

De visserij

Voor wat betreft de visserij gaat het in de Waddenzee vooral om schelpdieren: kokkels en mosselen. Dit zijn economisch gezien de belangrijkste producten; daarna komt de garnalenvisserij. De mosselvisserij is geconcentreerd rond kweekpercelen in het westelijk deel van het Waddenzeegebied. De mosselzaadvisserij, de kokkelvisserij en de garnalenvisserij vinden verspreid over de gehele Waddenzee plaats. Lauwersoog is een belangrijke vissershaven en beschikt over een visafslag. Noordpolderzijl is een kleine vissershaven zonder visafslag.

De visserij wordt gereguleerd door vergunningen van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Mossels en kokkels vormen een belangrijke voedselbron voor allerlei soorten vogels. Op grond van ecologische overwegingen is een aantal delen van de Waddenzee permanent gesloten voor de mosselzaad- en kokkelvisserij, alsmede voor de visserij met bodemvistuigen met wekkerkettingen. Verder wordt in voedselarme jaren een bepaalde hoeveelheid kokkels en mossels voor de vogels gereserveerd. In zeer voedselarme jaren kan de Waddenzee zelfs geheel voor deze vormen van visserij worden gesloten.



Recreatie

De recreatieve activiteiten in de Waddenzee zijn watersport, wadlopen, strandrecreatie en sportvisserij. Het beleid ten aanzien van recreatie is gebaseerd op een zoneringsprincipe waarbij voor verstoring gevoelige gebieden zoveel mogelijk worden ontzien.

Het oostelijk deel van de Nederlandse Waddenzee ingedeeld in drie zones, en dat is vooral voor de watersport belangrijk. In de zeegaten en in de doorgaande vaargeulen is recreatie zonder beperkingen mogelijk, op het Groninger Wad kunnen watersporters beperkt terecht, en in de omgeving van Schiermonnikoog en Rottumerplaat is recreatie vrijwel nergens toegestaan. Een deel van de reden hiervoor is het feit dat grote delen van de wadden het gehele jaar of een deel daarvan gesloten zijn. In het algemeen is de watersportrecreatie in het beschouwde gebied extensief.

De jachthavencapaciteit is een van de sturingsinstrumenten voor de mate waarin de Waddenzee wordt gebruikt. Vaste watersportaccommodatie is te vinden in Lauwersoog, Schiermonnikoog en Noordpolderzijl. Lauwersoog heeft een jachthaven aan de landzijde van de sluis; Schiermonnikoog en Noordpolderzijl beschikken over bescheiden accommodaties.

Transport

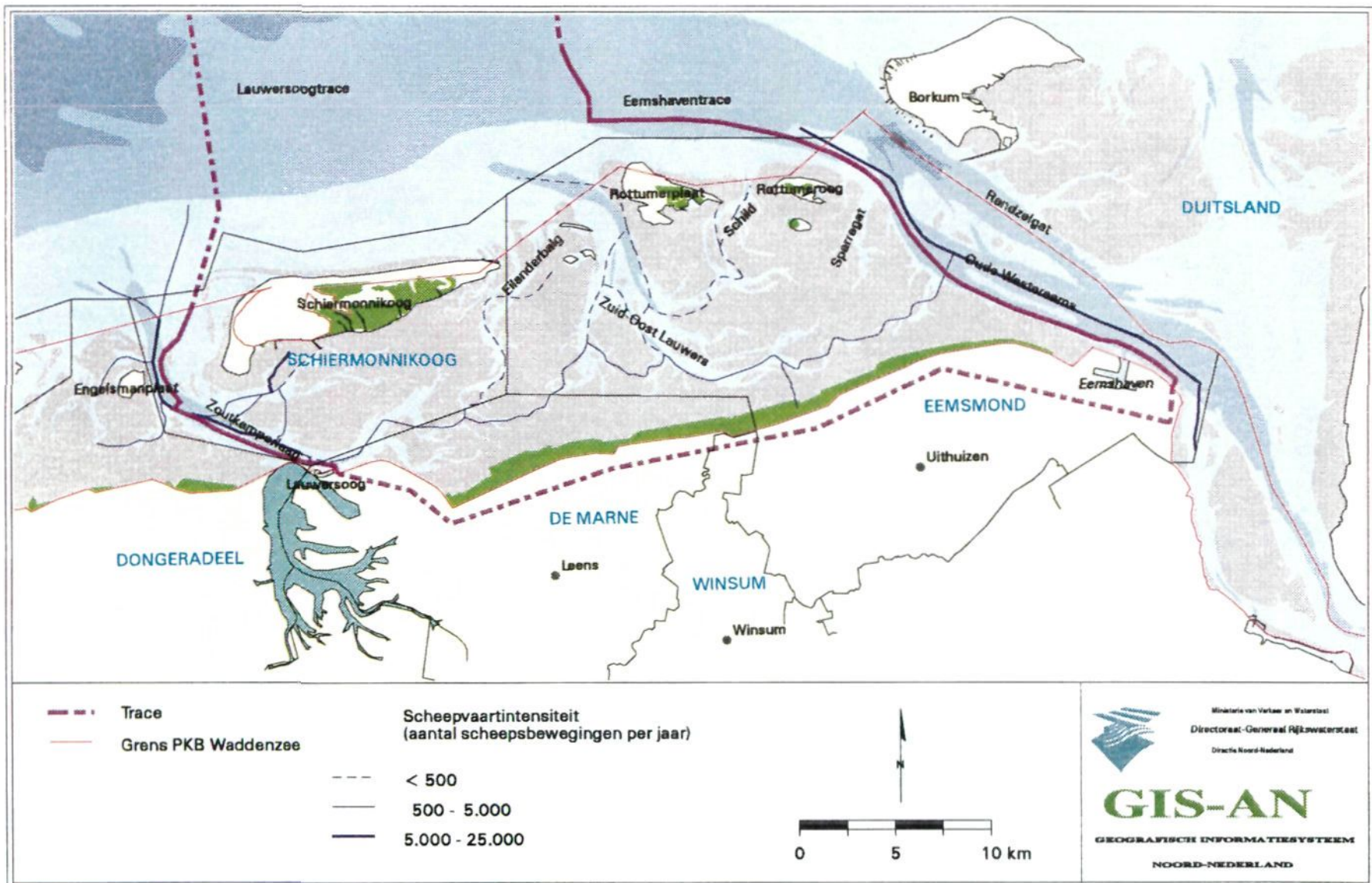
De scheepvaartroutes in de Waddenzee zijn belangrijk voor het goederen- en personenvervoer tussen de eilanden en het vasteland, en voor het goederenvervoer tussen de havens en bestemmingen buiten het gebied. Ze zijn ook belangrijk voor het ontsluiten van de Waddenzee voor visserij, ontgroningen, recreatievaart, onderzoek en dergelijke.

De beroepsscheepvaart neemt vrijwel niet toe of af, en maakt alleen gebruik van de diepere geulen. De intensiteit van de scheepvaart is aangegeven in figuur 5.6.1.b.

In de Waddenzee zijn voor verschillende doeleinden kabels en (buis-)leidingen gelegd, zoals nutsvoorzieningen voor de eilanden, internationale telefoonverbindingen en gastransport vanuit de Noordzee. In de Zoutkamperlaag liggen vier telefoonverbindingen: één nationale en drie internationale die buiten gebruik zijn gesteld. Verder liggen er twee elektriciteitskabels en twee gasleidingen. Het leggen van de NorNed-kabel op het Lauwersoogtracé impliceert het kruisen van deze verbindingen.

Figuur 5.6.1.b Intensiteit scheepvaart

H5 - 68



Overige activiteiten: militaire activiteiten, baggeren en delfstoffenwinning

In de Marnewaard ligt een oefenschieterrein van de Koninklijke Landmacht. Hier wordt 14 weken per jaar, drie dagen per week geschoten. Het nabije deel van de Waddenzee is als onveilige zone aangemerkt, waar tijdens schietoefeningen de toegang verboden is. Ten westen van Lauwersoog bevindt zich in noord-zuidrichting een laagvliegroute, die vervolgens in een boog over Schiermonnikoog ligt. De toegestane minimale vlieghoogte is 75 m. Er wordt gedurende het hele jaar van maandag tot en met donderdag gevlogen.

In de Waddenzee wordt in verband met onderhoudswerkzaamheden aan havens en scheepvaartroutes jaarlijks 5,3 miljoen m³ sediment verwijderd. Met name in de Eems en bij Lauwersoog en de Eemshaven wordt gebaggerd, respectievelijk circa 1 miljoen, 0,5 miljoen en 0,5 miljoen m³ per jaar. Het beleid ten aanzien van baggeren, vervat in de PKB-Waddenzee en het Interprovinciaal Beleidsplan Waddenzee, heeft als uitgangspunt dat alleen schone baggerspecie in de Waddenzee mag worden teruggestort. Het doel is te zorgen dat de kwaliteit van het watersysteem niet verslechtert. Het grootste deel van de baggerspecie uit Lauwersoog, Eemshaven en de Eems wordt in de voormalige scheepvaartroute Oude Westereems respectievelijk ten oosten van Lauwersoog gestort.

In het Waddenzeegebied is op verschillende plaatsen aardgas aangetroffen. Voor sommige delen zijn in het verleden exploitatieconcessies verleend, waaronder ook voor een aanzienlijk deel van het te bestuderen gebied. In 1994 is de PKB-Waddenzee gedeeltelijk herzien. In afwijking van eerder beleid worden nu in de in concessie gegeven gebieden (maximaal 6) exploratieboringen toegestaan, indien de mijnbouwondernemingen kunnen aantonen dat deze gebieden van buiten het PKB-gebied of vanaf de locatie Zuidwal bij Harlingen kunnen worden geëxploiteerd. Exploratie in gesloten gebieden is niet toegestaan.

De zand- en schelpenwinning in de Waddenzee voorziet voor een deel in de landelijke behoefte aan zand en schelpen. De winplaatsen zijn in figuur 5.6.1.c aangegeven. Momenteel worden het Horsborngat en de Oude Westereems onderzocht op de aanwezigheid van schelpen om te bepalen of zich op het Eemshaventracé potentiële wingebieden bevinden. Tot nog toe zijn geen grote concentraties schelpen gevonden [Reitsma/Schelpenvissers, mondelinge mededelingen 1997].

Objecten en plaatsen van archeologische waarde

Archeologisch waardevolle objecten en plaatsen komen aan het licht bij graaf- en baggerwerkzaamheden. In het deel van de Waddenzee dat door de tracés voor de NorNed-kabel wordt doorsneden, kunnen zich dergelijke archeologisch waardevolle plaatsen of objecten bevinden. Het betreft zowel mogelijke verdronken en met sediment bedekte sporen van vroegere bewoning als een groot scheepsarcheologisch potentieel. Het doel van het rijksbeleid ten aanzien van de zorg voor archeologische monumenten is het duurzaam behoud van het archeologisch bodemarchief.

De waddentracés doorkruisen gebieden waar de pleistocene afzettingen op sommige plaatsen meer dan 25 m diep in de bodem liggen. De opbouw van de holocene afzettingen op die plaatsen is niet in detail bekend, maar voor het grootste deel betreft het geul- en plaatafzettingen. Men gaat er vanuit dat eventuele gezonken schepen uit de Middeleeuwen of nog vroegere perioden daar in uitstekende staat zijn behouden. Vooral de plaatsen waar Noordzeewater in de Waddenzee stroomt, zijn archeologisch uiterst gevoelig. In de Waddenzee zelf en in de voordelta is de vondstendichtheid het grootst en zijn de conserveringscondities het best [ICONA, 1992].

Gedetailleerde gegevens omtrent archeologisch waardevolle plaatsen, zoals plaatskaarten, zijn niet beschikbaar; er zijn wel globale kaarten waarop mogelijk waardevolle locaties zijn aangeduid [ICONA, 1992].

5.6.2 De Noordzeekustzone

Natuurgebied

De Noordzee behoort tot de ecologische hoofdstructuur zoals aangegeven in het NBP en het SGR.

Ook de Noordzeekustzone kan worden gekenmerkt als een gebied met ruimte en een ongeschonden karakter. Het open, weidse karakter van de Noordzeekustzone vormt een belangrijk onderdeel van de esthetische kwaliteit en daarmee ook van de belevingswaarde van het landschap in dit kustgebied. De landschappelijke schoonheid is - evenals bij de Waddenzee - bepalend voor de leefomgeving van de inwoners en voor de aantrekkelijkheid van het gebied voor recreanten.

Visserij

De Noordzeekustzone wordt intensief bevestigd en vertegenwoordigt een activiteit met een hoge economische waarde. Dit geldt voor de vangst van diverse soorten: garnalen, platvis (schol, tong), industrievis (zandspiering, haring, makreel, sprong) en rondvis (kabeljauw, wijting).

Voor de visserij worden vooral de kleinere kotters met een motorvermogen tot 300 pk ingezet: de zogeheten eurokotters. Het gebruik van de boomkor en andere gesleepte vistuigen is algemeen. Hiermee wordt gevestigd op de demersale vissoorten: soorten die een groot deel van hun (volwassen) leven bodemgebonden zijn.

Recreatie

De recreatieve activiteiten zijn onder te verdelen in landgebonden vormen (verblijfs- en strandrecreatie) en watergebonden vormen (sportvissen, pleziervaart). Voor de verblijfs- en de strandrecreatie is de Hollandse kustzone van belang. In het waddengebied is Schiermonnikoog een belangrijke bestemming. Ameland en - in het Duitse deel - Borkum zijn gezien de afstand tot de beschouwde tracés niet als relevant te beschouwen. Als belangrijkste watergebonden vorm van recreatie dient op de pleziervaart te worden gewezen. De grootste dichtheden doen zich voor in de Hollandse kustzone.

Voor het waddengebied zal de pleziervaart ter plaatse van de vaarroutes het meest intensief zijn, zoals bij het zeegat tussen Schiermonnikoog en Ameland, en de aanloop van de Eems. De recreatie is duidelijk het meest intensief in de periode april-oktober.

Transport en infrastructuur

Aan de noordgrens van de aan de Waddenzee aansluitende Noordzeekustzone ligt een grote doorgaande scheepvaartroute over de Noordzee, de Terschelling-German Bight TSS, voor verkeer van en naar de Duitse Bocht. Op deze route bedraagt het aantal passerende schepen 50 tot 100 per dag. Verder naar het noorden bevindt zich, ongeveer parallel hieraan, een diepwaterroute met name voor schepen met gevaarlijke lading, de East Friesland TSS.

In de kustzone liggen meerdere leidingen voor telecommunicatie en gastransport. Een belangrijke leiding ten noorden van het waddengebied is de NGT of Noordzeegastransportleiding. Het Lauwersoogtracé kruist de NGT ten noorden van Schiermonnikoog.

Delfstoffenwinning

In het kustgebied van de wadden is op verschillende plaatsen aardgas aangetroffen. Locaties waar de NAM voornemens is exploratieboringen te verrichten zijn het Pinkegat tussen Schiermonnikoog en Ameland, de Ballonplaat boven Rottumerplaat en Rottumeroog bij het gelijknamige eiland. Bij de Hollandse kust bevinden zich op enkele plaatsen zandwinlocaties.

Tussen Ameland en Schiermonnikoog en tussen Schiermonnikoog en Rottumerplaat bevinden zich enkele schelpenwingsgebieden (zie figuur 5.6.1.c).

Archeologische waarden

Archeologisch gezien is de Hollandse kust nauwelijks interessant te noemen. Daarentegen is in het zogenaamde "grondengebied", tot drie mijl ten noorden van de waddeneilanden, de kans om op scheepswrakken te stuiten vrij groot, maar de archeologische waarden van deze wrakken is beperkt. Verder naar het noorden, waar de Noordzee dieper wordt, is de kans dat scheepswrakken worden aangetroffen geringer. Bovendien zullen deze meer aan de bodemoppervlakte liggen, waardoor de kans op relatief onbeschadigde wrakken klein is.

Militaire oefengebieden

Vrij grote delen van de kustzone zijn in gebruik als militair oefen- en schietgebied. Relevant voor de kabelaanleg zijn het kleinere oefengebied bij Schiermonnikoog en een groot oefengebied voor de Noord-Hollandse kust bij Den Helder.

5.7 Geluid en elektrische en magnetische velden

5.7.1 Geluid

Stiltegebieden

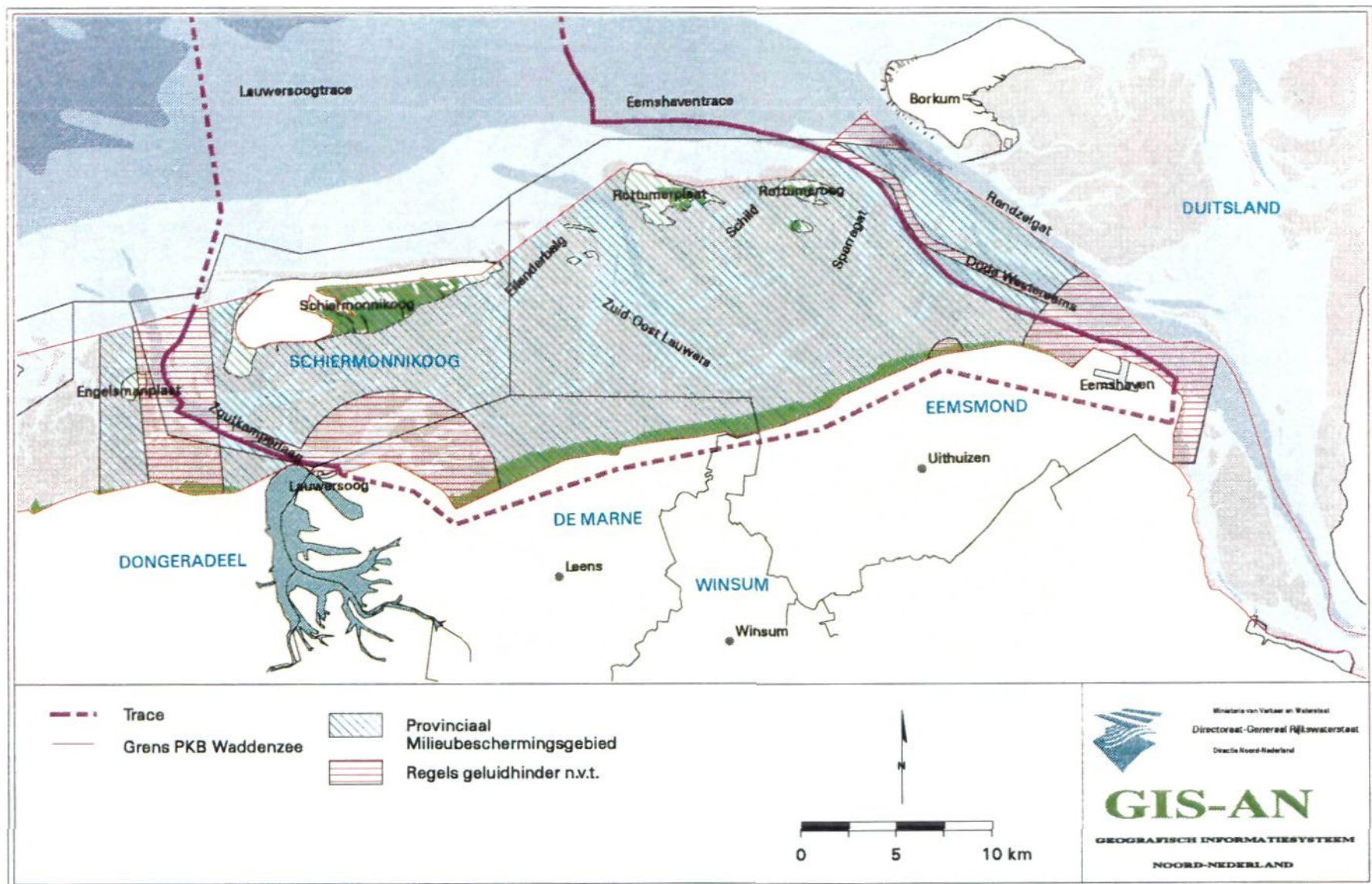
In de provinciale milieuverordeningen van Friesland en Groningen is nagenoeg de gehele Waddenzee als milieubeschermingsgebied aangemerkt (zie figuur 5.7.1). Het belangrijkste voor het NorNed-project zijn de regels ter voorkoming of beperking van geluidshinder. Krachtens de verordeningen is het verboden om zonder ontheffing een zodanige hoeveelheid geluid voort te brengen dat de natuurlijke rust in de Waddenzee wordt verstoord. Het verbod is van toepassing verklaard voor een aantal met name genoemde categorieën van "toestellen". Hiertoe behoren "motorisch aangedreven werktuigen met bijbehorende transportmiddelen" zoals die bij de aanleg van de kabel worden gebruikt.

De Memorie van Toelichting bij de Wet Geluidshinder gaat uit van een achtergrondniveau van 30 - 45 dB(A) in stiltegebieden. In een rapport van het Coördinatiecollege Waddengebied [1984] wordt gesteld dat bij windstil weer het geluidsniveau in de Waddenzee circa 30 - 35 dB(A) bedraagt. Plaatselijk kan dit door vogelgeluiden ongeveer 35 - 40 dB(A) bedragen. Meestal is het geluidsniveau door het geruis van wind en golven hoger, tot waarschijnlijk meer dan 60 dB(A). De Roo hanteert in zijn onderzoek naar het beheer van het stiltegebied Waddenzee [1993] als grens van de door mensen veroorzaakte geluidsbelasting in stiltegebieden een niveau van 45 dB(A).

Zolang het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer bij het verlenen van vergunningen geen alternatief heeft, wordt de geluidbelasting als gevolg van menselijke activiteiten aan deze waarde getoetst.

Figuur 5.7.1 Milieubeschermingsgebieden

H5 - 75



De geluidsbronnen

De natuurkundewinkel van de Rijksuniversiteit Groningen heeft de geluidsbronnen in het waddengebied geïnventariseerd [1995]. Uit deze inventarisatie komt naar voren dat, hoewel het waddengebied is aangewezen als stiltegebied, toch sprake is van een aanzienlijke achtergrondbelasting. Nogal wat activiteiten zijn toegestaan, en die brengen soms ook behoorlijk wat geluid voort. Aan deze activiteiten is door de overheid echter een zodanig economisch en maatschappelijk belang toegekend dat er uitzonderingsgebieden voor zijn aangewezen of dat er ontheffing voor wordt verleend. Uitzonderingsgebieden zijn aangewezen voor haven- en industrie-activiteiten, gaswinning en -behandeling, militaire activiteiten, en voor scheepvaart door de hoofdvaargeulen, tussen de eilanden onderling en met de vaste wal. Ontheffingen zijn verleend voor kustbeheer, werkzaamheden aan buisleidingen, recreatie, de luchtvaart, de beroepsvisserij, het storten van baggerspecie en oppervlaktedelfstoffenwinning.

Alleen voor industrieterreinen zijn gegevens over de geluidbelasting, het ruimtebeslag en de duur van de activiteiten beschikbaar. Van de overige activiteiten is de bedrijfsduur niet goed bekend; verder zijn vele activiteiten in het gebied niet plaatsgebonden maar mobiel. De activiteiten met het hoogste geluidsniveau zijn militaire activiteiten, de kleine luchtvaart en de scheepvaart (in die volgorde). Sportvisserij en wadlopen maken het minste lawaai. Over de werkzaamheden aan buisleidingen en over kustbeheer is weinig informatie beschikbaar.

Bij het oefenterrein Marnewaard worden 14 weken per jaar, drie dagen per week circa 1.400 schoten per dag afgevuurd. De geluidsniveaus van het knallen van een boordkanon van 25 mm op verschillende afstanden zijn in tabel 5.7.1 vermeld. Voor de laagvliegroute geldt een toegestane minimale vlieghoogte van 75 m. Het geluidsniveau op 1 km afstand is 77 dB(A).

afstand (km)	$L_{\max}$ dB(A,impuls)	L_r dB(A)
1	93	82
2	85	74
3	80	69
4	76	65
5	72	61
10	58	47

Tabel 5.7.1 Geluidsniveaus van het knallen van een boordkanon (25 mm) op verschillende afstanden

In 1993 vonden van en naar Ameland circa 2.450 vluchten plaats. Exacte gegevens over de vliegpatronen en de vlieghoogten in het te bestuderen gebied ontbreken; het resulterende geluidsniveau is dus niet precies aan te geven. Als het geluid van een vliegtuig op een hoogte van 450 m resulteert in een geluidsniveau van 68 dB(A) op de grond recht onder het toestel, dan is het een geluidsniveau op een afstand van 1 km circa 60 dB(A).

Het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) heeft metingen gedaan van de geluidsproductie door schepen van beroepsvissers. Hieruit blijkt dat schepen voor de mossel- en garnalenvisserij 70 - 80 dB(A) produceren en schepen voor de kokkelvisserij 85 - 90 dB(A). De veerdiensten in de Waddenzee voldoen in het algemeen wel aan de eisen van het Reglement betreffende het Onderzoek van Schepen op de Rijn (ROSR). Hierin is voorgeschreven dat het geluidsniveau van een aan de vaart op de Rijn deelnemend binnenschip op 25 m van de scheepswand niet meer dan 75 dB(A) mag bedragen. Voor de scheepvaart in de Waddenzee zijn ten aanzien van de geluidsproductie geen eisen gesteld.

Voor haven- en industriegebieden en voor gasbehandelingsstation Emmapolder zijn geluidscontouren van 50 dB(A) voorgesteld. In Lauwersoog en Eemshaven is het oppervlak van het uitzonderingsgebied respectievelijk circa 2,5 en 95 km². Het oppervlak van het uitzonderingsgebied voor gasbehandelingsstation Emmapolder bedraagt circa 7,4 km².

In de haven van Delfzijl en in het Eems-Dollardgebied wordt bijna het hele jaar gebaggerd. De baggerwerkzaamheden in de Eemshaven nemen jaarlijks ongeveer twee maanden in beslag en die in de haven van Lauwersoog ongeveer zes. Verder worden in het hele gebied de vaarwegen uitgebaggerd. Voor de geluidsproductie van baggermateriaal wordt verwezen naar tabel 6.4.5.b..

Over vliegbewegingen boven de Noordzee zijn geen gegevens beschikbaar. De geluidsproductie van vissersschepen in de kustzone is dezelfde als die voor in de Waddenzee. Voor de scheepvaart in de Noordzee zijn ten aanzien van geluidsproductie geen eisen gesteld.

5.7.2 Elektrische en magnetische velden

Bij het transport van elektriciteit worden elektrische en magnetische velden opgewekt. Momenteel liggen in het te bestuderen gebied, nabij het Lauwersoogtracé, twee kabels naar Schiermonnikoog. Deze kabels lopen vanuit polder De Band, direct ten westen van het Lauwersmeer, in vrijwel noordoostelijke richting naar Schiermonnikoog. Hier komen de kabels ter hoogte van paal 27 aan land.

In de Noordzeekustzone bevinden zich geen elektriciteitskabels.

Een metalen buitenwapening om elektriciteitskabels schermt de omgeving geheel af van het elektrisch veld. De omgeving wordt door de buitenwapening niet afgeschermd van het magnetisch veld, maar als de drie fasen in een kabel zijn verenigd, compenseren de magnetische velden elkaar vrijwel geheel. Omdat het hier kabels betreft waardoor wisselstroom wordt getransporteerd, is het magnetische veld een wisselend veld.

De magnetische veldsterkte op de waterbodem rond dergelijke kabels bedraagt gemiddeld 1 - 2 μ T. De veldsterkte aan het wateroppervlak hangt af van de diepte van het water. Ter vergelijking: een magnetische veldsterkte van 1 - 2 μ T komt overeen met de veldsterkte op 1 m van een stofzuiger, of met die op 30 cm van een broodrooster. Het statische aardmagnetische veld heeft op onze breedtegraad een veldsterkte van ongeveer 48 μ T.

5.8 Tracéspecifieke informatie

In deze paragraaf wordt per tracé enige specifieke informatie over het te bestuderen gebied gepresenteerd. Voor de zeegedeelten van de tracés door de wadden wordt tracéspecifieke informatie alleen over de bodem en het ecosysteem gegeven, omdat die over de kwaliteit van het water niet beschikbaar is; de landgedeelten van deze tracés worden eveneens kort besproken. Met betrekking tot het Callantsoogtracé is alleen specifieke informatie over het landgedeelte en het IJsselmeergedeelte van het tracé voorhanden.

Voor de kustzone is er naast hetgeen reeds vermeld is, geen specifieke tracé informatie.

5.8.1 Het Lauwersoogtracé

Het water rond het Lauwersoogtracé

Het Lauwersoogtracé ligt in het kombergingsgebied van het Friese Zeegat. Dit kombergingsgebied heeft de volgende karakteristieken [Rijkswaterstaat, 1989]:

- een inhoud onder NAP van $250 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddelde inhoud bij laag water van $156 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddelde inhoud bij halftij van $225 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddelde inhoud bij hoog water van $350 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddeld getijdevolume van $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddeld oppervlak bij hoog water van 130 km^2 ; en
- een gemiddelde maximale stroomsnelheid in het geulprofiel bij springtij van 1,6 m/s.

Bij Lauwersoog wordt jaarlijks $1422 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ zoet water op het kombergingsgebied gespuid.

De bodem rond het Lauwersoogtracé

De morfologie en de samenstelling van het sediment

De bodem in het kombergingsgebied bestaat voornamelijk uit zand, met minder dan 5% klei. Op het Brakzand zijn plaatsen waar het zand 5 - 8% klei bevat; bij de Groningse kust bevat de bodem meer dan 8% klei [Rijkswaterstaat, 1989]. In de Zoutkamperlaag wordt plaatselijk klei, leem en schelpengruis aangetroffen.

Sinds de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 is de ebgetijdedelta van het Friese Zeegat onderhevig aan sterke erosie en treedt sterke sedimentatie op achter het zeegat. Ook de Zoutkamperlaag is onderhevig aan erosie en sedimentatie; als gevolg van de afname van het getijdevolume trad daar sterke sedimentatie op [Oost & De Haas, 1993].

Uit historische gegevens over de omgeving van Lauwersoog blijkt dat de ligging van de geul in het zuiden van de Zoutkamperlaag relatief stabiel is [Alkyon, 1997]. Daarom wordt aangenomen dat de geul zich daar ook in de toekomst niet belangrijk verplaatst. Het noordelijke deel van de geul is dynamisch en verplaatst zich wel. Men neemt aan dat de verplaatsingscyclus en de cyclische rotatie van de buitendelta en de Engelsmanplaat elkaar beïnvloeden. De geulen in de buitendelta draaien circa 1° per jaar en doorlopen daarbij een boogsegment van 45°. De Engelsmanplaat roteert met een periode van circa 70 jaar. Op basis van deze gegevens wordt aangenomen dat de hoofdgeul een cyclus heeft van circa 45 jaar.

Vervuiling

In het sediment ten oosten van de Lauwerszeedijk (monsterpunt Achtwad*93, A10 van Rijkswaterstaat) zijn in de bovenste bodemlaag de gehalten zware metalen gemeten. De meetwaarden zijn omgerekend naar mg per kg standaardbodem (SB), waarbij een standaardbodem 10% organische stof en 25% lutum omvat. In de volgende opsomming zijn de grenswaarde en de streefwaarde volgens de notitie Milieukwaliteit Bodem en Water (MilBoWa) [1990] van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer: tussen haakjes gegeven [Bakker et al., 1996]:

arseen (As)	:	16,0	(55, 29)	mg/kg
cadmium (Cd)	:	0,8	(2, 0,8)	mg/kg
chrom (Cr)	:	69,9	(380, 100)	mg/kg
koper (Cu)	:	18,5	(35, 35)	mg/kg
kwik (Hg)	:	0,4	(0,5, 0,3)	mg/kg
nikkel (Ni)	:	21,7	(35, 35)	mg/kg
lood (Pb)	:	51,6	(530, 85)	mg/kg
zink (Zn)	:	154,0	(480, 140)	mg/kg

Uit deze cijfers blijkt dat alleen voor kwik (Hg) en zink (Zn) de streefwaarde wordt overschreden; ook voor deze verontreinigingen zijn de concentraties in de bodem echter lager dan de grenswaarden.

Verder werden bij het monsterpunt de concentraties van 11 PAK's en 10 PCB's in de bodem gemeten. De som van de concentraties PAK's bedroeg 1617 µg/kg SB; de grens- en streefwaarden van 1 mg/kg zijn dus met ruim de helft overschreden. De som van de concentraties PCB's bedroeg 29,4 µg/kg SB. Voor drie van de zeven in MilBoWa genoemde PCB-congeneren wordt de grenswaarde overschreden; voor vier van de zeven de streefwaarde. De som van de concentraties van de zeven congeneren is wel ruim lager dan de toetsingswaarde van 0,2 mg/kg.

Deze waarden geven geen beeld van de bodemverontreiniging in de Zoutkamperlaag, waar de concentraties verontreinigende stoffen zeker lager zijn dan op de slibrijke wadplaten. Volgens de Evaluatienota Water [1994] liggen de gehalten contaminanten in de bodem van de Zoutkamperlaag en het Westgat in klasse I/II; zij zijn dus lager dan de toetsingswaarde.

Het ecosysteem rond het Lauwersoogtracé

Over het fytoplankton, het fytobenthos en het zoöplankton is geen tracéspecifieke informatie beschikbaar. Macroalgen komen nergens langs het tracé voor, omdat door de waterdiepte van meer dan 5 m onvoldoende licht voor de groei tot de bodem doordringt. Zeegrasvelden en kwelders liggen op minstens 1 km van het tracé.

Het zoöbenthos

Na het afsluiten van de Lauwerszee sedimenteerde in de Zoutkamperlaag veel slib en ontstond een rijke bodemfauna. Na enige jaren erodeerde het slib; nu is het een diepe geul met weinig bodemfaunasoorten en weinig individuen per soort. Ook de biomassa is laag: 2 g ADW/m² [ORCA, 1995]. Nonnetjes komen voor in dichtheden van meer dan 1/m². Volgens Dankers en Wintermans [1996] leven er weinig garnalen, zij geven slechts 1 tot 5 dieren per 1.000 m² aan.

Van de 18 km die het tracé in het kombergingsgebied ligt, is op ongeveer de helft het water dieper dan 8 m. In het algemeen is de soortensamenstelling van het zoöbenthos in diepe sublitorale sedimenten (minstens 8 m dieper dan GLW) armer dan op ondiepe plaatsen [Beukema, 1977; Van Arkel & Mulder, 1979; Dekker, 1989]. Naast de Kuipersplaat en in het Westgat is de diepte op het tracé minder dan 8 m, maar deze geuldelen zijn dynamisch, en een rijke bodemfauna kan ook daar dus moeilijk ontstaan.

Het tracé doorkruist geen mosselbanken of kokkelbanken. Plaatsen met mossel- en kokkelbanken of plaatsen waar zich in het verleden banken bevonden, zijn aangegeven in figuur 5.4.3. In 1994 is op slechts één plaats langs het tracé mosselzaad gevonden. In de zone voor de kust van Ameland en Schiermonnikoog bevinden zich waarschijnlijk spisulabanken. Hoewel deze in de zeegaten in het algemeen weinig voorkomen, zijn ze in 1994 voor het Westgat aangetroffen [Leopold, 1996].

Vogels, vissen en zeehonden

De tracés door de Waddenzee mijden de meest vogelrijke gebieden. Niet alle wadplaten zijn overigens even rijk aan foeragerende vogels. De bodem van dynamische wadplaten bevat veel zand; er leeft daarom minder bentische fauna en dergelijke platen zijn als foerageergebied dus niet aantrekkelijk voor vogels.

Het Brakzand daarentegen, op 1 km van het tracé, is zeer vogelrijk. Er bevinden zich veel foeragerende steltlopers en bonte strandlopers, rosse grutto's, zilverplevieren, scholeksters, wulpen en kokmeeuwen. Hetzelfde geldt voor de plaat bij Wierumerwad: het tracé ligt er tussen KP 3 en 6 circa 250 m van de laagwaterlijn en de plaat is zeer rijk aan vogels, waaronder diverse soorten steltlopers. Op de andere platen in de buurt van het tracé foerageren aanzienlijk minder vogels [C.J. Smit, mondelinge mededelingen 1997]. Engelsmanplaat en Het Rif worden op een afstand van meer dan 1 km door het tracé gepasseerd. Omdat deze platen onderhevig zijn aan constante veranderingen en ze bij hoog water regelmatig onder water staan, hebben er sinds 1992 geen vogels meer gebroed [Dijksen, 1993]. Engelsmanplaat en het Rif hebben echter echter nog wel een belangrijke functie als hoogwatervluchtplaats en rustplaats [Smit, 1987; Dijksen, 1993]. De rosse grutto, de zilverplevier en de bonte strandloper foerageren er in grote aantallen [Zegers & Kwint, 1992].

Tabel 5.8.1 geeft een overzicht van de meest recente gegevens, die zijn gebaseerd op tellingen van de aantallen vogels op hoogwatervluchtplaatsen. De gegevens van Smit [1987] betreffen de maximale aantallen vogels in de periode 1975 - 1986. Zegers & Kwint [1992] geven de gemiddelden van hun tellingen in 1990; zij namen geen eidereenden, duikeenden, dodaars en futen in hun tellingen op. De afname van de aantallen op Engelsmanplaat is te verklaren uit het feit dat delen van de plaat in 1990 bij hoog water vaker onder water stonden, waardoor de vogels voor een deel uitweken naar Het Rif [Dijksen, 1993]. Bergeenden, scholeksters, zilverplevieren, drieteenstrandlopers en mantelmeeuwen komen daar in grote aantallen voor.

In de Zoutkamperlaag is jonge schol de belangrijkste vissoort, met dichtheden van meer dan 10 exemplaren per 1.000 m². Daarnaast komen sprut en puitaal voor, in dichtheden van 5 tot 10 exemplaren per 1.000 m².

Zeehondenligplaatsen bevinden zich in de omgeving van het tracé bij de Groninger Balg ten oosten van Lauwersmeer, op een afstand van 3 km van het tracé; bij het Brakzandsgat, op 4 km van het tracé; en ten westen van het Rif op 4 km van het tracé. Op deze plaatsen werden in 1993 respectievelijk 9, 24 en 51 dieren geteld, waaronder zich 1, 4 en 8 jongen bevonden. Daarnaast werden de afgelopen jaren bij de westpunt van Schiermonnikoog 10, bij de Kuipersplaat 20 - 25 en bij de Eilanderbult enkele dieren geteld, op respectievelijk 1000, 250 en 400 m van het tracé. Dat waren groepen waarin zich geen wijfjes met jongen bevonden [Brasseur en Reijnders, 1994; Reijnders, mondelinge mededeling, 1996].

soort	maximale aantallen ¹⁾		gemiddeld aantal per telling ²⁾	
	voorjaar/zomer	herfst/winter	januari 1990	mei 1990
aalscholver				23
rotgans	2.200	700	5	
bergeend		1.400	70	4
eidereend	2.000	850	*)	*)
scholekster		11.000	4.000	301
kluut		54		*)
zilverplevier	1.610	560	700	1.470
kanoetstrandloper	6.050	4.000		4
drieteenstrandloper	2.112	220	1	612
krombekstrandloper	60			
bonte strandplevier	15.000	5.550	3.850	2.680
rosse grutto	6.330			2.580
wulp	6.883	2.000	1.600	31
tureluur				10
groenpootruiter	380			46
steenloper	1.000		14	14
kokmeeuw	8.300			*)
stormmeeuw	900	600		*)
zilvermeeuw		6.200	1.300	*)
mantelmeeuw		165	18	17
visdiefje	1.800			*)
noordse stern	1.800			*)
dwergstern	< 250			*)
grote stern	1.025			*)

*) niet geteld

Tabel 5.8.1 Overzicht van getelde aantallen vogels op de hoogwatervluchtplaats Engelsmanplaat, in de periode 1975 - 1986 [Smit, 1987] ¹⁾ en in 1990 [Zegers & Kwint, 1992] ²⁾

Het landdeel van het tracé

Na de dijk kruising bij de haven van Lauwersoog volgt de kabel naar de Eemshaven een landtracé met een lengte van circa 50 km, door voornamelijk agrarisch gebied. De bodem van het landtracé bestaat uit jonge zeeklei.

Het Lauwersmeergebied en de kwelders langs de Groningse kust, maar ook de binnendijkse polders, zijn voor grote aantallen vogels foerageergebied en hoogwatervluchtplaats. In de winter verblijven hier veel ganzen, wilde zwanen en kleine zwanen. Vooral de rotgans, brandgans en grauwe gans verblijven hier in grote aantallen. In het Structuurschema Groene Ruimte zijn het Lauwersmeergebied en de polders langs de Noord-Groningse kust aangegeven als belangrijke gebieden voor ganzen en kleine zwanen. De zwanen, rietganzen, kolganzen en brandganzen verblijven hier tussen oktober en begin april. De rotgansen komen al in september en blijven tot in mei. Deze ganzen foerageren op wadvelden op de wadplaten en overtijen binnendijks langs het grootste deel van de Groningse kust. De grauwe ganzen zijn het hele jaar aanwezig, maar in veel kleinere aantallen dan in de winterperiode. Ook andere wadvogels, waaronder de scholekster, zilverplevier eenden en meeuwen, overtijen vaak in grote aantallen binnendijks [Meeuwssen en Van Scharenburg, 1988]. Van de genoemde soorten staan de kleine zwaan, kolgans, grauwe gans, brandgans, rotgans en scholekster op de lijst van de soorten waarvoor Nederland van bijzondere betekenis is, omdat een groot deel van de Noord-west Europese populatie tenminste een deel van het jaar in Nederland verblijft [Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1994]. Op de kwelders langs de Groningse kust en in het Lauwersmeer komen in de broedtijd een aantal broedkolonies voor van kluten, visdiefjes en noordse sterns. Deze soorten staan op de nationale lijst van met uitroeiing bedreigde of speciaal gevaar lopende soorten. De kluut staat bovendien op de bovengenoemde lijst van soorten waarvoor Nederland van bijzondere betekenis is. Kluten broeden ook in de polders langs de Groningse kust die door het landgedeelte van het Lauwersoogtracé worden doorsneden. In 1993 zijn in de Westpolder, de Julianapolder en de Negenboerenpolder in totaal 140 broedparen kluten geteld. Zelfs op het nog niet in gebruik genomen deel van het industrie- en haven terrein van de Eemshaven zijn 20 broedparen kluten geteld [Koffijberg, 1994]. Dit gebied wordt in het Structuurschema Groene Ruimte bovendien aangegeven als een belangrijk gebied voor weidevogels.

Voor al bij het Lauwersoogtracé bestaat de kans om op archeologisch belangrijk bodemarchief te stuiten. Het bodemarchief omvat daar voor zover bekend voornamelijk wierden (terpen), borgterreinen (versterkte woongebieden) en oude dijken. Het is mogelijk dat er nog niet geregistreerde wierden en borgterreinen worden aangetroffen. De oude zeedijken in Noord-Groningen zijn biologisch en cultuurhistorisch waardevolle elementen [Staatsbosbeheer, 1984].

5.8.2 Het Eemshaventracé

Het water rond het Eemshaventracé

Het Eemshaventracé ligt in het kombergingsgebied van de Eems. Dit kombergingsgebied heeft de volgende karakteristieken [Rijkswaterstaat, 1989]:

- een inhoud onder NAP van $1200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddelde inhoud bij halftij van $1995 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddeld getijdevolume van $1000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;
- een gemiddeld oppervlak bij hoog water van 520 km^2 ;
- een gemiddeld droogvallend oppervlak bij laag water van 200 km^2 ; en
- een gemiddelde maximale stroomsnelheid in het geulprofiel bij springtij van $1,8 \text{ m/s}$.

De Eems voert zoet water naar het gebied, en op enkele plaatsen wordt zoet water gespuid; het totale volume van de zoetwatertoevoer is $3343 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar.

Het landgedeelte van het Eemshaventracé wordt hier niet besproken, omdat het maar 2 km lang is en geheel in het opgespoten industrieterrein van de Eemshaven ligt. De kans dat rond het Eemshavenlandtracé belangrijke archeologische objecten of gebieden worden verstoord, is daarom nihil.

De bodem rond het Eemshaventracé

De morfologie en de samenstelling van het sediment

De bodem in het kombergingsgebied bestaat voornamelijk uit zand, met minder dan 5% klei. Bij de Groningse kust bevat de bodem meer dan 8% klei [Rijkswaterstaat, 1989]. Voor de Eemshaven komen kiezellagen voor.

Uit een studie van de Meet- en Adviesdienst van Rijkswaterstaat blijkt dat de Eemsmond en de Oude Westereems de meest dynamische delen van het te bestuderen gebied zijn. Daarbij zijn met name de Horsbornplaat, het Hubertgat en de Hubertplaat, en de Meeuwenstaart van belang. Op basis van de beschikbare gegevens neemt men aan dat de geulen zich verplaatsen in cycli met een periode van 45 jaar.

Vervuiling

In het sediment ten zuiden van Rottumerplaat, naast het Westelijk Schild (monsterpunt Achtwad*93, A23 van Rijkswaterstaat) zijn de gehalten zware metalen in de bovenste bodemlaag gemeten. De meetwaarden zijn omgerekend naar mg per kg standaardbodem (SB, met 10 % organische stof en 25 % lutum).

De concentraties van alle zware metalen bleven ruim onder de door MilBoWa gehanteerde grens- en streefwaarden, die in de volgende opsomming tussen haakjes zijn gegeven [Bakker et al., 1996]:

arseen (As)	:	3,9	(55, 29)	mg/kg
cadmium (Cd)	:	0,2	(2, 0,8)	mg/kg
chromium (Cr)	:	19,0	(380, 100)	mg/kg
koper (Cu)	:	4,8	(35, 35)	mg/kg
kwik (Hg)	:	0,1	(0,5, 0,3)	mg/kg
nikkel (Ni)	:	8,7	(35, 35)	mg/kg
lood (Pb)	:	11,2	(530, 85)	mg/kg
zink (Zn)	:	48,0	(480, 140)	mg/kg

Verder werden bij het monsterpunt de concentraties van 11 PAK's en 10 PCB's in de bodem gemeten. De som van de concentraties PAK's bedroeg 1149 $\mu\text{g/kg}$; de grens- en streefwaarde van 1 mg/kg worden dus net overschreden. De som van de concentraties PCB's bedroeg 18,0 $\mu\text{g/kg}$ SB. Voor een van de zeven in MilBoWa genoemde PCB-congeneren wordt de grenswaarde overschreden; voor drie van de zeven de streefwaarde. De concentratie van de som van de zeven congeneren is wel ruim lager dan de toetsingswaarde van 0,2 mg/kg, dus kwaliteitsklasse I/II.

In het Duitse deel van de Waddenzee zijn op de Manslagter Nacken, recht ten oosten van de Eemshaven, tot een diepte van 3,5 m monsters van het sediment genomen [Pachur, 1996; Varlemann, 1996]. Daarbij werd om de 20 cm een bodemlaag met een dikte van 10 cm geanalyseerd. De contaminatie met zware metalen en PAK's blijkt tot een diepte van circa 75 cm toe te nemen, en blijft dan min of meer stabiel tot een diepte van 2 m; daarna nemen de concentraties van een aantal zware metalen sterk af.

De gemeten concentraties zware metalen in de bovenste bodemlaag, op een diepte van 1 m en op een diepte van 2,5 m waren respectievelijk:

arseen (As)	:	8, 14, 10	mg/kg
cadmium (Cd)	:	0,35, 0,35, -	mg/kg
chromium (Cr)	:	65, 75, 50	mg/kg
koper (Cu)	:	14, 16, 5	mg/kg
kwik (Hg)	:	0,2, 0,4, 0,01	mg/kg
nikkel (Ni)	:	19, 25, 18	mg/kg
lood (Pb)	:	38, 55, 10	mg/kg
zink (Zn)	:	100, 125, 45	mg/kg

De concentraties PAK's op deze plaats zijn vermeld als μg PAK's per gram organische koolstof, en zijn dus niet vergelijkbaar met de bovenstaande waarden. De totale hoeveelheid PAK's bedraagt in de bovenste bodemlaag 40 $\mu\text{g/g}$; op een diepte van 1,5 m wordt een maximum van 79 $\mu\text{g/g}$ bereikt; en daarna neemt het gehalte af tot 6 $\mu\text{g/g}$ op een diepte van 2,3 m. De som van de concentraties van zeven PCB-congeneren is bij de Bocht van Watum bepaald en vertoont een vergelijkbaar beeld: 0,8 $\mu\text{g/kg}$ in de bovenste bodemlaag, een maximumwaarde van 2,5 $\mu\text{g/kg}$ op een diepte van 1 m, en minder dan 0,01 $\mu\text{g/kg}$ op een diepte van 2 m. Uit deze cijfers volgt dat de bodem van wadplaten dichtbij de Eems duidelijk sterker is verontreinigd dan die van de platen op enige afstand.

Deze bovengenoemde waarden ten zuiden van Rottumerplaat en op de Manslagter Nacken geven geen beeld van de bodemverontreiniging in de geulen, waar de concentraties verontreinigende stoffen zeker lager zijn dan op de slibrijke wadplaten. Volgens de gegevens op kaart 5.3.1 in de Evaluatienota Water [1994] liggen de gehalten contaminanten in de bodem van het kombergingsgebied van de Eems in klasse I/II; zij zijn dus lager dan de toetsingswaarde.

Het ecosysteem rond het Eemshaventracé

Over het fytoplankton, het fytobenthos en het zoöplankton is geen informatie beschikbaar die specifiek is voor dit tracé. Macroalgen komen vrijwel nergens langs het tracé voor. Het water is namelijk bijna overal meer dan 8 m diep, en op de bodem dringt dus niet voldoende licht door voor de groei van macroalgen. In het kombergingsgebied van de Eems zijn wel zeegrasvelden en kwelders, maar die liggen op een afstand van minstens 1 km van het tracé.

Het zoöbenthos

Het water is op het grootste deel van het tracé meer dan 8 m beneden GLW. In dergelijke sublitorale sedimenten is de soortensamenstelling in het algemeen armer dan op ondiepe plaatsen [Beukema, 1977; Van Arkel & Mulder, 1979; Dekker, 1989]. In 1974 - 1975 kwam in de Oude Westereems zeer weinig bodemfauna voor: 0,4 - 1,0 g ADW/m² [van Arkel en Mulder, 1979]. Eenmaal, in 1989, werd een biomassa van 2,1 g ADW/m² gevonden, maar dat wordt beschouwd als een incidentele waarde.

Het tracé doorkruist geen mossel- of kokkelbanken. Plaatsen waar deze voorkomen of in het verleden voorkwamen, zijn aangegeven in figuur 5.4.3. In de kustzone voor Rottumerplaat en Rottumeroog zijn evenmin spisulabanken aangetroffen [Leopold, 1996].

Vogels, vissen en zeehonden

Ook het Eemshaventracé ligt langs dynamische wadplaten met weinig bentische fauna, die daardoor niet aantrekkelijk zijn als foerageergebied voor vogels. Op het noordelijk deel van het Uithuizerwad en op het Horsbornzand komen bijvoorbeeld weinig vogels voor, maar op sommige plaatsen bevinden zich wel grote aantallen kokmeeuwen [C.J. Smit, mondelinge mededeling, 1997]. Tussen KP 5 en 10 ligt het tracé echter dicht bij de oostpunt van het Uithuizerwad, en daar bevinden zich zeer veel foeragerende steltlopers, zoals bonte strandlopers en scholeksters; ook verblijven er rosse grutto's, zilverplevieren, scholeksters, wulpen, kokmeeuwen en zilvermeeuwen.

Het tracé ligt op een afstand van circa 1,5 km van Rottumeroog en op 2 km van Rottumerplaat. Het oppervlak van Rottumeroog is de afgelopen eeuw door erosie sterk afgenomen (van 1.000 ha. in 1860 tot 250 ha. in 1994) en het eiland is in die tijd naar het oosten opgeschoven. Hoewel het steeds kleiner wordt, wordt het niet minder *belangrijk voor vogels, evenmin als de 2 km zuidelijker gelegen zandplaat Zuiderduintjes*. Beide worden haast niet verstoord, en met name de rust maakt het grote aantallen vogels mogelijk hier te broeden en te pleisteren. Uit de aantallen broedvogels en de aantallen vogels die op hoogwatervluchtplaatsen zijn geteld (zie tabellen 5.8.2.a en 5.8.2.b) blijkt hoe belangrijk deze plaatsen voor de vogelstand zijn.

soort	1981-1992			1993
	gemiddeld aantal	minimum	maximum	
bergeend	45	16	127	75
wilde eend	12	4	24	13
pijlstaart	0	1		
<i>eidereend</i>	403	188	676	643
scholekster	287	237	386	242
bontbekplevier	2	1	3	3
strandplevier	1	1	2	7
kievit	1	1	2	
tureluur	1	1		1
kokmeeuw	1	7		
stormmeeuw	56	39	74	63
kleine mantelmeeuw	82	24	142	145
zilvermeeuw	4.086	3.545	5.619	3.256
visdiefje	83	21	250	57
noordse stern	56	1	100	39
noordse dief	145	40	300	
dwergstern	25	10	62	59

Tabel 5.8.2.a Aantallen broedparen op Rottumeroog en Zuiderduintjes, in de periode 1981-1992 en in 1993 [Kasemir & Lutterop, 1993, respectievelijk Van Dijken & Steenge, 1993]

soort	maximale aantallen		soort	maximale aantallen	
	R'oog	Z'strand		R'oog	Z'strand
aalscholver	80	282	rosse grutto	725	118
knobbelzwaan	-	5	regenwulp	2	1
rotgans	95	651	zwarte ruiter	1	
eidereend	1.334	5.569	tureluur	10	1
bergeend	432	795	groenpootruiter	206	2
wilde eend	10	3	oeverloper	1	
middelste zaagbek	4	13	steenloper	220	8
scholekster	1.850	3.350	witgatje	2	
wulp	1.880	7.900	kokmeeuw	6.595	2.925
kluut	65	-	stormmeeuw	4.540	5.220
bontbekplevier	166	2	grote mantelmeeuw	15	21
strandplevier	8	3	grote stern	10	2
zilverplevier	1.895	430	visdiefje	120	34
kanoetstrandloper	4.850	101	noordse stern	100	20
drieteenstrandloper	523	33	noordse dief	600	-
krombekstrandloper	1		dwergstern	600	1
bonte strandloper	11.400	920			

Tabel 5.8.2.b Maximale aantallen vogels bij hoogwatervluchtplaats-tellingen op Rottumeroog en Zuiderduintjes, in mei-augustus 1993 [Van Dijken & Steenge, 1993]

Het aantal soorten vis en de populatiedichtheden in de Eems verschillen weinig van die in de Zoutkamperlaag. Jonge schol is in aantallen het belangrijkste, met dichtheden van meer dan 10 exemplaren per 1.000 m². Daarnaast komt er sprong voor, met in het noordelijk deel meer dan 10 dieren per 1.000 m², en puitaal met 1 tot 5 individuen per 1.000 m².

Langs het Eemshaventracé bevinden zich rond het Sparregat en bij het Schild ligplaatsen voor zeehonden, op respectievelijk 1,25 en 2,5 km van het tracé. Daar zijn in 1993 132 en 83 dieren geteld (waarvan 34 en 23 jongen). Daarnaast zijn de laatste jaren enkele dieren aangetroffen bij het Ra (het Eemswadje) en op de Meeuwenstaart, op 750 en 2.000 m van het tracé. Het betrof hier enkele individuele dieren, en geen wijfjes met jongen [Brasseur en Reijnders, 1994; Reijnders, mondelinge mededeling].

Het landdeel van het tracé

Na de dijkkruisingen ten zuiden van de Eemshaven loopt het tracé over een lengte van 2 km over het industrieterrein bij de Eemshaven. Hoewel op het nog niet in gebruik genomen deel van het industrie- en haventerrein van de Eemshaven kluten broeden en het gebied in het Structuurschema Groene Ruimte wordt aangegeven als een belangrijk gebied voor weidevogels, is het gebied bestemd voor industriële activiteiten.

5.8.3 Het Callantsoogtracé

Het Callantsoogtracé loopt over een afstand van 100 km binnen de 12-mijlszone. Het tracé loopt op een afstand van ongeveer 6 km langs de kust van Vlieland en Texel en loopt ruim 6 km buiten de laagwaterlijn van de Noorderhaaks. Voor de Noorderhaaks is een aanwijzing als Natuurbeschermingswetgebied in voorbereiding. Het tracé blijft buiten dit aan te wijzen gebied. Het aanlandingspunt ligt circa 5 km ten noorden van het dorp Callantsoog.

De bodem rond het tracé bestaat in de kustzone uit middelfijn tot grof zand. Monsterlocaties voor het bepalen van de mate van bodemverontreiniging liggen in de kustzone zeer verspreid, dus een representatief beeld is van de situatie moeilijk te geven. *Op het monsterpunt Noordwijk (2 km uit de kust) overschreden in 1993 alleen de concentraties kwik en zink de streefwaarde, maar ook deze waren lager dan de grenswaarde. De PCB-concentratie lag onder de streefwaarde; de concentratie PAK's lag weliswaar boven de grenswaarde, maar onder de toetsingswaarde [Rijkswaterstaat, 1996].*

Tracéspecifieke informatie over het fytoplankton, het fytobenthos of het zoöplankton is voor het Callantsoogtracé niet voorhanden. Wieren, zeegrasvelden en kwelders komen nergens langs het tracé voor. De bodemfauna langs het tracé is met 10 tot 20 soorten grote bodemdieren minder rijk dan het gebied ten noorden van de waddeneilanden. Het aantal soorten kleine bodemdieren en de populatiedichtheid daarvan (8 tot 10 taxa en 1.000 tot meer dan 1.500 individuen per 10 cm²) is aan de gehele Nederlandse west- en noordkust vrijwel gelijk [ICONA, 1992]. Er komen veel spisulabanken voor, evenals andere schelpdieren zoals zaagjes en kokkels; mosselbanken zijn er niet.

Er is geen tracéspecifieke informatie over de visstand. Het gebied is niet erg rijk aan vogels, al komen er veel meeuwen voor en kunnen zich in de winter in de kustzone grote aantallen zwarte zee-eenden bevinden [Baptist & Wolf, 1993]. In het gehele gebied zijn nergens ligplaatsen voor zeehonden.

Het landdeel van het tracé

Het landdeel van het tracé volgt bestaande leidingenstroken. Na aanlanding moet de kabel eerst de duinen passeren. De duinen tussen Callantsoog en Huisduinen vormen een staatsnatuurmonument en behoren tot de Ecologische Hoofdstructuur. De duinen worden gepasseerd via een gestuurde boring, vanaf de duinweg onder de duinen door tot buiten de laagwaterlijn, waardoor de natuurwaarde van dit staatsnatuurmonument niet wordt aangetast. De boorlocatie van 50 x 50 m aan de duinweg valt buiten het staatsnatuurmonument. Hierna loopt het tracé tot en daarna langs het Noord-Hollandskanaal door agrarisch gebied. Het tracé kruist dit kanaal en daarna de Zijperdijk, een cultuurhistorisch waardevol element en een ecologische verbindingszone. Na de kruising met de Zijperdijk loopt het tracé in de kop van de Zijpe- en Hazepolder over een afstand van 3 km door een voor weidevogels belangrijk gebied. In dit gebied liggen drie eendekooien die op een afstand van circa 500 m worden gepasseerd. Het tracé kruist de Slikkerdijk, ook een cultuurhistorisch waardevol element, loopt door de polder Wieringerwaard, kruist het Waardkanaal en loopt door de Wieringermeer om even ten noorden van Medemblik de Wieringermeerdijk te kruisen. Het Waardkanaal met oevers vormt een waardevolle ecologische verbindingszone. De Wieringermeerdijk, inclusief een strook ten oosten en westen van de dijk met een totale breedte van 2 km behoort tot de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur.

Het deel van het tracé tussen Medemblik en Lelystad loopt door het IJsselmeer. Dat wordt vanwege de grote aantallen watervogels die hier doortrekken, ruien en overwinteren, aangemerkt als *wetland* van internationale betekenis. Duikeenden nemen een groot deel van het jaar een belangrijke plaats in in het IJsselmeer; er bevinden zich dan maximaal 100.000 kuifeenden, 200.000 tafeleenden en 25.000 - 50.000 toppereenden [Dirksen et al., 1996]. Zij rusten overdag veelal in de luwte van de dijken en foerageren 's nachts op driehoeksmosselen, op enige afstand van de kust.

Langs de Houtribdijk tussen Lelystad en Enkhuizen wordt in het noorden van het IJsselmeer, op enkele kilometers ten noordwesten van Trintelhaven een natuurontwikkelingsproject ontwikkeld.

In IJsselmeersedimenten met deeltjes waarvan de helft kleiner is dan 16 μm zijn de concentraties vervuilende stoffen: 1,1 mg/kg kwik, 3,0 mg/kg cadmium, 420 kg/kg zink, 39 mg/kg koper, 93 mg/kg chroom, 69 mg/kg lood en 29 mg/kg nikkel [Hueck-van der Plas, 1994]; voor de concentraties PAK's en PCB's zijn geen gegevens beschikbaar. Op grond van deze concentraties valt het bodemmateriaal in kwaliteitsklasse II/III [Evaluatienota Water, 1994].

In de omgeving van de leidingenstroken die door het tracé worden gevolgd, bevinden zich enkele bekende archeologisch waardevolle gebieden en beschermde monumenten [ROB, 1996]. In het IJsselmeer bevinden zich mogelijk wel plaatsen of voorwerpen van archeologisch belang, maar in de directe omgeving van het tracé zijn er geen bekend. Men neemt aan dat eventuele waardevolle plaatsen of objecten zich meer dan 3,5 m beneden NAP bevinden.

5.9 Autonome ontwikkelingen

5.9.1 De Waddenzee

Ontwikkeling ecosysteem

De natuurlijke morfologische dynamiek van de Waddenzee kan in de toekomst worden beïnvloed door een eventuele zeespiegelstijging of door bodemdaling. Een verandering van het samenspel van sedimentatie op wadplaten en erosie van platen en geulen werkt door in het ecosysteem, en heeft gevolgen voor de soortensamenstelling, de verspreiding van de soorten en de populatiegrootten in de Waddenzee.

Door het verder verminderen van het uitstoten en lozen van verontreinigende stoffen zal de vervuiling van de bodem met zware metalen, PAK's en PCB's langzaam maar zeker afnemen. Een afname van de toevoer van nutriënten (met name van fosfaten) zal de eutrofiëring van de Waddenzee verminderen, zodat de algenbloei van bijvoorbeeld phaeocystis en dinoflagellaten afneemt en de ecologische verarming van de kwelders in het gebied wordt afgeremd.

Het verminderen van de eutrofiëring en het beschermen van potentiële zeegraslocaties kan leiden tot een gedeeltelijke terugkeer van groot en klein zeegras in het waddengebied. Dat blijkt bijvoorbeeld uit recente ontwikkelingen bij de kwelders aan de Groningse kust. Het wordt echter niet waarschijnlijk geacht dat de oorspronkelijke situatie in de Waddenzee zich geheel herstelt.

Naar verwachting blijft de vogelstand in de Waddenzee stabiel op het huidige niveau. Dat is het gevolg van maatregelen om broedvogels te beschermen, wadplaten te behouden als foerageergebieden en de voedselrijkdom in stand te houden.

Gezien de maatregelen tegen het verstoren van zeehonden en de te verwachten verdere afname van de waterverontreiniging in de Waddenzee verwacht men dat de zeehondenstand zich gunstig zal ontwikkelen.

Ontwikkeling maatschappelijk belang

Het beleid ten aanzien van de visserij in het Waddenzeegebied is gericht op efficiëntere vangstmethoden voor mosselzaad en op het terugdringen van de mechanische kokkelvisserij. Het uitbreiden van het areaal gesloten gebieden behoort tot de mogelijkheden. De jachthavencapaciteit wordt niet uitgebreid, omdat de PKB-Waddenzee is gericht op extensivering. Alleen voor Ameland en Delfzijl is een beperkte uitbreiding van het aantal passantenplaatsen mogelijk. De omvang van het transportverkeer is sterk afhankelijk van de bedrijvigheid in de havens. Er is momenteel geen zicht op een verdere groei van deze bedrijvigheid, hoewel die door de noordelijke provincies sterk bepleit wordt. Het gebruik van de laagvliegroutes van de Koninklijke Luchtmacht zal in verband met een wijziging van de taakstelling met circa 30% afnemen. Gezien de wijzigingen in de PKB-Waddenzee, worden in de toekomst in het te bestuderen gebied mogelijk exploratieboringen uitgevoerd.

Ontwikkelingen op het gebied van geluid en elektrische en magnetische velden

De verwachting is dat het geluidsniveau van schepen langzaam af zal nemen tot een niveau van 75 dB(A) op een afstand van 25 m. Dit geldt eveneens voor het geluidsniveau van militaire vliegtuigen. Wanneer de intensiteit van het gebruik van de laagvliegroutes daadwerkelijk zal verminderen, is momenteel niet duidelijk.

Magnetische velden zijn direct afhankelijk van de hoeveelheid getransporteerde elektriciteit. De verwachting is dat de bevolking en het toerisme op Schiermonnikoog zich stabiliseren, maar dat het elektriciteitsverbruik enigszins toeneemt. De capaciteit van de huidige kabels is daarvoor voldoende. De veldsterktes zijn berekend op basis van de maximale capaciteit. Dit betekent dat de veldsterktes in de toekomst niet hoger zullen zijn.

5.9.2 De Noordzee

Ontwikkeling ecosysteem

Evenals in de Waddenzee kan de natuurlijke morfologische dynamiek in de kustzone van de Noordzee in de toekomst worden beïnvloed door eventuele zeespiegelstijging of bodemdaling, met vergelijkbare gevolgen voor het ecosysteem door verandering in plaats en vorm van de ebdelta's en mogelijke veranderingen in zandtransport langs de kust.

Vermindering van directe lozing en vermindering van aanvoer via de grote rivieren van verontreinigde stoffen zal de waterkwaliteit in de Noordzee, en vooral in de kustzone, verbeteren. Een afname van de toevoer van nutriënten zal de eutrofiëring in de kustzone doen afnemen waardoor de kans op algenbloei van met name phaeocystis en dinoflagellaten zal afnemen.

De autonome ontwikkeling van de vogeldichtheid in de kustzone, in het bijzonder van zwarte zee-eenden en eidereenden, is afhankelijk van de ontwikkeling van de visserij op spisula in de kustzone.

Ontwikkeling van het maatschappelijk belang

Het nationale beleid van de visserij in de Noordzeekustzone en het internationale beleid van de visserij in de Noordzee is gericht op de garantie van een goede toekomst van zowel ecosysteem als de visserijbranche. In het beleid wordt aandacht besteed aan de ecologische inpassing van de visserij-activiteiten, met het oog op enerzijds een hoog renderende sector en anderzijds de natuurwaarden. Gewerkt wordt aan een reductie van bijvangst, onder andere door de inzet van selectief vistuig. Er wordt ook naar gestreefd de bijvangst bestaande uit commerciële vissoorten niet langer overboord te zetten, maar mee te laten tellen in de TAC (Total Allowable Catch, het toegestane quotum). Er wordt naar gestreefd de sterfte van dolfijnachtigen in visnetten te verminderen. Er wordt overwogen bepaalde gebieden van de Noordzee te sluiten voor de visserij [Rijkswaterstaat, 1997b]. Deze maatregelen kunnen een positieve invloed hebben op de visstand in de kustzone en in de Noordzee.

Door de economische ontwikkelingen en de toename van de wereldhandel zal de beroepsscheepvaart waarschijnlijk toenemen. In de kustzone zullen naar verwachting exploratieboringen naar aardgas worden uitgevoerd, mogelijk daarna exploitatieboringen.

Ontwikkeling op het gebied van geluid en elektrische en magnetische velden

De verwachting is dat ook het geluidsniveau van zeeschepen in de toekomst geleidelijk zal afnemen. Een uitbreiding van het aantal kabels voor elektriciteitstransport door de Noordzee kan een toename geven van elektrische en magnetische velden in de Noordzee. De mate van toename is in dat geval afhankelijk van de keuze van mono- of bipolaire kabels, met of zonder zee-elektroden.

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de initiatiefnemer de kabel wil aanleggen, onderhouden en - in voorkomende gevallen - repareren. Daarbij worden tevens de meest in aanmerking komende alternatieven genoemd, met de argumenten ten aanzien van de keuze. De voorgenomen technieken en methoden voor aanleg en onderhoud zijn zodanig gekozen dat het grondverzet (bepalend voor verhoging zwevendestofgehalte, geluidsproductie, aanwezigheidsduur e.d.) wordt geminimaliseerd zodat de milieu-effecten zo klein mogelijk blijven. Er is voor aanleg en onderhoud dus geen verschil tussen de voorgenomen activiteit en het meest milieuvriendelijke alternatief. Daarbij gold als randvoorwaarde dat het, voor het onderhavige kabeltype en het betrokken gebied, bewezen middelen moeten zijn. Experimenten in de Waddenzee en de Noordzeekustzone, die zouden kunnen leiden tot vertraging of ongelukken, worden niet opportuun geacht.

De algemene (tracé-onafhankelijke) aspecten worden beschreven in paragrafen 6.2 en 6.3. Omdat de meest milieuvriendelijke wijze van werken deels afhankelijk is van het tracé, wordt deze hierin ook deels tracé-afhankelijk beschreven (paragraaf 6.4 en volgende).

Voorts moest een afweging worden gemaakt ten aanzien van de aanlegdiepte, de onderhoudsfrequentie en de kans op schade (gevolgd door reparatie). Bij een maximale initiële aanlegdiepte is de kans op onderhoud en schade minimaal. Een maximale aanlegdiepte betekent echter ook maximaal grondverzet, met nadelige gevolgen voor het milieu. Een minimale ingraafdiepte leidt weer tot een grotere kans op blootspoelen van de kabel, wat weer tot extra onderhoud en/of een grotere kans op schade leidt (elk met hun eigen potentiële milieugevolgen). Ook tussen het onderhoudsregime en de kans op schade bestaat een dergelijke relatie. Optimalisatie op één van de drie genoemde aspecten gaat dus ten koste van de andere, en leidt niet tot een optimaal totaalresultaat. Bij de bepaling van de meest milieuvriendelijke technieken en methoden moest dus een integrale benadering worden gevolgd, waarbij het totale resultaat voor aanleg, onderhoud en reparatie maatgevend is.

Mede daarom is voor het NorNed-project vooraf geïnventariseerd welke kabelleg- en beschermingsmethoden beschikbaar zijn en welke methoden het meest in aanmerking komen om te worden toegepast. De resultaten van de studie zijn vastgelegd in de "Mechanical Protection Study" [Sep/Statnett, 1997b] en de "Submarine Cable Laying Study Eemshaven - Feda" [Sep/Statnett, 1997a]. Specifiek is aandacht besteed aan het leggen en begraven van de kabel in de Waddenzee. De resultaten hiervan liggen vast in het "Waddenzee Cable Laying and Protection" rapport [Sep/Statnett, 1997c].

Een aspect waaraan eveneens specifiek aandacht is besteed, is de begraafdiepte die vereist is om aan het gevraagde beschermingsrisico te kunnen voldoen. In een studie uitgaande van de meest recente gegevens over de bodemstructuur en morfologie van de Waddenzee en het Callantsoogtracé is de gewenste begraafdiepte vastgesteld [Alkyon, 1997].

In die gevallen waarin sprake is van onzekerheid over de toekomstige situatie, als gevolg van de dynamiek in de geomorfologie of de weersomstandigheden, is uitgegaan van een conservatieve benadering. Ook is vermeden om onrealistische voorschotten op ontwikkelingen in de techniek te nemen. De feitelijke werkwijze kan zonodig te zijner tijd nader op de feitelijke situatie en mogelijkheden worden aangepast, uiteraard in overleg met de bevoegde gezagen. Er worden echter op voor *de aanleg van het NorNed-project relevante termijn geen ontwikkelingen voorzien die belangrijke afwijkingen van de navolgende bevindingen kunnen veroorzaken.*

6.2 De technieken

6.2.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de technieken voor de aanleg van de hoogspanningsverbinding beschreven. De plaatselijke omstandigheden bepalen welke de meest geschikte technieken voor een bepaald tracé zijn. De aanlegdiepte is eveneens afhankelijk van de plaatselijke situatie.

Uitgangspunten

Met betrekking tot het aanleggen van de NorNed-verbinding in de Waddenzee zijn de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:

- de gevolgen voor het milieu van de werkzaamheden bij aanleg en onderhoud moeten zo klein mogelijk zijn;
- de installatiemethode moet efficiënt en betrouwbaar zijn; voor het aanleggen moet beproefde technologie worden toegepast: de installatiemethode dient elders met goed gevolg te zijn toegepast;
- gevaarlijke situaties die tot kabelbreuk of risico voor personeel en materieel kunnen leiden, moeten zoveel mogelijk worden voorkomen;
- scheepvaart en visserij mogen zo min mogelijk overlast van de werkzaamheden ondervinden;
- het aantal kabelmoffen (storingsgevoelige onderdelen van de verbinding) moet zo klein mogelijk zijn: de kabelsecties moeten daarom zo lang mogelijk zijn;
- vaartuigen en installaties moeten zo min mogelijk gevoelig zijn voor ongunstige weersomstandigheden tijdens de aanlegperiode; en
- de totale aanleg- en onderhoudskosten (gekapitaliseerd) moeten zo laag mogelijk zijn.

6.2.2 De ingraafdiepte

Zoals eerder genoemd, is voor de bepaling van de ingraafdiepte van de NorNed-kabel onderzoek verricht [Alkyon, 1997]. In deze paragraaf worden de achtergrond en conclusies van dit onderzoek globaal weergegeven.

De ingraafdiepte van de kabel wordt zo gekozen dat de minimaal vereiste beschikbaarheid (toegestane kans op storing) verzekerd is, terwijl de ingreep in het milieu zo klein mogelijk blijft. Bij een diep ingegraven kabel is de beschikbaarheid groot en zijn de onderhoudskosten laag, maar de ingreep in het milieu is eveneens groot en de investeringskosten zijn hoog. Bij een minder diep ingegraven kabel is de ingreep in het milieu in eerste instantie kleiner en zijn de aanlegkosten lager, maar is de kans op blootspoelen (en dus op het vervolgens ontstaan van schade) groter. Een beperkte ingraafdiepte brengt de noodzaak met zich mee relatief vaak onderhoud te plegen, door de kabel opnieuw in te graven.

Om de ingraafdiepte te bepalen is eerst de faalkans (de kans op niet-beschikbaarheid van de kabel) als functie van de ingraafdiepte bepaald.

Vervolgens is de diepte bepaald waarbij aan het ontwerpcriterium voor de faalkans wordt voldaan. De ontwerpingraafdiepte is de diepte waarbij de totale faalkans kleiner is dan of gelijk is aan de faalkans die volgt uit de vereiste beschikbaarheid van de kabel.

Bij het bepalen van de ingraafdiepte van de kabel in het IJsselmeer hoeft geen rekening te worden gehouden met instabiliteit van de bodem. Ook zijn de schadebronnen die (op zee) bepalend zijn voor de gewenste ingraafdiepte in het IJsselmeer niet aanwezig. Een ingraafdiepte van 1 m wordt daarom in het IJsselmeer voldoende geacht.

Blootspoelen en de kans op schade aan de kabel

Schade zal praktisch alleen maar ontstaan als de kabel op of aan het oppervlak van de zeebodem ligt. Dus moeten de kans op blootspoelen (P_{bloot}) en de kans op schade aan een blootliggende kabel (P_{schade}) worden bepaald. De totale faalkans is het product van deze twee kansen: $P_{\text{totaal}} = P_{\text{bloot}} * P_{\text{schade}}$.

De kans op blootspoelen (P_{bloot}) is gelijk aan de kans dat de zeebodem zich verdiept tot het niveau waarop de kabel is ingegraven. Deze kans wordt bepaald aan de hand van de volgende gegevens:

- Veranderingen in het verleden. Historische peilkaarten worden met statistische methoden geanalyseerd om mogelijk toekomstig gedrag van de zeebodem te kwantificeren;
- Trends. Met kennis van het morfologisch systeem kunnen de gevolgen van grootschalige trends worden bepaald. Meerjarige migraties van geul- en plaatsystemen en de variatie van stroming en golven spelen hierbij een rol;
- Gevolgen van menselijk handelen. De invloed van baggerwerk in vaargeulen (verdieping, onderhoud), van de aanleg van havendammen en/of dijken (Eemshaven, drooglegging Lauwerszee) en van gaswinning op veranderingen in het verleden wordt bepaald; en
- Lokale geologische factoren. Veranderingen van het zeebodemniveau kunnen alleen optreden als de bodem voornamelijk uit zandig (erodeerbaar) materiaal bestaat. In het te bestuderen gebied is dat in het algemeen zo, maar lokaal kunnen minder of niet erodeerbare grondsoorten (bijvoorbeeld klei) aanwezig zijn. Bij een extrapolatie van trends is dit van groot belang.

Voor de kans op schade aan een blootliggende kabel (P_{schade}) zijn in het Nederlandse kustgebied de volgende factoren van belang:

- Instabiliteit. Horizontale verplaatsingen van bodemmateriaal door golven en stroming kunnen schade veroorzaken;
- Trillingen. Golven en stroming kunnen een kabel die in vrije overspanning boven de zeebodem hangt in trilling brengen, waardoor in de kabel vermoeidheidsschade kan optreden;
- Vistuig. Dit kan schade veroorzaken aan een kabel die op de zeebodem ligt;
- Ankers. Indien die achter een kabel blijven haken, kunnen ze deze beschadigen;
- Zinkende schepen. Ook hierdoor kan de kabel worden beschadigd; en
- Overboord geslagen lading.

Het analyseren van deze factoren leidt tot de conclusie dat visserij-activiteiten veruit de belangrijkste oorzaak van schade zijn. Onderscheid wordt daarbij gemaakt tussen:

- Het kapot trekken van de kabel door vistuig. Als de slof van de boom van het vistuig aan de kabel blijft haken en het schip blijft trekken, wordt de kabel opzij getrokken en daarbij zodanig verbogen dat schade kan ontstaan. De kans daarop wordt geschat op 0,01 - 0,02 km/jaar; en
- Het kapot trekken van de kabel door een anker. Als een anker achter de kabel blijft haken en het schip blijft trekken, kan schade aan de kabel ontstaan. De kans daarop wordt geschat op 0,0003 - 0,0006 km/jaar (een orde van grootte kleiner dan de kans op schade door vistuig).

Als de kabel bij het aanleggen van de verbinding meteen op de ontwerpingraafdiepte wordt gelegd, betekent dat in de praktijk dat de kans klein is dat de kabel blootspoelt, en dus ook dat weinig onderhoud (kabelverdiepingsoperaties oftewel *retrenching*) nodig is. Door de morfologische dynamiek is dit echter nooit zeker. Met behulp van een morfologisch-stochastisch model kan het aantal *retrench*operaties als functie van de ingraafdiepte worden geschat.

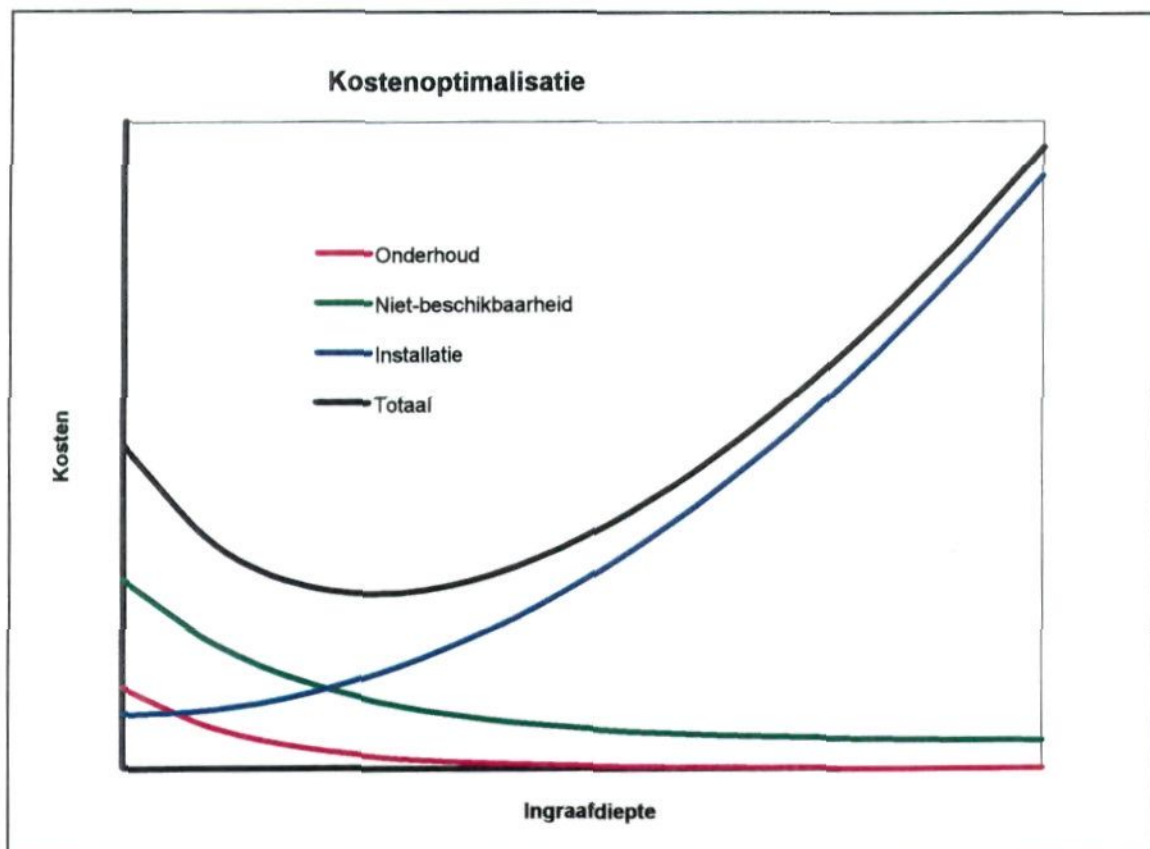
Optimalisatie van de kosten en de gevolgen voor het milieu

De balans tussen direct diep ingraven, zodat later vrijwel geen onderhoud nodig is, en in eerste instantie minder diep ingraven zodat wel met onderhoud rekening moet worden gehouden, kan worden gevonden door het ingraven te optimaliseren met het oog op de kosten en de gevolgen voor het milieu. Uiteraard moet daarbij aan het ontwerpcriterium met betrekking tot beschikbaarheid worden voldaan.

De werkwijze die de laagste totale kosten met zich meebrengt, verdient in financieel opzicht de voorkeur. Dit optimum wordt gevonden door voor elke ingraafdiepte de volgende kosten op te tellen:

- de installatiekosten in eerste instantie;
- de gekapitaliseerde kosten van niet-beschikbaarheid (met inbegrip van de reparatiekosten); en
- de onderhoudskosten (zoals de kosten van *retrenchen*).

In figuur 6.2.2 zijn deze kosten en de totale kosten weergegeven als functie van de ingraafdiepte.



Figuur 6.2.2 Kostenoptimalisatie

Voor wat het milieu betreft, moet een optimum worden gevonden tussen impact van het aanleggen van de verbinding en impact van toekomstige onderhouds- en reparatiewerkzaamheden. Als de kabel meteen diep wordt ingegraven, zijn mensen en materieel tijdens de aanlegfase relatief lang aanwezig en wordt de bodem op relatief grote schaal geroerd. Als de kabel in eerste instantie minder diep wordt ingegraven, blijft de impact in de aanlegfase beperkt maar wordt de bodem in de toekomst opnieuw geroerd. Bovendien kunnen een ondoordringbare bodem of obstakels heringraven onmogelijk maken zodat extra beschermende maatregelen, zoals het storten van grind of steen, nodig zijn.

De optimalisering tussen diep aanleggen en veel onderhoud geeft voor elk van de drie tracés andere resultaten. Deze resultaten worden besproken in paragrafen 6.4 tot en met 6.6.

6.2.3 Baggeren

Zoals in paragraaf 6.2.5 is toegelicht, wordt de kabel in de grond gebracht door middel van *trenchen*, een techniek met minimaal grondverzet. Omdat de met *trenchen* bereikbare ingraafdiepte gelimiteerd is (maximaal circa 3 m) wordt op sommige tracédelen eerst de bodem geëgaliseerd of een sleuf gegraven. Vervolgens wordt op het geëgaliseerde gedeelte of in de sleuf *getrencht*. Het egalisatieproces en/of het aanbrengen van de sleuf geschiedt door baggeren. In deze paragraaf worden de meest in aanmerking komende baggertechnieken toegelicht.

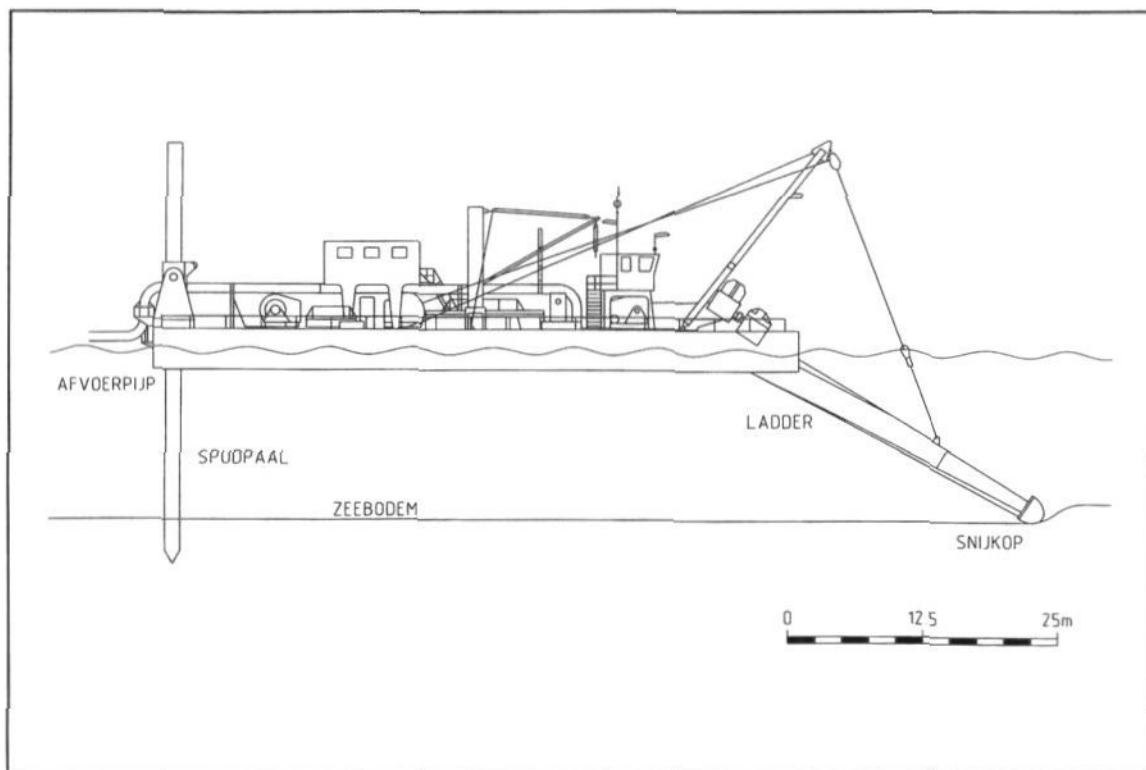
Op het verwijderen van de baggerspecie wordt bij de verschillende tracé-alternatieven ingegaan (paragraaf 6.4 en verder).

Snijkopzuiger ("cutter")

Een snijkopzuiger of *cutter* (zie figuur 6.2.3.a) is een baggervaar­tuig zonder eigen aandrijving. Het wordt met zijankers, lieren en een in de bodem verankerde werkpaal op zijn plaats gebracht. Een snijkop, bevestigd aan een verticaal beweegbare arm, graaft een sleuf met een bepaalde breedte. De losgemaakte grond wordt naar een transportbak gepompt.

Een snijkopzuiger kan werken in ondiep water maar is gevoelig voor werken buitengaats. Hij is namelijk star aan een paal in de bodem bevestigd en kan dus niet met de golven meebewegen. Bovendien rust de boorkop op de bodem waardoor de bewegingsvrijheid beperkt wordt.

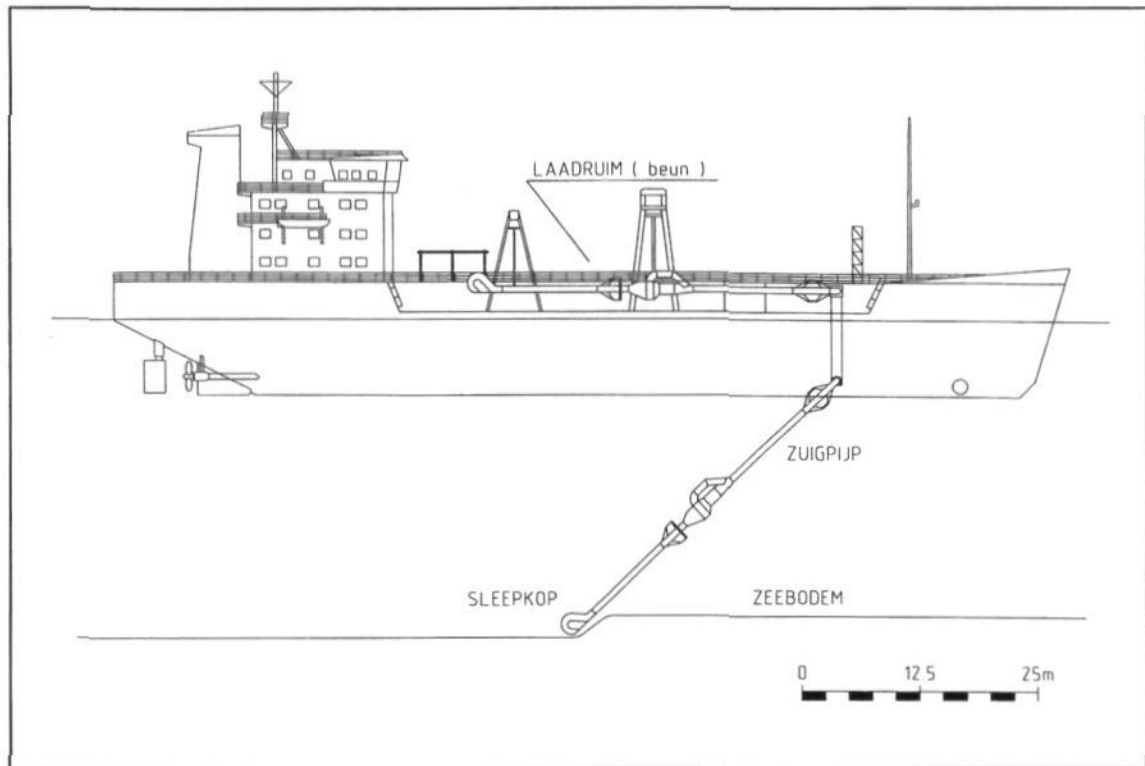
Bij de uitstroom uit de pijpleiding, het storten en in mindere mate rond de snijkop, treedt vertroebeling op. Door gebruik van stortbakken om de specie af te voeren, treedt op de plaats van de werkzaamheden minder vertroebeling op. De vertroebeling wordt dan deels verplaatst naar de speciestortplaats.



Figuur 6.2.3.a Snijkopzuiger

Sleephopperzuiger ("hopper")

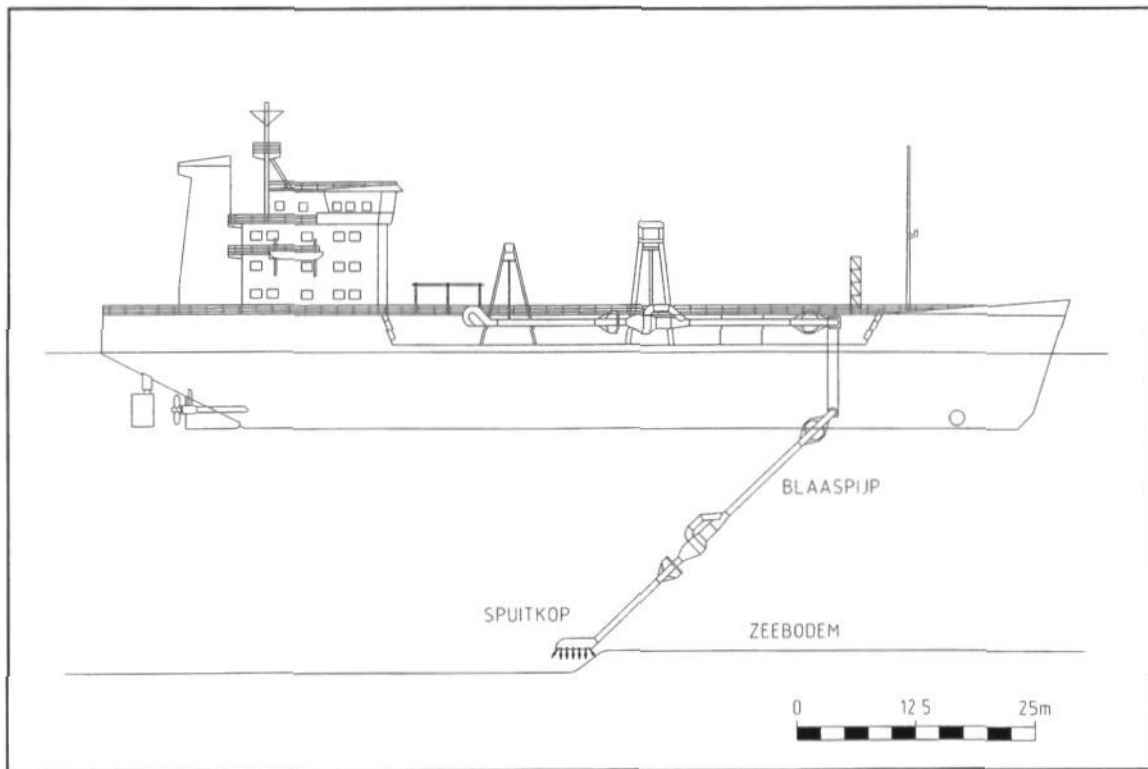
Een sleephopperzuiger of *hopper* (zie figuur 6.2.3.b) is een zelfvarend, niet verankerd baggervaar­tuig. Het bodemmateriaal wordt verwijderd met een grote zuigpijp die langs de bodem wordt gesleept en het schip tijdens het varen vollaadt; overtollig baggerwater stroomt daarbij weg. De diepgang van het schip neemt door het laden geleidelijk toe, waardoor deze methode zich minder voor zeer ondiep water leent dan werken met een snijkopzuiger. Een sleephopperzuiger is echter minder weersgevoelig dan een snijkopzuiger. Het volle schip wordt naar een stortplaats op zee gevaren, waar het baggermateriaal wordt gestort. Bij het afvloeien van overtollig water op de plaats waar wordt gebaggerd, bij het storten en in geringere mate bij de zuigpijp treedt vertroebeling op.



Figuur 6.2.3.b Sleephopperzuiger

Flowdredgen

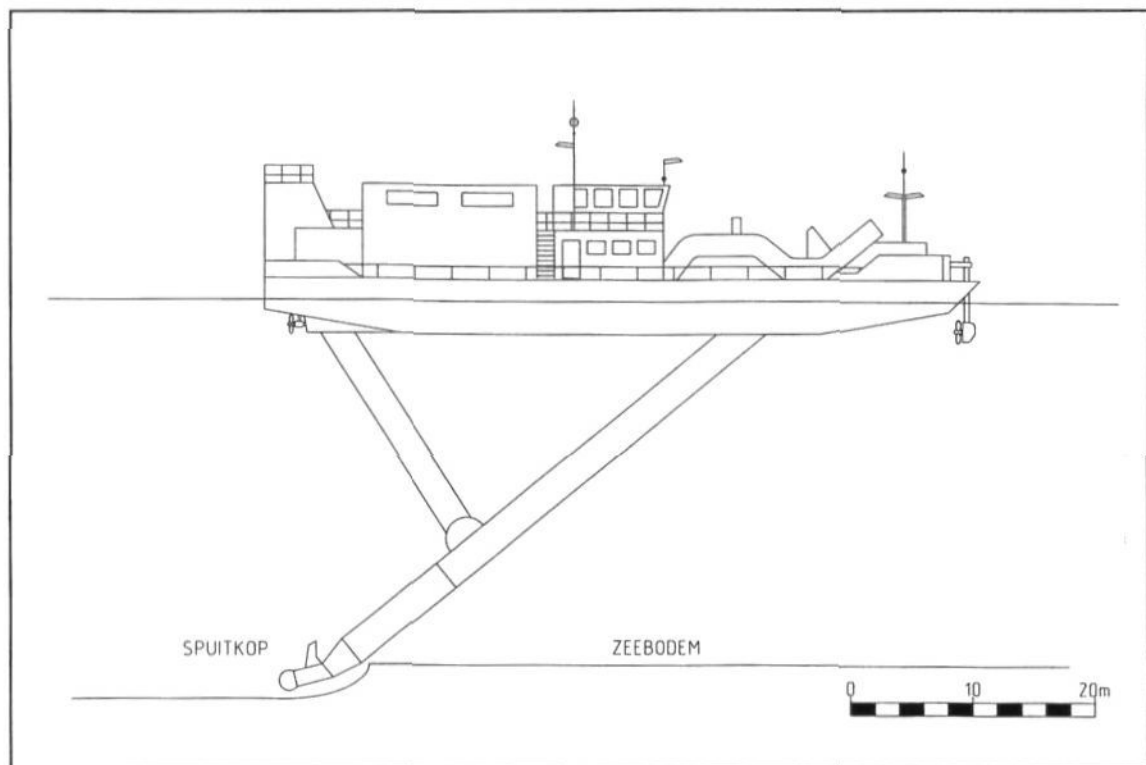
Bij *flowdredgen* wordt een waterstraal met een groot debiet en een lage snelheid op de bodem gericht. De waterstraal werkt de grond los, waardoor een sleuf wordt gevormd. Het materiaal bezinkt ernaast. De apparatuur voor *flowdredgen* kan aan boord van een sleephopperzuiger worden opgesteld (zie figuur 6.2.3.c). Deze werkwijze is efficiënt omdat uitgebaggerd materiaal niet gestort hoeft te worden. Kleine fracties worden echter over een groot deel van de waterkolom verspreid, zodat een aanzienlijke vertroebeling ontstaat. De beperkingen van deze methode zijn dat de maximale sleufdiepte 4 m bedraagt en dat de waterdiepte om goed te kunnen werken ten minste 10 m moet zijn. De sleuf is betrekkelijk instabiel, zodat de kabel vooraf of direct na het baggeren gelegd moet worden.



Figuur 6.2.3.c *Flowdredger*

Waterinjectiebaggeren

Waterinjectiebaggeren (zie figuur 6.2.3.d) behelst het door middel van een harde waterstraal fluïdiseren van de bovenlaag van de zeebodem. De dichtheid van het mengsel van zand en water is groter dan die van zeewater, en het mengsel stroomt naar nabije diepere gebieden. De baggerdiepte kan in enkele stappen worden vergroot. Deze methode kan alleen worden toegepast als de zeebodem vanaf de baggerplaats afloopt omdat het bodemmateriaal dan onder invloed van de zwaartekracht van de baggerplaats wegstroomt. Het baggeren van een lange, nauwe sleuf is moeilijk omdat het gefluïdiseerde materiaal op sommige plaatsen niet uit de sleuf stroomt. Deze baggermethode veroorzaakt minder vertroebeling dan *flowdredgen* [R.J. Labeur, Ingenieursbureau Svašek].



Figuur 6.2.3.d Waterinjectiebaggeren

Conclusies

Flowdredgen is niet geschikt voor het aanleggen van een sleuf in harde bodems of bij ondiep water, en het waterinjectiebaggeren van een lange, diepe sleuf is, met name op een horizontale bodem, moeilijk uitvoerbaar en daardoor niet efficiënt. Deze methoden veroorzaken bovendien veel vertroebeling (met name *flowdredgen*). De sedimentatie is bovendien niet gecontroleerd en in de nabijheid van het tracé. Daardoor kan bodembedekking op ongewenste plaatsen (bodemflora en fauna) optreden en de sleuf weer snel dichtslibben. De conventionele baggermethoden met een snijkopzuiger of een sleephopperzuiger verdienen daar derhalve de voorkeur. Een snijkopzuiger zal met name worden ingezet bij het werken in harde lagen en in zeer ondiep water. Waar mogelijk zal een sleephopperzuiger worden gebruikt.

De keuze voor conventionele baggermethoden impliceert dat het baggerwerk voorafgaand aan het kabelleggen moet plaatsvinden. Een reeds gelegde kabel zou immers door het baggeren worden beschadigd. Tussen het baggeren en het leggen van de kabel moet de sleuf dus stabiel zijn. De stabiliteit van de sleuf wordt bepaald door de stabiliteit van de wanden en de natuurlijke sedimentatie. De instabiliteit van de wanden kan worden gereduceerd door ze een kleine helling te geven. Aanzanden kan worden opgevangen door de sleuf wat dieper te baggeren of vlak voor het kabelleggen de sleuf te reinigen.

Om de hoeveelheid extra baggerwerk te beperken, moet het kabelleggen zo snel mogelijk na het baggeren gebeuren, hetgeen een zorgvuldige planning van het geheel vereist.

Het ingraven van de kabel door baggeren is een robuuste maar ook dure en inefficiënte methode. De toename van de troebelheid tijdens baggeren en storten kan *het milieu beïnvloeden, evenals de langdurige aanwezigheid van mensen en materieel*. Daarom worden de baggerwerkzaamheden tot het minimum beperkt.

6.2.4 Het leggen van de kabel

Bij het leggen van de kabel moet onderscheid worden gemaakt tussen het leggen in diep en ondiep water, en op land. Op land wordt de kabel in een van te voren gegraven sleuf gelegd, of met behulp van 'no dig' technieken (zoals voorboren) onder de grond gebracht. Deze laatste technieken zijn kostbaar en worden alleen ingezet in *bijzondere situaties, bijvoorbeeld in bodembeschermingsgebieden, of bij het kruisen van gebouwen en/of infrastructuur*.

Voor het leggen in water zijn speciaal daarvoor uitgeruste vaartuigen beschikbaar. Daarop bevindt zich een draaitafel waarop de kabel is gewikkeld. Tijdens het leggen wordt de kabel van de draaitafel via de achterzijde van het vaartuig naar de waterbodem geleid. Dit is een kritiek deel van de installatieprocedure, omdat de kabel tussen het schip en de bodem vrij hangt en onderhevig is aan belastingen als gevolg van het eigen gewicht, de bewegingen van het legschip en de stromingsdruk. Met name bij het leggen van de kabel in diep water is daarom een grote controle over het *legproces vereist, ook bij slechte weersomstandigheden*. Bij de keuze van een legvaartuig spelen verschillende overwegingen een rol:

- *tonnage / kabellengte*. Hoe groter het laadvermogen, hoe groter de (aan één stuk) verwerkbare kabellengten zijn. Grotere kabellengten hebben als voordelen dat minder verbindingsmoffen nodig zijn en minder vaak heen en weer moet worden gevaren voor het ophalen van een nieuw stuk kabel.
- *legsnelheid*. Een grotere legsnelheid heeft met name in of nabij gevoelige gebieden (milieubescherming, recreatie, visserij en (overige) scheepvaart) als voordeel dat de legactiviteiten korter duren. Tevens is de benodigde periode met werkbare *weersomstandigheden korter*.
- *weersafhankelijkheid*. Het legschip dient zo goed mogelijk bestand te zijn tegen wind en golfslag. Dat leidt niet alleen tot minder verlies van bedrijfsuren, maar het verkleint ook het risico dat de kabel moet worden verlaten en (na de storm) weer moet worden aangekoppeld met een (extra) verbindingsmof.
- *diepgang / kielvorm*. Hoe kleiner de diepgang, hoe kleiner de beperkingen ten aanzien van de werkbare waterdiepte. In getijdewater is een schip dat kan droogvallen (onder andere door een voldoende vlakke kiel) in het voordeel.
- *aandrijving / positionering*. Met name nabij infrastructuur (andere kabels of leidingen, booreilanden, havenhoofden en dergelijke) kan een nauwkeurige positionering nodig zijn. Nabij gevoelige gebieden (natuur, recreatie, scheepvaart en (andere) visserij) dient het positioneren bij voorkeur op eigen kracht te geschieden, zodat geen rondvarende hulpschepen of (wijd) uitstaande ankers nodig zijn.
- *nullozing*. De te gebruiken vaartuigen moeten voorzieningen hebben om hun afvalstromen (vast en vloeibaar) op verantwoorde wijze te bufferen, waarna ze worden afgegeven bij een havenontvangstinstallatie.
- *kosten*. Vanuit *bedrijfseconomische overwegingen wordt, rekening houdend met de overige genoemde criteria, uiteraard gestreefd naar zo gering mogelijke exploitatiekosten*.

Op hoofdlijnen zijn voor het leggen van kabels in water twee soorten vaartuigen beschikbaar:

- drijvende pontons, al dan niet met eigen voortstuwing; en
- speciale legschepen.

De kosten van pontons zijn (per dag) lager dan die van speciale legschepen en hebben een geringere diepgang, waardoor ze ook op ondiep water kunnen worden gebruikt. Het gebruik van pontons heeft echter als nadelen het beperkte tonnage, de lagere legsnelsnelheid, de grotere weersafhankelijkheid en (bij ontbreken van eigen mogelijkheden voor voortstuwing en positionering) de noodzaak van hulpschepen en ankers. (Op deze verschillen wordt hierna in meer detail ingegaan.)

Speciale legschepen combineren de meeste van de gewenste eigenschappen. De hogere dagkosten worden gecompenseerd door de hogere legsnelsnelheid, de betere weers(on)afhankelijkheid en de grotere kabellengte (minder verbindingsmoffen, minder heen en weer varen). Het nadeel van legschepen is de relatief grote diepgang. Hieraan kan deels tegemoet worden gekomen door het 'indrijven' van de kabel over ondiepe stukken en het baggeren van aanleg- of toegangsgeulen. In getijdewater is het, met een daarvoor geschikt schip en geschikte waterbodem, in principe ook mogelijk om alleen bij hoog water te werken, en het schip bij laag water droog te laten vallen. Op de meest ondiepe delen is het werken met pontons echter de enige mogelijkheid.

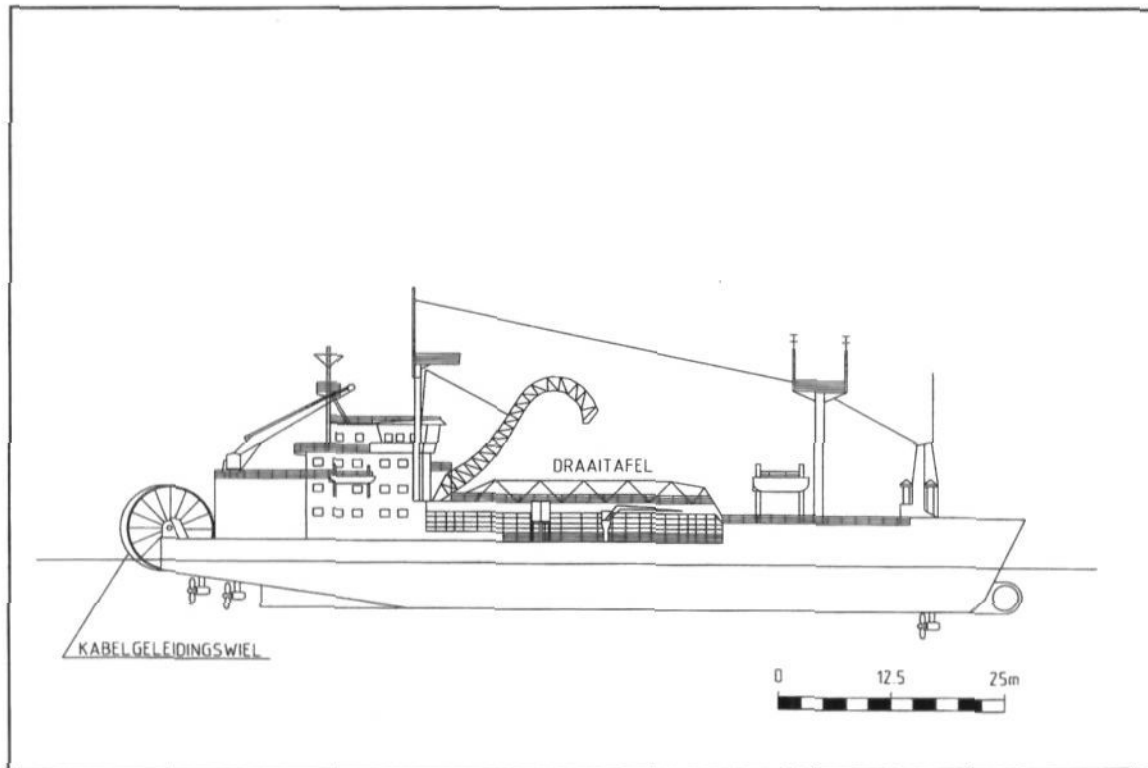
Vanwege de genoemde nadelen van pontons gaat de voorkeur bij grotere werken, zoals de NorNed-kabel, uit naar het gebruik van grote legschepen. Alleen bij een te geringe waterdiepte wordt uitgeweken naar het gebruik van kleine legschepen/pontons. Op de wereld bestaat slechts een beperkt aantal grote legschepen. Een daarvan is de C/S Skagerrak, welke waarschijnlijk zal worden ingezet voor de NorNed-kabel (zie figuur 6.2.4.a). Volledige zekerheid over de keuze van het grote legschip kan niet worden gegeven, omdat dit mede afhangt van het jaar waarin de NorNed-kabel wordt gelegd, en de dan lopende contracten voor deze schepen. Hierna wordt voor de beschrijving van het kabelleggen uitgegaan van de eigenschappen van de C/S Skagerrak. Overigens hebben de andere grote kabellegschepen vergelijkbare kenmerken en eigenschappen, zodat de uiteindelijke keuze geen essentiële verschillen in de aard en omvang van de werkzaamheden veroorzaakt.

Kabelleggen in diep water

Het overgrote deel van de in dit MER onderzochte tracés is diep genoeg voor het gebruik van grote legschepen. Een groot kabellegschip heeft een draaitafel met een capaciteit van 6.500 ton, hetgeen in de praktijk overeenkomt met kabellengten van circa 50 tot 100 km. Als de kabel is gelegd, vaart het schip naar de kabelfabriek om een nieuw stuk kabel te halen.

Tijdens het leggen positioneert een groot kabellegschip zich met behulp van zijn eigen aandrijving en een geautomatiseerd dynamisch positioneringssysteem (DP-systeem). De positionering is daarmee in hoge mate onafhankelijk van wind, golven en getijstromingen. Er zijn geen ankers of hulpschepen nodig. De kabel wordt met een snelheid van circa 9 m per minuut gelegd.

Zonder speciale voorzieningen kan het kabeltracé met een horizontale nauwkeurigheid van ± 10 m worden gelegd. Indien een grotere precisie nodig is, wordt een hulpschip, of een op afstand bediend onderwater voertuigje (Remote Operated Vehicle) gebruikt, dat de kabelpositie meet. Daarmee kan een nauwkeurigheid van circa 2 m worden bereikt. De legsnelheid is dan uiteraard lager.



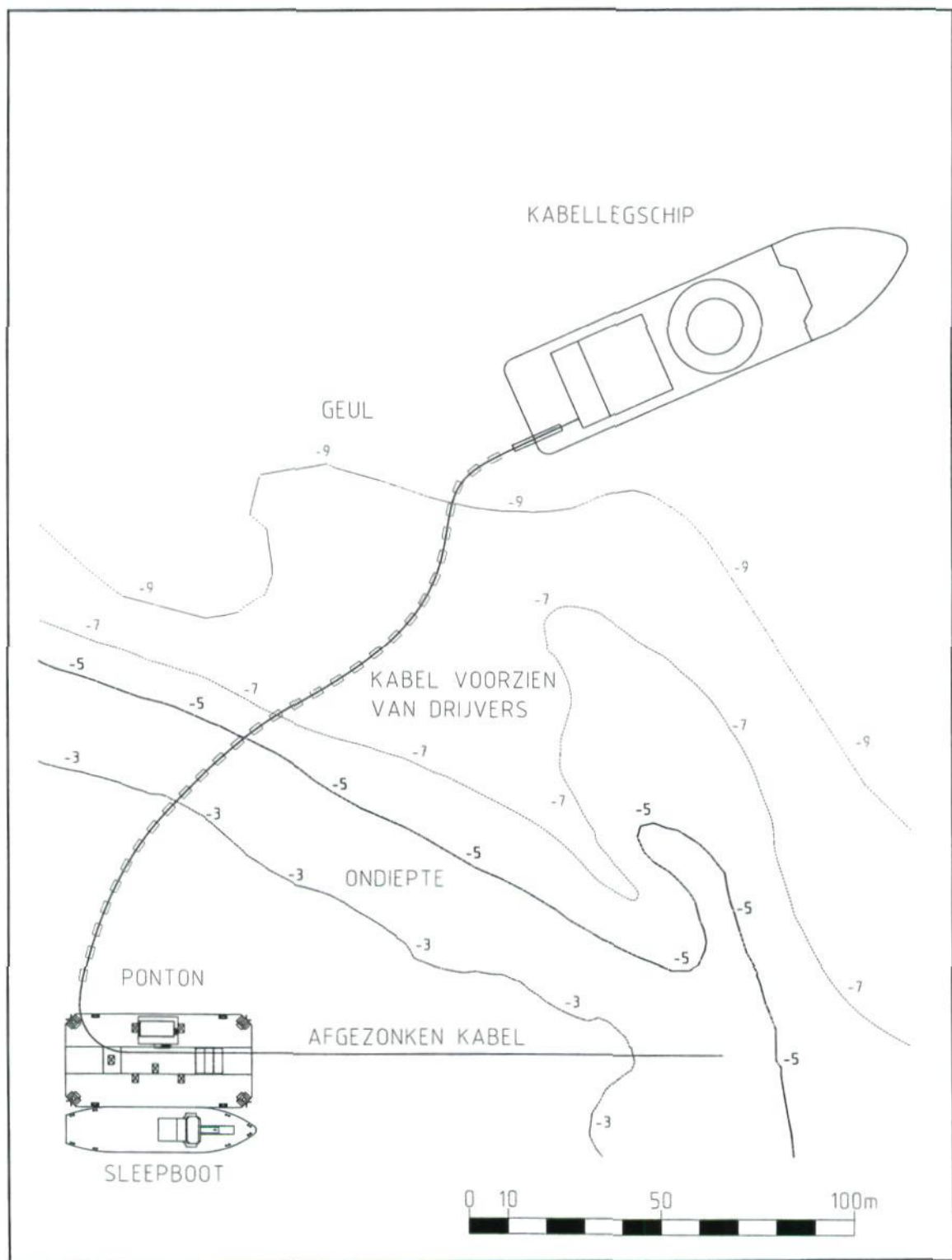
Figuur 6.2.4.a Voorbeeld van een groot kabellegschip

Kabelleggen in ondiep water

Voor een groot kabellegschip is, afhankelijk van de hoeveelheid kabel op het schip, een minimale waterdiepte van circa 6 m nodig.

Wanneer het grote legschip voldoende dicht in de buurt van het gewenste tracé kan komen, kan de kabel worden ingedreven. Daartoe wordt de kabel van drijvers voorzien en op dieper water uitgerold, waarna hij op het gewenste tracé wordt ingedreven en afgezonken (zie figuur 6.2.4.b). Zo kan de kabel bijvoorbeeld vanuit een vaargeul over een ondiepe zandbank worden gelegd. De kabel wordt door kleine werkscheepjes boven de juiste plaats gebracht, waarna de drijvers worden verwijderd en de kabel naar de bodem zinkt. Bij stroming of golven wordt het afzinken begeleid vanaf een ponton dat door kleine sleepboten wordt voortbewogen. Indrijven kan alleen bij rustig weer plaatsvinden.

Indien het grote legschip het kabeltracé niet dicht genoeg kan benaderen of bij een te grote lengte van het ondiepe tracégedeelte, wordt de kabel vanaf een kleiner legschip of een ponton gelegd. De vaartuigen hebben een geringere diepgang. De meer beperkte hoeveelheid kabel die deze vaartuigen kunnen vervoeren, kan tot kortere kabellengten en extra lassen in de kabel leiden. Een legschip positioneert zich doorgaans met behulp van zijn eigen aandrijving. In zeer ondiep water, of bij gebruik van pontons, gebeurt dat echter met behulp van zes tot acht ankers. Deze ankers liggen dan op grote afstand (tot enkele honderden meters) van het schip, en worden tijdens de operatie voortdurend verplaatst door kleine sleepboten. Op deze wijze kan een horizontale nauwkeurigheid van ± 2 m worden bereikt. De legsnelheid is circa 1,5 m per minuut. Legschepen met een geringe diepgang zijn, met name als ze op ankers manoeuvreren, weersgevoeliger dan grote legschepen [Sep/Statnett, 1997c].



Figuur 6.2.4.b Het indrijven van de kabel in ondiep water

6.2.5 Het ingraven van de kabel (*trenchen*)

Na het leggen van de kabel wordt deze ingegraven in de zeebodem. *Trenchen* is een techniek waarmee een smalle sleuf ('*trench*') in de bodem wordt gemaakt, waarin de kabel wordt gelegd. De daarvoor beschikbare technieken worden in deze paragraaf beschreven en vergeleken op basis van hun technische geschiktheid en milieu-aspecten. De daarbij gehanteerde cijfers zijn afhankelijk van diverse omstandigheden (bodemgesteldheid, stroming, weersomstandigheden, etcetera) en zijn daarom slechts een indicatie.

Omdat het grondverzet bij *trenchen* aanmerkelijk kleiner is dan bij baggeren, zijn de kosten lager en de milieu-effecten kleiner. Daarom is *trenchen* de primaire techniek waarmee de kabel wordt aangelegd. Alleen indien de benodigde aanlegdiepte niet met *trenchen* kan worden bereikt, of indien de bodem te oneffen is voor het *trench*apparaat, wordt eerst een sleuf gebaggerd, respectievelijk de bodem door baggeren geëgaliseerd. De beschikbare baggertechnieken zijn beschreven in paragraaf 6.2.3.

Ploegtrenchen

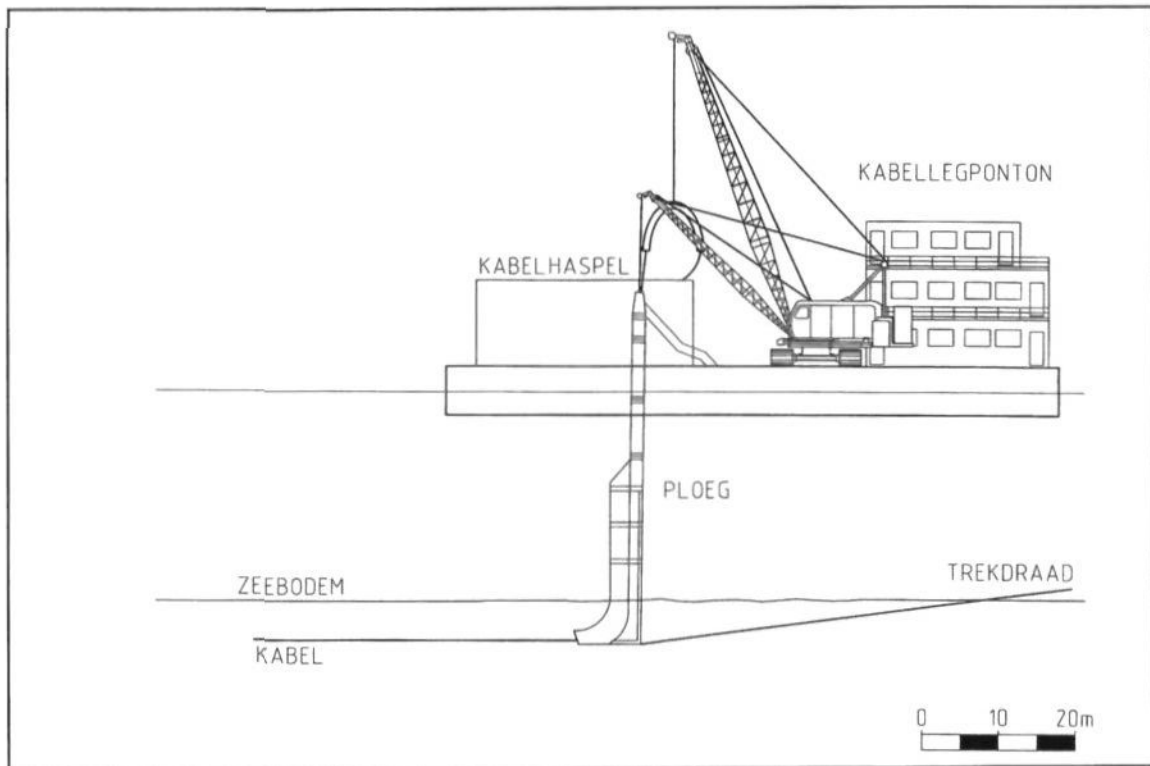
Bij *ploegtrenchen* wordt de kabel met een ploegzwaard op de gewenste begraafdiepte gebracht. Het ploegzwaard kan aan het legschip zijn bevestigd (zie figuur 6.2.5.a) of aan een op de zeebodem rijdend voertuig, dat vanaf het schip wordt voortgetrokken of bestuurd. Het kenmerkende van *ploegtrenchen* zijn de grote krachten die daarbij optreden, omdat het ploegzwaard met geweld door de bodem wordt geforceerd. Om de ploegweerstand van de bodem te verminderen, kan bij deze techniek de bodem worden gefluïdiseerd met spuitlansen.

Ploegtrenchen heeft als voordelen dat, in vergelijking met de andere beschikbare technieken, een grotere ingraafdiepte haalbaar is en minder slib wordt opgewerveld, althans indien geen gebruik wordt gemaakt van spuitlansen. Door de grotere ingraafdiepte kan de kans op schade door externe oorzaken tijdens de bedrijfsfase verder worden verkleind en is onderhoud, dat wil zeggen herstel van de gronddekking, in gebieden met bodemerosie minder vaak of niet nodig.

Ploegtrenchen wordt tot nu toe voornamelijk gebruikt voor relatief lichte kabels, zoals voor telecommunicatie en dergelijke. De techniek is nog niet bewezen voor zware en stijve HVDC-kabels [Skog, 1997]. Door de zware beschermmantels kunnen deze kabels slecht buigen en moeilijk door het ploegzwaard worden geleid. Door de grote krachten die optreden, kan de kabel tijdens het installeren worden beschadigd, zonder dat dit direct wordt opgemerkt.

Een ander nadeel van *ploegtrenchen* is, dat deze techniek gevoelig is voor in de bodem verborgen obstakels (resten van scheepswrakken, verloren lading, kabels, visnetten en dergelijke), waarin de ploeg vast kan komen te zitten. Bij het lossen van de ploeg en de kabel kunnen grote krachten optreden, waardoor de kabel kan worden beschadigd.

Ploegtrenchen is, gezien de ervaringen tot nu toe, niet geschikt voor het leggen van de NorNed-kabel. Experimenten met op de NorNed-kabel aangepaste apparatuur worden niet opportuun geacht, omdat het vastlopen van de ploeg en/of de kabelbeschadigingen niet alleen tot grote kosten, maar ook tot vertragingen zou leiden. Daardoor zou het materieel langer in de Waddenzee zijn dan strikt noodzakelijk is. De plaats waarop de ploeg vastloopt, is bovendien niet te voorspellen. Dat zou nabij een gevoelig gebied kunnen zijn (bijvoorbeeld rust- of foerageergebieden).



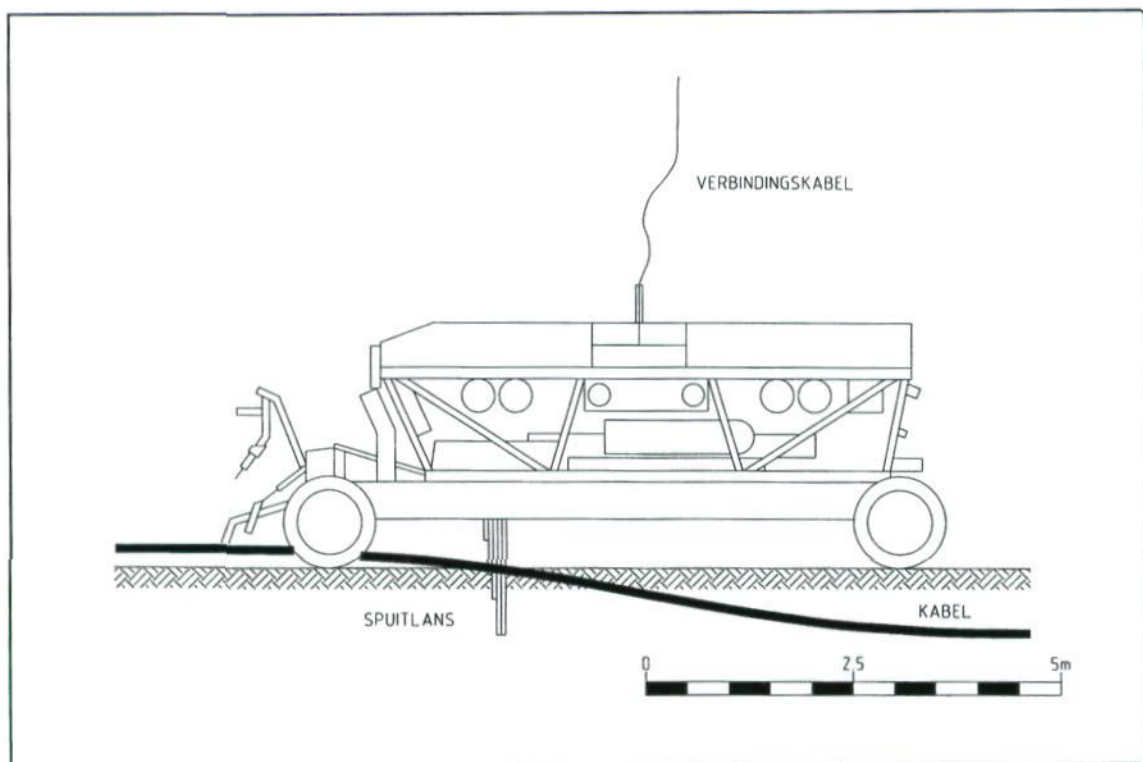
Figuur 6.2.5.a *Ploegtrencher*

Jettrenchen

Jettrenchen geschiedt door fluïdisatie van de bodem, met behulp van één of meer spuitlansen. Daartoe wordt de kabel eerst vrij op de bodem, of in een voorgebaggerde sleuf, gelegd. Vervolgens wordt een door een schip voortgetrokken slede, of een op afstand bediend zelf rijdend voertuig (*Remote Operated Vehicle*, ROV) op de kabel gezet. Deze volgt de kabel en fluïdiseert daarbij de bodem onder de kabel, zodat deze daarin wegzakt (zie figuur 6.2.5.b).

De mechanische krachten op de kabel zijn bij deze methode gering, zodat geen kans op beschadiging daarvan bestaat. De ROV kan een reeds ingegraven kabel lokaliseren en volgen, en meerdere malen langs hetzelfde kabeltracé rijden, waarbij de kabel telkens wat dieper komt te liggen. De haalbare ingraafdiepte is afhankelijk van de bodemsoort tot circa 3 m. Langs de waddentracés zijn, afhankelijk van de plaatselijke bodemgesteldheid, één tot twee van deze *trench*gangen nodig. Omdat de ROV niet aan de kabel is bevestigd, kan deze bij storingen zonder beperkingen boven water worden gehaald, en weer op de kabel worden gezet. Vanwege de genoemde mogelijkheden en voordelen is *jettrenchen* ook geschikt voor onderhoudswerkzaamheden, dat wil zeggen herstel van de gronddekking op de kabel, indien deze door bodemerosie teveel is afgenomen.

De belangrijkste beperking van *jettrenchen* is de geschiktheid van de bodem. Alleen fluïdiseerbare bodemsoorten (zand en zachte klei) komen voor deze techniek in aanmerking. Bij de fluïdisatie wordt, afhankelijk van de bodemgesteldheid, een beperkte hoeveelheid slib opgewerveld.

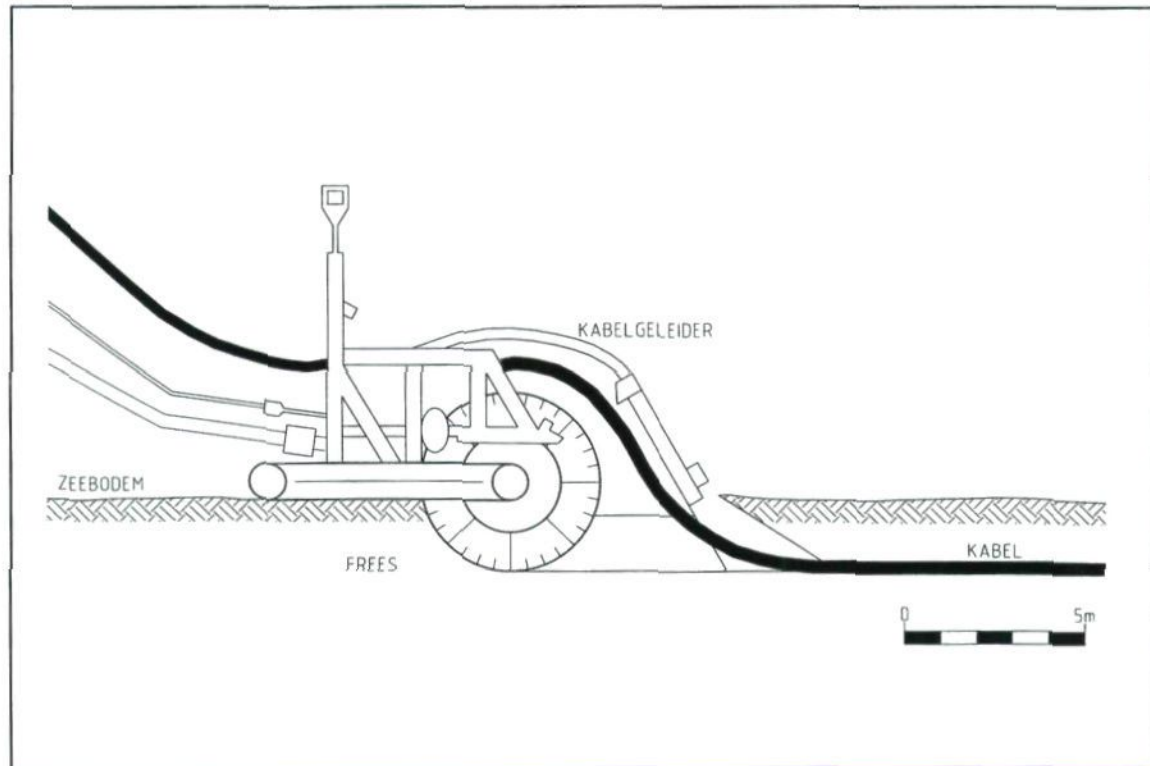


Figuur 6.2.5.b *Jettrencher*

Mechanisch trenchen

Een mechanische *trencher* is een door een schip voortgetrokken of zichzelf voortbewegende bodemfrees (zie figuur 6.2.5.c). Een mechanische frees is geschikt voor harde of stugge bodemsoorten (kalk, harde klei) en minder dan de andere beschikbare technieken gevoelig voor kleine obstakels in de bodem. Momenteel zijn sleufdiepten tot circa 3,5 m haalbaar. Afhankelijk van de bodemsoort kunnen slib en uitgefreesd bodemmateriaal worden opgewerveld.

Voor Nederlandse omstandigheden is deze techniek minder geschikt, omdat de frees in een zandbodem snel slijt. Een ander nadeel is, dat niet kan worden gefreesd terwijl de kabel op de bodem ligt. De kabel wordt via een kabelgeleider op de frees in sleuf geleid. De frees zit dus via deze geleiders aan de kabel vast, waarbij de kans op vastlopen niet geheel kan worden uitgesloten. Daardoor, en door de grote krachten die bij deze techniek optreden, is de kans op beschadiging van de kabel wat groter dan bij *jettrenchen*.



Figuur 6.2.5.c Mechanische *trencher*

Conclusies

De meest voor het Nederlandse deel van de NorNed-kabel in aanmerking komende ingraaftechniek is *jettrenchen*. De belangrijkste voordelen daarvan zijn de betrouwbaarheid en de afwezigheid van de kans op beschadiging van de kabel. De beperkingen in de haalbare ingraafdiepte kunnen worden gecompenseerd door, waar nodig, van te voren een sleuf te baggeren waarin de kabel wordt gelegd. Daarna wordt de kabel door *jettrenchen* verder op diepte gebracht. De werkwijze bij een combinatie van baggeren en *jettrenchen* wordt hierna, in paragraaf 6.2.6, beschreven.

6.2.6 Baggeren, *jettrenchen*, onderhoud en bestorting

Jettrenchen veroorzaakt geen vrijkomende (en af te voeren) bagger en minder bodemberoering dan baggeren. De werksnelheid is bovendien hoger. De milieueffecten bij de aanleg zijn daardoor kleiner.

De haalbare legdiepte is echter ook kleiner (maximaal circa 3 m), waardoor de kabel in gebieden met hoge stroomsnelheden eerder blootspoelt en opnieuw moet worden ingegraven. Dit leidt tot onderhoud in de vorm van het opnieuw *jettrenchen* van de betrokken tracédelen. Dit is bij alle voor de NorNed-kabel onderzochte tracés in beperkte mate het geval.

Jettrenchen is ook gevoeliger voor ongunstige bodemeigenschappen dan baggeren. De bodem kan te hard of te zacht zijn. Een onvolledig gepakte zandbodem, zoals op de meeste plaatsen in de Waddenzee het geval is, is echter geschikt.

Oneffenheden in de zeebodem (bijvoorbeeld zandribbels) kunnen er toe leiden dat het verticale tracé de kabel na het *jettrenchen* onregelmatig is. Om dat te voorkomen kan de zeebodem van te voren door baggeren worden afgevlakt.

Ook legdiepten groter dan 3 m kunnen leiden tot een combinatie van baggeren en *trenchen*. Bij een voldoende stabiele bodem kan de kabel daarmee in principe in een keer op de juiste diepte worden gebracht. Daartoe wordt eerst een sleuf gebaggerd, waarin de kabel wordt gelegd. Omdat tussen het baggeren en leggen materiaal in de sleuf bezinkt, wordt deze circa 0,5 m dieper gegraven. De kabel wordt met behulp van een *jettrencher* tot circa 3 m beneden de sleufbodem gelegd, waarna de sleuf eventueel kan worden gevuld. In gebieden met voldoende bodemdynamiek vult de sleuf zich vanzelf, door bezinking van zwevend materiaal.

De haalbare legdiepte wordt bij deze gecombineerde techniek bepaald door de bodemstabiliteit. Indien de zeebodem uit los zand bestaat, kan een gebaggerde sleuf door de fluïdiserende werking van een *jettrencher* worden gedestabiliseerd en instorten, waardoor de *trencher* vast kan komen te zitten. Dit kan worden voorkomen met een brede sleuf, met niet te steile wanden. Het baggervolume en het oppervlak geroerde bodem nemen daardoor echter toe. Daarom is ervoor gekozen de trenchdiepte in de sleuf te verminderen tot 2 m. In dat geval kan de kabel echter eerder blootspoelen. Ook in verband met de kosten kan er voor worden gekozen de kabel bij de aanleg niet direct op de gewenste diepte te leggen, maar hoger. Nadat door uitspoeling de gronddekking op de kabel is afgenomen, kan de *jettrencher* opnieuw worden ingezet. Dit onderhoudsproces kan zich enkele malen herhalen, totdat de kabel op een diepte ligt waarbij hij niet meer blootspoelt. Het proces van ingraven, regelmatig controleren van de gronddekking en zonodig opnieuw *trenchen* vindt voornamelijk plaats op de tracédelen met de grootste bodemdynamiek, in de eerste jaren na aanleg.

In de paragrafen 6.4 en verder wordt per tracé specifiek informatie over de *begraafdiepte en het onderhoud* gegeven. In tabel 6.2.6 is samengevat hoe bij een combinatie van baggeren en *trenchen* de diepteverdelingen, sleufbreedten en baggervolumes zijn. De genoemde getallen zijn afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden en daarom slechts indicatief en conservatief (om de milieugevolgen niet te onderschatten).

aanlegdiepte	te realiseren door <i>jettrenchen</i>	te realiseren door baggeren	sleufdiepte	sleufbreedte	sleufvolume per m tracé
1 m	1 m	0 m	- m	- m	- m ³
2 m	2 m	0 m	- m	- m	- m ³
3 m	3 m	0 m	- m	- m	- m ³
4 m	2 m	2 m	2,5 m	35 m	60 m ³
5 m	2 m	3 m	3,5 m	50 m	115 m ³
6 m	2 m	4 m	4,5 m	60 m	180 m ³
7 m	2 m	5 m	5,5 m	75 m	290 m ³

Tabel 6.2.6 Diepteverdeling sleufbreedten en baggervolumes per meter sleuflengte (conservatieve aannamen)

Bestorting

In bijzondere situaties worden soms aanvullende beschermende maatregelen genomen, bijvoorbeeld als de kabel niet kan worden ingegraven omdat obstakels niet kunnen worden verwijderd of de bodem ongeschikt is (bijvoorbeeld harde lagen). Een over de kabel gestorte steen- of grindlaag beschermt deze tegen mechanische beschadiging. De dikte van de laag wordt bepaald aan de hand van de krachten die *erop werken en de verwachte erosie van de laag; doorgaans is de laag circa 1 m dik*. Als stortsteen wordt gebruikt, moeten zinkstukken over de kabel worden geplaatst om de stortlaag stabiel te maken en de kabel tegen het stortmateriaal te beschermen. Een zinkstuk bestaat uit bitumen, beton of beide en heeft een dikte van circa 25 cm. Onder normale omstandigheden is deze maatregel echter niet nodig.

6.2.7 Kruisingen

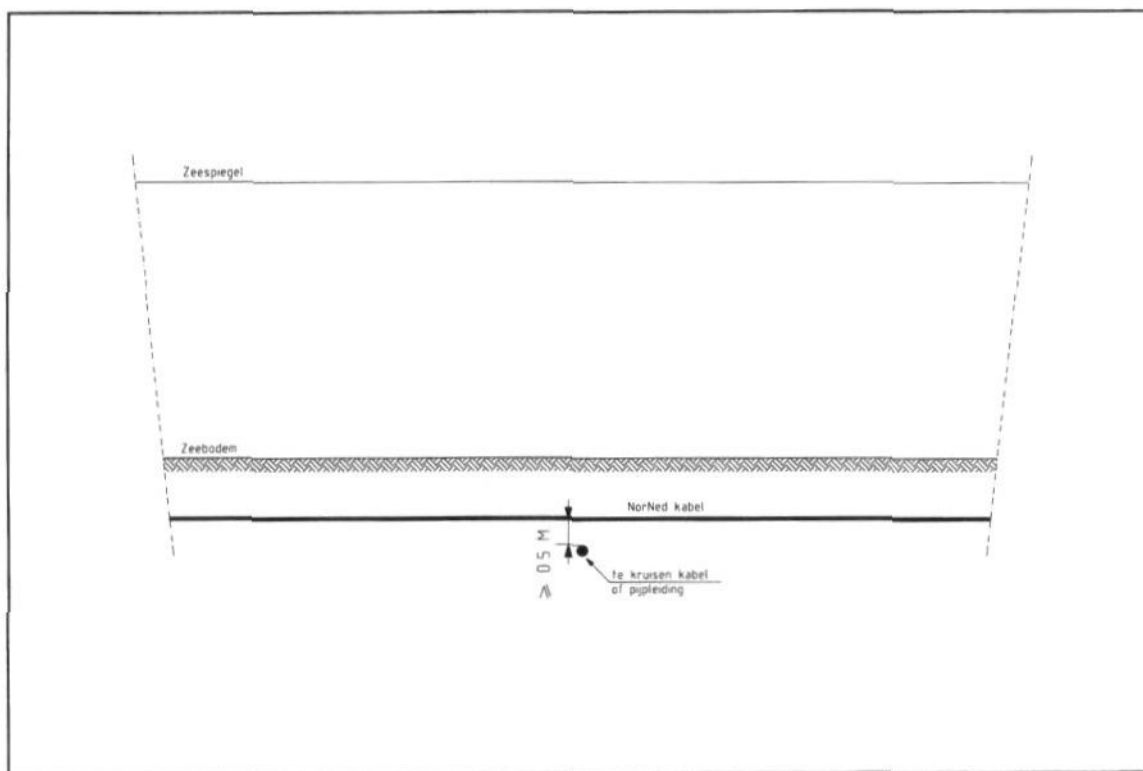
Kabels en pijpleidingen

Nabij de Nederlandse kust kruisen (of naderen) de kabeltracés een aantal andere kabels en pijpleidingen, waarvan een deel in gebruik is. Een definitief ontwerp voor de kruisingen wordt na onderzoek ter plaatse en in overleg met de eigenaren van deze leidingen gemaakt. Dunne kabels en pijpleidingen die niet meer worden gebruikt, worden met behulp van een ROV of door duikers onder water doorgesneden en over een lengte van circa 10 m verwijderd. Constructies (buiten bedrijf) die niet kunnen worden doorgesneden of verwijderd, worden bovenlangs gekruist, waarna de NorNed-kabel wordt afgedekt.

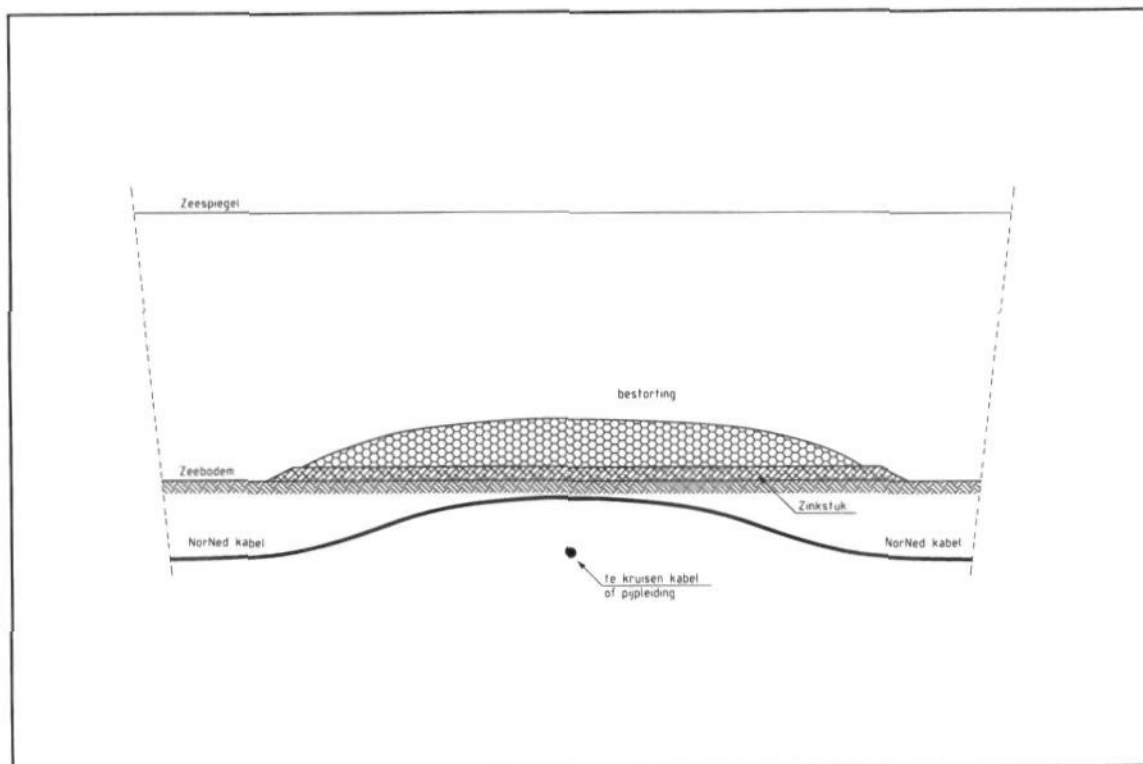
Voor het kruisen van infrastructuur die in gebruik is, bestaan in principe de volgende mogelijkheden:

- kruising bovenlangs, zonder de bestaande infrastructuur te verdiepen (zie figuur 6.2.7.a). Als de andere constructie minimaal 0,5 m onder de ontwerpdiepte van de NorNed-kabel ligt, kan deze zonder speciale voorzieningen bovenlangs worden gekruist. Als de andere constructie boven de ontwerpdiepte ligt, moet (afhankelijk van de diepte) een tussenliggende bescherming worden aangebracht (tegenwoordig meestal in de vorm van een beschermhoes rond de kabel) en grind worden gestort of een zinkstuk worden geplaatst, waarna de NorNed-kabel wordt gelegd en wordt afgedekt met grind of een zinkstuk met stortsteen (zie figuur 6.2.7.b);
- kruising bovenlangs, waarbij de onderliggende infrastructuur moet worden verdiept. Het opsporen en dieper leggen van bestaande infrastructuur is een operatie die enig baggerwerk dan wel beperkt *jettrenchen* vergt. De werkwijze is verder hetzelfde als wanneer de bestaande infrastructuur niet wordt verdiept (zie figuur 6.2.7.c); en
- kruising onderlangs, door middel van een gestuurde horizontale boring (zie figuur 6.2.7.d). Dit is technisch mogelijk maar de ervaring met werken in water is beperkt. Omdat slechts een kabel van beperkte lengte door het boorgat kan worden getrokken, zijn extra lasverbindingen nodig. Verder moeten aan beide zijden van het boorgat platforms worden geplaatst, vergt een gestuurde boring naar schatting vier tot zes weken en is deze erg duur. Deze methode wordt daarom alleen toegepast voor zeer gecompliceerde kruisingen.

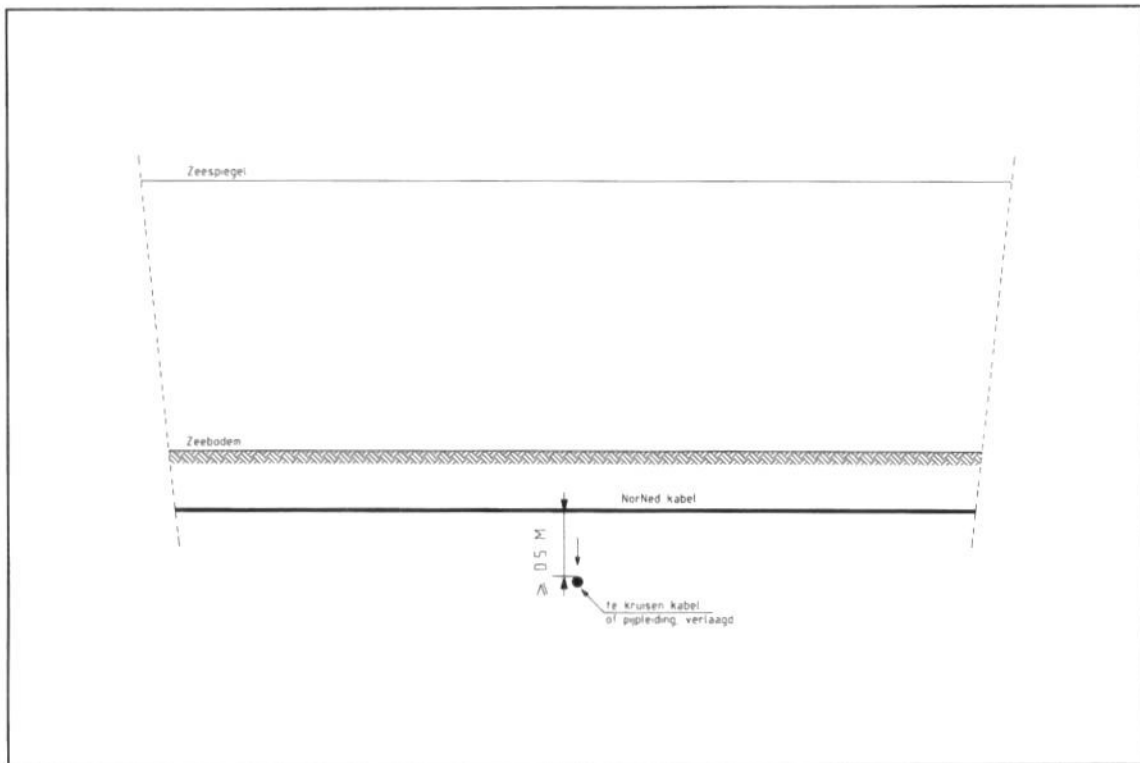
Van deze methoden verdient bovenlangs kruisen zonder verdieping van de bestaande infrastructuur de voorkeur. Deze werkwijze is het snelst, de risico's zijn het kleinst en de verstoring van het milieu is minimaal omdat slechts een oppervlak van circa 20 bij 20 m wordt verstoord.



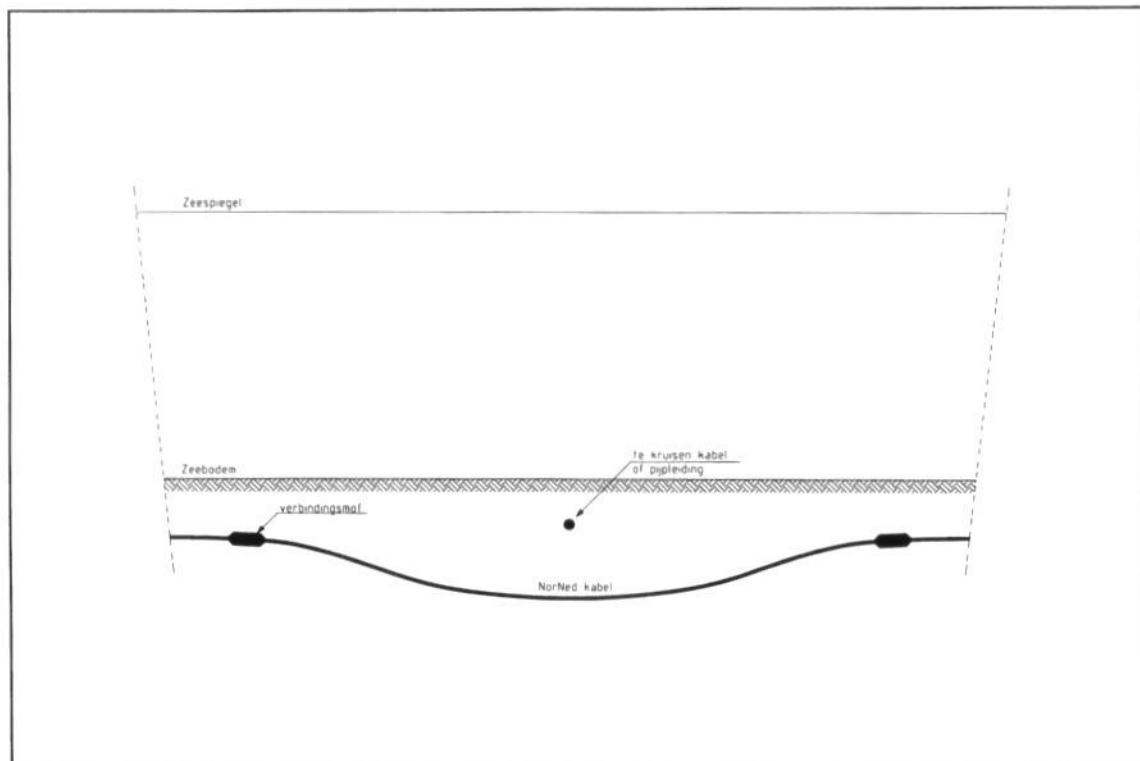
Figuur 6.2.7.a Kruising bovenlangs, zonder verdieping van de bestaande infrastructuur



Figuur 6.2.7.b Kruising bovenlangs, waarbij de bestaande infrastructuur wordt afgedekt met grind of een zinkstuk



Figuur 6.2.7.c Kruising bovenlangs, waarbij de onderliggende infrastructuur wordt verdiept



Figuur 6.2.7.d Kruising onderlangs, door middel van een gestuurde horizontale boring

Dijken en duinen

Voor dijken en duinen, waar de land- en zeegedeelten van een tracé op elkaar aansluiten, moet een legmethode worden gekozen die ook bij de waterbewegingen als gevolg van eb en vloed kan worden toegepast. Het aanleggen van de verbinding op deze plaatsen wordt in nauw overleg met de beheerders van de dijken of duinen voorbereid en uitgevoerd.

Alle tracés kruisen dijken. Op de aanlandingslocatie wordt door trillen (met een trilblok vanaf de dijk of vanaf een drijvend ponton) een dubbel damwandscherm in de teen van de dijk geplaatst. Dit wordt na de aanleg weer verwijderd. Tussen de damwanden wordt gegraven tot de diepte waarop de kabel moet liggen. Aan de landzijde wordt de dijkbekleding verwijderd en wordt een sleuf door de dijk gemaakt. Vervolgens wordt de kabel vanaf het legschip met drijvers naar de dijk geleid, eventueel met behulp van een stabiliserend ponton, en op de wal getrokken. De drijvers worden vervolgens verwijderd, waardoor de kabel naar de bodem zakt. De verwijderde grond, die tijdelijk is opgeslagen wordt op de oorspronkelijke plaats teruggestort en de dijkbekleding wordt hersteld. Als de vooroever ondiep is, wordt een sleuf gegraven tot het punt waar het kabellegschip nog juist kan komen.

Wanneer een duingebied (natuurgebied) moet worden gekruist, wordt de verbinding aangelegd door middel van een horizontaal gestuurde boring met een lengte van circa 1.200 m, zodat men niet in de duinen hoeft te graven. De kabel komt dan uit in water van circa 5 m diep, juist voorbij de brandingszone (dus buiten het gebied waar sterke morfologische veranderingen kunnen optreden), zodat de vereiste aanlegdiepte daar meteen is bereikt.

Op het land wordt een boorlocatie van circa 50 bij 50 m ingericht, waar een damwandscherm wordt opgesteld. In de speciale boorapparatuur, die de grond niet wegneemt maar verdringt, wordt bentoniet gebruikt om de boorstreng te smeren. De diameter van het boorgat wordt circa 25% groter dan die van de kabel. Daarna wordt de kabel door het gat getrokken. Om de kabel diep genoeg te kunnen invoeren, wordt in zee tijdelijk ook een damwandkuip geplaatst. Na de aanleg wordt de boorlocatie in haar oorspronkelijke staat terug gebracht.

6.3 De uitvoering

Op het grootste deel van de tracés in de Noordzee wordt de kabel volgens een standaardmethode gelegd. Voor de Waddenzee, het IJsselmeer en het landtracé zijn aangepaste aanlegscenario's opgesteld.

Voorafgaand aan de aanleg van de kabelverbinding wordt de situatie langs het tracé onderzocht en wordt de aanleg voorbereid. Eerst vindt een gedetailleerd onderzoek plaats waarbij de waterdiepte, de bodemgesteldheid en eventueel aanwezige obstakels worden geïnventariseerd. Het onderzoek vindt plaats met behulp van sonar en is non-destructief, dat wil zeggen er wordt geen gebruik gemaakt van graaf- of boorwerkzaamheden. Er wordt ook geen gebruik gemaakt van seismische technieken. Er wordt wel gebruik gemaakt van bestaande bodemgegevens en kaartmateriaal. Grote obstakels worden met tracé-aanpassingen omzeild, kleine worden zoveel mogelijk verwijderd. Infrastructuur die in gebruik is, wordt precies gelocaliseerd; voor zover nodig wordt er grind overheen gestort of wordt er een zinkstuk overheen geplaatst. Op de aanlandingslocatie wordt de doorvoer van de kabel voorbereid.

6.3.1 Installatiescenario's

Seizoensgevoeligheid

De werkzaamheden op zee vinden grotendeels in continu bedrijf plaats (24 uur per dag, zeven dagen per week). De voortgang van de werkzaamheden is in hoge mate afhankelijk van de omgevingscondities (weer, stroomsnelheid, waterdiepte, golfhoogte, windsterkte en -richting). De uiteindelijke beslissing over de werkbaarheid in een specifieke situatie berust bij de kapitein van het betrokken schip. De hierna vermelde cijfers zijn dan ook indicatief en alleen bedoeld om een onderlinge vergelijking tussen de genoemde technieken mogelijk te maken. Er kan geen absolute waarde aan worden ontleend.

Het materieel voor het aanleggen van de verbinding kan niet onder alle weersomstandigheden even goed worden gebruikt. De golven (van zeegang en deining), de stroming en in mindere mate de wind hebben hierop een bepalende invloed. Voor de stroming is het jaargetijde niet van belang, maar voor de wind en de golven wel. In tabel 6.3.1.a is samengevat hoe gevoelig het materieel daarvoor is.

Aan de hand van een aantal voorbeelden kan deze seizoensafhankelijkheid worden toegelicht. Zo is een *sleeperzuiger*, waarvan de zuigpijp verticaal kan bewegen, minder gevoelig voor golven dan een snijkopzuiger, waarvan de snijkop tijdens het baggeren op de bodem rust. En door zijn aanzienlijke afmetingen is een groot kabellegschip minder gevoelig voor zeegang en deining dan een klein kabellegschip/ponton. Het indrijven van de kabel kan daarentegen alleen bij rustig weer plaatsvinden, bij een golfhoogte van minder dan 25 cm. Een *trench*vaartuig kan bij deining moeilijk de ROV te water laten en weer aan boord nemen; het *trench* zelf ondervindt er minder hinder van. Bij het werken met ankersystemen is zeegang of deining lastig wanneer de ankers moeten worden verplaatst. Een grind- of steenstortor heeft hier minder last van omdat hij in de regel vast op zijn ankers ligt. Deining is wel een probleem bij het nauwkeurig in positie houden van de stortkoker.

	hopper- zuiger	snijkop- zuiger	groot kabel- legschip	kleine kabellegger	<i>jettrencher</i>	grindstorter/ mattenlegger
zeegang (cm)	150	50	600	100	150	75
deining (cm)	100	25-35	300	75	100	50
wind (Bft)	5	3-4	7	5	5	4

Tabel 6.3.1.a Grenzen van de omstandigheden waarbij het materieel voor het aanleggen van de verbinding kan worden gebruikt (indicatief)

Om te bepalen hoeveel procent van de tijd het materieel kan worden gebruikt, wordt de informatie uit tabel 6.3.1.a gecombineerd met gegevens over het golf- en windklimaat op de tracés [Korevaar, 1990; RIKZ, 1994]; de resultaten zijn opgesomd in tabellen 6.3.1.b en 6.3.1.c. Tijdens de zomer zijn de werkomstandigheden het gunstigst, en de kans op complicaties en vertragingen is dan het kleinst. Bij het maken van een definitieve keuze moet echter ook rekening worden gehouden met de belangen van het milieu.

Naast de duur van de werkzaamheden wordt ook de kwaliteit van het opgeleverde werk door het weer beïnvloed: bij ongunstig weer is het moeilijker het gewenste sleufprofiel te baggeren en de sleuf vrij van sedimentatie te houden, met als gevolg een toename van de hoeveelheid baggerwerk. Ongunstige weersomstandigheden verminderen verder de nauwkeurigheid waarmee de kabel gelegd kan worden en de effectiviteit van het *trenchen*.

	hopper- zuiger	snijkop- zuiger	groot kabel- legschip	kleine kabellegger	<i>jettrencher</i>	grindstorter/ mattenlegger
zeegang	60%	10%	99%	40%	40%	25%
deining	95%	50%	99%	90%	95%	80%
wind	65%	35%	90%	65%	65%	45%

Tabel 6.3.1.b Percentages van de tijd dat het materieel in de periode september - april kan worden gebruikt

	hopper- zuiger	snijkop- zuiger	groot kabel- legschip	kleine kabellegger	<i>jettrencher</i>	grindstorter/ mattenlegger
zeegang	80%	25%	99%	65%	80%	50%
deining	98%	80%	99%	95%	98%	90%
wind	90%	60%	98%	90%	90%	70%

Tabel 6.3.1.c Percentages van de tijd dat het materieel in de periode mei - augustus kan worden gebruikt

De aanlegperiode

In de periode november tot en met maart kan de kabel niet worden aangelegd, vanwege de kans op storm en de lage temperaturen, waarbij de kabel niet voldoende flexibel is, wat tot beschadiging kan leiden. Voor de aanlegwerkzaamheden heeft de periode mei tot en met augustus uit technisch oogpunt de voorkeur. Goede weersomstandigheden leiden tot minder uitvoeringsrisico's, kleinere baggervolumes (omdat de sleuf dan minder snel dichtslibt) en een kortere verblijftijd in de Waddenzee. Dat is ook gunstig voor het milieu.

Vanaf ongeveer half juni worden echter jonge zeehonden geboren. Die zijn kwetsbaar voor verstoring: een vluchtende moeder kan haar jong kwijtraken. Zogende zeehonden kunnen langs het Eemshaventracé voorkomen. Daarom is, in overleg met het bevoegd gezag, voor dit tracé gekozen voor de aanlegperiode april-mei (in het PKB-gebied Waddenzee). Die periode is, ook bij relatief ongunstige weersomstandigheden, voldoende om de kabel aan te kunnen leggen, terwijl in die periode geen kans op verstoring van zogende zeehonden bestaat.

De verschillende deelgebieden

De Noordzee

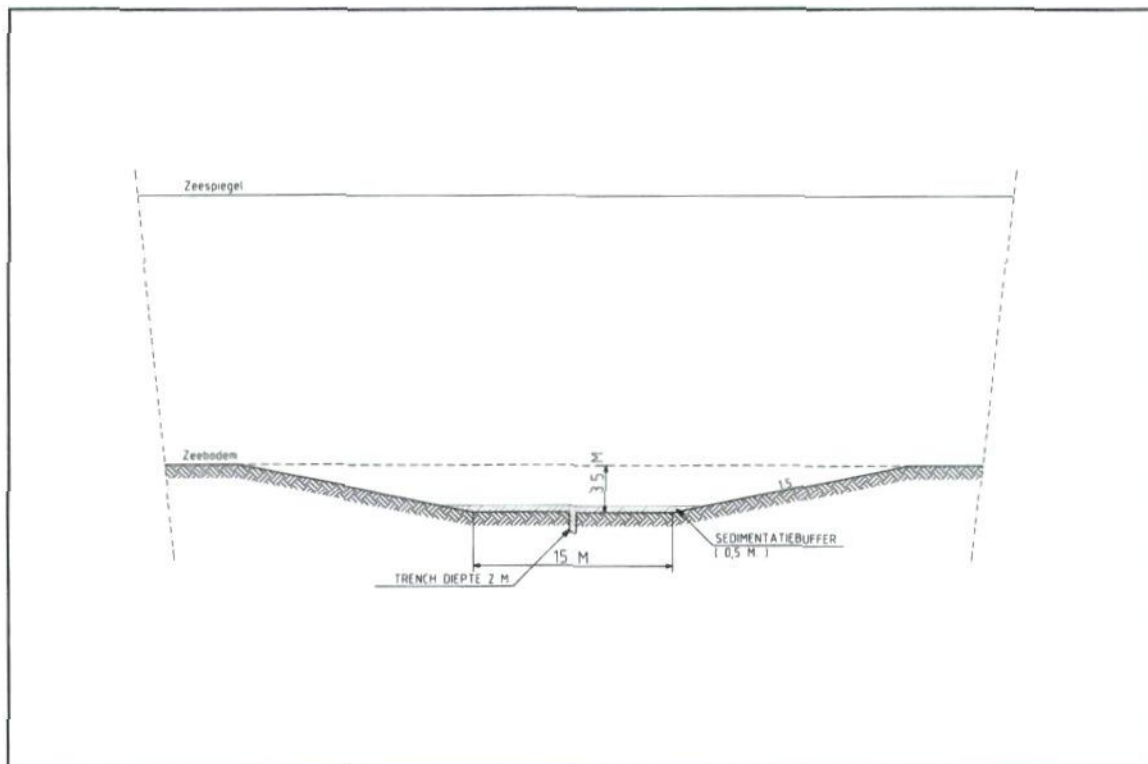
In de Noordzee wordt de kabel gelegd door een groot kabellegschip, in secties van circa 90 km die door lasverbindingen (moffen) met elkaar worden verbonden. Met een *jettrencher* wordt de kabel over het gehele tracé in de bodem gebracht. Voor aanlegdiepten van 3 m kan het nodig zijn het *jettrenchen* in twee stappen uit te voeren.

De Noordzee- en Waddenzeekust

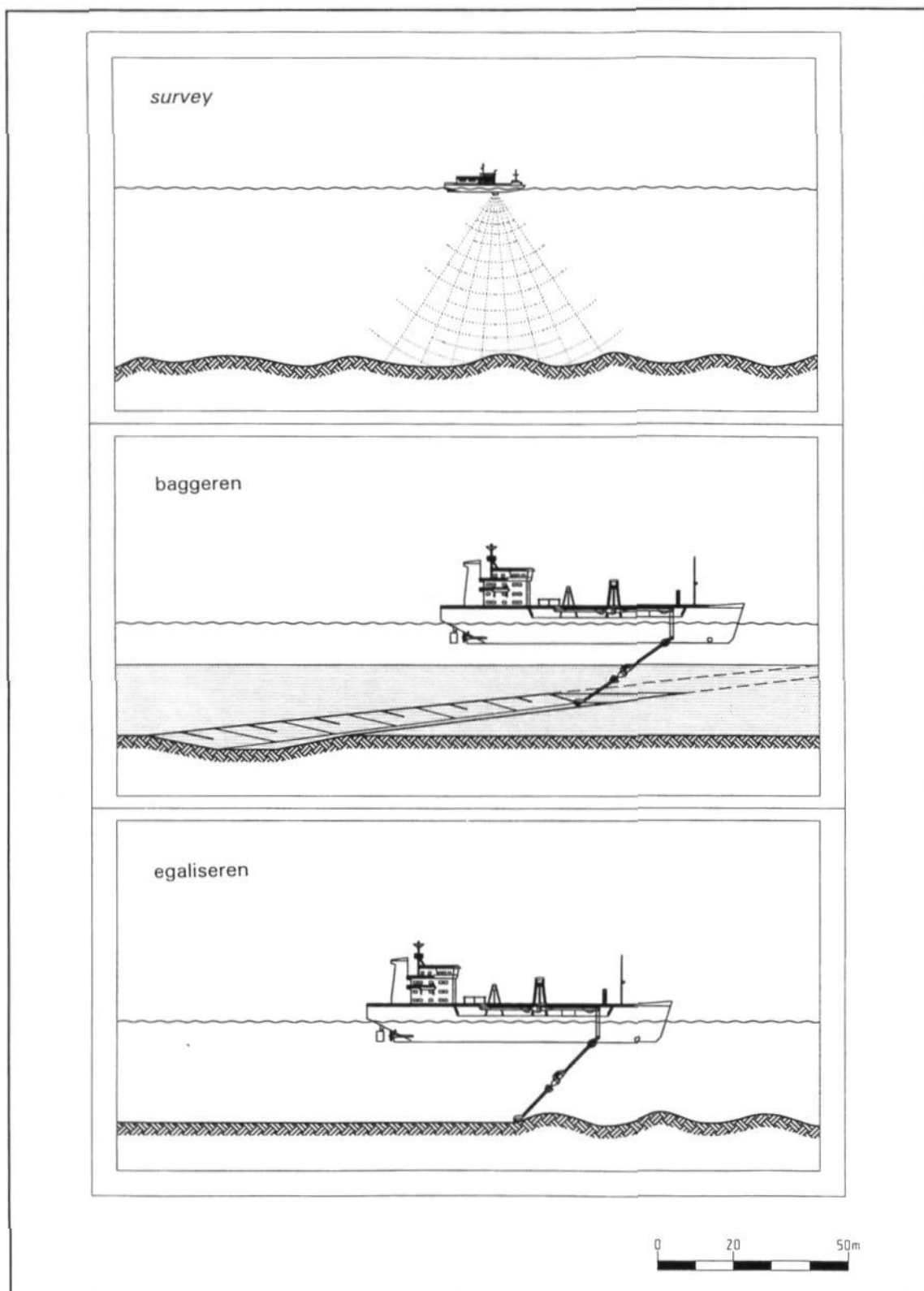
Om complicaties, extra mobilisaties en hogere kosten te voorkomen, wordt voor het kustgebied zoveel mogelijk hetzelfde installatiescenario gehanteerd als voor de Noordzee. In verband met het ondiepe water en de extra ingraafdiepte die nodig is om de morfologische dynamiek op te vangen, moet het scenario voor delen van de tracés worden aangepast. Op een aantal plaatsen kan het bijvoorbeeld nodig zijn aanvullend baggerwerk uit te voeren. Dat is met name het geval:

- op plaatsen met zandgolven of stroomribbels: daar wordt een strook met een breedte van 15 m door baggeren vlak gemaakt; en
- op plaatsen waar met *jettrenchen* niet de vereiste ingraafdiepte kan worden gehaald. Daar wordt een sleuf voor gebaggerd (1,5 m minder diep dan de vereiste aanlegdiepte; zie figuur 6.3.1.a).

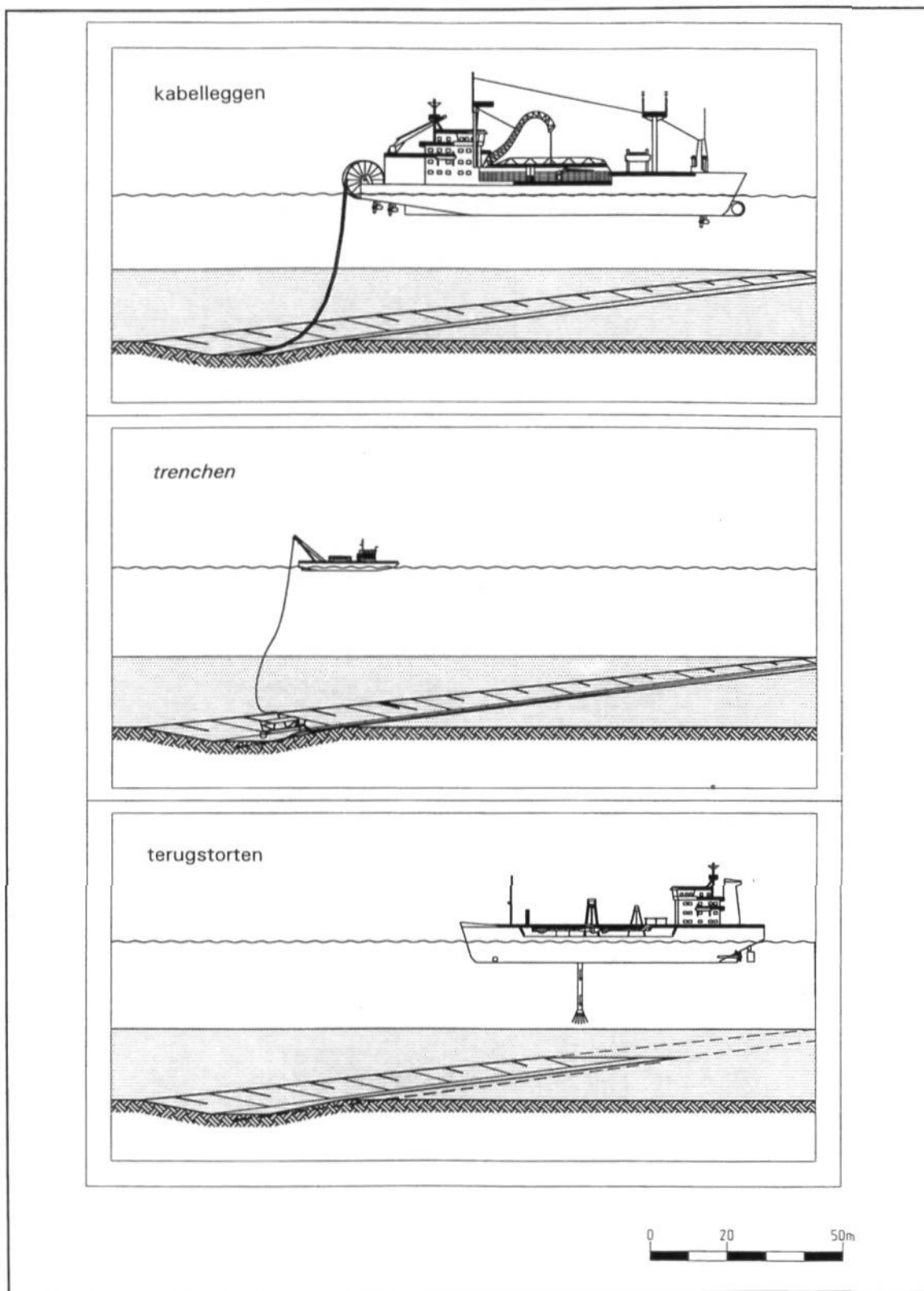
Het kabelleggen vindt waar mogelijk plaats vanaf het grote kabellegschip. In ondiep water wordt de kabel ingedreven en waar ook dat niet mogelijk is, wordt een kabellegschip/ponton met geringe diepgang gebruikt. Na het leggen wordt de kabel met een *jettrencher* in de bodem gebracht. Voor aanlegdiepten van 3 m kan het nodig zijn het *jettrenchen* in twee stappen uit te voeren. Waar een grotere aanlegdiepte nodig is, wordt vooraf gebaggerd. Na het *trenchen* wordt de sleuf zonodig weer opgevuld. Figuur 6.3.1.b geeft een overzicht van de chronologie van dit installatieschema.



Figuur 6.3.1.a Dwarsdoorsnede van een gebaggerde sleuf



Figuur 6.3.1.b Installatieschema in chronologische volgorde



Figuur 6.3.1.b Installatieschema in chronologische volgorde (vervolg)