeid komen geen zandgolven voor. Ter hoogte van de locatiealternatief P12-WP komen zandgolven en geen zandbanken voor.

Als gevolg van de naar verhouding geringe diameter van de buispalen (4,5 meter ter plaatse van de zeebodem) en de grote onderlinge afstand tussen de turbines (meer dan 528 meter) zal het offshore windpark slechts zeer beperkte en sterk locale effecten hebben op bodemvormen, als zandgolven en zandbanken. Daarentegen varieert, als gevolg van de aanwezigheid van zandgolven, de waterdiepte ter plaatse van de buispaal gedurende de levensduur van het windpark. Bij het ontwerp en het dimensioneren van de buispaal en de erosiebescherming is rekening gehouden met de aanwezigheid van zandgolven en zandbanken. De stabiliteit van de ondersteuningsconstructie wordt niet beïnvloed door het dynamisch gedrag van de zandgolven en zandbanken. Met name de aanwezigheid van zandgolven heeft gevolgen voor de lengte van de buispaal en het ontwerp van de erosiebescherming in het zuidelijk deel van de voorkeurslocatie 07 -WP en bij het locatiealternatief P12-WP.

Sedimentsamenstelling
De samenstelling van de bodem lijkt op de verschillende locaties sterk op elkaar. De bodem bestaat er uit erodeerbaar sediment, voornamelijk slibhoudend zand. De aanwezigheid en exploitatie van het offshore windpark zal uitsluitend zeer gering lokaal effect hebben op de sedimentsamenstelling.
Er wordt geen materiaal afgevoerd of toegevoegd, anders dan tijdens onderhoud aan de erosiebescherming. Deze werkzaamheden zijn, zeker bezien vanuit morfologische en hydrodynamische processen, beperkt van aard en vinden slechts plaats gedurende een zeer korte periode.

Troebelheid en waterkwaliteit
Tijdens het gebruik van het park wordt geen verhoging van de troebelheid verwacht, aangezien er geen werkzaamheden plaats vinden, die daar aanleiding toe geven.
De aanwezigheid van het windpark heeft daardoor ook geen invloed op het lichtklimaat onder water en daarmee op de doorwerking hiervan op de primaire productie: de groei en soortensamenstelling van algen.

Wanneer tijdens het gebruik van het windpark een lekkage optreedt in het hydraulisch systeem of bij de tandwielkast, wordt de olie opgevangen in een opvangbak, die onder het betreffende onderdeel is geplaatst. De lekkage zal direct leiden tot een signalering via het monitoringsysteem. Bij de eerstvolgende inspectie- en onderhoudsbeurt wordt de olie verwijderd en afgevoerd naar de wal.

Uit de corrosie remmende anoden komen zink en aluminium ionen vrij. De MTR van zink is 9,4 µg/l (Ministerie van V&W, 1997). Overigens is de streefwaarde voor de waterkwaliteit van de Noordzee veellager, namelijk 0,5 µg Zink per liter. Voor aluminium is geen formele waterkwaliteitsstandaard gedefinieerd, wat aangeeft dat de toxiciteit van aluminium in het algemeen niet als een belangrijke milieuzaak wordt beschouwd. Gebaseerd op de toxiciteit van zink en aluminium en uitgaande van de geometrisch gemiddelde letale concentratie voor 50% van de soorten, die voor zink 3 mg/l en voor aluminium 2 mg/l bedraagt, kan een drempelwaarde voor aluminium van 6 µg/l worden aangenomen.

Vervolgens kan berekend worden, dat bij de toegepaste aluminium-zink anode met een gewicht van 139 kg en een levensduur van 20 jaar, de metaalconcentratie op een afstand van minder dan 0,9 m van de anode onder de drempelwaarde ligt.

De gevolgen voor het milieu door het gebruik van de anoden zijn dus beperkt tot lokale effecten in de directe omgeving van de buispaal. Hoewel de effecten beperkt zijn tot een zeer klein gebied rond de anoden, levert de corrosiepreventie een bijdrage aan de totale zinkvracht naar de Noordzee.

De anodes op dit windpark vormen 0,6% van het totale gewicht aan anodes, dat aanwezig is op offshore constructies in de Noordzee. De anodes op het windpark leveren gezamenlijk een jaarlijkse bijdrage van 240 kg aan de zinkvracht van de Noordzee. De zinkvracht, die de Noordzee vanuit andere bronnen bereikt, is vele malen groter. Volgens het Quality Status Report 2000 (QSR) (OSPAR, 2000a) leverden de rivieren in 1996 de grootste bijdrage aan de zinkvracht naar het centrale deel van de Noordzee: circa 4.600 ton/j. In de periode 1991-1995 bedroeg de zinkvracht bij monsterpunt 1714 bij Maassluis 1.070 ton/jaar (RIKZ/RIZA, 1998). Een andere belangrijke bron van zink is slib, dat in zee wordt gestort. Volgens het QSR komt op deze wijze ongeveer 2.000 ton/jaar in de Noordzee.
In de Noordzee is 16.500 ton anode-materiaal aanwezig. Ervan uitgaande dat deze anodes ongeveer dezelfde samenstelling hebben als de anodes van het windpark komt als gevolg van het reeds op de Noordzee aanwezige anode-materiaal jaarlijks ruim 37.000 kg zink in de Noordzee.

Omdat het beleid pleit voor afname van alle emissies, moeten echter ook de zeer beperkte emissies als gevolg van het windpark als negatief worden beoordeeld.

Sedimenttransport
Het sedimenttransport ondervindt tijdens het gebruik van het windpark geen hinder.
De buispalen vormen geen obstakel voor het natuurlijke sedimenttransport.

Kustveiligheid
De gevolgen van het windpark voor de kustveiligheid moeten worden gezien als een combinatie van de individuele veranderingen op elk van de voorgaande criteria. Al deze veranderingen zijn in feite afhankelijk van de afstand van het offshore windpark tot de kust. Vanwege de grote afstand tot de kust en de plaatsing zeewaarts van de 20 meter dieptelijn zullen de gecombineerde gevolgen van het windpark geen effect hebben op de kust, op de kustveiligheid en/of de maatgevende hoogwaterstand.

10.3.2 *Effecten van de inrichting*
De effecten op de morfologie, hydrologie en waterkwaliteit zijn klein en beperken zich tot een gebied in de directe omgeving van de ondersteuningsconstructies.

Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' vergt een zwaardere ondersteuningsconstructie dan de basisinrichting. De diameter van de buispaal is bepalend voor de effecten op morfologie en hydrologie. De diameter van de buispaal is echter ook bij dit milieu-alternatief klein in verhouding tot de waterdiepte en de onderlinge afstand tussen de windturbines. De effecten van de zwaardere constructie blijven daarmee beperkt en veelal binnen de natuurlijke fluctuaties, net zoals bij de basisinrichting het geval is.
Een zwaardere constructie heeft meer anodes voor de kathodische bescherming. Bij het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' neemt de zinkvracht naar de Noordzee dus toe. Dit milieu-alternatief is dus voor het aspect waterkwaliteit minder gunstig dan de basisinrichting.

Grotere rotordiameter
Ook voor het milieu-alternatief 'V80-offshore' is en zwaardere ondersteuningsconstructie nodig dan de basisinrichting. Niettemin is ook bij dit milieu-alternatief is de diameter van de buispaal klein in verhouding tot de waterdiepte en de onderlinge afstand tussen de windturbines.
De invloed van milieu-alternatief 'V80-offshore' op de aspecten morfologie en hydrologie blijft daarmee veelal binnen de natuurlijke fluctuaties, net zoals bij de basisinrichting het geval is. Omdat bij dit milieu-alternatief een zwaardere ondersteuningsconstructie nodig is, neemt de zinkvracht naar de Noordzee toe. Het milieu-alternatief 'V80-offshore' is dus voor het aspect waterkwaliteit minder gunstig dan de basisinrichting.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
Ook bij milieu-alternatief '5 x D', met een onderlinge afstand van 330 meter, is de diameter van de buispaal klein ten opzichte van de waterdiepte en de onderlinge afstand tussen de windturbines. Daarmee zijn de effecten vergelijkbaar met die van de basisinrichting.

De inrichtingsalternatieven met betrekking tot de kleur, de markeringsverlichting en de parkopstelling hebben geen invloed op de morfologie, hydrologie en waterkwaliteit.

10.3.3 *Effecten van onderhoud*
De werkzaamheden tijdens onderhoud aan de ondersteuningsconstructie zijn vergelijkbaar van aard maar beperkter van omvang dan de werkzaamheden tijdens de aanleg hiervan. De gevolgen voor de morfologie en hydrologie zijn daarom ook geringer dan gedurende de aanleg. Deze effecten treden ook slechts op gedurende een korte periode. Tijdens het onderhoud aan de windturbines zullen zich tijdelijk werkschepen in het gebied bevinden. Dit heeft geen effect op de morfologische processen.
De werkzaamheden tijdens onderhoud aan de kabels zijn eveneens vergelijkbaar van aard, maar beperkter van omvang dan de werkzaamheden tijdens de aanleg.

Olie en vetten, die worden gebruikt tijdens onderhoud, worden vanaf de wal aangevoerd en na gebruik afgevoerd naar de wal. Ook oude olie wordt opgevangen en afgevoerd naar de wal. Ook aan windturbines op land, die bijvoorbeeld op agrarische grond of nabij waterwegen zijn geplaatst, worden hoge eisen gesteld aan de opvang van olie en de bescherming van het milieu. De hiervoor toegepaste systemen zijn bekend en hebben zich bewezen. Voor de specifieke offshore handelingen (overladen) zullen extra voorzorgsmaatregelen worden genomen om te voorkomen dat oliën, vetten en andere verbruiksmaterialen in het milieu terecht komen.

10.3.4 *Effecten van de aanleg en verwijdering*
Golven
Bij de aanleg en verwijdering van het park zal door de aanwezigheid van de (de)montage-werktuigen het golfbeeld lokaal iets veranderen. Een dergelijke verandering kan echter worden vergeleken met de verandering vanwege het normale voorkomen van (andere) scheepvaart.

Waterbeweging
Evenals hiervoor bij *Golven* vermeld, zullen de werkschepen, die bij de aanleg en verwijdering van het windpark worden ingezet, het stroombeeld niet beïnvloeden.

Waterdiepte en bodemvormen
Tijdens de aanleg van het windpark wordt de bodem plaatselijk omgewoeld tijdens het plaatsen en heien van de buispalen, het aanbrengen van de erosiebescherming en het aanleggen van de kabels. Dit zijn locale effecten, die gedurende een korte periode optreden. De aanleg en verwijdering heeft geen gevolgen voor de waterdiepte of de locale bodemvorm. Nadat de erosiebescherming is aangebracht en daarmee nieuw materiaal is geïntroduceerd, zal na enige tijd een nieuw evenwicht in de bodemvorm ontstaan (zie ook hoofdstuk 11: 'Onderwaterleven').

Sedimentsamenstelling
Tijdens de aanleg van het windpark zal tijdens de plaatsing van de buispalen en de aanleg van kabels de bodem worden omgewoeld. Dit heeft resuspensie van sediment tot gevolg. Dit sediment zal voor een deel met de stroom weggevoerd worden en elders weer sedimenteren. Het effect is gering in relatie tot de natuurlijke dynamiek van de bodem.
Bij de aanleg van erosiebescherming wordt nieuw materiaal in de vorm van natuurlijke breuksteen geïntroduceerd. Na enige tijd zal een nieuw evenwicht ontstaan.
De erosiebescherming heeft uitsluitend zeer lokaal effect op de sedimentsamenstelling.
Tijdens verwijdering van het windpark vinden dezelfde, beperkte effecten plaats

Troebelheid en waterkwaliteit
Bij de aanleg en verwijdering van het windpark zal ten gevolge van de werkzaamheden tijdelijk een geringe, extra troebelheid optreden. Wanneer een elektriciteitskabel een gebied met zandgolven doorkruist, moet meerdere keren getrenched worden om voldoende diepte te bereiken. Dit extra trenchen leidt tijdelijk tot een plaatselijk sterk verhoogde troebelheid. Ook wanneer binnen de locatie voor het windpark zandgolven aanwezig zijn, moet tijdens de aanleg dieper in de bodem worden gewerkt/gewoeld. Ook in dat geval is tijdelijk sprake van een plaatselijk sterk verhoogde troebelheid. Deze situaties doen zich voor in het zuidelijk deel van voorkeurslocatie Q7-WP en in locatiealternatief P12-WP.
Afhankelijk van de wijze van installatie, is de verwachting dat de extra troebelheid in de orde van 50 mg/l tot (dichtbij de werkzaamheden) 500 mg/l kan bedragen. Bij storm kan de troebelheid oplopen tot 1.000 mg/l (Eisma, 1981). Hoewel als gevolg van de aanleg of verwijdering van het offshore windpark tijdelijk en plaatselijk een sterk verhoogde troebelheid kan optreden, valt deze verhoging dus binnen de grenzen van de natuurlijke dynamiek van de Noordzee.

De tijdelijke en plaatselijke verhoging van de troebelheid heeft direct gevolg voor het lichtklimaat onder water en daarmee op de primaire productie: de soortensamenstelling en groei van algen. Omdat deze invloed echter tijdelijk en plaatselijk is én omdat dit effect binnen de grenzen van de natuurlijke dynamiek van de Noordzee blijft, wordt hiervan geen (negatieve) effect voor de primaire productie verwacht.

Sedimenttransport
Het sedimenttransport zal ten gevolge van de verhoging van de troebelheid bij de aanleg en verwijdering van het park enige verhoging vertonen door het extra transport van het opgewoelde sediment. Net als bij de troebelheid valt deze verhoging binnen de grenzen van de natuurlijke dynamiek.

Kustveiligheid
De gevolgen van de aanleg en verwijdering van het offshore windpark voor de kustveiligheid moeten worden gezien als een combinatie van de individuele veranderingen op elk van de voorgaande criteria. Al deze veranderingen zijn in feite afhankelijk van de afstand van het offshore windpark tot de kust. Vanwege de grote afstand tot de kust en omdat de afzonderlijke effecten tijdelijk en beperkt zijn, zullen de gecombineerde gevolgen van de aanleg of verwijdering van het windpark geen effect hebben op de kust, op de kustveiligheid en/of de maatgevende hoogwaterstand.

10.3.5 *Effecten van de elektriciteitskabel naar de wal*
De omvang van de morfologische veranderingen vanwege de aanleg van de kabel, hangen samen met de lengte van de elektriciteitskabel en het tracé, de eventuele doorkruising van een gebied met zandgolven en de diepte waarop de kabel wordt aangelegd.
Bij de beschrijving van de milieueffecten van de kabel is rekening gehouden met het verdiept aanleggen van de kabel. Tijdens het aanleggen wordt de kabel door middel van jet trenchen 1 meter diep ingegraven. Tijdens de levensduur wordt periodiek gecontroleerd of de dekking nog aanwezig is. De dekking bedraagt tenminste 60 centimeter. Wanneer de dekking niet meer voldoende is, moet deze hersteld worden. Indien de kabel wordt aangelegd in een gebied met zandgolven moet deze op sommige plaatsen dieper worden aangelegd om blootspoelen en daarmee samenhangende risico's voor de visserij (hakend vistuig) te voorkomen.
De kabel wordt, in verband met de natuurlijke, sterk dynamische morfologische processen en de aanwezige brandingsruggen, in de nabijheid van de kust dieper ingegraven. Vanaf een afstand van ongeveer 3 km in zee tot aan het strand wordt de kabel 3 meter diep ingegraven. Op deze wijze wordt voorkomen dat de kabel bijvoorbeeld na een storm bloot komt te liggen.

De aanleg van de kabel heeft geen invloed op de golven, de waterbeweging, de waterdiepte en de bodemvormen. Tijdens de aanleg van de kabel zal de bodem plaatselijk worden omgewoeld. Dit leidt tot een tijdelijke wijziging van de sedimentsamenstelling en een verhoogde troebelheid. Deze verhoging blijft echter binnen de natuurlijke variatie. Als gevolg van het opwoeien van sediment zal dit meegevoerd worden met de stroming en elders weer sedimenteren. Dit is een zeer lokaal effect, dat tevens gedurende korte tijd optreedt. Alle morfologische veranderingen als gevolg van de aanleg van de kabel zijn beperkt en treden slechts op gedurende de korte periode van aanleg.

Rekening houdend met de tracélengte zijn de effecten tijdens de aanleg van de kabel vanaf voorkeurslocatie Q7-WP zeer beperkt en aanvaardbaar. De lengte van de kabel van Q7-WP naar het aanlandingspunt is kleiner, dan de lengte van de kabel vanaf locatievariant Q4-WP . De lengte van de kabel vanaf locatievariant P12-WP is het grootst.
Daar komt bij dat de kabeltracés vanaf locatie P12-WP een gebied met zandgolven doorkruisen. De tracés vanaf de locaties Q7-WP en Q4-WP doorkruisen een gebied met de meer stabiele zandbanken.
In alle gevallen zijn de gevolgen van de aanleg van de kabel voor de morfologische processen echter klein ten opzichte van de fluctuaties in de achtergrondwaarden.

10.4 Conclusies van de effectvoorspelling

Bijna alle morfologische en hydrodynamische veranderingen, die het gevolg zijn van de aanleg, het gebruik of verwijdering van het offshore windpark, zijn tijdelijk en/of zeer lokaal van aard (zie tabel 10.1). De veranderingen, voorzover deze optreden, zijn gering in vergelijking met de grote fluctuaties als gevolg van de natuurlijk processen.

Als gevolg van de geringe afmetingen van de ondersteuningsconstructie en het relatief geringe aantal windturbines, is sprake van zeer lokale veranderingen. De gevolgen beperken zich tot de nabije omgeving (een gebied met een straal van ordegrootte 10 tot 100 meter) van de ondersteuningsconstructie of de elektriciteitskabel.

10.5 Mitigerende maatregelen

Erosiebescherming
Het aanbrengen van erosiebescherming introduceert nieuw materiaal, i.c. breuksteen, in het gebied. Wanneer besloten wordt geen erosiebescherming aan te brengen, ontstaan na korte tijd grote erosiekuilen rond de buispalen. Tevens moet de ondersteuningsconstructie dan worden ontworpen voor de meest ongunstige situatie, zijnde een diepe erosiekuil en het verplaatsen van een zandgolf. Dat leidt tot aanzienlijke zwaardere constructies, dat wil zeggen een langere paal met een grotere diameter en een grotere wanddikte. Het gewicht aan anodes (van de kathodische bescherming) wordt bepaald door het gewicht van de ondersteuningsconstructie. Een zwaardere constructie leidt dus ook tot een toename van het anodegewicht.
De sterke ontgrondingen hebben invloed op het sedimenttransport, de bodemvorm en de waterbeweging. Daarnaast leidt dit tot zwaardere constructies en dus grotere anodes.
Het weglaten van erosiebescherming resulteert dus niet in een beperking van het effect op de morfologische processen.

Corrosiebescherming
Kathodische bescherming is de enige realistische vorm van corrosiebescherming voor installaties en constructies die gedurende lange tijd in zeewater staan. Door de constructie compact te houden wordt het noodzakelijke anodegewicht beperkt.

Trenchen of baggeren
Op sommige delen van het tracé zal de kabel op een grotere diepte moeten worden gelegd, dan met trenchen gebruikelijk is. Het gaat dan om gebieden met zandgolven. Baggeren heeft echter door de wijze van verplaatsen van de grond (hydraulisch transport) grotere gevolgen dan trenchen. Baggeren leidt tot meer vertroebeling van het zeewater.
Om die reden wordt ervan uitgegaan dat de kabel wordt aangelegd door middel van meerdere keren trenchen. Periodieke controle moet dan uitwijzen of de dekking nog voldoende is. Eventueel moet de kabel dan opnieuw door middel van trenchen op diepte worden gebracht.

	Gebruik		Onderhoud		Aanleg & Verwijdering	
	Windpark	Kabel	Windpark	Kabel	Windpark	Kabel
Voorkeurslocatie Q7-WP:						
Golven	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Waterbeweging	zeer lokaal	0	0	0	0	0
Waterdiepte en bodemvormen	zeer beperkt	0	0	0	0 introductie breuksteen	n.f.
Sedimentsamenstelling	beperkt en lokaal	0	n.f.	n.f.	beperkt (breuksteen)	n.f.
Troebelheid	0	0	n.f.	n.f.	n.f.	tijdelijk
Waterkwaliteit	emissie van anode	0	0	0	0	0
Sedimenttransport	0	0	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Kustveiligheid	0	0	0	0	0	0
Alternatief Q4-WP:						
Golven	n.f.	0	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Waterbeweging	zeer lokaal	0	0	0	0	0
Waterdiepte en bodemvormen	n.f.	0	0	n.f.	0 introductie breuksteen	n.f.
Sedimentsamenstelling	beperkt en lokaal	0	n.f.	n.f.	beperkt (breuksteen)	n.f.
Troebelheid	0	0	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Waterkwaliteit	emissie van anode	0	0	0	0	0
Sedimenttransport	0	0	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Kustveiligheid	0	0	0	0	0	0
Alternatief P12-WP:						
Golven	n.f.	0	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Waterbeweging	zeer lokaal	0	0	0	0	0
Waterdiepte en bodemvormen	zeer beperkt	0	0	n.f.	0 introductie breuksteen	n.f.
Sedimentsamenstelling	beperkt en lokaal	0	n.f.	n.f.	beperkt (breuksteen)	n.f.
Troebelheid	0	0	n.f.	n.f.	n.f.	tijdelijk
Waterkwaliteit	emissie van anode	0	0	0	0	0
Sedimenttransport	0	0	n.f.	n.f.	n.f.	n.f.
Kustveiligheid	0	0	0	0	0	0

Tabel 10.1 Samenvatting effecten van het offshore windpark op de morfologie, hydrologie en waterkwaliteit
n.f. = binnen natuurlijke fluctuatie
0 = geen effect

11 ONDERWATERLEVEN

11.1 Algemeen

Voor het bepalen van de effecten als gevolg van het offshore windpark voor het aspect 'Onderwaterleven' zijn de levensvormen in de Noordzee (voor zover relevant) als uitgangspunt genomen. Daarbij zijn criteria onderscheiden, die de abiotische factoren betreffen die mogelijk veranderen door de plaatsing van windturbines en die relevant zijn voor één of meerdere biotische levensvormen. In tabel 11.1 is voor iedere onderscheiden levensvorm aangegeven welke criteria worden onderscheiden. Tevens is aangegeven in welke fase van het windpark de criteria een rol spelen.

Levensvorm	(Sub-)criterium	Fase van het park
Macrobenthos	Zandig substraat	Aanleg, gebruik en verwijdering
	Hard substraat	Gebruik
	Waterkwaliteit	Aanleg, gebruik en verwijdering
Bodemvissen	Zandig substraat	Aanleg, gebruik en verwijdering
	Hard substraat	Gebruik
	Waterkwaliteit	Aanleg, gebruik en verwijdering
	Elektromagnetische velden	Gebruik (kabel)
Vissen	Lokaal stromingspatroon water	Gebruik
	Onderwatergeluid en trillingen	Aanleg, gebruik en verwijdering
	Waterkwaliteit	Aanleg, gebruik en verwijdering
	Elektromagnetische velden	Gebruik (kabel)
Zeezoogdieren	Onderwatergeluid en trillingen	Aanleg, gebruik en verwijdering
	Waterkwaliteit	Aanleg en verwijdering
	Elektromagnetische velden	Gebruik (kabel)

Tabel 11.1 Levensvormen en (sub-)criteria

Veranderingen in de criteria hebben gevolgen voor verschillende levensvormen. In dit MER wordt alleen ingegaan op een aantal dierlijke levensvormen. Ter plekke van de locaties valt namelijk te weinig licht op de bodem om de groei van plantaardig materiaal in de vorm van vastzittende algen mogelijk te maken. Daardoor bestaat de levensgemeenschap in dit deel van de Noordzee, voor wat betreft de grotere organismen, uitsluitend uit diersoorten: bodemleven, (bodem)vissen en zeezoogdieren. Voor wat betreft het bodemleven wordt alleen ingegaan op de grotere organismen (groter dan 1 millimeter), het zogenaamde macrobenthos. Kleinere organismen, larventransport en plankton blijven buiten beschouwing. Er bestaat overigens geen informatie die er op wijst dat deze gevoelig zijn voor wijzigingen in elektromagnetische velden en geluid. Doordat het windpark geen veranderingen in het (grootschalige) stromingspatroon veroorzaakt (zie hoofdstuk 10, 'Morfologie, hydrologie en waterkwaliteit') is er naar verwachting geen invloed op deze kleinere organismen. Met name bij mobiele levensvormen, zoals vissen, kan onderscheid gemaakt worden in de functie van het gebied volgens tabel 11.2.

Aspect	Functie
Voortplanting	Paaigebied
Opgroei	Kinderkamer / foerageergebied
Migratie	Doortrekgebied / foerageergebied
Permanent aanwezig	Leefgebied / foerageergebied

Tabel 11.2 Functies van het gebied voor met name mobiele levensvormen.

Bij het bepalen van de effecten op de diverse levensvormen worden verschillende maatstaven gehanteerd, namelijk dichtheden (voor alle levensvormen), biomassa (met name bij macrobenthos) en functies (voor alle levensvormen, zie tabel 11.2)

In Van der Winden et al. (1997) wordt ook het effect van lichtschitteringen van rotorbladen in het water genoemd. Uit die studie blijkt dat lichtschitteringen van zeer geringe betekenis zijn voor het onderwaterleven. Verder zal door toepassing van een niet reflecterende coating lichtschittering worden voorkomen. Dit onderwerp blijft daarom in het MER buiten beschouwing.

11.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

11.2.1 *Het gebied van het offshore windpark als leefgebied voor organismen*

Oceanografische factoren zijn van invloed op het leven in het deel van de Noordzee waarin de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven liggen. Het gaat hier in het bijzonder om fysische en chemische factoren en om hydrodynamische en morfologische factoren (die zijn beschreven in hoofdstuk 10, 'Morfologie en hydrologie').

Getij en waterbeweging

Het gemiddelde getijverschil bij Hoek van Holland en IJmuiden bedraagt respectievelijk 1,74 meter en 1,70 meter. In Den Helder is het beduidend kleiner: 1,39 meter (getijtafels voor Nederland). Dit betekent dat het getijverschil ter plaatse van voorkeurslocatie Q7-WP en alternatief P12-WP ongeveer gelijk zal zijn. Ter plaatse van alternatief Q4-WP zal het getijverschil wat kleiner zijn, maar dit verschil zal niet groter zijn dan enkele centimeters. Ongeveer één uur na hoogwater is er in de bovenste waterlaag een maximale getijdenstroom, die varieert van 0,3 tot 0,7 meter per seconde langs de kust in noordelijke richting. Na laagwater loopt de stroom in de tegenovergestelde richting, maar bereikt daarbij een wat lagere snelheid. Hierdoor en door de overheersende zuidwestelijke wind loopt er een reststroom langs de kust van Zuid naar Noord. Deze reststroom is van groot belang voor het transport van sediment en nutriënten, maar ook voor organismen, zoals larven van vissen en andere levensvormen.
De wind kan van invloed zijn op de getijdenstroom, maar veroorzaakt daarnaast waterbeweging in de vorm van golven. Naarmate golven groter worden, wordt de diepte waarop zij hun invloed uitoefenen eveneens groter. Dit betekent dat de zeebodem sterker en frequenter wordt opgewoeld naarmate de waterdiepte minder is. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de organismen, die in het sediment leven.

Zeewatersamenstelling

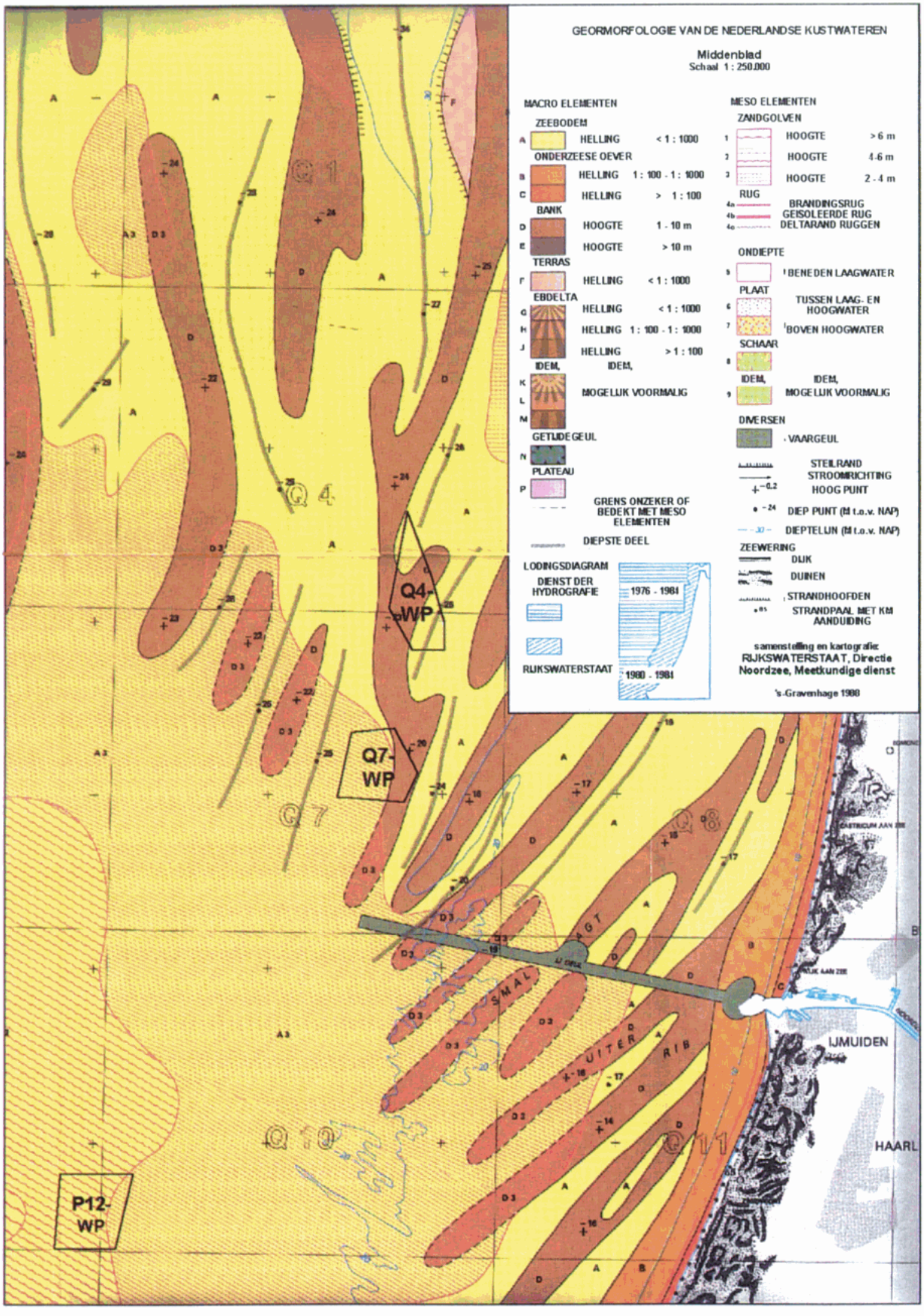
Het zeewater langs de Hollandse kust bestaat uit zogenaamd continentaal kustwater. In deze watermassa, die zich tot op een afstand van 40 kilometer uit de kust kan uitstrekken, is een component herkenbaar van de rivierafvoer van Schelde, Maas en Rijn. Het zoutgehalte

is lager dan in het Kanaalwater, dat meer centraal in de zuidelijke bocht van de Noordzee wordt gevonden. Ook fluctueert het zoutgehalte enigszins, afhankelijk van de rivierwaterafvoer.
Het water is veelal goed gemengd, maar tijdens hoge rivierwaterafvoer en bij rustig weer kan zich in het kustwater een gestratificeerde situatie voordoen, waarbij een brakkere bovenlaag op een zoutere onderlaag ligt. Door menging neemt de kans op stratificatie af met de afstand noordwaarts van de riviermonding.
Door de hoge nutriëntenlast is een grote primaire productie mogelijk waardoor het kustwater relatief veel fytoplankton bevat en daardoor troebeler is dan het water verder uit de kust. Voor de primaire productie van het kustwater (tot op 20 km van de kust) is 100 - 570 gC/m^2/jaar gemeten en voor de offshorezone (meer dan 50 km van de kust) 190 - 240 gC/m^2/jaar (Peeters et al. 1991). Het voedselrijke continentale kustwater stroomt als het ware als een rivier langs de Nederlandse kust. Deze 'kustrivier' is een zone van ongeveer 15 kilometer breed (Smit et al., 1998). De kustrivier bevat een relatief hoge nutriëntenlast, maar het slibgehalte is zó hoog dat het doorzicht veelal beperkend is voor de fytoplanktonproductie. Daarbuiten ligt een overgangszone waar zowel licht als nutriënten de productie van fytoplankton kunnen sturen.

Waterdiepte
De waterdiepte ter plaatse van de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven varieert van tot 24 meter (LAT). Vanuit het oogpunt van onderwaterleven zijn de diepteverschillen tussen de verschillende locaties gering. De kabeltracés doorsnijden echter ook de relatief smalle ondiepe zone langs kust, die zeer rijk is aan bodemleven (soorten, individuen en biomassa).

Geomorfologie
De voorkeurslocatie en locatiealternatieven liggen zó ver uit de kust dat ze in beginsel een vrijwel vlakke zeebodem hebben (met een helling kleiner dan 1:1000). De voorkeurslocatie Q7-WP bevindt zich, evenals locatiealternatief Q4-WP, in een gebied met zandbanken (zie hoofdstuk 10.3 en figuur 11.3), waarvan de kam een oriëntatie van zuidwest-noordoost heeft. Deze banken hebben een semi-stabiel karakter (zie ook hoofdstuk 10). Binnen het gebied van locatie Q7-WP bevinden zich zandgolven aan de zuidzijde. Ter hoogte van locatiealternatief P12-WP bevinden zich eveneens zandgolven. Zandgolven zijn veel meer in beweging dan banken. De kammen van de zandgolven staan ongeveer loodrecht op de kust (Van Alphen en Damoiseaux, 1989). De positie van banken en zandgolven wordt aangeduid in figuur 11.3. De dynamiek van de bovenste zandlaag wordt nog vergroot door de boomkorvisserij.

Sedimentsamenstelling
Het gebied ter plaatse van de voorkeurslocatie en de alternatieven heeft voor het overgrote deel een zandig karakter. De voorkeurslocatie Q7-WP ligt, evenals alternatief Q4-WP, in een gebied met fijn zand (125 - 250 µm). Alternatief P12-WP ligt in een gebied met fijn zand en middelgrof zand (250 - 500 µm).



Figuur 11.3 De ligging van banken en gebieden met zandgolven ter hoogte van offshore windparklocaties
Bron: Rijkswaterstaat, 1988

Noordwestelijk van IJmuiden bevindt zich een stortlocatie voor baggerspecie. In het algemeen is er nog veelonbekend omtrent het transport en de gevolgen van gestorte baggerspecie (Stutterheim, 1999). Uit sedimentologisch onderzoek naar de effecten van 'Loswal Noord', een andere stortlocatie voor de kust van Zuid-Holland, blijkt dat het slibgehalte tot op 9 kilometer ten noordoosten van de loswal verhoogd is, namelijk tot 5 procent (Daan et al., 1997). Stutterheim (1999) vermeldt, dat er twee jaar na ingebruikname van deze Loswal een verhoging van de verontreiniging werd gemeten tot op 5 kilometer afstand en dat de uitstraling in de vorm van een verminderde bodemfauna zo'n 3 kilometer bedroeg. Vanwege de kustparallelle stroming valt van het baggerstortgebied IJmuiden weinig invloed te verwachten op de noordwestelijk daarvan gelegen voorkeurslocatie Q7-WP en alternatief Q4-WP. Vanwege de afstand van alternatief P12-WP tot 'Loswal Noordwest' is ook hier geen invloed te verwachten van deze Loswal.
De zoutgradiënt voor de kust drijft een kustgericht bodemtransport (Smit et al., 1998), zodat het slib niet zal uitwaaieren in de richting van de verschillende locaties. Het gaat bij het baggerstortgebied IJmuiden overigens nog om een aanzienlijke hoeveelheid slib (4 miljoen m^3/jaar). Dit is meer dan een kwart van de hoeveelheid op locatie Loswal Noordwest (15 miljoen m^3/jaar).

De afgelopen decennia zijn met name door rivierafvoer van de Rijn en de Maas verontreinigende stoffen als zware metalen en organische verbindingen in het kustwater terechtgekomen. Deze stoffen kunnen schadelijk zijn voor het milieu wanneer ze worden opgenomen in de voedselketen. Een deel van de verontreinigende stoffen is gebonden aan de fijnste fractie van het sediment en als zodanig opgeslagen in de bodem van de Noordzee. Voor de meeste stoffen geldt, dat de concentraties dicht onder de kust het hoogst zijn. Ook worden hoge concentraties aangetroffen in de bezinkingsgebieden voor slib in het noordelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat.

In het gebied ter plaatse van de voorkeurslocatie en de alternatieven kan hard substraat in de vorm van wrakken voorkomen. Deze structuren hebben een geheel eigen type begroeiing en visfauna.

11.2.2 *Macrobenthos*

In en op de bodem leeft het macrobenthos: ongewervelde dieren, zoals wormen en schelpdieren, die veelal ingegraven in het zand leven. Op de bodem kruipen zeesterren en kreeftachtigen. Veel van deze dieren zijn plaatsgebonden, of hun actieradius is dermate beperkt dat ze functioneel gezien toch als weinig mobiel kunnen worden beschouwd. Door de geringe mobiliteit is het type macrobenthos op een locatie een goede afspiegeling van de abiotische factoren die ter plekke op de wat langere termijn hebben geheerst.
Daarnaast is het macrobenthos als voedsel voor een aantal vissoorten van cruciaal belang en indirect dus ook voor organismen die hoger in de voedselketen staan.

Gegevens

Met het oog op de locatiekeuze is het van belang te kunnen beschikken over onderzoeken met een grote bemonsteringsdichtheid in het studiegebied. Dergelijke studies zijn echter nauwelijks voorhanden. Gezien de in het algemeen grote variatie tussen macrofaunamonsters is het weinig zinvol te refereren aan enkele monsterpunten die toevallig binnen de locatiegebieden liggen. De gegevens over het bodemleven die in het kader van de jaarlijkse Biologische Monitoring van het Nederlands Continentaal Plat (BIOMON) worden verzameld zijn om die reden dan ook minder geschikt en kunnen alleen een indicatie geven over 'natuurlijke' veranderingen.

Alleen de zogenaamde MILZON benthos studie (Van Scheppingen en Groenewold, 1990), die ook zoöbenthosatlas van het Nederlandse Continentale Plat (Holtmann et al. 1996) voor een groot deel van haar kustgegevens voorzag, geeft een dermate gedetailleerd beeld van het macrobenthos in de Hollandse kustzone, dat dit als basis kan dienen voor uitspraken die ingaan op een eventueel verschil tussen de locaties. Hierbij dient wel te worden aangetekend dat een dergelijke studie tot op zekere hoogte een momentopname is. In de loop der jaren kunnen 'natuurlijke' veranderingen optreden en ook menselijke ingrepen kunnen tot veranderingen hebben geleid.

Levensgemeenschappen
Een analyse van het gehele Nederlands Continentaal Plat (inclusief 12-mijlszone) laat zien dat er voor de Hollandse kust op zandige sedimenten slechts twee verschillende gemeenschappen worden aangetroffen (Holtmann et al., 1996): een kust- en een offshore-gemeenschap. Beide gemeenschappen tonen overigens nog een behoorlijke overeenkomst (tabel 4 in Holtmann et al., 1996), onder andere door het optreden van de worm *Spiophanes bombyx.*

Deze soort bouwt kokers van zandkorreltjes, waarin zij zich in zekere mate kan verankeren en handhaven, wanneer het omringende zand door waterbeweging wordt weggespoeld. Dit is een indicatie voor het instabiele karakter van het milieu van beide levensgemeenschappen. Veel van de macrobenthossoorten in dit gebied hebben dan ook een lage levensverwachting en zijn hieraan aangepast door een snelle reproductie en een groot aantal nakomelingen. Ze kunnen dan ook worden gekarakteriseerd als zogenaamde r-strategen. Een analyse van diversiteitsgegevens van de jaarlijks uitgevoerde monitoring van het benthos in het Nederlands deel van het continentaal plat (BIOMON) over de periode 1986 - 1998 laat zien dat hierin weinig veranderingen optreden (Lavaleye et al., 2000). Ook de positie van de onderscheiden levensgemeenschappen verandert daarbij niet (Holtmann et al., 1999).

Kustgemeenschap
De kustgemeenschap wordt vrijwel uitsluitend aangetroffen in een smalle zone langs de gehele Nederlandse kust (Van Scheppingen en Groenewold, 1990; Holtmann et al., 1999). Voor de Hollandse kust is deze zone slechts 5 kilometer breed en reikt ongeveer tot de 15 meter dieptelijn (NAP). Deze zone is van belang in verband met de transportkabels voor elektriciteit, die door deze zone worden aangelegd, en in verband met de aanwezigheid van *Spisula*.

De kustgemeenschap wordt gekenmerkt door een groot aantal soorten, een hoge dichtheid, met name van polychaete wormen, en een hoge biomassa. Jaarlijkse macrobenthossurveys, uitgevoerd in het kader van de Biologische Monitoring Noordzee (BIOMON) laten tussen 1990 - 1998 een gemiddelde dichtheid zien variërend van 1510 - 8301 ind/m^2 en een gemiddelde biomassa variërend van 36,0 - 89,6 gram Asvrij Drooggewicht per vierkante meter (AVDG/m^2). Dit is de hoogste biomassa van het NCP. Het macrobenthos is ruimtelijk heterogeen verdeeld met lokaal concentraties (banken) van tweekleppige schelpdieren (Bivalven). Momenteel zijn dat met name de Halfgeknotte strandschelp (Spisula subtruncata) en de Amerikaanse zwaardschede (Ensis americanus), maar ook andere bivalven kunnen domineren, zoals kokkels (Oosterbaan, 1991). Dergelijke concentraties worden langs de hele Nederlandse kust gevonden, maar uit recent onderzoek blijkt wel dat er concentratiegebieden zijn met een enigszins stabiel karakter.

Spisula subtruncata heeft een sterk kustgebonden karakter. Van deze schelpdieren worden ter hoogte van de voorkeurslocatie en alternatieven, voorzover aanwezig, de hoogste concentraties tot op 6 kilometer uit de kust gevonden. Leopold (1996) beschrijft in detail waar hoge biomassa's van *Spisula* voorkomen. Ter hoogte van de locatiealternatief Q4-WP worden hoge biomassa's (1 - 100 g/m^2) hooguit tot op 6 kilometer uit de kust gevonden, maar ter hoogte van Petten bevinden Spisulabanken zich op 8 kilometer uit de kust en verder. Volgens de macrofauna-atlas van Holtmann et al. (1996) bevindt zich ter hoogte van Petten op 10 kilometer uit de kust een Spisulabank met een hoge biomassa (33 - 342 g/m²). Bergman en Santbrink (1998) vermelden op dezelfde plaats een dichtheid van 1515 ex/m², een duidelijk voorbeeld van een Spisulabank. De diepte bedraagt daar 20 meter, relatief diep voor een Spisulabank (Mogelijk houdt de situatie bij Petten verband met de aanwezigheid van een ondiep gebied voor de kust (de Pettemer polder), omdat dat een afbuiging van de voedselrijke kustrivier zou kunnen veroorzaken). Er is dus een kans, dat op dezelfde breedtegraad als locatiealternatief Q4-WP op 10 kilometer uit de kust een Spisulabank tot ontwikkeling komt. Het is echter ook bekend, dat Spisulabanken zich niet altijd op exact dezelfde plaats ontwikkelen. Locatiealternatief Q4-WP ligt op ongeveer 23 km uit de kust, maar van de drie locaties het dichtst bij Petten. Gezien de waterdiepte ter plaatse van locatiealternatief Q4-WP wordt de kans dat daar zo nu en dan een Spisulabank tot ontwikkeling kan komen, weliswaar klein geacht, maar wel groter dan op de voorkeurslocatie Q7-WP of alternatief P12-WP.

Offshore-gemeenschap
Buiten de 5 kilometer brede kustgemeenschap bevindt zich de offshore-gemeenschap. Deze wordt qua dichtheid gedomineerd door polychaeten. Grote schelpenbanken ontbreken, de biomassa wordt meer bepaald door kreeftachtigen en stekelhuidigen.
De gemiddelde biomassa van de offshore-gemeenschap is dan ook veel lager dan die van de kustgemeenschap. De jaarlijkse macrobenthossurveys (BIOMON) laten voor de offshore gemeenschap tussen 1990 -1998 een gemiddelde dichtheid zien variërend van 1098 - 2019 ind/m^2 en een gemiddelde biomassa variërend van 6,4 - 15,35 gram Asvrij Drooggewicht per vierkante meter (AVDG/m^2). Kenmerkende soorten voor deze gemeenschap zijn de polychaete wormen *Nephtys cirrosa, Scoloplos armiger* en *Spiophanes bombyx* en de vlokreeften *Urothoe poseidonis, Bathyporeia elegans* en *Bathyporeia guilliamsoniana*.
Binnen de offshore-gemeenschap kan een overgangszone worden onderscheiden (Van Scheppingen en Groenewold, 1990). Kustwaarts wordt deze overgangszone scherp begrensd op 5 kilometer van het strand. Richting zee loopt de overgangszone ongeveer tot 20 kilometer uit de kust en gaat daar geleidelijk over in het westelijk deel van de offshore-gemeenschap.
De overgangszone wordt gekarakteriseerd door een relatief hoge dichtheid en biomassa aan kreeftachtigen. De biomassa van de tweekleppigen, die voor de voedselketen zo belangrijk zijn, is in het westelijke deel van de offshore-gemeenschap drie maal zo laag als in de overgangszone, maar in de kustgemeenschap is zij een factor 15 hoger. In de offshore-gemeenschap domineren andere soorten *Ensis* en *Spisula* (*S. elliptica* en *S. solida*) dan in de kustgemeenschap, maar deze halen nooit de dichtheden van de bovengenoemde soorten in de kustgemeenschap.

Een samenvatting van aantallen en biomassa's in de diverse zones en een overzicht van de belangrijkste abiotische karakteristieken is vermeld in tabel 11.4 (naar Van Scheppingen en Groenewold, 1990). De door deze auteurs genoemde $Hill_1$ diversiteit komt overeen met exp (H'), waarbij H' overeenkomt met de Shannon-Wiener index (Shannon & Weaver, 1949).

	Kustgemeenschap		Offshore-gemeenschap			
			Overgangszone		Offshore-west	
Afstand tot de kust	< 5 km		5 – circa 20 km		> circa 20 km	
	Dichtheid N/m^2	Biomassa AVDG/m^2	Dichtheid N/m^2	Biomassa AVDG/m^2	Dichtheid N/m^2	Biomassa AVDG/m^2
Polychaete wormen	4.093	9,9	553	3,7	741	2,0
Kreeftachtigen	601	0,2	567	4,5	219	1,1
Tweekleppigen	1.352	35,3	55	2,4	19	0,8
Stekelhuidigen	54	6,7	16	5,5	10	2,5
Overig	194	1,2	70	0,5	70	0,2
Totaal *	1.232	53,3	1.171	12,5	826	6,6
Soorten/Monster	21		15		13	
Hill$_1$ diversiteit	7.44		7.32		7.71	
Mediane korrelgrootte	209 µm		295 µm		319 µm	
Slibgehalte	6,1%		1,43%		1,0%	

Tabel 11.4 Overzicht van macrobenthos en abiotische gegevens voor de Hollandse kust.
* = totale dichtheid exclusief juvenielen,

Conclusies macrobenthos
De voorkeurslocatie en de alternatieven liggen alledrie in het gebied van de offshore-levensgemeenschap, het gebied met een lage biomassa. Meer specifiek bevinden ze zich in de overgangszone. De biomassa is hier iets minder laag dan in de rest van de offshore-gemeenschap, maar qua karakter vertoont de overgangszone meer overeenkomsten met de meer westelijk gelegen offshorezone dan met de kustgemeenschap (tabel 11.4).

11.2.3 *Vissen*
Gegevens
Er zijn geen bemonsteringen uitgevoerd, die een gedetailleerd beeld opleveren van de visfauna ter plaatse van de voorkeurslocatie en de alternatieven. Het is echter onzeker of dergelijke gegevens veel zouden toevoegen aan het beeld dat nu bestaat van de visfauna in de zone tot 40 kilometer uit de kust. Zowel bemonsteringsgrids als presentaties van bemonsteringen (vistrekken) zijn in het algemeen zo grootschalig dat er geen duidelijk beeld ontstaat van een eventuele structurele variatie binnen zo'n beperkt deel van de kustzone als het gebied van de locaties (ICES kwadranten: 30 x 30 minuten, Knijn et al. 1996, Welleman (RIVO-DLO) persoonlijke mededeling).

Soortenbescherming habitatrichtlijn
Op grond van de soortenbescherming van de habitatrichtlijn genieten een aantal diadrome soorten zoals de Zeeprik bescherming. De verspreiding hiervan op zee is voor zover bekend zodanig diffuus en laag dat van een windpark geen significante effecten te verwachten zijn.

Temporele variatie visfauna
De ontwikkeling van de visfauna vertoont sterke jaarlijkse fluctuaties. Een voorbeeld is de sterke achteruitgang van de Kabeljauw de laatste jaren. De grote variatie in de tijd, zowel per seizoen als per jaar, is een extra complicatie bij pogingen om binnen het studiegebied een detaillering in de visfauna aan te brengen.

Ruimtelijke variatie visfauna
Tussen de Hollandse kustzone en het gebied ten noorden van de Waddenzee bestaat een opmerkelijke overeenkomst in de visfauna. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er binnen de Hollandse kustzone nauwelijks aanwijzingen zijn voor het bestaan van gebieden, die een specifieke (meer)waarde vertegenwoordigen. Deels wordt dit verklaard door de mobiliteit van vissen. Daarnaast is het ook onwaarschijnlijk dat er wezenlijke verschillen in visfauna zouden bestaan, gezien de kleine verschillen in milieuomstandigheden: zowel de abiotische kenmerken als het voedsel voor vissen verschillen nauwelijks binnen het gebied van de voorkeurslocatie, de alternatieven en de omgeving van de locaties.

Qua visfauna is er wel variatie in het kustgebied indien de ondiepe kustzone, direct tegen het strand aan, wordt beschouwd. Jonge Tarbot met een lengte van enkele centimeters komt namelijk uitsluitend in heelondiep water voor. Ook van andere platvissen (Schol en Schar) is bekend dat de kleinste exemplaren in heelondiep water voorkomen. Naarmate ze groeien zoeken ze steeds dieper water op. Bij de concentratie van platvis in de zone dicht bij de kust speelt het bodemvoedsel een grote rol. Voor grotere Schol en Bot kan Spisula het hoofdvoedsel vormen, voor Schar zijn alleen jonge schelpdieren van belang (Leopold, 1996). Schol en Bot voeden zich ook met siphonen van het Nonnetje (*Macoma balthica*) (De Vlas, 1979), een schelpdier dat vrijwel uitsluitend in de zone tot 5 kilometer van het strand wordt aangetroffen (Van Scheppingen en Groenewold, 1990).
Bergman en Santbrink (1998) bevestigen nog eens dat er in de zuidelijke bocht van de Noordzee een duidelijke kustgebonden verspreiding is van een aantal vissoorten, zoals Tong (*Solea solea*), Schar (*Limanda limanda*), Schol (*Pleuronectes platessa*) en Grondel (*Pomatoschistus sp.*). Voor de Kleine pieterman (*Trachinus vipera*) geldt het omgekeerde. Bij geen van deze soorten is er voor de Hollandse kust echter een noord-zuid gradiënt zichtbaar.
De ondiepste delen van de kustzone hebben daarom een speciale betekenis. De voorkeurslocatie en de alternatieven liggen echter zeewaarts van deze zone.
De soortenrijkdom van bodemgebonden vis neemt toe van de Duitse bocht richting de zuidelijke Noordzee (Rijnsdorp et al. 1995): Genoemde auteurs verklaren dit doordat er in de Duitse Bocht een grote temperatuurvariatie voorkomt.
Voorzover een dergelijke gradiënt zich al zou manifesteren langs de Hollandse kust zou eerder het tegenovergestelde verwacht mogen worden: de milieufluctuaties die in het zuiden worden veroorzaakt door de instroom van de rivieren zullen namelijk in noordelijke richting uitdempen.

Paai-, opgroei- en doortrekgebied
In de diepere Noordzee bevinden zich gebieden, die als paaigebied dienen voor verschillende soorten vissen (Heessen *et al*, 1999). De meeste soorten produceren echter pelagische eieren waardoor er geen relatie is met de onderliggende zeebodem. Veel vissoorten kennen geen specifieke paailocaties maar paaien over een zeer groot gebied. In de Noordzee zetten slechts enkele soorten vissen waaronder de haring, de zandspiering en het harnasmannetje hun eieren af op het substraat. De Haring paait niet in het gebied van de voorkeurslocatie of de locatiealternatieven vanwege het ontbreken van grindbedden, waarvan deze soort afhankelijk is voor het afzetten van haar eieren.

Soorten als Tong en Horsmakreel zetten eieren af in de kustzone.
De ondiepere kustzone heeft een belangrijke functie als kinderkamer voor platvissen, zoals Schol, Tong, Schar, Tarbot en Griet, maar ook voor Haring, Kabeljauwen Ponen. Van de Schol in de Noordzee is 90% van alle jongen afkomstig uit de kustzone van België tot Jutland, inclusief de Waddenzee en de Zeeuwse stromen (Heessen, 1998).
Nadat Schol gepaaid heeft op een diepte van meer dan 20 meter, zweven eieren en larven gedurende twee maanden in de kustzone, voordat ze de estuaria binnentrekken. Eén- en tweejarige Schol bevindt zich vooral binnen de 30 mijlszone. De kinderkamergebieden van nul- en éénjarige Tong liggen binnen de 12 mijlszone.
Paai- en opgroeistadia zijn niet strikt plaatsgebonden. Veelal treedt daarin een ruimtelijke verschuiving op: paaigebieden, larven en juvenielen bewegen zich als een brede baan door de kustzone.

Conclusie vissen
Door het proces van migratie is de Nederlandse kustzone als geheel van groot belang voor de visfauna: veel soorten vissen trekken door de hele Nederlandse kustzone. Hierdoor is er altijd een tijdspanne waarbinnen deze vissen zich binnen of ter hoogte van het gebied van de voorkeurslocatie of een locatiealternatief zullen ophouden, waar deze locatie ook ligt. Een speciale betekenis voor vis kan worden toegekend aan de zone dicht onder de kust (minder dan 5 kilometer uit de kust), maar deze ligt niet in het gebied van de voorkeurslocatie en alternatieven. Binnen het studiegebied ontbreken de gegevens om een goede detaillering van de visfauna mogelijk te maken.
Er is echter geen aanleiding om te verwachten dat er tussen de gebieden (voorkeurslocatie en alternatieven) een belangrijke variatie bestaat. De verschillende locaties vallen niet samen met belangrijke bodemgebonden paaigebieden.

11.2.4 *Zeezoogdieren*
Walvissen
Van de Walvisachtigen (*Cetacea*) is de Bruinvis (*Phocoena phocoena*) de enige soort, die regelmatig in de Nederlandse kustwateren wordt gesignaleerd. Door zijn lange levensduur en gering aantal nakomelingen kan de Bruinvis worden gezien als een typische K-strateeg.
De habitat bestaat uit kusten en estuaria, maar de soort wordt ook ver van de kust aangetroffen en tot op diepten van meer dan 200 meter (Goodson, 1997; Read, 1997). De Bruinvis leeft incidenteel in groepen van meer dan 100 dieren, maar meestal in losse verbanden. Dit houdt in dat Bruinvissen ogenschijnlijk veelal solitair leven, maar dat er in werkelijkheid sprake is van groepen, waarbij de individuen zich op honderden meters afstand van elkaar bevinden (Baptist, persoonlijke mededeling). Voor zijn voedsel is de Bruinvis onder andere afhankelijk van vissoorten, zoals Haring en Sprot, waarvan zich in de kustzone concentraties kunnen vormen.
In de eerste helft van de 20e eeuw was de Bruinvis algemeen in de Nederlandse kustzone, maar daarna werd deze soort een zeldzame en onregelmatige verschijning. Sinds 1986 houdt *Phocoena phocoena* zich echter weer vrij algemeen voor onze kust op, met name in de winter en alleen ten noorden van de Waddeneilanden (Bergman en Leopold, 1992). In het Noord-Hollandse kustgebied komen de meeste waarnemingen van de Bruinvis (*Phocoena phocoena*) uit de omgeving van Texel (Camphuysen en Leopold, 1998). Gegevens over strandingen van de Bruinvis (Addink en Smeenk, 1999) bevestigen dit beeld. Uit luchtwaarnemingen (Witte et al., 1998) blijkt, dat de zuidgrens van de zuidelijke Noordzeepopulatie van de Bruinvis voor de Nederlandse kust ligt. Het Noord-Hollandse kustgebied en meer specifiek 53° noorderbreedte wordt dan ook wel aangeduid als de zuidgrens van de Noordzeepopulatie van de Bruinvis. Incidenteel wordt de Bruinvis echter ook zuidelijker waargenomen. Recente gegevens over strandingen duiden op grotere

aantallen in de zomermaanden en op een mogelijke verschuiving van de Noordzeepopulatie in zuidelijke richting (Addink, 2000). Overal lijkt er een afname in de dichtheden aanwezig in de richting van het Kanaal.
Vanwege de relatief noordelijke ligging geldt dat in het gebied van locatiealternatief Q4-WP, in vergelijking met de voorkeurslocatie Q7-WP of alternatief P12-WP, de grootste kans bestaat om incidenteel bruinvissen aan te treffen.

De Witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*) wordt jaarlijks in de kustzone waargenomen - incidenteel kan het gaan om een groep van honderden individuen (Bergman en Leopold, I 1992) - maar meestal zwemt deze soort wat verder uit de kust. Andere walvisachtigen, zoals de Witflankdolfijn (*Lagenorhynchus acutus*), de Tuimelaar (*Tursiops truncatus*), de Gewone dolfijn (*Delphinus delphis*) en de Dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) worden alleen zeer incidenteel waargenomen. Het gaat dan om hooguit enkele exemplaren per jaar.
Vroeger was de Tuimelaar wel een algemene soort langs onze kust. Zowel de Bruinvis als Tuimelaar worden genoemd in Bijlage 2 van de Habitatrichtlijn. In Bijlage 4 worden alle soorten genoemd die strikt beschermd dienen te worden. In Bijlage 4 worden alle Cetacea (walvisachtigen) genoemd.
Omdat de Tuimelaar vrijwel verdwenen is, wordt in Graadmeters voor de Noordzee (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2000) als graadmeter voor de populatie zeezoogdieren van de walvissen alleen de bruinvis als indicatorsoort gebruikt.

Zeehonden
In de Nederlandse kustwateren leven twee soorten zeehonden (*Pinnipedia*): de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*). De laatste kent alleen een populatie in het Waddengebied. Daarbuiten wordt slechts incidenteel een exemplaar waargenomen. De grootste aantallen van de Gewone zeehond worden ook in de Waddenzee aangetroffen. Na de sterfte in 1988 neemt de soort weer sterk toe. Vooral van december tot en met februari worden ook zeehonden voor de Noord- en Zuid-Hollandse kust gezien (Platteeuw et al., 1994). Het vermoeden bestaat, dat de zeehond met name in koude winters de Waddenzee verwisselt voor de kustzone. Waarschijnlijk is, vanwege de nabijheid van de Waddenzee, het noordelijk deel van het Hollandse kustzone belangrijker als uitwijkgebied voor zeehonden (*Phoca vitulina*) uit de Waddenzee dan het zuidelijk deel. Theoretisch betekent dit dat op locatiealternatief Q4-WP, omdat deze locatie het meest noordelijk gelegen is, de meeste zeehonden zouden kunnen voorkomen. In hoeverre deze, op zich kustgebonden soort daadwerkelijk vlak onder de kust blijft, is niet bekend. Als prooidieren zich verder zeewaarts bevinden, zijn daar tijdelijk ook concentraties voorstelbaar. De aantallen in de (Voor)Delta nemen nog steeds toe (Witte en Wolf, 1997). De Hollandse kustzone is zeer waarschijnlijk van belang als migratieroute tussen Waddenzee en (Voor)Delta. Ten aanzien van deze functie is er geen gradiënt langs de kust. Daarnaast is er uitwisseling van zeehonden tussen Nederland en de Engelse oostkust, maar het is nog niet duidelijk of daarbij specifieke migratieroutes in het geding zijn (Brasseur, 2000).
Zowel de Gewone als de Grijze zeehond worden genoemd in bijlage 2 en 5 van de Habitatrichtlijn. Als graadmeter voor populatie zeezoogdieren wordt in Graadmeters voor de Noordzee naast de Bruinvis ook de Gewone zeehond als indicatorsoort gebruikt.

Overige zeezoogdieren komen voor de Hollandse kust slechts zó sporadisch voor dat het niet zinvol is te speculeren over verschillen in dichtheid tussen de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven.

Conclusie zeezoogdieren
De Bruinvis is het meest talrijke zeezoogdier op de voorkeurslocatie en de alternatieven. Op locatiealternatief Q4-WP is in beginsel de kans op bruinvissen het hoogst. Ter hoogte van de verschillende locaties bevindt zich momenteel een marginaal deel van de populatie Bruinvissen, maar gezien recente ontwikkelingen mag niet uitgesloten worden dat het aantal in de toekomst toeneemt. De Gewone zeehond komt ook in de Hollandse kustzone voor. Voor beide soorten geldt dat er gemiddeld gesproken een geringe noord-zuid gradiënt is, met de grootste dichtheden in het noorden.

11.3 Effecten van het offshore windpark

In deze MER ligt het voor de hand het accent te leggen op de verschillen in de milieueffecten tussen de locaties. Uit de vorige paragraaf bleek echter dat de locaties qua ecosysteemkenmerken in het algemeen nauwelijks van elkaar verschillen: de abiotische omstandigheden en (dus) ook de verschillende levensvormen vertonen een grote mate van overeenkomst. Om niet in een té sterke herhaling te vervallen worden de effecten dan ook in twee stappen behandeld. Voor ieder criterium worden de effecten in algemene zin beschreven, zodat een beeld ontstaat van de aard en omvang van effecten. Vervolgens wordt per criterium aangegeven in hoeverre er verschillen tussen de voorkeurslocatie en de alternatieven zijn.

11.3.1 *Aard en oppervlak van zandig substraat*
Zandoppervlak
De windturbines leiden tot een te verwaarlozen afname van het oppervlak aan oorspronkelijk zandig substraat: in de orde van 0,05 promille van het oorspronkelijke oppervlak van de zeebodem ter plaatse van het offshore windpark.
Doordat er rond de buispalen van de windturbines een bed van stortsteen wordt aangebracht, is de afname aan oorspronkelijk substraat wat groter. Het vierkant van 18 bij 18 meter rond elke buispaal betekent een afname van 1 promille van het oppervlak van de oorspronkelijke zeebodem ter plaatse van het windpark.

Sedimentsamenstelling
De buispalen brengen zeer lokaal extra wervelingen in de getijdenstroom met zich mee, die de morfologie en dynamiek van de bodem lokaal kunnen beïnvloeden. Op plaatsen met een verhoogde waterbeweging kunnen ontgrondingskuilen ontstaan. Bij het offshore windpark wordt rond de buispalen met stortsteen een erosiebescherming aangebracht om het ontstaan van ontgrondingskuilen tegen te gaan.

Macrobenthos
De sedimentologische samenstelling van het substraat is van groot belang voor de fauna, die zich daarin ontwikkelt. Een grotere variatie in de samenstelling van het sediment betekent een grotere variabiliteit in het milieu, waardoor een grotere variatie in bewoners mogelijk is. Grote verplaatsingen van sediment kunnen ook gevolgen hebben voor de bodemfauna. Bodemdieren kunnen volledig verdwijnen of permanent begraven worden (Bijkerk, 1988; Van Moorsel en Munts, 1995; Van Dalfsen en Essink 1996; Van Dalfsen, 1998). Bij het omwoelen van de bodem worden met name de fijnere sedimentfracties met de stroom meegevoerd en kunnen daar de filtratiemechanismen van bodemorganismen negatief beïnvloeden. Bij het herstel van de bodemfauna zullen in eerste instantie r-strategen domineren. Na enkele jaren zullen ook soorten die gekarakteriseerd kunnen worden als niet-mobiele K-strategen terugkeren.

Daar waar dieren, die zich voeden met gesuspendeerd materiaal, selectief verdwijnen door een verhoogde resuspensie van sediment vertaalt zich dit in een daling van de IT-index (de Infaunal Trophic index). Tijdens de gebruiksfase is de situatie vergelijkbaar met de huidige situatie, dit levert voor de bodemdieren geen invloed op de IT-index op.
In zijn algemeenheid is de huidige levensgemeenschap in het gebied van de voorkeurslocatie en de alternatieven echter al goed aangepast aan een zandige ondergrond die van nature in beweging is. Na een grote, al of niet natuurlijke, verstoring weten kleine dieren, zoals polychaete wormen en kreeftachtigen, zich vaak weer snel te herstellen door migratie en vestiging. Bij de meeste grotere schelpdieren duurt het in de regel enige jaren voordat een populatie weer haar oude status bereikt. Migratie vanuit de omgeving zal een belangrijke factor zijn bij het herstel van het bodemleven na de aanleg of het verwijderen van de windturbines.

Omdat de afname van het oppervlak aan zandig substraat als gevolg van de aanwezigheid van de windturbines zeer klein is, zal dit geen gevolgen hebben voor de totale bodemgemeenschap in het gebied van het offshore windpark.

Wanneer het gebied van het windpark tot gesloten gebied wordt verklaard en bodemvisserij niet meer toegestaan is, ontstaat de mogelijkheid voor langlevende soorten zich te ontwikkelen en voort te planten. Het herstel en de ontwikkeling van zogeheten K-strategen wordt in het algemeen als positief beoordeeld. Hiermee wordt invulling gegeven aan één van de ecosysteemdoelen voor de Noordzee: 'Diversiteit van de bodemfauna behouden en zo nodig herstellen, inclusief populaties van langlevende en langzaam voortplantende soorten.' Indien bodemvisserij niet is toegestaan in het gebied van het windpark kunnen ook de populaties van diverse tweekleppige filterfeeders zich herstellen.

Bodemvissen
De afname van het oppervlak van de oorspronkelijke zandbodem heeft een navenante afname van de leefruimte tot gevolg voor met name bodemvissen, zoals platvissen en ponen. Evenals de afname van het oppervlak van de oorspronkelijke zandbodem niet noemenswaardig is, is ook de afname van de leefruimte voor bodemvissen te verwaarlozen.

Effecten van de locaties
Omdat de sedimentologische karakteristieken van het gebied van de voorkeurslocatie Q7-WP en de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP met elkaar overeenkomen en er geen verschillen in stromingspatroon te verwachten zijn, is er ook geen reden om aan te nemen dat de aard en het oppervlak van het zandig substraat van de verschillende locaties op een verschillende manier worden beïnvloed.

11.3.2 *Aard en oppervlak van hard substraat*
Het plaatsen van buispalen voor windturbines komt neer op de introductie van hard substraat. Hierdoor wordt een type milieu gecreëerd, dat plaatselijk nog niet bestond, met een heel andere flora en fauna dan op en in door sediment gedomineerde bodems (Van Moorsel et al., 1991; Van Moorsel, 1994). De toename van het oppervlak van het harde substraat is vele malen groter dan de afname van het oppervlak van het zandige substraat als gevolg van de plaatsing van een windturbine. De toename van het oppervlak hard substraat is groter naarmate de waterdiepte groter is. De relatieve toename van het oppervlak kan worden uitgedrukt door middel van 4d/Ø, waarbij d staat voor de waterdiepte en Ø voor de diameter van de buispaal. Bij een paaldiameter van 4,5 meter ter hoogte van de zeebodem en een waterdiepte van 20 meter bedraagt de toename van het substraatoppervlak een factor 18.

Het oppervlak van de getijdenzone van een windturbine is $\pi \varnothing \Delta$, waarbij Δ staat voor de getijdenrange. Bij een paaldiameter van 4,5 meter en een getijdenrange van 1,5 meter vertegenwoordigen de 60 windturbines van het offshore windpark een getijdenoppervlak van 1272 m².

Voor de mate en soort van aangroei is het type substraat van belang: de aard van het materiaal (staal) en de aanwezigheid van stortsteen rond de buispalen. Van boven naar beneden ontstaan een getijdenzone, een sublitorale wierzone en sublitorale zones. De laatste worden gedomineerd door dierlijke organismen. Lokaal brengt dit een aanzienlijke verhoging van de biodiversiteit en biomassa met zich mee (zie kader 11.5).

De opofferingsanodes zullen invloed hebben op de aangroei. Niettemin is van andere offshore installaties op de Noordzee, die ook zijn uitgerust met anodes voor kathodische corrosiebescherming, bekend dat de voedselrijkdom in de directe omgeving van de ondersteuningsconstructies hoog is (Van Moorsel, 1999). Dit resulteert plaatselijk in een verhoging van de biodiversiteit.

Natuurwaarde van leven op hard substraat

In het natuurbeleid wordt bij de natuurwaarden rekening gehouden met parameters als diversiteit, zeldzaamheid en kenmerkendheid. Qua diversiteit en zeldzaamheid kan het leven op de ondersteuningsconstructies van de windturbines hoog scoren. Voor wat betreft de kenmerkendheid wordt in wetenschappelijke en beleidskringen echter vaak gememoreerd dat dergelijke ecosystemen niet in het Nederlandse deel van de Noordzee zouden thuishoren.
Op deze zienswijze valt wel het nodige af te dingen. Op het Nederlands Continentaal Plat bevinden zich namelijk stenenvelden, waarop ook aangroei van hard-substraatorganismen mogelijk is. De aangroei van dergelijke stenen is echter nooit onderzocht en het stenenmilieu neemt steeds verder af, doordat de stenen in de netten van vissers terecht komen. Op veenbanken in de Oosterschelde bevindt zich een fauna, die goed te vergelijken is met de hard-substraatfauna in dat gebied. Dergelijke veenbanken moeten vroeger een onderdeel van de Nederlandse kustzone hebben uitgemaakt. Voorts waren er vroeger in de Noordzee oesterbanken aanwezig. Deze staan bekend om hun rijke begroeiing. Dergelijke banken zijn inmiddels geheel verdwenen.
Op grond van deze overwegingen zou de uitbreiding van hard-substraatfauna in zekere zin positief gewaardeerd kunnen worden. Aan de aangroei op de buispalen en op de stortsteen wordt in dit MER dan ook een beperkte natuurwaarde toegekend.

Kader 11.5 Overwegingen bij de beoordeling van de natuurwaarde van leven op hard substraat.

Macrobenthos
Door onderzoek aan de begroeiing van scheepswrakken (e.g. Van Moorsel et al., 1991) en kunstmatige riffen (e.g. Van Moorsel, 1994) in de Noordzee bestaat een redelijk beeld van het bodemleven, dat zich op de ondersteuningsconstructies van het offshore windpark kan vestigen. Diergroepen, die op zandbodems vrijwel ontbreken, zoals sponzen, hydropoliepen, zeeanemonen en zeepokken, kunnen zich in groten getale ontwikkelen. Een aantal van deze soorten of de door hen gevormde structuren vormen op hun beurt een ondergrond voor weer andere vastzittende soorten. Tussen en op deze soorten worden vrijkruipende organismen, zoals naaktslakken en kreeftachtigen, aangetroffen die ofwel leven van de vastzittende soorten of daar bescherming zoeken. Een aantal soorten, zoals inktvissen, zijn alleen in bepaalde seizoenen te verwachten, bijvoorbeeld om eikapsels af te zetten op het harde substraat.

Over de aangroei van macrobenthos op objecten, die vanaf de zeebodem tot boven het wateroppervlak reiken is ook één en ander bekend. Op het Europlatform (een monopaal) en de Meetpost Noordwijk (zespotige jacket) ontwikkelt zich binnen een jaar een laag mosselen van 8 - 10 centimeter, voordat de pijlers schoon gemaakt worden. Deze aangroei wordt meestal jaarlijks op mechanische wijze verwijderd tot op een diepte van 8 - 10 meter, daaronder minder frequent omdat de aangroei er minder dik is. In 1986 werd op drie diepten de bedekking van een pijler van de Meetpost Noordwijk geschat (Waardenburg, 1987). De Mossel (*Mytilus edulis*) vormde tot op 16 meter diepte een bedekking tot 100%. De dikte varieerde tussen 5 en 20 centimeter en nam ook hier af met de diepte.
Wieren werden alleen tot op een diepte van één meter aangetroffen. Op 18 meter diepte, vlak boven de zeebodem, werd de aangroei gedomineerd door Ruwe zeerasp (*Hydractinia echinata*).
De biomassa van de door mosselen gedomineerde gemeenschap was met 2,2 - 4,1 kilo AVDG/m^2 extreem hoog, hoger dan de toch al hoge biomassa van scheepswrakken (Van Moorsel et al., 1991).

Begroeiing van pijlers met mosselen is een algemeen verschijnsel: in de Costerschelde zijn de pijlers van de Zeelandbrug eveneens met een dikke laag mosselen bedekt. Ook op booreilanden kan een zware aangroei van mosselen voorkomen soms wel tot 30 meter diepte (Van der Winden et al., 1997).

Er bestaat een groot verschil tussen de begroeiing van scheepswrakken en kunstmatige riffen enerzijds en pijlers anderzijds. Omdat in het geval van pijlers een getijdenrange van ongeveer 1,5 meter aanwezig is, ontwikkelt zich een litorale zone waarin vastzittende wieren voorkomen. Opvallend zijn de dikke lagen mosselen. Op scheepswrakken en kunstmatige riffen werden nooit volwassen mosselen aangetroffen. Dit is deels te verklaren door de aanwezigheid van de Zeester (*Asterias rubens*), die zich vanaf de zandbodem makkelijk op deze objecten kan begeven om zich daar te goed te doen aan de mosselen. In de getijdenzone kan de Zeester zich niet goed handhaven door de golven en doordat zij als voedsel dient voor meeuwen. Bovendien zal het voor de Zeester moeilijk zijn om tegen lange verticale structuren, zoals pijlers, op te kruipen, onder andere omdat de basis vaak door neteldieren is begroeid. Als zich eenmaal een laag mosselen in de getijdenzone heeft gevormd, breidt deze laag zich waarschijnlijk geleidelijk verder uit tot op grotere diepte.

Mosselen hechten zich met byssusdraden aan het substraat. De laagdikte die zich ontwikkelt, is afhankelijk van het type substraat. Een ruwoppervlak biedt waarschijnlijk extra goede aanhechtingsmogelijkheden. Zonder onderhoud zal de mossellaag uiteindelijk zo dik worden, dat de krachten op de byssusdraden door het gewicht van de mosselen en invloed van de golven te groot worden. De laag zal in delen loslaten en op de zeebodem terecht komen, zodat zeesterren en andere organismen daar een rijk gedekte dis aantreffen.
Ook voor bijvoorbeeld Eidereenden kunnen mosselen een belangrijke prooi vormen. Deze eenden zouden mosselaangroei op windturbines dan ook kunnen benutten. Het is niet bekend of de voordelen van het geboden voedsel voor de eenden opweegt tegen de nadelen van de windturbines boven water.
Filterfeeders, zoals mosselen, ontdoen het langsstromende water van een deel van het seston, het gesuspendeerde materiaal. De hard substraatfauna kan daarom in beginsel een bijdrage leveren aan het verhogen van het doorzicht van de waterkolom. Dit is echter een bescheiden effect: indien een watermassa door een offshore windpark met 6 rijen windturbines stroomt en elke buispaal in direct contact komt met een kolom water met een breedte van 1,5 meter, zal bij een onderlinge afstand van 500 meter ongeveer 2% van het

water in contact komen met een buispaal. Als mosselen kans zien om hiervan 50% te filteren, bedraagt de onttrekking van gesuspendeerd materiaal 1%.

De erosiebescherming bestaat uit natuurstenen met een D_{50} van 45 mm, die een filterlaag vormen van 18 x 18 meter en laagdikte van 0,25 meter. Daarop ligt een laag stenen met een D_{50} van 0,3 meter, die een laag vormen van 9 x 9 meter en een gemiddeld laagdikte van 0,75 meter. Met name in de laatste laag ontstaan holen van het formaat waar bepaalde kreeftachtigen, zoals de Noordzeekrab en wellicht de Noordzeekreeft, zich thuis voelen. Ook voor vissen, zoals de (Zee)paling, zijn dergelijke holen interessant. De bestorting biedt dus goede kansen voor K-strategen. In vergelijking met de aangroei op de buispalen wordt de hardsubstraat-gemeenschap op en tussen de stortstenen nauwelijks beïnvloed door periodieke schoonmaakacties van de buispalen tijdens de gebruiksfase.

De veranderingen in het bodemleven vinden vooral plaats op de windturbines zelf en in de zone met stortsteen. Deze hard substraatfauna kent relatief veel kolonievormende soorten. Het individuenconcept is bij deze soorten niet relevant en de aanwezigheid wordt dan ook meestal in de vorm van bedekking weergegeven. Daarmee vervalt de mogelijkheid om de op individuen gebaseerde Shannon-Wiener index te gebruiken, zoals gevraagd in de Richtlijnen voor deze MER.

De conclusie is dat er op het onderwatergedeelte van de ondersteuningsconstructies van het offshore windpark en in de stortsteenzone een totaal andere levensgemeenschap te verwachten is dan op een zandbodem. Omdat de buispalen van de windturbines dóór het wateroppervlak heen steken, ontwikkelt zich waarschijnlijk een dikke laag mosselen in de getijdenzone en in de zone direct daaronder. Aangezien de oorspronkelijke zandfauna niet noemenswaardig wordt aangetast, zal de biodiversiteit en biomassa per oppervlak (sterk) toenemen. In kader 11.5 is ingegaan op de betekenis van zo'n verrijking.

(Bodem)vissen
Bij windturbines zullen zich verschillende typen vissoorten ophouden: soorten die over en tussen het substraat kruipen, soorten die weliswaar vrij zwemmen maar duidelijk aan de bodem gebonden zijn en soorten die in het vrije water zwemmen, maar zich toch in de nabijheid van harde substraten kunnen ophouden.
Diverse vissoorten, zoals zeedonderpadden (*Myoxocephalus scorpius en Enophrys bubalis*), de Snotolf (*Cyclopterus lumpus*) en Geep (*Belone belone*), gebruiken hard substraat in de getijdenzone en in ondiep water om hun eieren af te zetten. De laatste twee soorten zijn daarbij alleen in bepaalde seizoenen te verwachten. Soorten die zich meer in de buurt van harde substraten ophouden, zoals bij de pijlers van de Zeelandbrug zijn Harder (*Chelon spp.*) en *Zeebaars (Dicentrarchus labrax*).
De aangroei op wrakken en kunstriffen vormt voor de meeste vissoorten waarschijnlijk geen belangrijke reden voor het samenscholen (redenen voor samenscholingen bij de Steenbolk komen in paragraaf 11.3.4 ter sprake). De biomassa is weliswaar hoog, maar deze wordt voor een groot deel gevormd door zeeanemonen, die nauwelijks in aanmerking komen als voedselbron voor vissen (Van Moorsel et al., 1991). Als de aangroei voornamelijk uit mosselen bestaat, kunnen zich daartussen wormen, zoals zeerupsen, ophouden die wel als voedselbron kunnen dienen. Of de mosselen zelf ook vissen uit het omringende water aantrekken, is niet bekend. Naarmate de mossel groter wordt, wordt in het algemeen een betere bescherming tegen predatie bereikt.

Of als gevolg van de aanwezigheid van het windpark een verandering in grootteverdeling van de huidige pelagische en benthische vissoorten optreedt, hangt af van de effecten van visserij en de mobiliteit van de verschillende vissoorten. Gelet op het relatief kleine gebied dat wordt gevormd door het windpark, wordt aangenomen dat het effect van de visserij op de vissoorten niet verandert.

Zeezoogdieren
De samenscholingen van vissen zoals de Steenbolk, Harder en Zeebaars bij de windturbines kunnen een aantrekkende werking hebben op zeehonden. Omdat kabeljauwachtigen (met name Wijting) een belangrijke voedselbron voor de Bruinvis kunnen vormen (Adding 2000) is het mogelijk, dat de aanwezigheid van Steenbolk ook tot concentraties van de Bruinvis leidt.

Effecten van de locaties
Het verschil in waterdiepte op de locaties zal leiden tot een verschil in de omvang van de fauna, die zich op het hard substraat van de ondersteuningsconstructie van de windturbine zal ontwikkelen. Als de windturbines in dieper water staan, neemt de oppervlakte van het harde substraat immers toe. De voorkeurslocatie Q7-WP en het alternatief Q4-WP onderscheiden zich door een iets grotere waterdiepte van alternatief P12-WP. Ervan uitgaande, dat de ontwikkeling van fauna op het harde substraat als positief wordt bestempeld, hebben Q7-WP en Q4-WP in dit opzicht de voorkeur.

11.3.3 *Waterkwaliteit*
Tijdens onderhoudswerkzaamheden aan de buispalen en de elektriciteitskabels in het windpark kan tijdelijk een extra vertroebeling van de waterkolom en mogelijk een verlaging van het zuurstofgehalte optreden. Door resuspensie van het aanwezige slib kunnen de daaraan gebonden contaminanten opnieuw beschikbaar komen en opgenomen worden in de voedselketen.

Er wordt geen gebruik gemaakt van aangroeiwerende middelen (anti-foulings) op de ondersteuningsconstructies. Toepassing van anti-foulings zou niet alleen ingrijpende gevolgen hebben op het leven op en rond de windturbines, ook het bodemleven in een groot deel van het stroomafwaarts gelegen gebied zou in dat geval de gevolgen van deze stoffen ondervinden. Van Tributyltin (TBT), een bestrijdingsmiddel dat al 25 jaar in aangroeiwerende verf wordt gebruikt, zijn negatieve effecten vastgesteld op schelpdieren als oesters, purperslak en wulk (Laane & Groeneveld, 2000). Daarnaast heeft TBT effect op het immuunsysteem van vissen, zoals Tong.

Effecten van de locaties
Verschillen in de lokale kwaliteit van het water en de plaats waar de watersamenstelling wordt beïnvloed kunnen leiden tot verschillen tussen de voorkeurslocatie en de alternatieven. Voor de verschillende locaties is de beïnvloeding van de waterkwaliteit door de plaatsing van de windturbines min of meer gelijk en daarmee niet onderscheidend.

11.3.4 *Stromingspatroon water*
Door de buispalen van de windturbines verandert het stromingsregime op die plaats. Water wordt gedwongen rond de buispalen te stromen. Stroomopwaarts ontstaat zeer plaatselijk stuwing en stroomafwaarts verschijnselen als zog en stroomluwte. De plaats, waar deze verschijnselen optreden, hangt af van de stromingsrichting en wisselt dus met het getij. Laminaire stromingspatronen kunnen plaatselijk overgaan in turbulente stromingen.

Verandering in de stroming van het water kan invloed hebben op vrij zwemmende vissen en op de bodemgemeenschappen en -samenstelling (zie de beschrijving onder het criterium 'aard en oppervlak van zandig substraat', paragraaf 11.3.1).

Macrobenthos
De waterbeweging zorgt voor aanvoer van organismen (larven en eieren) en voedsel en is van invloed op de mogelijkheid voor organismen om zich te handhaven. Een verandering van de stromingssnelheid en/of turbulentie kan van invloed zijn op de vestiging en groei.

Vissen
In de buurt van scheepswrakken en andere objecten, die boven de zeebodem uitsteken, worden in de Nederlandse kustzone grote scholen Steenbolk (*Trisopterus luscus*) aangetroffen. Mogelijk profiteren deze vissen van een afgenomen waterstroom.
Dit zou uit energetisch oogpunt gunstig kunnen zijn, als zij zich op één plaats willen concentreren. Het is echter niet zeker of deze concentraties direct door een verandering van waterbeweging worden veroorzaakt. Het is namelijk ook goed mogelijk dat door turbulenties dieren, zoals garnalen, uit het zand tevoorschijn komen, zodat de samenscholingen van Steenbolk bij wrakken en dergelijke verklaard kunnen worden vanuit de aanwezigheid van voedsel. De gewijzigde waterbeweging is in dat geval indirect verantwoordelijk voor de concentratie van de Steenbolk.

Effecten van de locaties
De effectvoorspelling voor dit criterium verschilt niet voor de voorkeurslocatie Q7-WP en de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP.

11.3.5 *Onderwatergeluid en trillingen*
In water kan fysisch gezien geen onderscheid worden gemaakt tussen geluid en trillingen.

Er is redelijk veel informatie beschikbaar over de productie en ontvangst van onderwatergeluid door organismen en hun gevoeligheid voor geluid. Naar de geluidsproductie onder water van offshore windturbines is op dit moment echter nog nauwelijks onderzoek gedaan (zie ook hoofdstuk 13 'Geluid'). Metingen in het IJsselmeer aan een 600 kW windturbine van het windturbinepark Irene Vorrink laten zien, dat het door de buispaal afgestraalde onderwatergeluid relatief gering is (Duyckinck Dörner, 1999). Op een afstand van 90 meter van de buispaal is het geluid van de windturbine niet meer waarneembaar tegen het achtergrondgeluid. Door de geringe waterdiepte, waarin is gemeten (ten hoogste 5 meter), en de andere bodemsamenstelling kunnen de resultaten echter niet geëxtrapoleerd worden naar de situatie op de Noordzee.

Windturbinegeluid
Windturbines produceren verschillende typen mechanische trillingen:
- Laagfrequente trillingen

die samenhangen met de passage van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast. 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 wind met de gehele windturbine (met name het aerodynamische geluid van de rotortippen), golven die tegen de mast slaan, 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).

De geluidsproductie kan 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 als gevolg van de min of meer constante draaisnelheid, de frequentie van het geluid door wiekpassage niet veranderen. 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, doordat bij sterkere wind ook de waterbeweging en, afhankelijk van de diepte, ook het zandtransport zullen toenemen.
Om een goede inschatting te kunnen maken van de effecten van onderwatergeluid als gevolg van windturbines, is het noodzakelijk na realisatie van het offshore windpark, de uitkomsten van metingen van het onderwatergeluid van de windturbines in te passen in een reeds bestaand overzicht van de geluidsspectra van andere activiteiten (figuur 11.6). Van deze geluidsspectra is in een aantal gevallen bekend wat de effecten op organismen zijn.

Het is waarschijnlijk, dat zowel zeer lage frequenties van minder dan 200 Hz, als zeer hoogfrequente trillingen in het bereik van sonar slechts een gering effect op organismen zullen hebben. De eerste worden in relatief ondiep water uitgedoofd door het 'channel effect' (Verboom, 1991), de laatste hebben sowieso slechts een beperkt doordringend vermogen in water.

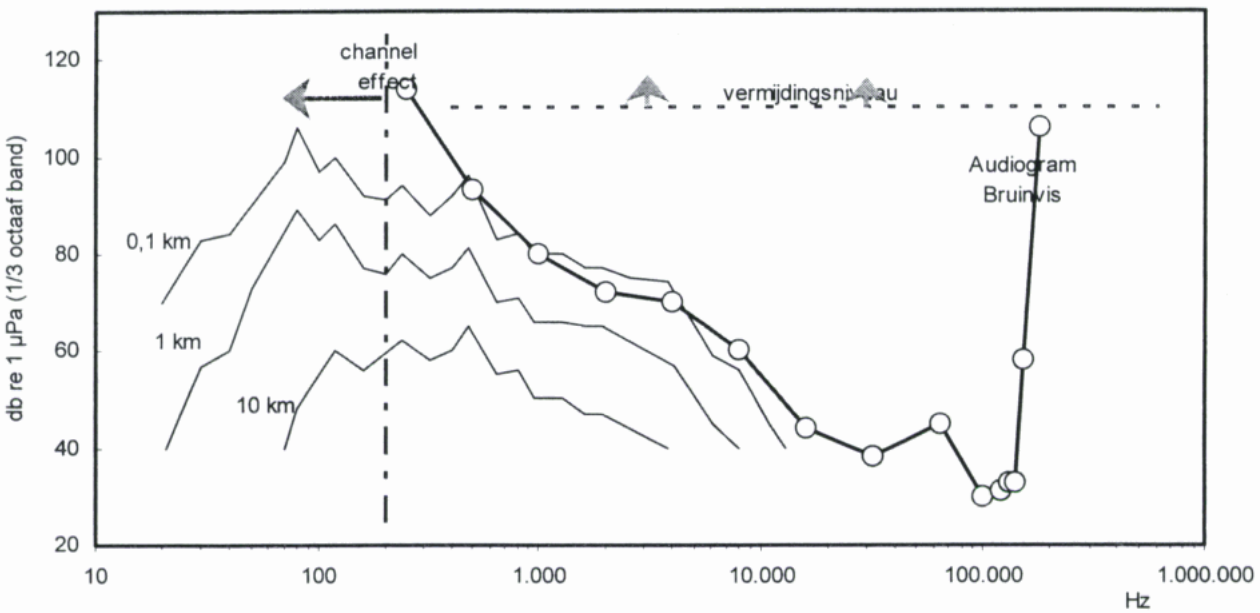
Daartussen ligt echter nog een groot frequentiebereik waarbij significante effecten op het onderwaterleven mogelijk kunnen zijn.

Overig geluid
Onderwatergeluiden van baggerschepen zijn nog op te vangen tot op een afstand van 20 tot 25 kilometer (Richardson et al., 1995). Deze geluiden zijn echter waarschijnlijk van een andere frequentie en andere intensiteit, dan het onderwatergeluid van de windturbines tijdens het gebruik van het offshore windpark.

Tenslotte is er de geluidsproductie onder water van onderhoudsschepen en -helikopters. Op basis van 1 - 2 storingen per windturbine per jaar en de frequentie van onderhoudsbezoek kan een verstoringfrequentie opgesteld worden. Het is de vraag of dit ten opzichte van de geluidsproductie van de reguliere scheepvaart als een verhoging kan worden aangemerkt. Binnen het gebied van het offshore windpark zal de reguliere scheepvaart afnemen. Naar verwachting zal per saldo het geluid als gevolg van de scheepvaart afnemen.
Uitsluitend wanneer het gebied rond het offshore windpark niet tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, kunnen de visserijactiviteiten toenemen. In dat geval is het niet mogelijk een uitspraak te doen ten aanzien van een mogelijke toe- of afname van geluid als gevolg van de scheepvaart.

Vissen en zeezoogdieren
Onderwatergeluid heeft waarschijnlijk de meeste invloed op vissen en zeezoogdieren. Om zich te handhaven dienen deze soorten doelmatig te reageren op roofvijanden en prooien. Daarnaast moet aandacht worden besteed aan de voortplanting. Bij al deze levensfuncties en gedragingen kan geluid een rol spelen. Zo maken walvissen en dolfijnen gebruik van ultrasone sonar om een prooi op te sporen of obstakels te lokaliseren en worden lagere frequenties gebruikt voor sociale interacties: het communiceren binnen een groep of tussen groepen (Richardson et al. 1995).

Vissen kunnen geluid maken om een vijand af te schrikken of partners te lokken en kunnen geluid gebruiken om in schoolverband te zwemmen. Met name in relatief troebele (kust)wateren kan geluid een relatief belangrijke rol spelen.
Om in te schatten of het geluid van offshore windturbines het gedrag van vissen en zeezoogdieren beïnvloedt, kan het windturbinegeluid worden vergeleken met de gehoorgrens van deze organismen. Daarnaast kan onderwatergeluid van windturbines worden vergeleken met de frequentie en sterkte van geluiden, die door deze organismen worden geproduceerd (vocalisatie). Tenslotte kan een verband worden gelegd tussen het (vermijdings)gedrag en geluid.
Voor een overzicht van het gehoor, de gevoeligheid voor geluid, de geluidsproductie en het effect van geluid op gedrag van vissen en zoogdieren wordt verwezen naar Van der Winden et al. (1997), en speciaal voor zeezoogdieren naar Richardson et al. (1995).



Figuur 11.6 Audiogram van de Bruinvis (Phocoena phocoena) naar Kastelein (2000) en geluidspectra van een productieplatform op 0,1 km, 1 km en 10 km afstand (naar Richardson et al. 1995, fig. 10.11).
Vermijdingsniveau: zie tekst. Channel effect naar Verboom (1991)

Vanwege het relatieve belang van de Bruinvis (relatief ten opzichte van andere zeezoogdieren) in dit deel van de Noordzee zijn hier enkele gegevens over het gehoor van de Bruinvis opgenomen. Wat de frequentie betreft zou de Bruinvis onder de 200 Hz slechts weinig te duchten hebben van onderwatergeluid, als gevolg van het 'channel effect' (Verboom, 1991). Boven de 100 kHz loopt het bereik van geluid terug tot in de orde van meters (Richardson et al., 1995). Aangaande de geluidsdruk blijkt uit recente metingen van Kastelein (2000), dat de Bruinvis geluiden waarneemt tussen 100 Hz en 180 kHz (figuur 11.6). De hoogste gevoeligheid ligt tussen 10 en 150 kHz bij een geluidsdruk van ongeveer 30 dB re 1 µPa. Bij Dall's porpoise, een bruinvis uit de Pacific, werd vermijdingsgedrag geconstateerd bij ongeveer 116 - 130 dB re 1 µPa (Hatakeyama et al., 1994).

Bij de Bruinvis werd zelfs al vermijdingsgedrag waargenomen bij een bronniveau van 115 - 119 dB re 1 µPa, maar deze laatste resultaten kunnen niet zonder meer worden gebruikt. Het lijkt veilig om 110 dB als vermijdingsniveau te hanteren (zie figuur 11.6).

Ten aanzien van de invloed van geluid van draaiende windturbines op organismen onder water kunnen door het ontbreken van metingen nauwelijks uitspraken worden gedaan. Hierbij kan in gedachten gehouden worden, dat het hoogstwaarschijnlijk om geluiden gaat die een (semi)continu karakter hebben, in tegenstelling tot bijvoorbeeld het explosieve geluid van seismische explorations. Dit biedt mobiele organismen in beginsel de mogelijkheid om de geluiden van windturbines te vermijden en om zich aan nadelige invloeden te onttrekken. Ook is het bij de bruinvis mogelijk dat gewenning optreedt.
Bruinvissen reageren in het algemeen indifferent ten opzichte van rustig scheepvaartverkeer. Het is echter bekend, dat ze in de buurt van speedboten vluchtgedrag vertonen (pers. med. K.H. Koch, Institut für Seefischerei, Hamburg).

Van het windpark Tunø Knob in Denemarken (10 windturbines van elk 500 kW, ashoogte 40 meter boven zeeniveau, waterdiepte 3 - 7 meter, afstand tot de kust 3 km) is bekend, dat zich daar op 400 meter afstand op en rond een plaat gedurende het hele jaar een groep van ongeveer 10 zeehonden ophoudt (Van der Winden, persoonlijke mededeling). Dit doet vermoeden, dat zeehonden op die afstand geen hinder van het geluid onder water hebben. De situatie is echter waarschijnlijk niet vergelijkbaar met de Noordzee, onder andere omdat de turbines bij Tunø Knob op caissons en in ondiep water zijn geplaatst. Over het voorkomen van bruinvissen en andere walvisachtigen in het gebied rond Tunø Knob is niets bekend. Een studie in Zweden naar de effecten van een windpark in zee op rustplaatsen van zeehonden toont ook geen duidelijke effecten aan van het in gebruik zijn van de windturbines (Sundberg & Söderman, 1999). Als gevolg van onderhoudsverkeer door middel van werkschepen en helikopters, werd echter een tijdelijke daling in het aantal rustende dieren waargenomen. Ook waren de dieren tijdens het onderhoudsverkeer onrustiger. Verstoring kan dus in beginsel van negatieve invloed zijn op de zeehondenpopulatie.

Effecten van de locaties
In relatief ondiep water kunnen geluidsgolven verder dragen door reflectie tegen (zand)bodem en wateroppervlak. Klei- en slibbodems daarentegen absorberen het geluid. Met name lage frequenties worden sterk gedoofd door reflectie en refractie door zwevende deeltjes, zandribbels en andere obstakels. Door de zeer geringe verschillen in de waterdiepte en sedimentsamenstelling zullen tussen de voorkeurslocatie Q7-WP en de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP slechts zeer kleine, niet onderscheidende niveauverschillen in onderwatergeluid als functie van de frequentie ontstaan.

11.3.6 *Conclusie*
Op basis van de huidige kennis kan de conclusie getrokken worden dat de meeste effecten klein zijn en dat er slechts geringe verschillen aan te geven zijn in zowel de abiotische als de biotische component van de levensgemeenschap tussen de voorkeurslocatie 07 -WP en de locatiealternatieven Q4-WP en P12-WP (zie tabel 11.7). De gevolgen van een offshore windpark voor het onderwaterleven op de verschillende locaties vertonen daarom grote overeenkomsten.

Levensvorm	Criterium	Q7-WP Q4-WP P12-WP
Macrobenthos	Zandig substraat	Geen/nauwelijks effect
	Hard substraat	Mogelijk positief effect
	Waterkwaliteit	Geen/nauwelijks effect
Bodemvissen	Zandig substraat	Geen/nauwelijks effect
	Hard substraat	Nauwelijks of verplaatsingseffect
	Waterkwaliteit	Geen/nauwelijks effect
	Elektromagnetische velden	Geen/nauwelijks effect
Vissen	Stromingspatroon water	Mogelijk positief effect
	Onderwatergeluid en trillingen	Onvoldoende gegevens beschikbaar
	Waterkwaliteit	Geen/nauwelijks effect
Zeezoogdieren	Onderwatergeluid en trillingen	Onvoldoende gegevens beschikbaar
	Waterkwaliteit	Geen/nauwelijks effect

Tabel 11.7 Samenvattend overzicht van de verhoudingen tussen de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven voor de criteria van het aspect 'Onderwaterleven'

11.4 Effecten van de inrichting

Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' vergt een zwaardere ondersteuningsconstructie dan de basisinrichting. Bij toenemende diameter van de buispaal neemt ook het zandig oppervlak dat bedekt wordt door de erosiebescherming, toe. Als gevolg hiervan neemt het oppervlak aan hard substraat toe. Introductie en toename van hard substraat leiden tot een toename van de biomassa en biodiversiteit. Het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' heeft dus indirect een positief effect op het onderwaterleven.

Grotere rotordiameter
Het milieu-alternatief 'V80-offshore' heeft ook een zwaardere ondersteuningsconstructie dan de basisinrichting. Zoals hiervoor beschreven resulteert dit in een toename van hard substraat. Introductie en toename van hard substraat leiden tot een toename van de biomassa en biodiversiteit. Het milieu-alternatief 'V80-offshore' heeft dus indirect een positief effect op het onderwaterleven.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
Bij een grotere onderlinge afstand neemt het totale oppervlak van het gebied waar het windpark staat toe. Wanneer het gebied van het windpark tot gesloten gebied wordt verklaard en visserij activiteiten niet meer zijn toegestaan, kan het onderwaterleven zich herstellen en ontwikkelen in dit gebied. Des te groter het gebied van het windpark, des te groter is het gebied waar het onderwaterleven zich kan herstellen en ontwikkelen. Milieu-alternatief 'grote spacing' heeft daardoor een positief effect op het onderwaterleven. Overigens kan het grotere gebied juist negatief worden beoordeeld op grond van verstoring van zeezoogdieren als gevolg van onderwatergeluid (zie hoofdstuk 13: Geluid). Milieu-alternatief 'grote spacing scoort dus positief op het aspect onderwaterleven, gevolgd door de basisinrichting. Het milieu-alternatief '5 x D' heeft een negatieve invloed op het aspect onderwaterleven.

Kleur van de windturbines
De kleur van de mast tussen zeeniveau en het werkbordes (15 meter boven gemiddeld zeeniveau) is voorgeschreven: geel. De kleuren, die daarboven worden gebruikt, zijn niet van invloed op het onderwaterleven.

11.5 Effecten van de aanleg en verwijdering

Waterkwaliteit
Tijdens de aanleg en de verwijdering van het offshore windpark kan er door activiteiten als heien, trenchen en aanbrengen van stortsteen een extra vertroebeling van de waterkolom en mogelijk een verlaging van het zuurstofgehalte optreden. Tijdens onderhouds-werkzaamheden aan de buispalen en de turbines zijn dergelijke invloeden ook te verwachten, weliswaar in mindere mate, maar wel herhaaldelijk. Door resuspensie van het aanwezige slib kunnen de daaraan gebonden contaminanten opnieuw beschikbaar komen en opgenomen worden in de voedselketen.

Geluid
De plaatsing en verwijdering van windturbines zullen gepaard gaan met trillingen door het heien van buispalen. Voor zover dat infrasoon geluid (frequenties < 20 Hz) en andere lage frequenties betreft, werd al gesteld dat deze in relatief ondiep water snel uitdoven. Onderwatergeluiden van baggerschepen zijn nog op te vangen tot op een afstand van 20 tot 25 kilometer (Richardson et al., 1995). Deze geluiden zijn echter waarschijnlijk van een andere frequentie en andere intensiteit, dan het onderwatergeluid tijdens de aanleg en verwijdering van het offshore windpark.

Ten aanzien van de invloed van geluid als gevolg van de aanleg van het offshore windpark (heien) op organismen onder water blijkt uit het MER Winning van aardgas in blok Q4 van het Nederlands Continentaal Plat, dat er geen onaanvaardbare effecten zijn, mede omdat de activiteit van korte duur is.

Bij een studie in Zweden naar de effecten van een windpark in zee op rustplaatsen van zeehonden werd tijdens de aanleg van het windpark een tijdelijke daling in het aantal rustende dieren waargenomen (Sundberg & Söderman, 1999). Ook waren de zeehonden onrustiger.

11.6 Effecten van de aanleg van de elektriciteitskabel naar de wal

Aard en oppervlak zandig substraat
Bij de aanleg van de elektriciteitskabels zal tijdens het jet trenchen een zeer gering verlies aan bodemfauna optreden. De effecten voor de bodemfauna zijn echter zeer lokaal en beperken zich bij jet trenchen tot hooguit enige meters aan weerszijde van het kabeltracé. Bij het herstel van de bodemfauna zullen in eerste instantie r-strategen domineren. Na enige tijd zullen ook soorten, die gekarakteriseerd kunnen worden als niet-mobiele K-strategen terugkeren.
Daar waar dieren, die zich voeden met gesuspendeerd materiaal, tijdelijk selectief verdwijnen door een verhoogde resuspensie van sediment vertaalt zich dit in een daling van de IT-index (de Infaunal Trophic index). Elders kunnen suspensie-eters wellicht profiteren van de resuspensie en wordt de IT-index juist hoger. Het is niet duidelijk welk effect de grootste invloed zal hebben.

In zijn algemeenheid is de huidige levensgemeenschap in de kustzone echter al goed aangepast aan een zandige ondergrond, die van nature in beweging is. Na een grote, al of niet natuurlijke, verstoring weten kleine dieren, zoals polychaete wormen en kreeftachtigen, zich vaak weer snel te herstellen door migratie en vestiging. Bij de meeste grotere schelpdieren duurt het in de regel iets langer voordat een populatie weer haar oude status bereikt. Migratie vanuit de omgeving zal een belangrijke factor zijn bij het herstel van het bodemleven na het ingraven van de kabels.

Waterkwaliteit
Tijdens de aanleg en de verwijdering van de elektriciteitskabel kan er door het jet trenchen een extra vertroebeling van de waterkolom en mogelijk een verlaging van het zuurstofgehalte optreden. Tijdens onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan de kabels zijn dergelijke invloeden ook te verwachten, weliswaar in mindere mate, maar wel herhaaldelijk. Door resuspensie van het aanwezige slib kunnen de daaraan gebonden contaminanten opnieuw beschikbaar komen en opgenomen worden in de voedselketen.

De omvang van de vertroebeling, de mogelijke zuurstofafname in het water en het mogelijk beschikbaar komen van contaminanten, vanwege de aanleg van transportkabels, neemt toe met de lengte van de kabel. De gevolgen van de aanleg van de kabel zullen het grootst zijn op plaatsen waar de grootste natuurwaarden aanwezig zijn. Dit is de zone tot 5 kilometer uit de kust, die op de een of andere manier altijd door de kabel moet worden doorsneden. Uit hoofdstuk 10 blijkt, dat de vertroebeling door aanleg van de kabel in absolute zin beperkt, lokaal en bovendien van korte duur is. Het risico van een hernieuwde beschikbaarheid van contaminanten wordt bepaald door de concentratie van deze stoffen in het sediment en de mate waarin deze stoffen op kunnen lossen in het zeewater.

Verschillen in de lokale kwaliteit van het water en de plaats en afstand waar(over) de watersamenstelling wordt beïnvloed door het leggen van de transportkabels zullen leiden tot verschillen tussen de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven. Vanwege de beïnvloeding van de waterkolom tijdens de aanlegfase, gaat de voorkeur uit naar die locatie met de kortste verbinding naar de kust, te weten voorkeurslocatie Q7-WP.

Elektrische en magnetische velden
De invloed van het magnetische veld rond de elektriciteitskabels is waarschijnlijk nihil. In de meest ongunstige situatie dat het volledige vermogen van 120 MW via één 150 kV kabel naar de wal wordt getransporteerd, bedraagt na het ingraven de magnetische veldsterkte $2,7 \times 10^{-6}$ Tesla op de zeebodem. Dit is 5% van de sterkte van het aardmagnetisch veld.
In de hiervoor geschetste, meest ongunstige situatie bedraagt de magnetische veldsterkte van de transportkabel van het offshore windpark 60% van de magnetische veldsterkte van de vergunde elektriciteitskabel naar de zendmast voor de kust van Schouwen.
Er is bij het offshore windpark echter sprake van een gebundelde driefasen wisselspanningkabel, waarbij de magnetische velden elkaar opheffen. Voorzover er toch enige invloed zou zijn, gaat de voorkeur uit naar die locatie met de kortste verbinding naar de kust, te weten voorkeurslocatie Q7-WP , gevolgd door alternatief Q4-WP en tenslotte alternatief P12-WP.

Een mogelijke invloed op het bestaande magnetisch veld zal zich vooral manifesteren direct in en op de zeebodem direct boven de kabels. Daarom mag verwacht worden dat bodemvissen de grootste kans maken met een dergelijk fenomeen kennis te maken. Als bodemvissen een verandering van het magnetisch veld vermijden, dan zou de kabel tussen het windpark en de kust een zekere barrière kunnen vormen.

Van de vissen in de Noordzee zijn haaien en roggen het meest gevoelig voor elektrische en magnetische velden. Roggen en sommige soorten haaien, zoals de hondshaai, behoren tot de bodemvissen. Het is mogelijk, maar niet aannemelijk, dat de oriëntatie en migratie van deze soorten door de geringe verandering (minder dan 5%) in het aardmagnetische veld worden beïnvloed.

Er zijn onvoldoende aanwijzingen, dat dergelijke geringe elektromagnetische velden effecten hebben op zeezoogdieren.

Macrobenthos en bodemleven
De aanleg van de elektriciteitskabel heeft een negatieve invloed op de bodemfauna ter plekke en in de directe omgeving. Het is daarom wenselijk het tracé van de kabel zo kort mogelijk te houden. In dat opzicht gaat de voorkeur uit naar de voorkeurslocatie Q7-WP gevolgd door het locatiealternatief Q4-WP. Mede gezien het tijdelijke en lokale karakter van de invloed van de aanleg van de elektriciteitskabel op de bodemfauna zijn de verschillen tussen de drie locaties en de daarbij behorende kabeltracés nauwelijks onderscheidend.

Vissen
De theoretische mogelijkheid bestaat dat er door afwijkingen van het aardmagnetische veld een barrière ontstaat voor (bodem)vis, wanneer de aanlandingskabel onvoldoende is ingegraven of wanneer er merkbare magnetische invloed optreedt. Om deze eventuele barrière zo kort mogelijk te houden, gaat de voorkeur uit naar de voorkeurslocatie Q7-WP gevolgd door alternatief Q4-WP. De effecten als gevolg van het magnetisch veld van de kabels zijn naar verwachting nihil. De kans is dus klein dat het tracé van de kabel daarmee onderscheidend is voor het aspect vissen.
Ondanks ingraven en extra versterking is er daarnaast de kans op beschadiging van de kabel. Dit leidt echter niet tot effecten voor vissen, omdat de kabel van een olievrij type is.

11.7 Conclusies van de effectvoorspelling

Een offshore windpark zal, voorzover de kennis nu reikt, de meeste invloed hebben op het bodemleven en minder op vissen of zeezoogdieren. Omdat het bodemleven aan de basis staat van de voedselketen voor vissen en zeezoogdieren, zal het offshore windpark niet alleen direct maar ook indirect (via de voedselketen) invloed kunnen hebben op het overige leven onder water. Voor het bepalen van de gevolgen van het geluid van een offshore windpark onder water voor met name zeezoogdieren zijn onvoldoende gegevens beschikbaar.
De gevolgen van een offshore windpark voor het onderwaterleven op de voorkeurslocatie en de alternatieven vertonen, zoals gezegd, grote overeenkomsten. De geringe verschillen zijn onvoldoende onderscheidend om een duidelijke voorkeur uit te kunnen spreken voor de voorkeurslocatie of één van de locatiealternatieven of één van de tracés voor de elektriciteitskabel tussen het windpark en de kust.
Bij aanleg van het offshore windpark op locatiealternatief P12-WP is de tracélengte van de elektriciteitskabel naar de wal het grootst en is daardoor het minst wenselijk. Het kabeltracé naar voorkeurslocatie 07 -WP heeft de voorkeur. Echter de gevolgen voor het milieu spelen voor wat betreft de effecten van de kabeltracés alleen in de aanleg en verwijderingsfase een rol. Door het lokale karakter van de effecten en de tijdelijke aard, zijn deze onvoldoende onderscheidend.

Macrobenthos en bodemleven
De verschillen in de gevolgen van het offshore windpark op de voorkeurslocatie of op de alternatieven voor macrobenthos hangen primair samen met de biotopen en soortengemeenschappen in de kustzone.
Door de relatief snelle afname van de helling van de kustzone is, naarmate de diepte toeneemt, het oppervlak van de verschillende dieptezones groter en wordt het relatieve ruimtebeslag van een windpark dus kleiner. De ondiepe biotoop komt daarom op alle locaties vrijwel niet voor. Hoewel biomassarijke schelpenbanken in het algemeen niet reiken tot op de diepte van de voorkeurslocatie en de alternatieven bestaat toch een geringe kans op het voorkomen hiervan. Deze kans is het grootst voor de locatiealternatief Q4-WP. Met het oog op de (geringe) kans op schelpenbanken gaat de voorkeur uit naar de alternatief P12-WP gevolgd door voorkeurslocatie Q7-WP.
De toename van hardsubstraat resulteert in een toename van biodiversiteit en biomassa, die door deskundigen (Van Moorsel, 1999) en mede op grond van ervaring bij andere offshore installaties, licht positief beoordeeld wordt.

Vissen
De (verschillen in de) gevolgen voor vissen hangen primair samen met de beschikbaarheid van voedsel.
De verschillen tussen de voorkeurslocatie en de alternatieven voor wat betreft macrobenthos en bodemleven werken met name door op vissen, die voor hun voedsel van dit benthos afhankelijk zijn.

Zeezoogdieren
De (verschillen in de) gevolgen voor zeezoogdieren hangen primair samen met de dichtheden van zeezoogdieren in de kustzone en met de beschikbaarheid van voedsel.
Het is onzeker of windturbines van invloed zijn op (het gedrag van) de zeezoogdieren.
Bruinvissen en zeehonden zijn waarschijnlijk wat talrijker in het noordelijke deel van de kustzone, maar het gaat vooralsnog om kleine aantallen. De mogelijkheid bestaat dat het meest zuidelijk gelegen locatiealternatief P12-WP de minste invloed heeft, gevolgd door de voorkeurslocatie Q7-WP en tenslotte het meest noordelijk gelegen locatiealternatief Q4-WP.
De verschillen tussen de voorkeurslocatie Q7-WP en de alternatieven voor wat betreft het bodemleven en vissen werken mogelijk ook door op de zeezoogdieren. De voorkeur voor locaties is daarom vergelijkbaar. Voor de Bruinvis, die voor zijn voedsel vooral afhankelijk is van pelagische vis, speelt de samenhang met bodemleven en (bodem)vissen een minder grote rol dan voor zeehonden. De Gewone zeehond is voor zijn voedsel namelijk veel sterker aangewezen op platvissen en andere bodemvissen.

In tabel 11.9 is een samenvatting gegeven van de gevolgen van het offshore windpark op het onderwaterleven

11.8 Mitigerende en versterkende maatregelen

De effecten van het offshore windpark op het onderwaterleven zijn zowel positief als negatief. De positieve effecten kunnen met aanvullende maatregelen versterkt worden.
De negatieve effecten kunnen beperkt worden door het treffen van mitigerende maatregelen.
De negatieve maatregelen van het offshore windpark voor het onderwaterleven zijn beperkt en voor zover mogelijk is de oplossing met de minste gevolgen voor het onderwaterleven gekozen. Wel zijn een aantal versterkende maatregelen mogelijk.

Refugiumfunctie
Wanneer het gebied in een zone van 500 meter rond het offshore windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, krijgt het windpark een refugiumfunctie, waardoor de natuurwaarden versterkt worden.
Wanneer niet wordt besloten tot het instellen van een restrictiegebied voor de scheepvaart kan vermijdingsgedrag van schepen leiden tot een vermindering van scheepsactiviteit. Anderzijds kunnen samenscholingen van vissoorten een aanzuigende werking hebben op de visserij. Door afspraken te maken met de visserij zouden niettemin omstandigheden kunnen worden gecreëerd waardoor bijvoorbeeld de verstoring van de bodem (omwoelen door boomkorvissers) wordt gereduceerd. In dat geval resulteert het offshore windpark toch tot versterking van de natuurwaarden.

Aanpassingen aan het substraatoppervlak
Uitgaande van een (voorzichtig) positieve waardering van een hard-substraatgemeenschap, kunnen aanpassingen aan het substraatoppervlak de stabiliteit van een dergelijke gemeenschap bevorderen. Te denken valt aan het creëren van ruwe oppervlakken in de getijdenzone. Daarentegen betekent de aangroei van substraat een vergroting van de golfbelasting op de buispalen. Bij een bepaalde mate van aangroei wordt deze met behulp van zeewater onder hoge druk van de buispalen afgespoten. Een verruwing van het oppervlak van de buispalen ter bevordering van de hard-substraatgemeenschap, resulteert in een hogere frequentie van het verwijderen van de aangroei. Dit extra onderhoud beperkt het positieve effect van de toename van de hard-substraatgemeenschap of kan dit geheel teniet doen.

		Effecten van het offshore windpark			Kabel naar de wal		
		Gebruik	Onderhoud	Aanleg en verwijdering	Kabellengte		
					Q7-WP	Q4-WP	P12-WP
					24 km	28 km	33 km
Macro-benthos	Zandig substraat	Afname < 1 ‰	0	0	0		
	Hard substraat Buispalen	Introductie => toename biodiversiteit en biomassa	0	0	n.v.t.		
	Hard substraat Stortsteen	Kansen voor K-strategen	0	0	n.v.t.		
	Voorkomen Spisula	Geringe kans op voorkomen	0	0	0		
		Q7-WP: ++ / Q4-WP: + / P12-WP: +++					
	Waterkwaliteit		Tijdelijke vertroebeling	Tijdelijke vertroebeling			
Bodem-vissen	Zandig substraat	Afname < 1 ‰	0	0	0		
	Hard substraat Buispalen	Introductie => toename biodiversiteit en biomassa	0	0	n.v.t.		
	Hard substraat Stortsteen	Kansen voor K-strategen	0	0	n.v.t.		
	Waterkwaliteit		Tijdelijke vertroebeling	Tijdelijke vertroebeling	Tijdelijke vertroebeling		
	Elektromagnetisme				< 5% aardmagnetisch veld => nihil		
Vissen	Lokaal stromings-patroon water	Samenscholing Steenbolk	0	0	n.v.t.		
	Onderwatergeluid en trillingen	T.g.v. draaiende windturbines	Tijdelijke verhoging t.g.v. helikopter	Tijdelijke verstoring (heien)	n.v.t.		
	Waterkwaliteit			Tijdelijke vertroebeling	Tijdelijke vertroebeling		
Zee-zoogdieren	Onderwatergeluid en trillingen	T.g.v. draaiende windturbines	Tijdelijke verhoging t.g.v. helikopter	Tijdelijke verstoring (heien)			
	Waterkwaliteit	0	0	Tijdelijke vertroebeling	Tijdelijke vertroebeling		
	Elektromagnetisme	0	0	0	< 5% aardmagnetisch veld => nihil		
	Voorkomen bruinvissen	Geringe kans op voorkomen					
		Q7-WP: ++	Q4-WP: +	P12-WP : +++			

Tabel 11.9 Samenvatting effecten van het offshore windpark voor het onderwaterleven.
0 = geen of een verwaarloosbaar effect. Des te meer +, des te minder effect.
De + in een kolom mogen niet opgeteld worden, omdat geen weging van effecten heeft plaatsgevonden.

12 VEILIGHEIDSRISICO'S

12.1 Algemeen

Effecten op scheepvaart: meer dan veiligheid?
Vanuit het milieu bezien gaat het bij de effecten van het offshore windpark op scheepvaart om de effecten op de (externe) veiligheid. De (on)veiligheid wordt doorgaans uitgedrukt als risico. De mate van risico is daarbij gerelateerd aan de kans op het optreden van een incident en de ernst van het ongewenste effect van het incident. Relevante ongewenste effecten zijn (dodelijk) letsel van mensen en verontreiniging (van de zee).

Effecten op veiligheid: meer dan scheepvaart?
Veiligheid is niet alleen in relatie tot scheepvaart een relevant item. Er zijn verschillende soorten ongevallen, waarbij de aanwezigheid van het offshore windpark kan leiden tot extra risico's voor mens en milieu. Relevante soorten ongevallen betreffen ongevallen die voortvloeien uit aanvaringen van schepen met het windpark, aanvaringen van schepen onderling (buiten het windpark als gevolg van een toename van de dichtheid van scheepvaartverkeer in de omgeving), verstoring van radarbeelden en als gevolg van het transporteren van personeel naar het windpark per schip of helikopter.
Omdat sterke magnetische velden rond een elektriciteitskabel verstoring van kompassen van schepen kunnen veroorzaken, is dit aspect ook van belang voor scheepvaartveiligheid.

Ongevallen die samenhangen met het aanvliegen van vliegtuigen zijn niet in beschouwing genomen; de locaties van de windparken liggen daarvoor te ver af van Schiphol en Rotterdam Airport en over de plannen voor een nieuwe luchthaven in zee bestaat nog onvoldoende duidelijkheid (zie hoofdstuk 14 'Gebruiksfuncties').

Dit betekent dat de veiligheidsrisico's van het offshore windpark grotendeels samenhangen met de scheepvaart. Gezien deze onderlinge samenhang worden beide aspecten in het MER daarom samen in dit hoofdstuk behandeld. Het gaat dan om de volgende criteria (zie tabel 12.1).

Criteria	Operationalisering
Hinder voor scheepvaart	Dichtheid scheepvaartverkeer en recreatievaart
Veiligheid	Beïnvloeding kompas
	Beïnvloeding radarbeeld
	Aanvaring- en aandrijvingrisico's schepen
	Sterkte windturbine en ondersteuningsconstructie
	Breuk rotorblad
	Aanvaring van schip tegen rotorblad
	IJsafzetting rotorblad
	Veiligheid bij onderhoud met schepen
	Veiligheid bij het verhelpen van storingen met helikopters
	Bewaking Kustwacht

Tabel 12.1 Overzicht van criteria voor het aspect 'Veiligheidsrisico's'.

12.1.1 *Aanvaringen en aandrijvingen door schepen*

Algemeen

De Noordzee wordt drukbevaren door de handelsvaart. Voor de Nederlandse kust zijn, zeker door de aanwezigheid van mainport Rotterdam en de haven van Amsterdam, de dichtheden van het scheepvaartverkeer hoog.

Er zijn twee varianten denkbaar. Het gebied, waarin het offshore windpark ligt, is vrij toegankelijk, inclusief de doorvaart door het windpark. In deze situatie moeten doorvarende schepen rekening houden met veelobstakels langs hun route door het offshore windpark en met de mogelijke 'overdraai' van de rotoren boven de gekozen route.
De tweede variant is dat het gebied waarin het offshore windpark ligt, inclusief een veiligheidszone van 500 meter rond het windpark, tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard. De scheepvaart moet in dat geval uitwijken, hetgeen mogelijk tot gevolg heeft dat de intensiteit van het scheepvaartverkeer in de directe omgeving van het windpark toeneemt.
Ook als het gebied rond het windpark gesloten is voor scheepvaart, bestaat de kans op een aanvaring van een schip met een windturbine. Een op drift geraakt schip kan tegen een windturbine van het windpark aandrijven.
Het offshore windpark beïnvloedt de veiligheid voor de scheepvaart dus door een verhoogde verkeersintensiteit in de directe omgeving van het windpark, door de kans op aanvaringen en door de kans op aandrijvingen.

Voor de beoordeling van het aspect veiligheid voor de scheepvaart van de voorkeurslocatie voor het offshore windpark met de alternatieven, geeft de hinder voor scheepvaart (i.c. de dichtheden van scheepvaart) een goede indicatie. Een analyse van deze dichtheden geeft inzicht in de relatieve kans op ongevallen ten gevolge van een windpark op de verschillende locaties.
Het is in Nederland gebruikelijk om de scheepvaart op zee onder te verdelen in routegebonden verkeer (scheepsbewegingen van koopvaardijschepen, die op weg zijn van haven A naar haven B) en niet routegebonden verkeer (scheepsbewegingen met een missie op zee, zoals visserij, supply-vaart, werkvaart en recreatievaart). Een deel van de niet routegebonden supply-vaart vaart in het algemeen toch een min of meer vaste route: van de haven naar de offshore installatie.
De grotere schepen met een in potentie gevaarlijke lading (chemicaliën of tankers) maken deel uit van de routegebonden scheepvaart in de vaarroutes. Kleinere schepen varen mogelijk dichter onder kust. Vissersschepen kiezen in het algemeen de kortste weg vanuit de haven naar de visgronden of zijn aan het vissen. De supply-vaart voor de offshore industrie neemt in het algemeen de kortste weg naar de installaties, die bediend moeten worden. De recreatievaart, met in het algemeen relatief kleine schepen, vaart relatief dicht onder de kust en mijdt in het algemeen de drukke vaarroutes.

In eerste instantie zullen de meest ongunstige situaties ('worst cases') worden geanalyseerd. Op grond van de uitkomst van deze 'worst cases' zal nagegaan worden of een verdere analyse nodig is.

Aanvaringen als gevolg van omvarende scheepvaart

De schepen, die nu door het gebied varen waar een offshore windpark is gepland, zullen in de situatie dat het gebied rond het offshore windpark tot gesloten gebied wordt verklaard, na aanleg van het windpark moeten omvaren. Dit omvaren wordt beschouwd als hinder.

Als gevolg van dit omvaren ontstaan grotere concentraties schepen op andere routes, waardoor op die routes meer ongevallen tussen schepen onderling kunnen optreden. Ook in het geval dat het gebied rond het windpark tot gesloten gebied wordt verklaard, kan de veiligheid dus door de aanwezigheid van het offshore windpark worden beïnvloed.

Aanvaringen tussen een schip en het windpark
Bij een aanvaring is, in tegenstelling tot een aandrijving, sprake van 'high energy impact'. De snelheid van het schip is relatief hoog en de massa van het schip is groot. Een frontale aanvaring van een schip tegen een windturbine van het offshore windpark resulteert in de grootste schade aan schip en windturbine. In het meest ongunstige geval bezwijkt de offshore windturbine op de plek van de botsing en valt de gondel van de windturbine op het dek van het schip. Bij deze val wordt het dek van het schip beschadigd en kan lading vrijkomen. Wanneer bij een aanvaring het schip de windturbine schampt, zal de schade aan schip en windturbine nog altijd aanzienlijk zijn, maar de kans op letsel of verontreiniging aanzienlijk kleiner.
Wat betreft letsel treedt de meest ongunstige situatie ('worst case') op in geval van een aanvaring tussen een passagierschip en een windturbine. Bij een aanvaring van een recreant met een windturbine is de kans op letsel eveneens groot, maar het aantal personen aan boord is klein.
De kans op verontreiniging lijkt het grootst bij een aanvaring tussen een tanker of een producten carrier met chemicaliën en een windturbine.

Aanvaringen door onderzeeboten blijven buiten beschouwing. Omdat onderzeeboten duiken naar diepten vanaf ongeveer 30 meter en aangezien de locaties zich bevinden in gebieden met een waterdiepte van 20 tot 25 meter, zullen onderzeeboten in dit gebied niet onder water voorkomen.

Aandrijvingen
Een aandrijving ontstaat wanneer een op drift geraakt schip tegen een windturbine botst. Een schip dat de controle over het roer verliest of motorstoring krijgt, zal in eerste instantie proberen voor anker te gaan. Als het anker niet houdt, raakt het schip op drift. Ook kan een schip dat voor anker is gegaan in afwachting van toestemming de sluizen in te varen, door onvoorziene omstandigheden het anker verliezen of het anker kan losraken.
Bij een aandrijving gaat het om 'low energy impact'. De botsingsenergie is gelijk aan de kinetische energie van het schip. Dat betekent dat de botsingsenergie evenredig is met het kwadraat van de snelheid. Hoewel de massa van het schip bij aandrijvingen hetzelfde is als bij aanvaringen, is de snelheid van het schip bij aandrijvingen relatief laag. Een schip op drift wordt meegevoerd met de stroming. De snelheid van een aandrijving wordt in hoofdzaak bepaald door de snelheid van de zeestroming. De richting waarin het schip drijft, kan ook worden beïnvloed door harde wind.

12.1.2 *Beïnvloeding kompas*
Magnetische kompassen kunnen verstoord raken door sterke magnetisch velden, bijvoorbeeld van een elektriciteitskabel. Hoewel vrijwel alle commerciële scheepvaart gebruik maakt van gyrokompas is ook altijd een magnetisch kompas aan boord aanwezig. Wanneer een schip uitsluitend op het magnetisch kompas vaart en dit kompas wordt verstoord door een sterk magnetisch veld, kan het schip een verkeerde koers gaan varen met het risico van aanvaring.

12.1.3 *Beïnvloeding radar*

Op het deel van de Noordzee waar het offshore windpark ligt, zijn twee radarsystemen van belang. Enerzijds de radarsystemen op de schepen, die in het gebied varen. Anderzijds het radarsysteem op het vasteland voor de verkeersbegeleiding.

Radarsystemen voor het waarnemen van doelen op grote afstand worden in hun prestaties gehinderd door obstakels, die tussen het doel en de radar staan. Als elektromagnetische straling, zoals radarstraling, invalt op een obstakel wordt een deel ervan verstrooid in andere richtingen dan die van de radarzender. Hierdoor is de totale energie die zich in de originele richting voortplant geringer geworden, hetgeen zich uit als een radarschaduw achter het betreffende object (MER NSW, 2000). Het bereik waarover de radar kan waarnemen wordt hierdoor in de betreffende richting gereduceerd. De radarschaduw van windturbines wordt in hoofdzaak bepaald door de gondel en de relatief smalle metalen mast. De draaiende kunststof rotorbladen hebben vrijwel geen effect op radarstraling, omdat de rotorbladen van dit type windturbine door middel van glasvezels en niet door middel van koolstofvezels versterkt zijn.

Daarnaast kan het voorkomen dat een object wordt waargenomen op een andere locatie dan de werkelijke (een schijndoel). Er zullen naar verwachting geen schijndoelen optreden, aangezien de meeste radars (door middel van de zogeheten zijlusonderdrukking) zijn toegerust om schijndoelen niet als echte doelen waar te nemen. Wel bestaat de kans op het optreden van 'dubbele schijndoelen'. Naast de normale weg (radar-schip-radar) kan de radar het doel (in dit geval het schip) waarnemen via de weg radar-windturbine-schip-radar, dus via de windturbine. Het schip vormt zo een schijndoel, doordat het wordt waargenomen in de richting van de windturbine. Ook kan reflectie optreden aan de windturbine als de radar gericht is op het schip. In dat geval ontstaat een schijndoel langs de weg radar-schip-windturbine-radar. Het schijndoel wordt dan waargenomen in de richting van het echte doel, maar op een grotere afstand (TNO-FEL, 1999).

Indien het radarsysteem van de verkeersbegeleiding een schip niet detecteren kan of door valse echo's op de verkeerde plaats, bestaat het risico dat bijvoorbeeld bij mist verkeerde informatie wordt verstrekt aan het schip.
Wanneer het radarsysteem van een schip verstoord wordt, ontstaat een verhoogd risico op aanvaringen omdat men een kruisend schip niet tijdig signaleert of niet op de juiste positie.

12.1.4 *Constructiesterkte en certificering*

De windturbines, die bij offshore windparken worden toegepast, voldoen aan strenge veiligheidseisen aan het ontwerp en het materiaalgebruik van de windturbine en aan de bedrijfsvoering. De toe te passen windturbine wordt gecertificeerd volgens de strengste klasse van de internationaal geaccepteerde veiligheidsnorm (IEC, 1999).

Bij offshore constructies voor olie- en gasplatforms op de Noordzee wordt de API-norm gebruikt (API, 1993). De ondersteuningsconstructie van het offshore hoogspanningsstation wordt volgens deze API-norm gecertificeerd.
De API-norm is echter onvoldoende geschikt is om de specifieke vermoeiingsbelastingen als gevolg van de wind en golven op de offshore windturbines voldoende te beschrijven. Daarom worden de offshore windturbines gecertificeerd volgens de norm die specifiek voor offshore windturbines is opgesteld. Daarbij wordt de offshore windturbine (dat wil zeggen de combinatie van windturbine en ondersteuningsconstructie) in het geheel gecertificeerd

volgens de eisen vermeld in 'Rules and Regulations for Offshore Wind Energy Converters' van het certificeringsinstituut Germanischer Lloyd (Germanischer Lloyd, 1998).
De ontwerplevensduur van onderdelen van een gecertificeerde windturbine bedraagt tenminste 20 jaar.

Tijdens de gebruiksfase wordt het hoogspanningsstation en elke offshore windturbine bewaakt met een geavanceerd computersysteem. Een defecte installatie schakelt zichzelf automatisch uit. Daarbij wordt bij een windturbine de rotor zonodig tot stilstand gebracht. Dat gebeurt ook bij te harde wind en wanneer er, ondanks bliksemafleiders, blikseminslag optreedt.
In het 'Veiligheidsplan' zijn strenge veiligheidseisen opgenomen voor de bedrijfsvoering van het offshore windpark (Vestas et al, 2000).

12.1.5 *IJsafzetting*
IJsafzetting op (draaiende) rotorbladen kan een gevaar vormen voor mensen, die zich in de omgeving van een windturbine bevinden, omdat stukken ijs kunnen worden weggeslingerd. Bij grote ijsafzetting komt de draaiende rotor in onbalans waardoor de gondel gaat trillen. Op dat moment schakelt de trillingsbeveiliging de windturbine uit en kunnen geen stukken ijs weggeslingerd worden. Uit onderzoek blijkt overigens dat de risico's, die samenhangen met afvallend ijs, zeer klein zijn (SWOV, 1992).

12.1.6 *Bladbreuk*
Bladbreuk treedt op wanneer als gevolg van vermoeiing of een intern gebrek het rotorblad voortijdig bezwijkt. Bladbreuk kan ook optreden als gevolg van blikseminslag. E-Connection heeft goede ervaringen opgedaan met het stilzetten van windparken bij naderend onweer. Het voordeel daarbij is dat de rotor stilstaat bij een eventuele blikseminslag, waardoor de omvang van de eventuele bliksemschade beperkt wordt. Ook is in dat geval de kans nihil dat bij beschadiging van de rotor door blikseminslag, delen van de rotor weggeslingerd worden. Het afbrekende deel van het rotorblad zal in dat geval naast de windturbine in zee vallen.

12.1.7 *Aanvaring tegen draaiend rotorblad*
Als een groter schip dicht langs een windturbine vaart, is het mogelijk dat een draaiend rotorblad het schip of een bemanningslid raakt. Het effect van een dergelijke botsing is afhankelijk van de afmetingen van het schip, de kracht waarmee het rotorblad het schip raakt en de aanwezigheid van personen op de plaats van de inslag.

12.1.8 *Helikopterongevallen*
Bij helikoptervervoer bestaat de (zeer geringe) kans dat de helikopter als gevolg van een calamiteit in zee stort. Daarbij kunnen de bemanningsleden en de passagiers persoonlijk letsel oplopen.
Ook kan milieuschade optreden, omdat bij een ongeval de brandstof van de helikopter in het milieu terecht kan komen.

12.1.9 *Veiligheidsnormen*
Voor het beoordelen van de aanvaardbaarheid van veiligheidsrisico's van het offshore windpark is een referentiekader nodig. Er zijn echter geen formele normen of richtlijnen beschikbaar voor toelaatbare risico's als gevolg van aanvaringen en/of aandrijvingen van schepen met windturbines (of tussen schepen onderling).

Om toch een referentiekader te hebben, is aansluiting gezocht bij de normen, die het Ministerie van VROM hanteert voor risico's van gevaarlijke activiteiten op land in het kader van inrichtingen en transport van gevaarlijke stoffen (Haskoning, 2000).

De risiconormen zijn gebaseerd op de kans van overlijden van personen. Er wordt onderscheid gemaakt in twee gestandaardiseerde risicomaten:

- *Individueel Risico (IR):* de kans per jaar dat een persoon dodelijk wordt getroffen door een ongeval als hij zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats zou bevinden.

- *Groepsrisico (GR):* de kans per jaar dat in de omgeving van het risico-object in één keer een groep personen dodelijk wordt getroffen door de gevolgen van een ongeval.

Voor nieuwe situaties (bijvoorbeeld een offshore windpark) in de omgeving van gevaarlijke activiteiten op land is het Maximaal Toelaatbare Individueel Risico (MTR) bepaald op 10^{-6}. Dit betekent dat een persoon gemiddeld eens in de miljoen jaar slachtoffer wordt van een ongeval. Bij nieuwe situaties mag deze norm niet worden overschreden; het MTR is een grenswaarde. Overigens gaat de norm uit van permanente aanwezigheid van een persoon op de betreffende plaats. Dit is dus een goede benadering voor een woonomgeving, maar voor het offshore windpark geldt dat personen alleen voor een zeer korte periode in de directe omgeving van het park zullen zijn. Daardoor is de norm in het geval van het offshore windpark niet goed te gebruiken.

In tegenstelling tot het IR, bestaan voor het GR verschillende normen voor inrichtingen voor en transport van gevaarlijke stoffen. Hoewel het offshore windpark op zich niet gevaarlijk is, worden de normen met betrekking tot het transport van gevaarlijke stoffen het best bruikbaar geacht als methode voor de risico-benadering. Naar verwachtingen kunnen bij aanvaringen of aandrijvingen van schepen met elkaar of met windturbines van het offshore windpark alleen ongevallen met meer dan 10 doden ontstaan wanneer schepen gevaarlijke stoffen transporteren. Door de aanvaring of aandrijving kunnen de gevaarlijke stoffen exploderen of vrijkomen en iedereen aan boord doden. De enige uitzondering hierop is een aanvaring of aandrijving met een veerboot ('ferry'). Ook dan kunnen meer dan 10 doden vallen, echter zonder dat dit veroorzaakt wordt door het transport van gevaarlijke stoffen

De norm voor het GR is een richtwaarde, waar het bevoegd gezag gemotiveerd van mag afwijken. 'De oriënterende waarde voor het GR per km route is bepaald op 10^{-4} per jaar (één op de tienduizend per jaar) voor 10 slachtoffers, 10^{-6} per jaar (één op de miljoen per jaar) voor 100 slachtoffers, etc.' (Tweede Kamer, 1995).

Bij afwezigheid van geschikte normen kunnen de veiligheidsrisico's van het offshore windpark ook worden gerelateerd aan het huidige veiligheidsbeeld op de Noordzee. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat beschouwt het Nederlands Continentaal Plat zowel in absolute als in relatieve zin als veilig. 'Over de periode 1978 - 1995 kwamen gemiddeld per jaar nog geen 25 ongevallen voor (...). Gemiddeld zijn er op het NCP ten gevolge van scheepvaartongevallen 3 doden of vermisten per jaar te betreuren' (Ministerie van V&W, DGSM, 1996).

Tenslotte kan men de veiligheidsrisico's vergelijken met de algemene verkeersrisico's op het land. Het risico op een ongeval met dodelijk letsel als gevolg van deelname aan het verkeer in een auto bedraagt $1{,}75 \times 10^{-4}$ per jaar (NMP, 1989).

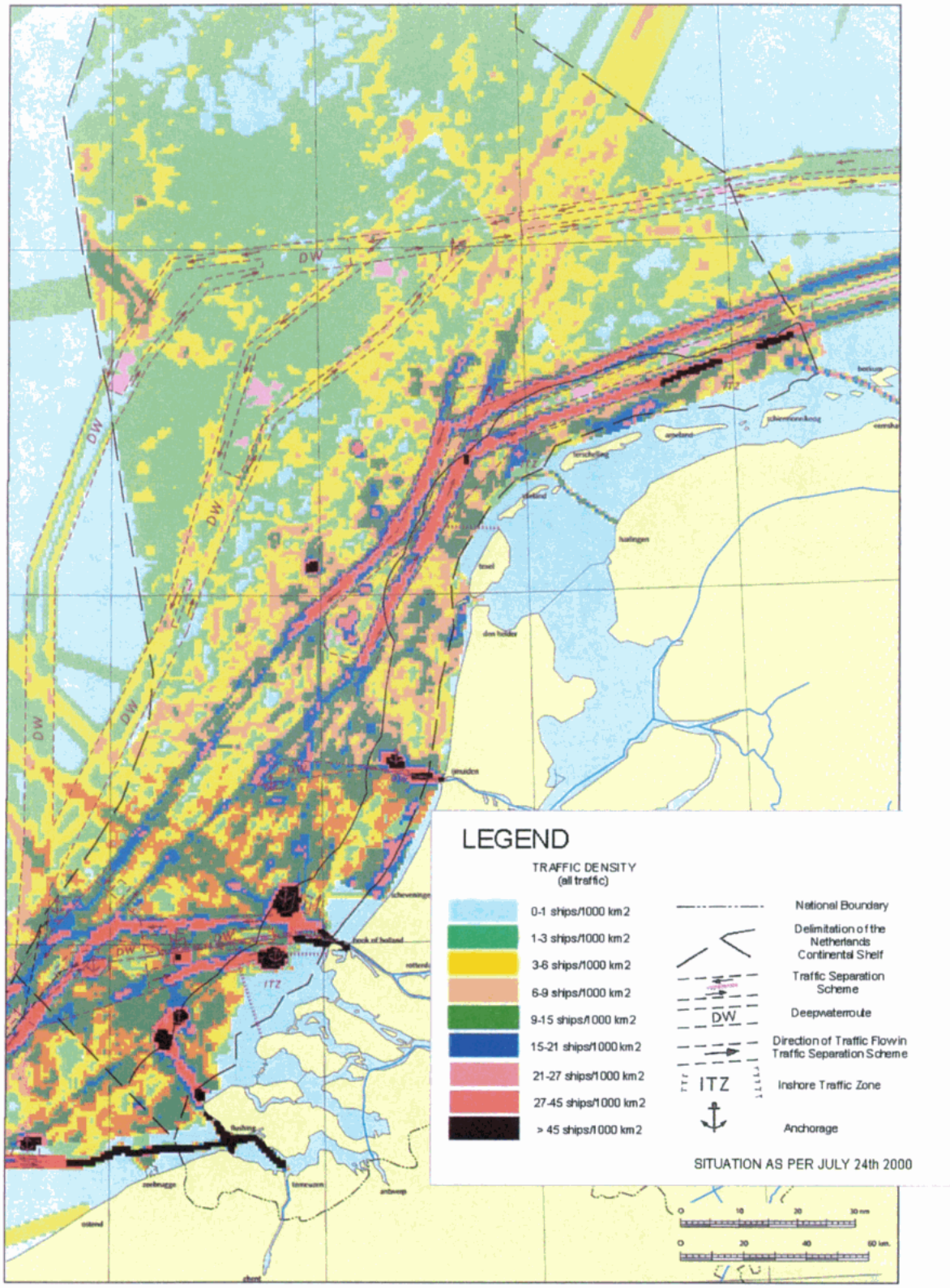
12.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

12.2.1 *Intensiteit scheepvaartverkeer*

De Noordzee is in vergelijking met andere zeeën drukbevaren. Het Nederlands Continentaal Plat (inclusief de 12 mijlszone) is het drukst bevaren deel. Op ieder moment van de dag varen er gemiddeld 390 schepen. Jaarlijks worden ongeveer 260.000 scheepsreizen gemaakt, waarbij in totaal ongeveer 50 miljoen kilometers worden afgelegd (Ministerie van V&W, 2000a). Het routegebonden scheepvaartverkeer op het NCP vormt ongeveer 49 procent van de totale scheepvaart (Ministerie van V&W, 1998).

De gegevens omtrent het verkeersbeeld voor het routegebonden verkeer worden getoetst aan de waarnemingen door middel van vliegtuigen (VONOVI-vluchten). Het niet routegebonden verkeer wordt geheel door middel van deze waarnemingen bepaald. De huidige verkeersdatabase van MARIN voor het niet routegebonden verkeer berust grotendeels op waarnemingen uit de periode 1983 - 1991.
Bij een veiligheidsstudie als deze is het belangrijk de gemodelleerde verkeersafwikkeling te toetsen met praktijkgegevens. In 1999 en 2000 werden 30 VONOVI-vluchten uitgevoerd. Er hebben 11 vluchten plaatsgevonden in het noordelijke gebied en 19 vluchten boven het zuidelijke gebied.
Het routegebonden verkeer gedraagt zich zoals door MARIN in het CALMOD-model is gemodelleerd. De verkeersafwikkeling is conform de modellering. In het ankergebied voor IJmuiden en ten zuidoosten van de voorkeurslocatie Q7-WP ligt een groot aantal ankerliggers.

Uit de VONOVI-vluchten blijkt (MARIN, 2000a), dat vissers direct na het verlaten van IJmuiden koers zetten naar het Noorden en vrijwel allemaal tussen de kust en een punt op 8 kilometer uit de kust voor Egmond aan Zee doorvaren. Dit betekent dat ze over het algemeen niet hoeven om te varen om hun bestemming te bereiken en nog steeds dezelfde routes dicht langs de kust kunnen blijven gebruiken, ook nadat het offshore windpark Q7-WP gerealiseerd is. Wel blijft de kans bestaan op het risico van een aanvaring door een fout of een storing. Ditzelfde geldt voor de recreatievaart.

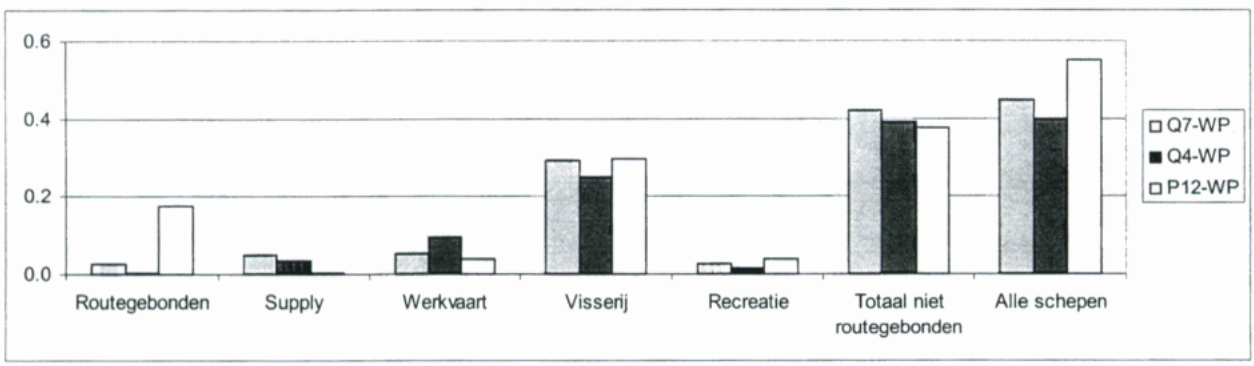


Figuur 12.2 Dichtheden van scheepvaart op de Noordzee
Bron: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000

De resultaten van de analyse van de scheepvaartintensiteiten in het gebied van de voorkeurslocatie 07 -WP en de alternatieven zijn gegeven in tabel 12.3 en figuur 12.4 (MARIN, 2000b).

LOCATIE	Route-gebonden schepen	Niet routegebonden schepen					ALLE SCHEPEN
		Supply	Werk-vaart	Visserij	Recreatie	Totaal niet route-gebonden	
Q7-WP	0.026	0.05	0.05	0.29	0.03	0.42	0.45
Q4-WP	0.005	0.03	0.10	0.25	0.01	0.39	0.40
P12-WP	0.173	0.00	0.04	0.30	0.04	0.38	0.55

Tabel 12.3 Gemiddeld aanwezige schepen per gridcel (8 x 8 km) in het zeegebied waar de voorkeurslocatie en locatiealternatieven gesitueerd zijn.



Figuur 12.4 Dichtheid (per 64 km²) van het huidige scheepvaartverkeer in het zeegebied waar de voorkeurslocatie en locatiealternatieven gesitueerd zijn.

Uit tabel 12.3 en figuur 12.4 volgt dat de scheepvaartintensiteiten van routegebonden schepen door het zeegebied van locatiealternatief P12-WP het grootst is. Aangezien dit locatiealternatief toch ver van de herkomst/bestemming IJmuiden af ligt, hoeft dit niet te betekenen dat veel omgevaren moet te worden. Bij het niet routegebonden verkeer zijn de verschillen niet groot.

De dichtheid en gedetailleerde samenstelling van het zeescheepvaartverkeer in de omgeving van de locaties is bepaald aan de hand van de gegevens uit de 'MANS-database' van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat over het zeescheepvaartverkeer (MARIN, 2000b).

Chemicaliëntankers
De ernst van een ongeval zal vooral samenhangen met het scheepstype en de daarmee samenhangende kans dat het schip door het ongeval schade oploopt (met kans op dodelijke letsel) of dat het schip (een deel van) haar brandstof of lading (van gevaarlijke stoffen) verliest en daarmee het milieu verontreinigt.

Chemicaliëntankers Categorie A + B van 5.000 GT en groter mogen geen gebruik maken van het Texel-verkeerscheidingstelsel. Deze schepen moeten de 'diep water route' volgen, die zich op grotere afstand van de kust bevindt (Ministerie V&W, DGG, 2000). In de praktijk houdt dit verbod in dat vrijwel geen chemicaliënschepen van 5.000 GT en groter de scheepvaartroutes Maas - Texel volgen en dus ook niet op korte afstand langs het offshore windpark varen.

Autonome ontwikkeling
Wat betreft de scheepvaart wordt bij een autonome ontwikkeling geen noemenswaardige toename van het aantal scheepsbewegingen verwacht. Verwacht wordt dat het aantal grote schepen toeneemt in verhouding tot het aantal kleinere schepen (MER NSW, 2000). Er zal zich ook geen belangrijke toename van obstakels voor de scheepvaart voordoen. Er wordt slechts een beperkte uitbreiding van offshore olie- en gaswinning verwacht, als gevolg van een uitbreiding van het aantal kleine velden in exploratie en exploitatie en een afname van het aantal grote velden.

12.2.2 *Platforms langs scheepvaartroutes*
Platforms voor olie- of gaswinning kunnen een obstakel vormen voor de scheepvaart. Het is echter toegestaan een platform te plaatsen op een afstand van 500 meter van de belangrijke scheepvaartroutes tussen het verkeersscheidingsstelsel Maas en het verkeersscheidingstelsel Texel.
Een aantal platforms staat momenteel op ongeveer 500 meter afstand van hoofdvaarroutes opgesteld: zie tabel 12.5. Ook verder uit de kust bevindt zich een aantal platforms aan de rand van belangrijke scheepvaartroutes.

Platform	Type	Afstand tot de kust	Scheepvaartroute
P18-A	Olie	circa 17 km	Maas > Texel noordgaand
P15-E	Olie	circa 24 km	Texel > Maas zuidgaand
Halfweg	Olie	circa 25 km	Maas > Texel noordgaand
Q4-A	Gas	circa 26 km	Maas > Texel noordgaand

Tabel 12.5 Productieplatforms opgesteld op 500 meter van belangrijke scheepvaartroutes

In de periode 1970 tot en met 1999 hebben zich slechts twee incidenten voor gedaan met een platform. In 1988 heeft een op drift geraakt schip en in 1999 een visserschip een platform geraakt. In beide gevallen is weinig schade aan platform of schip aangericht (Oranjewoud, 1999).
Recent hebben zich nog twee aanvaringen tussen (kleinere) schepen en een platform voorgedaan. In beide gevallen was sprake van schade aan het schip, maar niet van olievervuiling of slachtoffers. In het ene geval (platform P12-C en een geladen coaster van 3200 DW) is het platform ernstig beschadigd. Ook in het tweede geval (platform P15-F en een survey-vaartuig) is sprake van schade aan het platform, maar de omvang hiervan wordt nog onderzocht.

12.2.3 *Helikopterverkeer boven de Noordzee*

Vrijwel alle personeel van offshore olie- en gasplatforms wordt per helikopter vervoerd van en naar deze offshore platforms.
De nabijgelegen onbemande gasplatforms Q4-A en Q4-B worden eens in de 4 à 6 weken met een helikopter bezocht. Bij bemande platforms in de Noordzee is de bezoekfrequentie hoger.

Het meeste helikopterverkeer boven het Nederlands Continentaal Plat wordt gevormd door het hoisten van loodsen naar zeeschepen. Daarbij wordt de loods per helikopter naar of van het schip op zee gehoist.
Bij hoisten worden mensen vanuit een stationair in de lucht hangende helikopter aan een kabel neergelaten op of opgehesen vanaf het dek van het schip. De helikoptertypen die voor het hoisten van loodsen worden gebruikt (en ook zullen worden gebruikt voor het hoisten naar offshore windturbines), zijn standaard uitgerust met twee motoren. Indien één motor uitvalt, is de helikopter in staat stil te blijven hangen op de andere motor, zodat de hoist operatie veilig afgewikkeld kan worden en teruggevlogen kan worden naar de basis.
In de periode van 1990 t/m 2000 zijn in totaal meer dan 60.000 heli-hoist operaties uitgevoerd naar schepen voor de Nederlandse kust. Gedurende deze periode hebben zich geen ernstige ongevallen voorgedaan tijdens het hoisten van loodsen naar zeeschepen (Schreiner Airways, 2001).

In het jaar 2000 zijn meer heli-hoist operaties uitgevoerd dan in 1999 (Schreiner Airways, 2001). Naar verwachting zal het gebruik van de helikopter voor het vervoeren van loodsen van en naar zeeschepen toenemen, omdat het aantal grotere schepen naar verwachting toe zal nemen .

12.2.4 *Veiligheidsbeeld scheepvaart*

Een overzicht van het huidige veiligheidsbeeld voor de scheepvaart op de Noordzee is weergegeven in figuur 12.6, waarin alle ongevallen op het NCP in de periode 1978 tot en met 1995 zijn opgenomen. Een overzicht van de aard van het ongeval en de gevolgen is weergegeven in tabel 12.7.

Type ongeval	Aantal ongevallen	Aantal doden	Milieuschade[1]
Aanvaring	10,1	0,8	0,1
Contact	2,8	-	0,2
Stranden	4,5	-	-
Brand/explosie	2,2	0,2	0,1
Zinken	4,1	2,0	0,2
Overig	0,6	0,2	-
Totaal	24,3	3,2	0,6

Tabel 12.7 Ongevalgegevens op het NCP (inclusief de 12-mijlszone) in de periode van 1978 tot en met 1995 als jaargemiddelde gegevens.
Bron: Ministerie van V&W, 2000a
[1] = Het aandeel van de ongevallen waarbij milieuschade is opgetreden.

Gemiddeld per jaar vonden gedurende de periode 1978 - 1998 nog geen 25 ongevallen op het gehele NCP plaats (Ministerie van V&W, DGG, 2000). De betrokkenheid van de routegebonden schepen bij ongevallen neemt in de loop van de tijd geleidelijk af en die van de niet routegebonden schepen (met name visserijschepen) geleidelijk toe.
Ongevallen met ernstige gevolgen voor mens en/of milieu komen zelden voor (gemiddeld 3 doden of vermisten per jaar). Ongevallen ontstaan in de meeste gevallen door een samenloop van omstandigheden, waarbij vooral menselijke factoren (66 procent), vaartechnische omstandigheden (51 procent), uitwendige factoren (weer, waarbij zichtomstandigheden het belangrijkst zijn; 36 procent) en factoren met betrekking tot het schip/lading (17 procent) een rol spelen (Ministerie van V&W, 2000a).

12.2.5 *De Kustwacht*

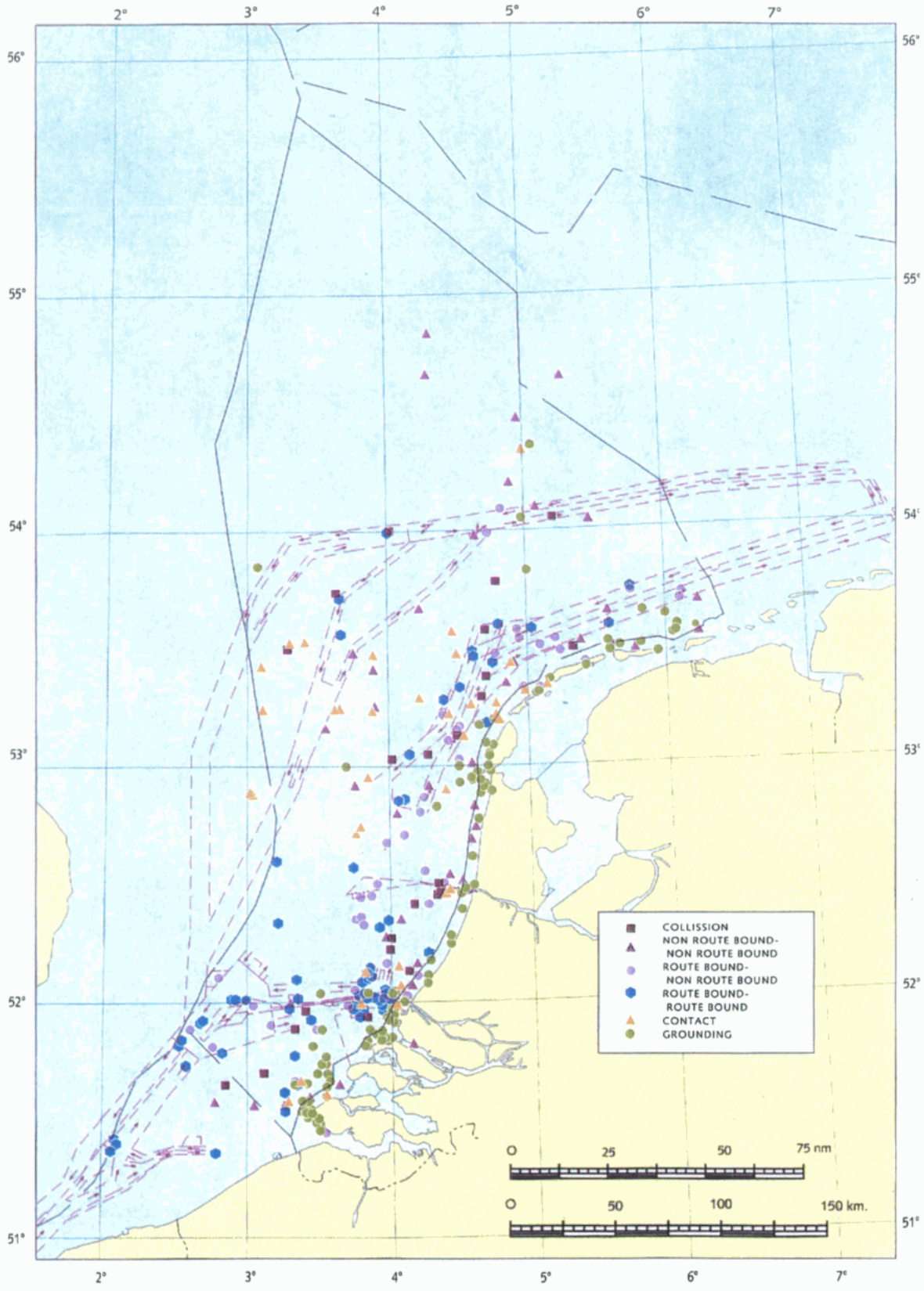
In de Kustwacht werken de zes ministeries, die belast zijn met de uitvoering van operationele Noordzee taken, samen. De operationele leiding van de Kustwacht is organiek ondergebracht bij de Koninklijke Marine van het Ministerie van Defensie.
Tot de taken van de Nederlandse Kustwacht in de territoriale zee en het Nederlands deel van het NCP behoren o.a. (Kustwacht brochure):

- Handhaven rechtsorde en het verlenen van hulp,
- Controle naleving scheepvaart verkeersvoorschriften,
- Handhaving milieuvoorschriften,
- Coördinatie en uitvoering van hulpverlenings- en reddingsacties.

De Kustwacht heeft hiervoor onder andere de beschikking over een opsporingsvliegtuig met een speciale camera, die ook onder slecht zicht omstandigheden in staat is schepen te identificeren (Ministerie van V&W, RWS-DNZ, 1999, en Kustwachtcentrum, 1999).
Tevens maakt de Kustwacht gebruik van sleepboot 'Waker', die onder contract staat van het Ministerie van Verkeer & Waterstaat. Dit schip dient ter voorkoming (en beperking van de omvang) van calamiteiten met schepen op zee. Bij windkracht vanaf circa 5 Beaufort ligt 'Waker' op zee op station: een locatie ten westen van Texel.
Schepen, die stuurloos of motorloos ronddrijven op de Noordzee, zijn verplicht dat te melden aan de Kustwacht. Wanneer het risico bestaat dat het schip tegen een olie- of gasplatform aan kan drijven, waarschuwt de Kustwacht de operator van dit platform, die vervolgens de olie- of gaswinning kan afsluiten. Wanneer een drijvend schip een bedreiging vormt voor een platform is het de bedoeling dat de 'Waker' het drijvende schip wegsleept naar een minder bedreigende locatie. 'Waker' is in staat ook bij zware storm op zee op station te blijven (Kustwachtcentrum, 2001).

12.2.6 *Zeestroming*

De zeestroming is van belang bij het bepalen van het risico van drijvende schepen. Ter hoogte van de voorkeurslocatie en de alternatieven is de stroming parallel aan de kust in noord-noordoostelijke richting of juist in de tegenovergestelde zuid-zuidwestelijke richting.
De stroming langs de Nederlandse kust ter hoogte van de locaties varieert van 0,2 tot 1,4 zeemijl/uur. De sterkste stroming in noord-noordoostelijke richting treedt op bij springtij 1 uur na hoogwater bij Hoek van Holland (Hydrografische Dienst, 1992).
Ten gevolge van stormwind neemt de driftsnelheid van met name schepen met een groot windvangend oppervlak toe.
De maximale driftsnelheid, die wordt aangehouden, bedraagt 1,5 m/s (Haskoning, 2000). Dit komt overeen met een snelheid van 5,4 km/uur (= 2,9 zeemijl/uur).



Figuur 12.6 Verspreiding van ongevallen met scheepvaart (inclusief de 12 mijlszone) in de periode 1978 tot 1998
Bron: Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2000

12.2.7 *Aandrijvingen door op drift geraakte ankerliggers*

Schepen die voor anker gaan in het ankergebied bij de IJ-geul, moeten toestemming vragen van het Haven OperatieCentrum IJmuiden (HOC IJmuiden). Als de omstandigheden zodanig zijn dat risico bestaat dat de ankers gaan krabben (zware zeegang en/of stormwind), worden de geankerde schepen actief bewaakt door het HOC IJmuiden. De positie van het geankerde schip wordt bewaakt met behulp van de radar. Zodra de radar signaleert dat het schip van positie veranderd, wordt automatisch een alarmmelding gegeven. De dienstdoende operator van HOC IJmuiden waarschuwt vervolgens het schip dat het anker krabt (Haven OperatieCentrum IJmuiden, 2000).
Wanneer de weersomstandigheden zodanig zijn dat het risico bestaat dat het anker kan krabben, staat vaak de motor al stand-by. Na de constatering dat het anker krabt, is de scheepsmotor binnen 20 minuten op vermogen of kan een tweede anker worden uitgezet. Vanaf stormwind 9 Beaufort of meer hebben vrijwel alle ankerliggers hun anker gelicht en wachten verder op zee beter weer af om de haven van IJmuiden binnen te kunnen lopen (Haven Operatiecentrum IJmuiden, 2000).

De periode, dat ankerliggers maximaal op drift zijn, bedraagt dus circa 20 minuten. De maximale driftsnelheid bedraagt 5,4 km/uur (= 2,9 zeemijl/uur). De maximale afstand, die een driftende ankerligger in die tijd aflegt, bedraagt ten hoogste 1,8 km (= 1,0 zeemijl).

12.2.8 *VTS IJmuiden en walradar*

In alle aanloopgebieden naar en toegangen tot grotere zeehavens bevinden zich bemande verkeersposten van waaruit met behulp van radar- en communicatieapparatuur het scheepvaartverkeer interactief kan worden begeleid. Dit netwerk van verkeersposten heet de Vessel Traffic Services (VTS). Voor de voorkeurslocatie Q7-WP en alternatief Q4-WP is de radarinstallatie van VTS IJmuiden van belang.

In het kader van de uitbreiding van de VTS radar in IJmuiden zal ook een installatie in Zandvoort worden geplaatst. Deze wordt gekoppeld aan de radarinstallatie te IJmuiden.

12.3 Effecten van het offshore windpark

12.3.1 *Methode van effectbeschrijving*

Bij de berekening van de veiligheidseffecten voor de scheepvaart is er vanuit gegaan dat het gebied in een zone van 500 meter rond het offshore windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard. Dat houdt in dat schepen een afstand van ten minste 500 meter ten opzichte van het offshore windpark moeten aanhouden en dat dus ook niet gevist mag worden binnen deze zone en in het windpark.
Bij het onderzoek naar de risico's voor de scheepvaart zijn eerst de risico's in kaart gebracht, als gevolg van de verhoogde scheepvaart intensiteit in de directe omgeving van het offshore windpark. Vervolgens zijn de risico's geanalyseerd en gekwantificeerd van mogelijke aanvaringen of aandrijvingen van schepen tegen de windturbines of het hoogspanningsstation van het offshore windpark (MARIN, 2000b)

12.3.1.1 *Bezwijkvormen offshore windturbine*
Remmingswerken
Bij offshore platforms worden vaak remmingswerken ('fenders') toegepast. Deze 'fenders' zijn echter alleen in staat om de botsingsenergie als gevolg van de aanvaring van een bevoorradingsschip te absorberen.
Bij de offshore windturbines worden alleen eenvoudige houten bootlandings en geen 'fenders' toegepast. De redenen om geen 'fenders' bij de windturbines toe te passen zijn:

- de hoge kosten zowel van aanschaf en onderhoud als gevolg van de sterke aangroei;
- de extra golfbelasting op de constructie als gevolg van de grotere diameter op de waterlijn;
- het risico van openrijten van de zijwand van schepen die langs de windturbine schampen of dwarsscheeps tegen de windturbine aandrijven.

Bij het offshore hoogspanningsstation worden wel 'fenders' toegepast, omdat het station op een jacket constructie op vier palen wordt geplaatst. Bij een jacket vormen de extra aangroei en extra golfbelasting geen probleem. Verder is vanwege de vele scherpe delen van het hoogspanningsstation, de kans op het openrijten van schepen ook zonder 'fenders' een reëel risico.

Schade-analyse aanvaringen en aandrijvingen
Door MARIN is eerst een overzicht opgesteld van de scheepstypen en scheepsgroottes die de scheepvaartroutes ('links') Maas - Texel - IJmuiden volgen en die dus in de omgeving van het offshore windpark kunnen voorkomen.
Vervolgens zijn een aantal kenmerkende schepen als voorbeeldtype geselecteerd. Deze voorbeeldtypen representeren voor het betreffende scheepstype en de betreffende scheepsklasse de meest ongunstige situatie ('worst case') voor wat betreft het mogelijke aantal doden en de optredende milieuschade. De voorbeeldtypen zijn:

- Een passagierschip van 60.000 GT;
- Een met olie geladen bulkcarrier van 60.000 GT;
- Een met LPG geladen gastanker van 10.000 GT; .
- Een geladen chemicaliëntanker van 5.000 GT;
- Een zogeheten kruiplijn-coaster van ongeveer 1.600 GT.

Om niet alleen de grotere koopvaardijschepen te analyseren is ook de schade als gevolg van een aanvaring en een aandrijving door een coaster gedetailleerd geanalyseerd.
De Technische Universiteit Delft (TUD-Maritiem, 2000) heeft alle relevante kenmerken van deze voorbeeldtypen verzameld. Dit betreft gegevens over:

- Scheepsafmetingen;
- Aanwezig zijn en afmetingen van bulbs
  (In verband met de vraag waar het schip de offshore windturbine het eerste raakt.);
- Massa en waterverplaatsing;
- Maximum vaarsnelheid;
- Bouwtekeningen.

Daarna is voor elk voorbeeldtype de schade gedetailleerd geanalyseerd op basis van een zo realistisch mogelijke modellering van windturbine en schip bij (Hessels & van Rooij, 2000):

- Een frontale aanvaring;
- Een schampende aanvaring;
- Een aandrijving.

Een goede schade- en veiligheidsanalyse is niet alleen van belang voor de beoordeling door het bevoegd gezag van de risico's voor derden in het kader van de vergunningverlening, maar ook van groot belang voor een beoordeling van de risico's voor de veiligheid van operators en onderhoudsmedewerkers, die op het offshore windpark aan het werk kunnen zijn, en voor de beoordeling van de te verzekeren risico's.

Frontale aanvaringen
Wanneer een schip in aanvaring komt met een windturbine zal de boeg de eerste klap opvangen. De boeg van de meeste schepen (met uitzondering van de recreatievaart) kan een aanzienlijke hoeveelheid botsingsenergie absorberen. De constructie van de scheepsboeg vóór het aanvaringsschot (voorpiekschot) is zeer stijf, en deze ruimte bevat geen lading of scheepsbrandstof (bunkerolie).

Het grootste risico voor persoonlijk letsel en verontreiniging van het milieu wordt gevormd door de situatie waarbij de zware turbinegondel op het schip valt.
De experts verwachten dat in circa 10% van de gevallen bij een frontale aanvaring de gondel van de windturbine op het dek van het schip valt. Bij circa 90% van de frontale aanvaringen zal de windturbine in z'n geheel bezwijken en omvallen in zee in de richting van het schip af. De toegepaste offshore windturbine is zodanig ontworpen, dat deze bezwijkt in de zeebodem waardoor de gehele windturbine inclusief mast op de zeebodem valt (Expert meeting, 2000). Daardoor bestaat geen risico op beschadiging van de kiel van het schip en dat lading of bunkerolie in het milieu terecht komt.

Schampende aanvaringen
Wanneer de aanvaring niet frontaal plaatsvindt, zal een deel van de botsingsenergie worden geabsorbeerd door vervorming van de scheepswand (en windturbine) en een deel door de verandering van de verplaatsingsrichting van de scheepsmassa. In deze situatie is de hoeveelheid energie, die door het schip en de windturbine moet worden opgenomen, minder dan bij een frontale aanvaring, met als gevolg een evenredig minder effect voor het schip. Bij het schampen zal het zeer stijve voordek van het schip de botsingsenergie zonder ernstige schade opvangen (Expert meeting, 2000).
Een toenemend aantal tankerschepen die gevaarlijke stoffen vervoeren, hebben een dubbele scheepswand en dubbele scheepsbodem. Deze dubbele wand en bodem zijn ontworpen om een aanzienlijke hoeveelheid botsingsenergie te absorberen zonder dat het schip lek raakt en lading in het milieu komt. Voor tankers wordt de dubbele scheepswand en de dubbele bodem vanaf 2015 verplicht. Voor chemicaliëntankers geldt deze verplichting vanaf 2007.

Aandrijvingen
Bij een aandrijving drijft een schip met de zeestroming en de wind mee. Een drijvend schip zal een offshore windturbine meestal dwarsscheeps raken. Omdat de snelheid van een aandrijving veellager is dan bij een aanvaring, is de schade aan schip en windturbine ook minder. Bij een aandrijving van schepen groter dan 10.000 GT bezwijkt de windturbine in de zeebodem, waardoor de gehele windturbine inclusief mast op de zeebodem terechtkomt (Expert meeting, 2000).

12.3.1.2 *Bezwijkvormen offshore hoogspanningstation*
Het hoogspanningsstation wordt net als bij olie- en gasplatforms op een jacket op de zeebodem geplaatst. De vier poten van deze jacket zijn bevestigd aan stalen buizen die in de zeebodem zijn geheid. De jacket van het hoogspanningsstation wordt zodanig ontworpen, dat het platform na vernietiging van één van de vier poten niet in zee stort. Bij een aanvaring zal een schip zich kunnen 'vastvaren' tussen de poten van de jacket. Wanneer de kracht van de aanvaring voldoende groot is, zodat meer dan één ondersteuningspoot kapot gevaren wordt, zal het hoogspanningsstation in zee storten.
Als voorzichtige (meest ongunstige) aanname wordt er in dit MER van uit gegaan, dat bij aanvaringen door schepen groter dan 500 GT en bij aandrijvingen door schepen groter dan 10.000 GT, het hoogspanningsstation bezwijkt, de lading- en brandstoftanks van het schip lek raken en persoonlijk letsel ontstaat.

12.3.1.3 *Milieuschade*
Bij het aanvaren en aandrijven van een schip tegen het offshore windpark kan milieuschade ontstaan. Dat kan zijn als gevolg van verontreiniging van de Noordzee met olie of met chemicaliën.

Olieverontreiniging
De mogelijke oorzaken van olieverontreiniging zijn:

A. Olieverontreiniging ten gevolge van weglekkende ladingolie van beschadigde olietankers (bijvoorbeeld ruwe aardolie en olieproducten),
B. Olieverontreiniging ten gevolge van beschadigde brandstoftanks met 'bunkerolie' (dieselolie, stookolie),
C. Olieverontreiniging ten gevolge van een kapot gevaren hoogspanningsstation (ongeveer 40 - 60 ton minerale koelolie van de transformator en 100 liter dieselolie),
D. Olieverontreiniging ten gevolge van een omgevaren windturbine (maximaal 250 liter smeer- en hydrauliekolie en 100 liter dieselolie).

Bij aanvaringen en aandrijvingen van een schip tegen een offshore windturbine is de olieverontreiniging genoemd onder D van belang. Bij aanvaringen en aandrijvingen tegen het hoogspanningsstation is de olieverontreiniging genoemd onder A, B en C van belang. Dieselolie is qua verdampingseigenschappen vergelijkbaar met kerosine. In het MER Winning van aardgas in blok Q4 wordt geconcludeerd dat een kerosinevlek (hoofdzakelijk door verdamping) binnen 24 uur verdwenen zal zijn (Oranjewoud, 1999).

Chemicaliënverontreiniging
Met het CALMOD-MANS-model is door MARIN op dezelfde manier als voor olie, de frequentie van de lozing en de omvang bepaald worden. Ten behoeve van de POLSSS-studie is een classificatie systeem opgezet voor de ernst van een chemicaliënlozing.

Met deze Ecological Risk Indicator (ERI) worden vijf waarden onderscheiden:

- *Very Large Ecological Risk*: De meeste levensvormen, zowel op het water, als in het water, als op de zeebodem worden met acute sterfte bedreigd. Het gebied zal zich pas na een groot aantal jaren herstellen.
- *Large Ecological Risk*: De meest gevoelige levensvormen of enkele levensvormen op bijvoorbeeld de zeebodem zullen bedreigd worden met acuut sterfgevaar
- *Medium Ecological Risk*: Delen van het ecosysteem worden bedreigd maar zullen niet leiden tot acute sterfte, echter, de weerstand van de levende organismen zal minder worden. Verschillende organismen zullen meer kwetsbaar zijn voor levensbedreigende ziekten veroorzaakt door de vervuiling.
- *Low Ecological Risk*: Verschillende delen van het ecosysteem zullen een verschil merken in hun omgeving. Het effect daarvan zal opgemerkt worden, maar zal niet levensbedreigend zijn, ook niet op lange termijn.
- *Negligible Ecological Risk*: Er treden geen noemenswaardige effecten op in het ecosysteem. Het systeem herstelt zich binnen enkele dagen.

Een onvoorziene lozing wordt ingedeeld in een van deze klassen op basis van de stof, de grootte van de lozing en de plaats waar de lozing optreedt, dus de ecologische waarde van het gebied. De ontwikkeling van de ERI bevindt zich nog in een experimenteel stadium en moet nog geëvalueerd worden. Dit houdt in dat voorzichtig moet worden omgegaan met conclusies op basis van de gepresenteerde waarden. De ERI biedt echter enig houvast voor een bepaling en ranking van de milieuschade.

12.3.2 *Beschrijving effecten*

Aanvaringen als gevolg van omvaren

Voor de voorkeurslocatie Q7-WP geldt, dat de effecten buiten het windpark als gevolg van een verhoogde verkeersintensiteit door het omvaren zeer klein zijn.
De grootste relatieve verandering treedt op bij het gemiddelde aantalongevallen: een toename met 0,0235 per jaar. Ten opzichte van het gemiddelde aantalongevallen op het gehele NCP van 24,3 ongevallen per jaar betekent dit een toename van slechts 0,1%. Uit de consequenties van deze ongevallen, zoals de kosten en de hoeveelheid uitstroom, blijkt dat het hierbij in het algemeen kleine schadegevallen betreft. Ondanks de toename van het aantal ongevallen neemt de uitstroom zelfs af met gemiddeld 0,7 m^3 ladingolie per jaar. Deze vermindering van uitstroom wordt veroorzaakt door een kleine vermindering van het aantal aanvaringen en aandrijvingen met platforms, omdat de platforms iets gunstiger komen te liggen ten opzichte van de gewijzigde verkeersstromen.
Ten gevolge van het omvaren moet gemiddeld 340 zeemijl/jaar extra worden afgelegd. Dit is minder dan 0,001% van het totaal aantal afgelegde zeemijlen op het NCP .

Aanvaringen van schepen tegen een windturbine

Hoewel de mast van de windturbine bestaat uit een stalen buis met een wanddikte van 40 - 60 mm en de totale massa van de bovensectie van de mast en gondel ruim 170 ton is, zal bij een aanvaring door een schip groter dan 10.000 GT de windturbine altijd bezwijken. Experts van het Centrum Maritieme Constructies van TNO, die onderzoek verrichten naar aanvaringsschade aan schepen, en van de afdeling Maritieme Techniek van de Technische Universiteit Delft verwachten, dat slechts circa 5% van de aanvaringen tussen een schip en een offshore windturbine frontaal is en 95% schampend (Expert meeting, 2000).

Aandrijvingen van schepen tegen een windturbine
Een driftend schip zal een windturbine veelal dwarsscheeps en met relatief lage snelheid raken. De zijkant van het schip zal weliswaar beschadigen, maar de botsingsenergie kan door de scheepswand worden geabsorbeerd. Bij een aandrijving zullen de scheepstanks niet lek raken, mits de offshore windturbine geen (vaste, niet meebewegende) uitstekende stalen delen heeft. Bij een aandrijving van schepen groter dan 10.000 GT is de kracht van het driftende schip zodanig groot, dat de windturbine omgeduwd wordt. Daarbij bezwijkt de monopaal op of net onder het aangrijpingspunt in de zeebodem, zodat de windturbine op de zeebodem valt.
Bij aandrijvingen tegen een offshore windturbine bestaat niet het risico dat de gondel van de windturbine afbreekt en op het dek van het driftende schip valt, omdat de klap van de botsing veel minder groot is dan bij een frontale of schampende aanvaring op kruissnelheid (Expert meeting, 2000).
Afhankelijk van de botsingsenergie kan de windturbine in meer of mindere mate beschadigd raken als gevolg van een aandrijving. In bepaalde gevallen kan de windturbine scheef gedrukt worden, zonder dat veel schade aan de windturbine optreedt. De toelaatbare ontwerp scheefstand resulteert in een uitslag van 1,22 meter ter plaatse van de gondel. De scheefstand waarbij nog bedrijf gevoerd kan worden, is echter mede afhankelijk van de aard van de beschadiging aan windturbine en aan de in klemming in de zeebodem. Indien de scheefstand te groot is, moet deze eerst hersteld worden. Dit kan door aanpassing van het tussenstuk tussen monopaal en de bovensectie van turbinemast.

Aandrijvingen tegen hoogspanningsstation
Het hoogspanningsstation wordt voorzien van 'fendering', die in staat is de botsingsenergie als gevolg van de aandrijving van een bevoorradingsschip te absorberen. Driftende (grotere) koopvaardijschepen hebben echter als gevolg van zeestroming en wind zoveel kinetische energie dat de botsingskracht voldoende is om het hoogspanningsstation omver te kunnen duwen.
Het aandrijvingrisico voor het hoogspanningsstation is even gering als en vergelijkbaar met de kans op aandrijvingen tegen olie- en gasplatforms op de Noordzee.

Aandrijvingen met driftende ankerliggers
Uit de meest recente VONOVI-vluchten blijkt dat er zich vrijwel geen ankerliggers in de buurt van de voorkeurslocatie Q7-WP bevinden. Wanneer de huidige gegevens voor het gebied worden vergeleken met die van de VONOVI-vluchten uit 1983 - 1991, valt op dat de schepen tegenwoordig nauwkeuriger in het voorgeschreven ankergebied voor anker gaan dan in de periode 1983 - 1991.
De voorkeurslocatie Q7-WP bevindt zich het dichtst bij dit ankergebied. De kortste afstand bedraagt circa 3,2 km (= 1,7 zeemijl). Ervan uitgaande dat het Haven Operatiecentrum IJmuiden toezicht houdt op de plaats waar schepen ankeren en op de positie van ankerliggers, is het risico van aandrijvingen door driftende ankerliggers voor de voorkeurslocatie (en de alternatieven) verwaarloosbaar.

Samenvatting aanvaringen en aandrijvingen
Het MARIN heeft de kans op en de gevolgen van aanvaringen en aandrijvingen van schepen tegen de offshore windturbines en het hoogspanningsstation (HS-station) geanalyseerd met behulp van het CALMOD-MANS-model (MARIN, 2000b). Dit model is ook gebruikt bij de veiligheidsanalyse voor het Near Shore Windpark.
De belangrijkste effecten voor de scheepvaart van een offshore windpark op de voorkeurslocatie en op de locatiealternatieven zijn samengevat in tabel 12.8.

Categorie	Q7-WP	Q4-WP	P12-WP
Aanvaringen *routegebonden* schepen met windpark:	0.0026	0.0047	0.0098
Aanvaringen *niet routegebonden* schepen met windpark:	0.0029	0.0035	0.0029
Totaal aanvaringen met windturbines + HS-station	*0.0055*	*0.0082*	*0.0127*
Aandrijvingen *routegebonden* schepen met windpark:	0.0430	0.0546	0.0576
Aandrijvingen *niet routegebonden* schepen met windpark:	0.0408	0.0405	0.0388
Totaal aandrijvingen met windturbines + HS-station	*0.0839*	*0.0951*	*0.0964*
Totaal aanvaringen en aandrijvingen windpark:	**0.0894**	**0.1033**	**0.1091**

Tabel 12.8 Overzicht van de aanvarings- en aandrijvingsfrequenties (uitgedrukt in aantal per jaar) met de windturbines en het HS-station van het offshore windpark.

De kans op een aanvaring met het windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP is eens in de 182 jaar (zie tabel 12.8). De kans op een aandrijving met het windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP is eens in de 12 jaar.

Effecten in het windpark
Een offshore windturbine bevat een beperkte hoeveelheid stoffen die bij een aanvaring of aandrijving in het milieu terecht kunnen komen.
De gondel van een windturbine bevat circa 250 liter olie, in hoofdzaak smeerolie voor de tandwielkast en een kleine hoeveelheid hydrauliekolie. Onderin de mast bevindt zich een dieselaggregaat voor de noodstroomvoorziening van de markeringsverlichting. Voor dit aggregaat is een brandstofvoorraad van ten hoogste 100 liter dieselolie aanwezig. In dit MER is er van uit gegaan, dat bij bezwijken van een offshore windturbine de smeer-, hydrauliek en dieselolie volledig in het milieu terechtkomen.
Wanneer bij een aanvaring de smeer-, hydrauliek- en dieselolie volledig in het milieu terechtkomen, ontstaat aanvankelijk een drijffilm op het wateroppervlak. Deze film vormt een potentieel gevaar voor met name zwemvogels zoals de zeekoet, waar de olie de natuurlijke vetlaag en structuur van de veren beïnvloedt waardoor ze niet meer waterbestendig zijn. De olie zal echter verdampen en een deel zal, afhankelijk van de weersomstandigheden, verdwijnen door dispersie en oplossen in de waterkolom. Gelet op de relatief beperkte hoeveelheid olie, die vanuit één windturbine in het milieu kan komen, zal deze binnen enkele uren verdwenen zijn ten gevolge van verdamping en natuurlijke dispersie.

Bij het bezwijken van de windturbine constructie ontstaat, in het geval deze op dat moment aanwezig zijn, ook persoonlijk letsel bij de onderhoudsmedewerkers.

De transformator van het offshore hoogspanningsstation bevat circa 40 - 60 ton koelolie. De minerale olie, die hiervoor zal worden gebruikt, is biologisch afbreekbaar volgens de norm OECD/301B (Fortum Brochure).
In dit MER wordt er van uit gegaan, dat wanneer het hoogspanningsstation als gevolg van een aanvaring of aandrijving bezwijkt, deze koelolie in het milieu terecht komt, evenals de voorraad dieselolie van ten hoogste 100 liter.

Wanneer bij een aanvaring de totale hoeveelheid transformatorolie in het milieu terechtkomt, ontstaat aanvankelijk ook een olievlek op het wateroppervlak. Deze vlek kan, afhankelijk van de weersomstandigheden, maximaal een omvang krijgen van ongeveer 2,5 km^2. Als gevolg van afbreking, verdamping, dispersie en oplossen zal de vlek binnen 48 uur verdwijnen (Fay, 1971).
Ook ontstaat, in het geval deze op dat moment aanwezig zijn, persoonlijk letsel bij de onderhoudsmedewerkers.

Persoonlijk letsel voor zeevarenden
De kans op persoonlijk letsel aan boord van schepen doet zich alleen voor in het geval dat als gevolg van de aanvaring of aandrijving de gondel van de windturbine of het gehele hoogspanningsstation op het dek van het schip terechtkomt. Het MARIN heeft deze effecten berekend met het CALMOD-model.
In tabel 12.9 staat onder 'directe doden' het verwachte aantal doden vermeld ten gevolge van het feit dat de gondel of het hoogspanningsstation op het dek van het schip valt. De kolom 'Groepsrisico' van tabel 12.9 bevat informatie over de frequentie waarmee een ongeval kan voorkomen waarbij meer dan 10 doden vallen. Drie situaties worden hierbij onderscheiden, namelijk:

- Bij een aanvaring met een gastanker wordt een gastank doorboord. Een ontploffing volgt en iedereen aan boord wordt gedood. Hierbij is aangenomen dat dit gebeurt in alle gevallen, waarbij de gondel of het hoogspanningsstation op het dek van de gastanker valt.
- Bij een aanvaring met een chemicaliëntanker wordt een tank doorboord. Giftige stoffen komen vrij en iedereen aan boord wordt gedood. Hierbij is aangenomen dat de doorboorde tank een giftig gas bevat en dat dit scenario optreedt in alle gevallen, waarbij de gondel of het hoogspanningsstation op het dek van de chemicaliëntanker valt.
- Bij een aanvaring met een ferry. Door de klap van de aanvaring, de vallende gondel of het vallende hoogspanningsstation zullen vrijwel altijd meer dan 10 passagiers gedood worden.

De kans op meer dan 10 dodelijke slachtoffers is bij de overige ongevallen vrijwel nihil, omdat te weinig mensen aan boord aanwezig zijn die risico lopen. Bij deze ongevallen bestaat ook geen scenario waarbij vrijwel alle bemanningsleden gedood worden.

De resultaten van de berekeningen van MARIN met het CALMOD-MANS-model voor de voorkeurslocatie Q7-WP en de locatiealternatieven zijn gepresenteerd in tabel 12.9 (MARIN, 2000b).

Groepsrisico bij aanvaringen en aandrijvingen tegen het hoogspanningsstation
Hoewel de kans op aanvaring of aandrijving met het hoogspanningsstation veel kleiner is dan voor één enkele offshore windturbine, is het groepsrisico van het hoogspanningsstation groter dan voor alle 60 windturbines gezamenlijk. Dit komt door de grote schade aan het schip als gevolg van een aandrijving tegen het offshore hoogspanningsstation in vergelijking tot de schade aan het schip bij aandrijving tegen een offshore windturbine.

Scheepstype	Q7-WP Directe doden		Q7-WP Groeps-risico	Q4-WP Directe doden		Q4-WP Groeps-risico	P12-WP Directe doden		P12-WP Groeps-risico
	Gemiddeld aantal doden per aanvaring	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de ..... jaar meer dan 10 doden	Gemiddeld aantal doden per aanvaring	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de ..... jaar meer dan 10 doden	Gemiddeld aantal doden per aanvaring	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de ..... jaar meer dan 10 doden
Olietanker	0,40	0,000001	0	0,59	0,000000	0	0,39	0,000003	0
Chemicaliën-tanker	0,54	0,000000	2.380.952	0,56	0,000000	3.498.542	0,56	0,000001	775.695
Gastanker	0,59	0,000000	13.483.146	0,61	0,000000	9.230.769	0,45	0,000000	1.621.622
Containerschip	0,38	0,000039	0	0,39	0,000067	0	0,37	0,000152	0
Ferry	23,55	0,000059	397.219	23,68	0,000084	281.822	23,36	0,000064	365.742
Visserij schip	0,82	0,000000	0	0,82	0,000001	0	0,82	0,000000	0
Overige	0,40	0,000008	0	0,42	0,000013	0	0,40	0,000032	0
Sommatie alle windturbines	**0,84**	**0,000107**	**332.042**	**0,79**	**0,000165**	**253.646**	**0,51**	**0,000253**	**215.517**
Hoog-spannings-station:	**0,72**	**0,000207**	**51.545**	**0,71**	**0,000267**	**219.547**	**0,29**	**0,000132**	**104.880**

Tabel 12.9 De kans op persoonlijk letsel ten gevolge van aanvaringen van een schip met de windturbines en het hoogspanningsstation (HS-station) op de voorkeurslocatie en de locatiealternatieven.

Extern risico
Hiervoor is de kans op persoonlijk letsel van personen aan boord van het aanvarende of aandrijvende schip aan de orde geweest. Er bestaat echter theoretisch ook risico op letsel voor personen, die niet beroepsmatig betrokken zijn. Juist voor deze groep externen zijn de grootheden Individueel Risico (IR) en Groepsrisico (GR) ontwikkeld. De externen bij een aanvaring van een schip met een windpark bevinden zich echter op grote afstand. Zelfs het dichtstbijzijnde schip, dat toevallig passeert, bevindt zich vanwege de veiligheidszone op tenminste 500 meter afstand.
Vanwege de grote afstand van het offshore windpark tot de kust wordt ook voor personen op de kust voldaan aan de norm voor het individueel risico en de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico.

Persoonlijk letsel in het windpark
Indien een offshore windturbine of het hoogspanningsstation bezwijkt door een aanvaring of aandrijving, worden de onderhoudsmedewerkers, die op dat moment aanwezig zijn, ook slachtoffer .
Tijdens het preventieve onderhoud in de zomerperiode, bevinden zich gedurende maximaal twee dagen ten hoogste vier mensen in een windturbine. Het werkschip blijft tijdens deze werkzaamheden stand-by. Tijdens het verhelpen van storingen bevinden zich twee mensen in een windturbine. Storingen worden uitsluitend bij daglicht verholpen. Na het verhelpen van de storing worden de mensen weer met de helikopter opgehaald. Er wordt rekening gehouden met twee storingen per windturbine per jaar.

De kans dat een windturbine van het offshore windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP wordt aangevaren, is eens in de 182 jaar.

Uitgaande van een gelijke aanvaringskans voor elke dag van het jaar en een gelijke kans voor alle 60 windturbines, bedraagt het aanvaringsrisico voor het offshore windpark Q7-WP 2×10^{-7} per etmaal. Bij een totale aanwezigheidsduur van 32 uur per jaar per windturbine, betekent dit een persoonlijk risico voor de eventueel aanwezige onderhoudsmedewerkers van 8×10^{-7} per jaar: dat wil zeggen eens in de 1.250.000 jaar (MARIN, 2000b).
Voor een medewerker die werkzaam is in het offshore windpark, is de kans op dodelijk letsel als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een schip tegen het windpark, dus een factor 76 kleiner dan de kans op een dodelijk ongeluk met de auto ($1{,}75 \times 10^{-4}$ per jaar) (NMP, 1989).

Omdat driftende schepen op het NCP verplicht zijn zich te melden bij de Kustwacht, zal de Kustwacht, net zoals nu bij olie- en gasplatforms gebeurd, de operator van het offshore windpark waarschuwen. Omdat het hoogspanningsstation en elke windturbine voorzien is van een heli-hoist platform, kunnen de eventueel aanwezige onderhoudsmedewerkers binnen circa 20 minuten van boord worden gehaald door de helikopter.

Effecten voor de recreatievaart
Pleziervaartuigen met een lengte tot 20 meter zullen als gevolg van een aanvaring met een windturbine aanzienlijke schade oplopen. Een stalen pleziervaartuig zal de botsing het best doorstaan. Een polyester pleziervaartuig zal de grootste schade oplopen.
Het grootste deel van de recreatievaart betreft zeilschepen met een lengte tot circa 12 meter. Zeiljachten van deze lengte hebben in het algemeen masten met een lengte tot circa 14 meter. Dergelijke zeiljachten zullen vrijwel altijd langs een offshore windturbine schampen. De kans op een frontale aanvaring is vrijwel verwaarloosbaar. Omdat de rotorbladen van de windturbine niet lager komen dan circa 16 meter boven gemiddeld zeeniveau is het risico dat de mast van een dergelijk zeiljacht geraakt zou worden door de draaiende rotor verwaarloosbaar. Ook in het geval van aandrijvingen van dit type zeiljachten met een offshore windturbine is de kans op ernstige ongevallen verwaarloosbaar (Expert meeting, 2000).

Bij de grotere recreatievaart is de kans op een frontale aanvaring gering. De schepen zullen vrijwel altijd langs een offshore windturbine schampen. Bij een aandrijving wordt geen ernstige schade aan het schip verwacht.
Bij een groot zeiljacht met een hoge mast bestaat de kans dat de (draaiende) rotor de mast of tuigage beschadigt. In het geval dat als gevolg hiervan de mast en tuigage op het dek terechtkomen, bestaat de kans op een ongeval met circa 5 dodelijke slachtoffers (Expert meeting, 2000). .

Milieuschade: Olieverontreiniging
De verontreiniging van de zee als gevolg van de veel minder vluchtige transformator-, smeer- en hydrauliekolie is in tabel 12.10 opgeteld bij de verontreiniging als gevolg van ladingolie van schepen (MARIN, 2000b).

Hoeveelheid olie-uitstroom in m3 per aanvaring of aandrijving	Voorkeurslocatie Q7-WP			Locatiealternatief Q4-WP			Locatiealternatief P12-WP		
	Frequentie	Eens in de ..... jaar	Gemiddelde hoeveelheid per jaar in m3	Frequentie	Eens in de ..... jaar	Gemiddelde hoeveelheid per jaar in m3	Frequentie	Eens in de .....jaar	Gemiddelde hoeveelheid per jaar in m3
0,25		*58*	*0,004*		*45*	*0,006*		*34*	*0,007*
20-150		*3.465*	*0,020*		*2.669*	*0,023*		*2.190*	*0,032*
150-750							0,000001	1.285.678	0,000
750-3.000	0,000000		0,000	0,000000		0,000	0,000001	1.003.756	0,002
3.000-10.000	0,000000	68.166.326	0,000	0,000000	22.988.506	0,000	0,000001	976.165	0,006
10.000-30.000	0,000002	526.177	0,044	0,000000	4.046.972	0,006	0,000001	1.254.076	0,016
30.000-100.000	0,000001	913.965	0,075	0,000000	8.141.736	0,009	0,000001	846.883	0,086
>100.000	0,000000	4.047.832	0,031	0,000000	74.889.538	0,002	0,000000	26.994.561	0,004
Totaal			**0,174**			**0,045**			**0,153**

Tabel 12.10 Verontreiniging van de zee met ladingolie van schepen en transformator-, smeer- en hydrauliekolie van de windturbine als gevolg van aanvaringen en aandrijvingen met het offshore windpark.

De verontreiniging van de zee als gevolg van de dieselolie voor de noodstroomvoorziening is in tabel 12.11 opgeteld bij de mogelijke verontreiniging als gevolg van bunkerolie, omdat deze brandstoffen vergelijkbare verdampingseigenschappen hebben.

Hoeveelheid olie-uitstroom in m3 per aanvaring of aandrijving	Voorkeurslocatie Q7-WP			Locatiealternatief Q4-WP			Locatiealternatief P12-WP		
	Frequentie	Eens in de ..... jaar	Gemiddelde hoeveelheid per jaar in m3	Frequentie	Eens in de ..... jaar	Gemiddelde hoeveelheid per jaar in m3	Frequentie	Eens in de ..... jaar	Gemiddelde hoeveelheid per jaar in m3
0,1		*58*	*0,002*		*45*	*0,002*		*34*	*0,002*
<150	0,000008	125.602	0.000	0,000006	167.556	0,000	0,000003	320.120	0,000
150-500	0,000002	439.871	0.001	0,000007	147.821	0,002	0,000011	93.310	0,003
500-2.000	0,000160	6.269	0.155	0,000227	4.403	0,220	0,000257	3.897	0,259
2.000-5.000	0,000125	7.991	0.301	0,000135	7.417	0,324	0,000186	5.373	0,448
Totaal			**0,458**			**0,549**			**0,712**

Tabel 12.11 Verontreiniging van de zee als gevolg van bunkerolie van schepen en dieselolie van de noodstroomvoorziening als gevolg van aanvaringen en aandrijvingen met het offshore windpark (MARIN, 2000b).

Milieuschade: vergelijkingsnorm
De gemiddelde jaarlijkse uitstroom van olie in zee op het Nederlands Continentaal Plat als gevolg van ongevallen bedraagt ongeveer 3.000 m³. De totale olieverontreiniging als gevolg van aanvaringen en aandrijvingen van schepen met het offshore windpark op de voorkeurslocatie bedraagt 0,6 m³ per jaar.
Bovendien kan men stellen dat dankzij de besparing van fossiele energie als gevolg van het offshore windpark, minder olieverontreiniging ontstaat ten gevolge van de winning van olie op zee en het transport van ruwe olie over zee. Het MARIN komt tot de volgende vergelijking (MARIN, 2000b).
De jaaropbrengst van het offshore windpark (350 GWh) komt overeen met een besparing aan primaire energie van 60.000 ton olie-equivalenten per jaar. In Rotterdam komt jaarlijks 100 miljoen ton ruwe olie aan. Wanneer 50% van de totale hoeveelheid ruwe olie, die over het NCP getransporteerd wordt, onderweg is naar Rotterdam, wordt jaarlijks 200 miljoen ton ruwe olie over het NCP getransporteerd. In totaal stroomt er als gevolg van ongevallen op het NCP ruim 3.000 m³ olie in zee. Een vermindering in het vervoer van 60.000 ton olie betekent dus gemiddeld een afname van 0,9 m^3 van de olieverontreiniging van de Noordzee als gevolg van ongevallen.

Deze vermindering van 0,9 m^3 van de olieverontreiniging is groter, dan de gemiddelde olieverontreiniging als gevolg van ongevallen met het offshore windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP .Hierbij is geen rekening gehouden met de vermindering van de milieubelasting buiten het NCP als gevolg de vermindering van het transport van olie met 60.000 ton.

Milieuschade: chemicaliënverontreiniging
Omdat alleen bij aanvaringen en aandrijvingen met het hoogspanningsstation risico bestaat op het lek raken van chemicaliëntankers, vormt dit de basis voor de berekening van de risico's vermeld in tabel 12.12.

Ecological Risk Indicator	Voorkeurslocatie Q7-WP	Locatiealternatief Q4-WP	Locatiealternatief P12-WP
Very Large Ecological Risk	0,000 000 410	0,000 000 035	0,000 000 546
Large Ecological Risk	0,000 000 016	0,000 000 002	0,000 000 013
Medium Ecological Risk	0,000 000 066	0,000 000 005	0,000 000 127
Low Ecological Risk	0,000 000 290	0,000 000 115	0,000 000 426
Negligible Ecological Risk	0,000 000 096	0,000 000 009	0,000 000 096
Totaal	**0,000 000 878**	**0,000 000 166**	**0,000 001 208**
Eens in de ..... jaar	**1,1 miljoen**	**6,3 miljoen**	**0,8 miljoen**

Tabel 12.12 Verontreiniging van de zee met chemicaliën als gevolg van aanvaringen en aandrijvingen met het offshore windpark (MARIN, 2000b).

In tabel 12.12 staat de kans op uitstroom van chemicaliën ingedeeld naar risicoklassen. De kans op verontreiniging van de zee met chemicaliën is voor een windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP zeer klein tot verwaarloosbaar. De kans op calamiteiten met chemicaliëntankers is voor een windpark op locatiealternatief Q4-WP het kleinst. Dit komt omdat de zeer grote chemicaliëntankers geen gebruik mogen maken van het Texel verkeersscheidingstelsel, maar de diep water route gebruiken, die op grote afstand van deze locatie ligt. Des te groter de afstand tot Maas- en IJ-geul en de diep water route, des te kleiner de kans op verontreinigingen door ongevallen met chemicaliëntankers.

Beïnvloeding radar
Voor de radarinstallaties op schepen is niet kwantitatief vast te leggen in welke richting of in welke mate schijndoelen of schaduwkegels zullen optreden. De scheepsradar is namelijk mobiel en er zijn verschillende radarparameters mogelijk. Uit onderzoek blijkt dat bij toepassing van conische buismasten en bij vermijding van verticale vlakken aan de windturbine, de kans op het optreden van schijndoelen en valse reflecties verwaarloosbaar is (Christiaan Huygens Lab, 1988).
Het offshore windpark wordt uitgevoerd met conische buismasten. De gondels van de windturbines en het hoogspanningsstation hebben geen verticale wanden. Alle wanden zijn schuin uitgevoerd.
De windturbines op de voorkeurslocatie Q7-WP vormen voor de radar bij IJmuiden smalle, hoge objecten. Daardoor treedt (vanuit de radar gezien) 'achter' de windturbines een reductie van de detectieafstand op. Dit schaduweffect wordt minder naarmate de afstand tussen radar en windturbine groter wordt.
Het maximale bereik van de radar bij IJmuiden in de richting van windpark Q7-WP bedraagt 35 km. De windturbines binnen het bereik van de radar bij IJmuiden staan opgesteld in een lijn parallel aan de radarbundel. Daardoor staan de windturbines uit één rij in de radarschaduw van de voorste windturbine en wordt de totale radarschaduw als gevolg van het windpark beperkt. De radarschaduw blijft op deze manier beperkt tot de breedte (= de diameter van de mast) van de offshore windturbine. De radar kan een schip, dat (vanuit de radar gezien) 'achter' het windpark langs vaart, tussen de rijen windturbines door 'zien', mits deze schepen breder zijn dan 6 meter.
Het effect op de radar van een offshore windpark op de locatie Q7-WP is bij de gekozen opstelling van de windturbines zodanig beperkt, dat daardoor het effect op de veiligheid voor de scheepvaart eveneens gering en aanvaardbaar is.
Door een dimensionering van mast en gondel conform het advies van de Verkeersdienst van Rijkswaterstaat (Ministerie van V&W, RWS, 1988) kunnen ook de effecten van het offshore windpark voor scheepsradar vrijwel geheel geëlimineerd worden. Het resterende, absolute effect is zeer gering en dus aanvaardbaar .

IJsafzetting
Omdat zich geen personen permanent ophouden in de omgeving van de windturbines is de kans op letsel of schade als gevolg van vallende stukken ijs verwaarloosbaar.

Bladbreuk
Op grond van studies in verband met plaatsing van windturbines op land, onder meer bij de opstelplaats in de veerhaven Perkpolder, bij ligplaatsen voor (gas-)tankers bij sluizen en bij de LNG-terminal in Zeebrugge, is vastgesteld dat het risico als gevolg een bladbreuk ook bij draaiende windturbines verwaarloosbaar is (TNO, 1993; KEMA, 1993; E-Connection, 2000).

E-Connection heeft een risico-analyse uitgevoerd voor de V66 2MW windturbine, die in het offshore windpark zal worden toegepast. De kans dat een afgebroken rotorblad meer dan 135 meter van de windturbine wordt weggeslingerd, blijkt kleiner dan 10^{-9} per jaar.
In de meest ongunstige situatie, namelijk dat een windturbine in overtoeren is (de rotor draait met 2x de nominale draaisnelheid én beide remsystemen hebben gefaald), kunnen de rotorbladen maximaal 285 meter weggeslingerd worden (E-Connection, 2001).
Wanneer het gebied en een zone van 500 meter rond het offshore windpark tot gesloten gebied voor de scheepvaart wordt verklaard, bestaat er dus geen risico dat een afgebroken rotorblad een passerend schip raakt.

Aanvaring tegen draaiend rotorblad
Het laagste punt dat een rotorblad bereikt, ligt circa 16 meter boven zeeniveau bij gemiddelde hoogwater bij springtij. Of het rotorblad het dek of het stuurhuis van een schip raakt, is afhankelijk van de draairichting van de rotor en de hoogte van dek en stuurhuis.
De rotorbladen zijn gemaakt van glasvezel versterkt polyester of epoxy kunststof. Dit maakt de rotorbladen flexibel. Het gedeelte van het rotorblad, dat het schip raakt, zal versplinteren.
De kracht waarmee de tip van een draaiend rotorblad het schip raakt, is berekend op ten hoogste 140 kN. Deze kracht is niet zodanig dat de stuurinrichting en/of de bemanning in het stuurhuis kunnen worden uitgeschakeld. De eventuele beschadiging aan het stuurhuis van een schip is niet relevant voor de beoordeling van milieurisico's en/of de kans op letselschade (Expert meeting, 2000).
De impact van het rotorblad is ook niet zodanig groot, dat het dek van een vrachtschip doorboord wordt. Wel bestaat de kans dat een bemanningslid, die zich buiten op het dek bevindt, dodelijk gewond zou kunnen worden door de botsing met de rotor. Omdat de bemanning de (draaiende) offshore windturbine al geruime tijd kan zien aankomen, is de kans gering, dat een bemanningslid niet tijdig een veilige plaats (aan dek of naar binnen) kan bereiken.
Bij een passagierschip bestaat het hoogste risico op dodelijke slachtoffers. Uitgaande van een dichtheid van één persoon per 5 m^2 en een inslaggebied van maximaal 40 m^2 kunnen maximaal 8 personen getroffen worden. Naast de kans op dodelijke slachtoffers, die zich op de plaats van inslag bevonden, kunnen personen gewond raken door rondvliegende stukken van het versplinterende deel van het rotorblad (Expert meeting, 2000).

12.4 Effecten van de locatiealternatieven

Aanvaringen en aandrijvingen
Ook voor locatiealternatief Q4-WP geldt dat de effecten als gevolg van een verhoogde verkeersintensiteit buiten het gebied van het offshore windpark zeer klein zijn. Het aantal ongevallen neemt toe met 0,0229 ongevallen per jaar. Ten opzichte van het totale aantal ongevallen op het NCP een toename met 0,1%. De vermindering van uitstroom van ladingolie bedraagt 0,5 m^3 per jaar en wordt ook hier veroorzaakt door een kleine verandering in het aantal aanvaringen en aandrijvingen met platforms, omdat de platforms iets gunstiger komen te liggen ten opzichte van de gewijzigde verkeersstromen.
Ten gevolge van het omvaren moet jaarlijks gemiddeld 450 zeemijl extra worden afgelegd door de scheepvaart. Dit is minder dan 0,001% van het totaal aantal afgelegde zeemijlen op het NCP.

Bij locatiealternatief P12-WP zijn de effecten buiten het gebied van het windpark als gevolg van het omvaren relatief groter dan bij voorkeurslocatie Q7-WP en alternatief Q4-WP. De toename van het aantalongevallen bedraagt 0,017 ongevallen per jaar. Ten opzichte van de totale uitstroom op het NCP bedraagt de vermindering van de hoeveelheid uitstroom van ladingolie 4,6 m^3 per jaar.
Anders dan bij voorkeurslocatie Q7-WP en alternatief Q4-WP wordt de verminderde uitstroom op twee fronten bereikt. De platforms komen iets gunstiger te liggen ten opzichte van de verkeersstromen, maar vooral omdat de route tussen IJmuiden en de Thames iets noordelijker komt te liggen, neemt de kans op conflicten (dus ook aanvaringen tussen schepen onderling) met olietankers van/naar Rotterdam af.

Het aantal aanvaringen bedraagt bij een windpark op alternatief Q4-WP eens in de 122 jaar en bij een windpark op alternatief P12-WP eens in de 79 jaar (zie tabel 12.8). Het aantal aandrijvingen bedraagt bij alternatief Q4-WP eens in de 11 jaar en bij alternatief P12-WP eens in de 10 jaar.

Persoonlijk letsel
Locatiealternatief P12-WP blijkt de meest ongunstige locatie voor het windpark met betrekking tot het groepsrisico: Eens in de 215.517 jaar bestaat de kans op een ongeval met meer dan 10 dodelijke slachtoffers (zie tabel 12.9). Voor locatiealternatief P12-WP kan een indicatie worden gegeven van het groepsrisico per kilometer vaarweg. Bij een lengte van het park van 3,5 km bedraagt deze kans ééns in de 750.000 jaar = 1,3 x 10^{-6} (MARIN, 2000b).

Voor dit groepsrisico bestaat geen norm. Voor binnenwater bestaat wel een oriëntatiewaarde van 10^{-4} voor het groepsrisico. Per kilometer vaarweg moet de kans op een ongeval waarbij 10 slachtoffers of meer optreden kleiner zijn dan deze oriëntatiewaarde. Dus zelfs in de meest ongunstige situatie wordt de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico voor een windpark op het meest ongunstige locatiealternatief P12-WP ruimschoots gehaald.

Milieuschade: olieverontreiniging
De totale olieverontreiniging tengevolge van aanvaringen en aandrijvingen met een windpark op de locatiealternatieven bedraagt voor Q4-WP 0,6 m^3 per jaar en voor P12-WP 0,9 m^3 per jaar (tabel 12.10 en tabel 12.11).

Milieuschade: chemicaliënverontreiniging
In tabel 12.12 staat de kans op uitstroom van chemicaliën voor een windpark op de voorkeurslocatie en de alternatieven Q4-WP en P12-WP. De kans op calamiteiten met chemicaliëntankers is voor een windpark op locatiealternatief Q4-WP het kleinst, gevolgd door een windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP en tot slot op het alternatief P12-WP.
De relatief lage kans op calamiteiten op alternatief Q4-WP wordt veroorzaakt door het feit, dat de zeer grote chemicaliëntankers geen gebruik mogen maken van het Texel verkeersscheidingstelsel, maar de diep water route gebruiken, die op grote afstand van deze locatie ligt. Des te groter de afstand tot Maas- en IJ-geul en de diep water route, des te kleiner de kans op verontreinigingen door ongevallen met chemicaliëntankers.

Beïnvloeding radar
Een deel van de windturbines van het windpark op locatiealternatief Q4-WP vormt voor de radar bij IJmuiden smalle, hoge objecten. Daardoor treedt (vanuit de radar gezien) 'achter' de windturbines een reductie van de detectieafstand op. Dit schaduweffect wordt minder naarmate de afstand tussen radar en windturbine groter wordt.
Het maximale bereik van de radar bij IJmuiden in de richting van windpark Q4-WP bedraagt 35 km. De windturbines binnen het bereik van de radar bij IJmuiden staan opgesteld in een lijn parallel aan de radarbundel. De radar kan een schip, dat binnen het radarbereik (vanuit de radar gezien) 'tussen' het windpark doorvaart, tussen de rijen windturbines door 'zien', mits deze schepen breder zijn dan 6 meter .
Voor wat betreft de mogelijke verstoring van de radar bij IJmuiden heeft locatiealtematief P12-WP de voorkeur. Dit alternatief ligt ver buiten het bereik van deze radar. Alternatief Q4-WP heeft vrijwel geen invloed op de radar bij IJmuiden. De voorkeurslocatie Q7-WP heeft relatief de meeste invloed op de radar te IJmuiden, deze invloed is echter zeer gering en dus aanvaardbaar

12.5 Effecten van de inrichting

Ashoogte van de windturbine boven zeeniveau
Wanneer de ashoogte toeneemt, neemt de kans op een botsing tussen de tip van het draaiende rotorblad en een schip af. De kans dat een schip echter zo dicht langs een windturbine vaart, is beperkt. Niettemin wordt de invloed van het milieu-alternatief 'ashoogte 70 meter' op de veiligheid als licht positief beoordeeld.

Grotere rotordiameter
Hoewel de ashoogte van de windturbines bij milieu-alternatief 'V80-offshore' hoger is, is vanwege de grotere rotordiameter de onderzijde van de rotor niet hoger boven zeeniveau dan in de basisinrichting het geval is. Daarom heeft dit milieu-alternatief geen invloed op de veiligheid.

Kleur van de windturbines
Een heldere, niet camouflerende kleur van de windturbines bevordert het contrast tussen het windpark en de zee en bevordert hiermee overdag de zichtbaarheid van het windpark voor de scheepvaart. Een camouflerende kleur, zoals grijsblauw, maakt dat de windturbines overdag minder goed zichtbaar zijn. Uit oogpunt van veiligheid heeft een heldere kleur, zoals in de basisinrichting het geval is, dus de voorkeur.

Onderlinge afstand tussen de windturbines
Hoewel dit voor de initiatiefnemer geen reële inrichtingsvariant is, heeft MARIN ook de veiligheidsrisico's berekend van een inrichting van het offshore windpark, die minder compact is. Bij deze inrichtingsvariant zijn de onderlinge afstanden tussen de windturbines circa 10% groter gekozen, dan in de basisinrichting het geval is. De onderlinge afstand tussen de windturbines bedraagt bij deze variant tenminste 600 meter, in plaats van 528 meter. In tabel 12.13 zijn de aanvarings- en aandrijvingsrisico's voor de basisinrichting en deze inrichtingsvariant vermeld.

Categorie	Q7-WP compact	Q7-WP 10% groter
Aanvaringen *routegebonden* schepen met windpark:	0,0026	0,0033
Aanvaringen *niet routegebonden* schepen met windpark:	0,0029	0,0038
Totaal aanvaringen met windturbines + HS-station	***0,0055***	***0,0071***
Aandrijvingen *routegebonden* schepen met windpark:	0,0430	0,0436
Aandrijvingen *niet routegebonden* schepen met windpark:	0,0408	0,0412
Totaal aandrijvingen met windturbines + HS-station	***0,0839***	***0,0848***
Totaal aanvaringen en aandrijvingen windpark:	**0,0894**	**0,0919**

Tabel 12.13 Overzicht van de aanvarings- en aandrijvingsfrequenties (uitgedrukt in aantal per jaar) met de windturbines en het hoogspanningsstation van het offshore windpark Q7-WP

Uit deze tabel blijkt dat een 10% grotere onderlinge afstand tussen de windturbines (een minder compacte inrichting) leidt tot hogere veiligheidsrisico's. Het risico op aandrijvingen verschilt nauwelijks, maar het risico op aanvaringen neemt iets toe. Deze toename van de risico's is een gevolg van de kortere afstand tussen de windturbines van het windpark en de scheepvaartroute Maas - Texel. De gekozen compacte basisinrichting heeft dus uit het oogpunt van scheepvaartveiligheid de voorkeur.
Het milieu-alternatief 'grote spacing' is niet doorgerekend, omdat bij deze inrichtingsvariant de windturbines in de scheepvaartroutes zouden worden geplaatst. Deze variant is op grond van scheepvaartveiligheid niet aanvaardbaar en voldoet overigens ook niet aan de randvoorwaarde van de intiatiefnemer, dat het windpark buiten de scheepvaartroutes moet worden geplaatst. Op grond van het voorgaande leidt het milieu-alternatief '5 x D' naar verwachting tot een verbetering van de veiligheid. Omdat dit inrichtingsalternatief voor de initiatiefnemer niet realistisch is, heeft MARIN dit milieu-alternatief niet doorgerekend.

Kleur van de windturbines
Een heldere, niet camouflerende kleur van de windturbines bevordert het contrast tussen het windpark en de zee en bevordert hiermee overdag de zichtbaarheid van het windpark voor de scheepvaart. Een camouflerende kleur, zoals grijsblauw, maakt dat de windturbines overdag minder goed zichtbaar zijn. Uit oogpunt van veiligheid heeft een heldere kleur, zoals in de basisinrichting, dus de voorkeur.

Parkopstelling
De basisinrichting is zodanig gekozen, dat ter plaatse van een scheepvaartroute de windturbines aan de periferie van het windpark de ligging van deze scheepvaartroutes accentueren. Het windpark draagt daarmee bij aan de herkenbaarheid van de scheepvaartroutes.
Een eenduidige, herkenbare buitengrens van het windpark met duidelijke oriëntatiepunten bevordert de herkenbaarheid van de vorm van het park. Dit is van belang uit oogpunt van scheepvaartveiligheid. Op grond van IALA aanbevelingen moet nautische markeringsverlichting worden aangebracht op alle windturbines, die op hoekpunten zijn geplaatst. Door het aantal hoekpunten te beperken, ontstaat een herkenbare contour.

Ook wordt voorkomen dat het windpark door een groot aantal hoekpunten een 'kerstboom' wordt. Het Directoraat Generaal Goederenvervoer heeft expliciet aangegeven dat zij op grond van scheepvaartveiligheid een 'kerstboom'-effect niet wenselijk acht.

De omtrek van de basisinrichting is duidelijk aangegeven door gemarkeerde hoekpunten. Bij het milieu-alternatief 'cirkelvorm' is de vorm weliswaar herkenbaar, maar de afstand tot de dichtstbijzijnde windturbine aan de periferie van het windpark is niet eenduidig. Om die reden wordt het milieu-alternatief 'cirkelvorm' minder gunstig beoordeeld dan de basisinrichting.

Beïnvloeding radar
Bij een (door de initiatiefnemer niet overwogen) inrichtingsvariant waarbij de windturbines worden opgesteld in lijnen, die niet parallellopen met de radarbundel van de radar te IJmuiden, neemt de radarschaduw van het windpark toe. Daardoor vermindert de mogelijkheid om schepen die achter of tussen de windturbines varen, met de radar waar te nemen.
Deze inrichtingsvariant (met niet parallelle lijnen) is dus vanuit veiligheidsoverwegingen ongewenst.

12.6 Effecten van onderhoud

De effecten op de veiligheid tijdens onderhoud aan het offshore windpark hangen met name samen met het benaderen, betreden en verlaten van de windturbine via het werkbordes en het heli-hoist platform op het dak van de gondel van de windturbine.

Preventief onderhoud per schip
De windturbines en overige installaties van het offshore windpark zijn zodanig ontworpen en aangepast, dat jaarlijks slechts één preventieve onderhoudsbeurt nodig is. Dit preventieve onderhoud vindt plaats tijdens de zomermaanden, de periode dat een offshore windpark relatief goed bereikbaar is voor schepen. Daarbij worden meerdere onderhoudsploegen tegelijkertijd met een schip vanaf de haven naar het offshore windpark gebracht. Vanaf dit werkschip wordt steeds één onderhoudsploeg naar een platform gebracht met een rubberboot (Zodiac). De ploeg stapt over op de ladder en klimt naar het werkbordes. Indien de golven te hoog worden, kan niet meer veilig worden overgestapt van de rubberboot naar de ladder. Het werkschip blijft tijdens de uitvoering van het onderhoud bij het offshore windpark liggen ter ondersteuning van de onderhoudsploegen.
In het Onderhoudsplan worden de werkwijze en procedures nader beschreven (Vestas, SMC, et al, 2000).

Storingsverhelpen per helikopter
Bij de windturbines, die voor het offshore windpark worden toegepast, wordt rekening gehouden met 1 à 2 ongeplande storingen per jaar. Buiten het zomerseizoen is de golfhoogte echter vaak te hoog om veilig van een boot over te kunnen stappen op de ladder van een windturbine. Daarom worden storingen verholpen met behulp van een helikopter, die de servicemedewerkers naar het offshore windpark brengt.

De Rijksluchtvaartdienst heeft goedkeuring verleend aan de procedure, die het mogelijk maakt om mensen naar en van de offshore windturbines en het hoogspanningsstation te 'hoisten' vanuit een helikopter (Ministerie van V&W, RLD, 2000). De veiligheidsaspecten vormden daarbij een belangrijk beoordelingspunt.

Tijdens het 'hoisten' staat de rotor van de windturbine altijd stil. Voordat een helikopter naar een offshore windturbine vliegt, wordt de rotor zonodig op afstand stilgezet. Na het verhelpen van de storing wordt de windturbine op afstand weer aangezet, maar pas nadat de helikopter het personeel weer heeft opgehaald.

Bij de ruim 60.000 helikopter-hoist operaties van loodsen naar zeeschepen heeft nog nimmer een ernstig ongeval plaatsgevonden. Het persoonlijk ongevalrisico als gevolg van het helikopter hoisten naar en van de windturbines is verwaarloosbaar, omdat de bemanning en de serviceploeg niet steeds dezelfde zijn.
In het weinig waarschijnlijke geval dat toch een ongeval plaatsvindt, kan dit leiden tot ten hoogste 5 doden en een verontreiniging met helikopterbrandstof (kerosine). De maximale hoeveelheid kerosine, die daarbij vrij kan komen, bedraagt circa 1 m^3. In het MER Winning van aardgas in blok Q4 wordt geconcludeerd dat een kerosinevlek (hoofdzakelijk door verdamping) binnen 24 uur verdwenen zal zijn (Cie MER, 2000a).

Veilig werken aan en in de windturbine
Bedrijfsongevallen door/van het onderhoudspersoneel tijdens de uitvoering van werkzaamheden aan de windturbine worden zoveel mogelijk beperkt door een goede zekering van het onderhoudspersoneel (valbeveiliging). Bij de certificering van de windturbines vormt arbeidsveiligheid één van de controlepunten. Een windturbine moet veilig beklommen kunnen worden en onderhoudswerkzaamheden in en buiten de gondel moeten veilig kunnen worden uitgevoerd.

12.7 Effecten van aanleg en verwijdering

Tijdens de aanleg en verwijdering van het offshore windpark, bewaakt de Dienst Kustwacht de veiligheid van de scheepvaart. De Dienst Kustwacht zal de scheepvaart informeren over tijdelijke obstakels. De aanwezige installatieschepen dragen zorg voor waarschuwing van de scheepvaart bij mist.
De effecten voor de veiligheid van de scheepvaart tijdens de aanleg en verwijdering van het offshore windpark zijn op deze wijze zoveel mogelijk beperkt en daarmee aanvaardbaar.

12.8 Effecten van de elektriciteitskabels naar de wal

Elke elektriciteitskabel veroorzaakt een magnetisch veld wanneer energie wordt getransporteerd. Bij een gebundelde driefasen wisselspanningkabel, zoals wordt toegepast bij het offshore windpark, heffen de magnetisch velden van de verschillende fasen elkaar op. Buiten de kabelbundel resteert een verwaarloosbaar magnetisch veld.
De meest ongunstige situatie treedt op wanneer het volledige vermogen van 120 MW over één 150 kV elektriciteitskabel wordt getransporteerd. De kabel wordt circa 1 meter diep in de zeebodem ingegraven. Het resterende magnetisch veld op de zeebodem ter plaatse van de kabel bedraagt in deze situatie 2,7 x 10^{-6} Tesla (E Connection, 2001b). Het aardmagnetisch veld op de Noordzee bedraagt circa 50 x 10^{-6} Tesla (Waardenburg, 1999).

Het magnetisch veld als gevolg van de elektriciteitskabels van het offshore windpark is dus gering en derhalve aanvaardbaar.

Uit de toelichting bij de vergunning op grond van de Wet beheer rijkswaterstaatswerken voor de elektriciteitskabel vanaf de Zeeuwse kust naar een offshore zendmast blijkt, dat de magnetische veldsterkte van de kabel die in dit project wordt toegepast, circa 4,3 x 10^{-6} Tesla bedraagt (Wbr-vergunning nr. 5139/98, Delta Radio). De toegestane magnetische veldsterkte van deze elektriciteitskabel is ruim 50 procent hoger dan de veldsterkte als gevolg van de elektriciteitskabel naar het offshore windpark.

Beïnvloeding van het kompas
Door de geringe magnetische veldsterkte van de elektriciteitskabels naar de wal en de nog aanzienlijk geringere magnetische veldsterkte van kabels in het windpark, is het effect van deze kabels op een magnetisch kompas verwaarloosbaar.

12.9 Standpunt Directie Transportveiligheid

De Afdeling Verkeersmanagement van de Directie Transportveiligheid van het Directoraat Generaal Goederenvervoer van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft op basis van de veiligheidsstudie, die door MARIN is uitgevoerd ten behoeve van dit MER, in januari 2001 verklaard dat 'met het oog op een veilige, vlotte en milieuvriendelijke afwikkeling van het scheepvaartverkeer op de Noordzee, geen bezwaren bestaan tegen de voorgestelde locaties van de geplande windmolenparken'.

12.10 Mitigerende maatregelen

Aanvaringen en aandrijvingen
Teneinde de kans op aanvaringen met offshore installaties voor bijvoorbeeld olie- en gaswinning te beperken, wordt door het bevoegd gezag in het algemeen een veiligheidszone van 500 meter rond deze installaties ingesteld. Het gebied binnen deze zones wordt tot gesloten gebied verklaard voor alle scheepvaart, met uitzondering van de werkvaart ten behoeve van de installaties.
Om de kans op aanvaringen met de windturbines van het offshore windpark te beperken, kan ook rond het windpark een veiligheidszone van 500 meter worden ingesteld. Windturbines en offshore installaties voor olie- en gaswinning kenmerken zich door een constructie vanaf de zeebodem tot boven het wateroppervlak. Het instellen van een veiligheidszone rond het offshore windpark komt overeen met het standpunt van de Afdeling Verkeersmanagement van het Directoraat-Generaal Goederenvervoer van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat ten aanzien van het Near Shore Windpark (MER NSW, 2000).

Het offshore windpark is uitgerust met markeringsverlichting en misthoorns. Aanvullende markeringen buiten het windpark zullen daarom naar verwachting niet bijdragen aan een vergroting van de veiligheid. Naar het oordeel van de Afdeling Transportveiligheid van het Directoraat-Generaal Goederenvervoer van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat dient een 'kerstboom-effect' vermeden te worden (Ministerie van V&W, DGG, 2000).

Sleephulp
Zoals hiervoor vermeld ligt sleepboot 'Waker' vanaf windkracht 5 Beaufort op zee op station. 'De Waker' kan uiteraard ook worden ingezet bij een dreigende aandrijving van een schip tegen het offshore windpark. 'Waker' kan tot een golfhoogte van ongeveer 6 meter nog een sleep vastmaken. Op verzoek van E-Connection heeft de Kustwacht in detail de omstandigheden onderzocht van alle driftende schepen die in het jaar 2000 zijn gerapporteerd (Kustwachtcentrum, 2001 b).
Daaruit blijkt dat ten tijde van deze drifters de golfhoogte varieerde van 0,5 - 5 meter. Deze driftende schepen hadden bij gevaar voor aandrijving met het offshore windpark weggesleept kunnen worden, mits 'Waker' tijdig gewaarschuwd wordt.
Wanneer een groot deel van de aandrijvingen door driftende schepen met het offshore windpark kan worden voorkomen door sleephulp, neemt ook het risico van olievervuiling sterk af.

Beïnvloeding radar
Het mogelijk optredende schaduweffect als gevolg van de windturbines van het offshore windpark op de voorkeurslocatie Q7-WP (of van de windturbines van een deel van het offshore windpark op locatiealternatief Q4-WP) wordt verminderd wanneer, zoals bij de autonome ontwikkeling is voorzien, de tweede radarsensor bij Zandvoort in gebruik wordt genomen en wordt gekoppeld aan de sensor bij IJmuiden.

Het plaatsen van een steunradar op een van de windturbines van het offshore windpark zal de kans op aanvaringen of aandrijvingen niet beperken. Bij een dreigende aanvaring van een schip met het windpark is bij falende stuurinrichting vaak te weinig tijd om nog voldoende koerscorrecties uit te kunnen voeren. Bij driftende schepen is het betreffende schip verplicht zelf de Kustwacht te waarschuwen. Een steunradar voegt hier niets aan toe.