

# Opsporen van olieverontreinigingen

In dit deel van de WOCB-wijzer komen de volgende onderwerpen aan de orde:

1. Opsporen van olieverontreinigingen
2. Karakteriseren verontreinigingen
3. Remote sensing technieken
4. Toepassing satellieten
5. Het door RWS directie Noordzee gehanteerde olie-detectiesysteem
6. Slotopmerkingen



In geval van een ongeval op de Nederlandse wateren moet zo snel mogelijk inzicht worden verkregen in de ernst van de situatie ter plaatse van het ongeval/verontreiniging.

Er moet snel en adequaat op een melding worden gereageerd om inzicht te krijgen in zaken zoals: om welke verontreiniging gaat het, hoe groot is de verontreiniging, wie zijn betrokken bij het ongeval, enz.

Luchtwaarnemingen kunnen erg nuttig zijn voor met name de handhaving. Binnen enkele uren kan een groot oppervlak met een vliegtuig of helikopter worden geïnspecteerd

Sinds januari 1983 heeft Nederland apparatuur in gebruik waarmee behalve overdag ook 's nachts en bij mist vanuit de lucht olieverontreinigingen kunnen worden waargenomen.



**Figuur 24.1** Schip op heterdaad betrapt op het lozen van olie

Deze zogenaamde remote sensing olieverkeningsapparatuur was voor het eerst geïnstalleerd in een tweemotorige Cessna Titan Ambassador II.

Met behulp van Remote Sensing apparatuur krijgt men een beter en sneller inzicht in de omvang van de vervuiling. Het per vliegtuig waar te nemen oppervlak neemt, door het gebruik van remote sensing technieken, toe met een factor 6 t.o.v. visuele waarnemingen. Visueel wordt gemiddeld 10 km waargenomen en met remote sensing 30 km aan weerszijde van het vliegtuig.

In elke verontreinigingssituatie op de Nederlandse wateren is het belangrijk snel inzicht te krijgen in de ernst van de situatie. Metingen en onderzoek is nodig om:

- De vervuiler te identificeren (Wie)
- De vervuiling te bepalen? (Wat)
- Locatie van de vervuiling vast te stellen (Waar)
- De afmetingen van de vervuiling te bepalen (Hoe groot)
- Eigenschappen van de vervuiling te bepalen
- De lokale omstandigheden vast te stellen (wind, stroom, etc)

Dit deel van de WOCB-wijzer wordt een overzicht gegeven van de methoden die er bestaan om olievervuiling op te sporen en welke apparatuur daarbij gebruikt wordt. Tevens wordt de olie-opsporings en meettechnieken die momenteel in Nederland worden toegepast om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden besproken.

Ook zal worden ingegaan op de beperkingen van de verschillende technieken die bij de opsporing van olieverontreinigingen worden toegepast. Opsporen en verkenning olieverontreinigingen is een gespecialiseerde bezigheid.

## 1. Opsporen van olieverontreinigingen

Olievervuiling is voor het grootste deel afkomstig van schepen. Daarnaast kunnen boor/productieplatforms en walinstallaties betrokken zijn bij een acute vervuiling van het oppervlakte water. De olie komt in het oppervlakte water terecht door operationele handelingen of tengevolge van een ongeval.

In dit deel van de WOCB-wijzer wordt een overzicht gegeven van de methoden die er bestaan om een acute olieverontreiniging op te sporen en welke apparatuur daarbij gebruikt kan worden.

Het opsporen van een vervuiling heeft de volgende doeleinden:

- Informatie verzamelen over de soort, hoeveelheid en verspreiding van de vervuiling;
- Een inzicht verkrijgen in de problemen en de gevaren voor een bepaald gebied;
- Het beoordelen van een overtreding van de Nederlandse of internationale wet en regelgeving;
- De bron (vervuiler/dader) van de vervuiling opsporen;
- Preventief (men ziet dat men in de gaten wordt gehouden);
- Voor het publiek (men ziet dat er actie wordt ondernomen).

Olie is een veel voorkomende vervuiling die relatief eenvoudig is op te sporen. Zeker als men dit vergelijkt met het opsporen van chemische verontreinigingen of verontreinigingen die op de bodem van een water liggen.

Naast visuele waarnemingen vanuit helikopters of vliegtuigen, die tijdens de daglicht uren plaats kunnen vinden, wordt gebruik gemaakt van Remote Sensing apparatuur. Dit is de belangrijkste en ook meest toegepaste methode om olie op te sporen vanuit een vliegtuig of door een satelliet.

In Nederland wordt de meeste Remote Sensing, met het doel het opsporen van olieverontreinigingen, uitgevoerd door RWS directie Noordzee. Dit gebeurt met behulp van het Remote Sensing vliegtuig PH-MNZ. Aan boord van dit vliegtuig is een aantal soorten remote sensingapparatuur geïnstalleerd. Dit zijn SLAR, UV/IR, IR-camera, identificatie camera (IC) en foto en video camera's.

### 1.1 Overtreding

Bij de opsporing van olieverontreinigingen onder andere vanuit de lucht, dient er onderscheid te worden gemaakt tussen visuele waarneming en waarneming met behulp van remote sensing-apparatuur. Visuele luchtverkenningen zijn alleen mogelijk bij voldoende zicht en, maar dat geldt uiteraard voor beide soorten waarneming, onder aanvaardbare vliegomstandigheden. Van elke waargenomen verontreiniging dienen zoveel mogelijk relevante gegevens, bij voorkeur volgens de zogenaamde standaard oliemeldingsformulieren te worden vermeld. Daarnaast moet worden getracht zo snel mogelijk een monster van de verontreiniging te verkrijgen, hierbij zij opgemerkt dat monsternamen voor dunne olielagen zeer moeilijk is en dat het voor de meeste bilgewaterlozingen bijna onmogelijk is een monster te nemen.

Bilgewater is daarnaast zeer wisselend van samenstelling en daarom vrijwel onmogelijk om sluitend bewijs te krijgen op basis van monsternamen. Om toch een monster van zeer dunne verontreinigingen te verzamelen kunnen absorptiemiddelen worden toegepast. (zie WOCB-wijzer 22 “Analyse en monsternamen”)

Bij het vastleggen, zowel uit de lucht als vanaf een vaartuig, van oppervlaktewater-verontreinigingen en voor de identificatie van schepen betrokken bij olielozingen, zijn fotocamera's in feite onmisbare instrumenten. Op de foto's dient relevante informatie, zoals positie, datum, tijd e.d., weergegeven te worden.

Olieverontreinigingen afkomstig van schepen en installaties zijn vaak geringe hoeveelheden olie. Over het algemeen zijn deze verontreinigingen bilgewaterlozingen (lekolie van machinekamers). De samenstelling van deze olie kan zeer gevarieerd zijn (een mengsel van gas-olie/stookolie, dieselolie en smeerolie). Zodra olie op het wateroppervlak komt zal deze zich mede door de netto oppervlaktenspanning snel verspreiden en ontstaat er een evenwichtstoestand met een maximaal oppervlak.

De olie zal een bepaalde laagdikte hebben met een daarbij behorende kleurschakering, een en ander afhankelijk van de hoeveelheid geloosde olie en het type olie. De hoeveelheid en soort geloosde olie en de turbulentie van het wateroppervlak bepalen de verblijftijd van de olie op het water. Kleine hoeveelheden olie zullen sneller van het oppervlak verdwijnen dan grotere hoeveelheden olie.

Het hierboven geschetste gedrag van olie maakt het mogelijk de laagdikte en het volume van op het wateroppervlak drijvende olie te schatten aan de hand van de kleur en/of afmetingen van de vlek. Hierdoor is het mogelijk vast te stellen hoeveel de toegestane hoeveelheid olie, volgens geldende lozingscriteria overschreden is. (zichtbare minerale olie is altijd een overschrijding van de lozingscriteria van 15 ppm)



Figuur 24.2 Visuele waarneming vanuit een helikopter

In het kader van het internationale MARPOL-verdrag, zijn de lozingscriteria voor zee (algemeen) als volgt vastgesteld:

- Tankers maximaal 30 liter slobb per zeemijl;
- Koopvaardij schepen maximaal 100 ppm of maximaal 15 ppm (binnen 12 mijls zone);
- Offshore maximaal 40 ppm.



Sinds 1 augustus 1999 is de Noordzee tot Special Area in het kader van Marpol Annex 1 verklaard. In een Special Area mag tankwassen niet meer en 15 ppm is het absolute maximum wat men nog mag lozen. Voor de Nederlandse binnenwateren geldt 15 ppm als grens

Indien genoemde hoeveelheden minerale olie bij een lozing overschreden worden, afhankelijk van het (vaar)gebied, kan gesteld worden dat het schip in overtreding is. de directie Noordzee van Rijkswaterstaat hanteert dat elke zichtbare minerale olievertreiniging een overtreding is want een zichtbare drijvende verontreiniging van minerale olie is altijd meer dan 15 ppm (IMO resolutie MEPC-61(34)).

De spreiding van olie op het wateroppervlakte is experimenteel bepaald. Volgens o.a. Fay is het maximale (of eind-)oppervlak van een olieveld  $A=10^5 V^{3/4}$ , waarin  $A$  = maximale oppervlakte in  $m^2$ , en  $V$  = hoeveelheid vrijgekomen olie in  $m^3$ .

Lozingen vanaf schepen zijn vaak langgerekt. De lengte is zeer veel groter dan de breedte. Door de hoeveelheid vrijgekomen olie per lengte eenheid oliespoor te beschouwen kan voor elke toegestane lozing de daarbij behorende maximale breedte worden berekend, omdat de spreiding van een oliespoor in de lengte belemmerd wordt door de daarnaast liggende olie. Bijvoorbeeld 30 l/mijl, welke de toegestane lozing is van een tanker in een zeegebied 50 mijl uit de kust, betekent dat er per gevaren meter 0,0000162  $m^3$  olie mag worden geloosd. Als deze hoeveelheid vrijkomt dan zou de maximale spoorbreedte  $\pm 10$  m kunnen worden (de beschouwde lengte eenheid is steeds gelijkgesteld aan de daarbij behorende maximale spoorbreedte). Een grotere breedte betekent altijd dat meer olie is vrijgekomen dan de toegestane 30 l/mijl.

Op de Nederlandse binnenwateren en op de Noordzee (Special Area) is het nog eenvoudiger elke visueel of m.b.v. remote sensing apparatuur waargenomen minerale olievertreiniging is automatische een overtreding omdat een toegestane lozing van minder dan 15 ppm onder geen enkele omstandigheid wordt waargenomen. 50 ppm is de laagste concentratie die onder gunstige omstandigheden m.b.v. remote sensing apparatuur kan worden waargenomen. Onder ongunstiger weersomstandigheden (windkracht boven 3 beaufort) werd zelfs 100 ppm niet meer waargenomen.

Een geheel andere benadering is de kleuren/verschijningscode tabel op basis waarvan een hoeveelheid olie kan worden geschat indien de oppervlakte van elke kleur/verschijning bekend is. Overdag kan op basis van de kleur de hoeveelheid worden geschat, dit is echter 's nachts niet mogelijk. De oliespoorbreedte kan onder de meeste omstandigheden worden bepaald. De scheepsbreedte kan hiervoor goed als referentie gelden.

De theorie op basis van de kleur geeft grotere spoorbreedte dan de spreidingstheorie. Het verschil in de beide theorieën kan worden verklaard door het feit dat als een oliespoor zijn maximale breedte heeft bereikt er, door natuurlijke verweringsprocessen, altijd al veel olie van het oppervlak is verdwenen. Zou er geen olie verdwijnen dan zou de spoorbreedte groter worden, zoals bij

de kleurentabel-theorie waarbij men van de initiële lozingshoeveelheid uitgaat.

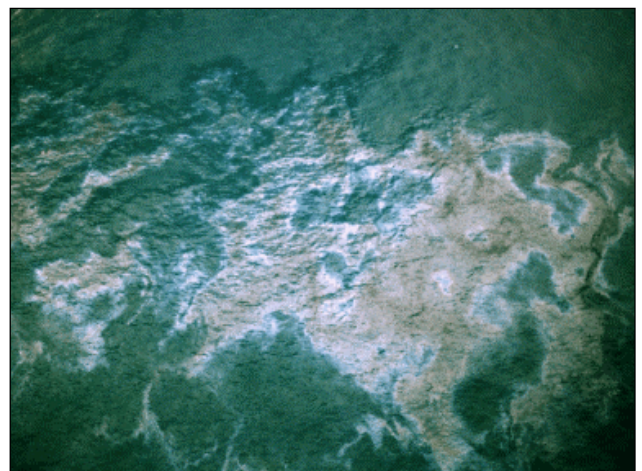
Het is mogelijk om een ruwe schatting te maken van de hoeveelheid olie die op het wateroppervlak ligt m.b.v. de volgende kleurentabel

Laagdikte (mm)	Uiterlijk/kleur	liters/km <sup>2</sup>
0,00004 – 0,0003	Oliefilm (sheen)	40 - 300
0,0003 – 0,005	Regenboog kleuren	300 – 5.000
0,005 – 0,05	Metaal/koper kleur	5000- 50.000
0,05 – 0,2	Discontinue oliekleur	50.000- 200.000
>0,2 -	Continue oliekleur	>200.000
>1	Roodbruine emulsie	>1.000.000

Naast kleuren is de verschijningsvorm van een olievertreiniging erg belangrijk bij het inschatten van het volume. De meest voorkomende verschijningsvormen zijn: teerballen, plakken, windbanen, continue bedekking en sporen. Teerballen zijn over het algemeen enkele centimeters dik maar hun bedekkingspercentage is daarentegen erg laag.



Figuur 24.3 Olievlek bestaande uit windbanen



Figuur 24.4 De kleur van een minerale olievertreiniging is een indicatie voor de laagdikte/hoeveelheid olie die er ligt



## 2 Karakteriseren verontreinigingen

Het is bekend dat drijvende olieplekken voortdurend wijzigen. De locatie, de mate van oppervlakbedekking, de vorm, fysische en chemische eigenschappen veranderen met verschillend tempo en in verschillende mate afhankelijk van het olietype en vele externe omstandigheden zoals wind, stroom e.d. Belangrijke informatie bij een olieverontreiniging is zijn bron, de wijze van uitstroming, de locatie, het type olie, de geometrie en de hoedanigheid. Een olieverontreiniging kan worden beschreven door middel van:

1. **Olietype;**
2. **Geometrie en grootte van de vlek(ken);**
  - Oppervlak van de vlek;
  - Vorm van de vlek;
3. **Hoedanigheid olie;**
  - Bedekking percentage;
  - Gemiddelde laagdikte;
  - Verschijningsvorm bedekking;
  - Mate van emulsificatie.

Het beschrijven van een olieplek op basis van bovengenoemde drie hoofdcategorieën wordt hierna nader uitgewerkt

### Olietype

Er kunnen een vijftal olietypen worden onderscheiden met de volgende kenmerken:

1. **Lichte producten:** soortelijk gewicht  $<800 \text{ kg/m}^3$ 
  - Viscositeit  $0,5 - 2 \text{ cSt } 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - Verdampt zeer snel;
  - Spreidt snel;
  - Geen of zeer weinig emulsie vorming;
  - Zeer lage viscositeit.
2. **Lichte ruwe oliën:** soortelijk gewicht  $800-850 \text{ kg/m}^3$ 
  - Viscositeit van 4 tot vast gem.  $8 \text{ cSt}$ ;
  - Matig tot hoge verdamping;
  - Mogelijke vorming stabiele emulsie;
  - Lage tot matige viscositeit.
3. **Middel zware ruwe oliën:** soortelijk gewicht  $850-950 \text{ kg/m}^3$ 
  - Viscositeit van 8 tot vast gem.  $275 \text{ cSt}$ ;
  - Matige verdamping;
  - Mogelijke vorming stabiele emulsie;
  - Matige viscositeit.
4. **Zware ruwe oliën:** soortelijk gewicht  $950-1000 \text{ kg/m}^3$ 
  - Viscositeit van  $1500 \text{ cSt}$  tot vast;
  - Laag tot matige verdamping;
  - Mogelijke vorming stabiele emulsie;
  - Matig tot hoge viscositeit.
5. **Zeer zware ruwe oliën:** soortelijk gewicht  $>1000 \text{ kg/m}^3$ 
  - viscositeit vast gem.  $8 \text{ cSt}$ ;
  - Zeer lage verdamping;
  - Mogelijke vorming stabiele emulsies;
  - Hoge viscositeit

### Geometrie en grootte van de olieplekken

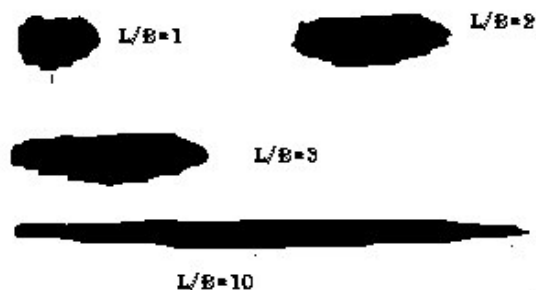
Afhankelijk van de hoeveelheid vrijgekomen olie zal het verontreinigde wateroppervlak qua grootte variëren. Ook zal een

olieplek zich verder over een groter wateroppervlak verspreiden naarmate deze een langere periode op het water. De grote van een verontreinigd wateroppervlak wordt verdeeld in:

Grote klasse	Verontreinigd oppervlak
Klein	$0,01 - 0,1 \text{ km}^2$
Middelmatig	$0,1 - 1 \text{ km}^2$
Groot	$1 - 10 \text{ km}^2$
Zeer groot	$10 - 100 \text{ km}^2$
Enorm groot	$100 - 1000 \text{ km}^2$
Verschrikkelijk groot	$1000 - 10000 \text{ km}^2$
Kolossaal	$10000 - 100000 \text{ km}^2$

Tabel 1 Grote klasse olieplekken op basis van oppervlak

Naast de totale afmeting wordt onderscheidt gemaakt in lengte breedte verhouding van het totale verontreinigde wateroppervlak van 1:1 tot 1:1000 en elke daar tussen liggende verhouding



Figuur 24.5 Diverse lengte breedte verhoudingen waarin olieplekken kunnen voorkomen

Een olieverontreiniging kan in verschillende vormen voorkomen. Het is vaak zeer moeilijk om de geometrie en grootte van een olieplek te beschrijven omdat er oneindig veel variaties kunnen voorkomen. Ook is het mogelijk dat er vele vlekken binnen één olieverontreiniging met verschillende geometrie, grootte en hoedanigheid kunnen voorkomen.

Als men het totaal met olieverontreiniging bedekte wateroppervlak beschouwd kunnen er in één olieverontreiniging meerdere vlekvormen voorkomen. De volgende vormen (zie Figuur 24.6) kunnen bij olieplekken worden onderscheiden. Deze moeten dan ieder afzonderlijk worden beschreven



Figuur 24.6 Diverse vormen waarin olieplekken kunnen voorkomen

De vorm die een olieplek kan hebben wordt ingedeeld in:

- Vierkant (lengte (L) breedte (B) verhouding is 1);
- Rechthoek (box) (lengte (L) is groter dan de breedte (B));
- Ovaal (bij ronde en ellipsvormige vlekken);
- Driehoek (bij taps toelopende vlekken);
- Onregelmatig (alle ander vlekken).



10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-3</sup> mm	10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-2</sup> mm	10 <sup>-2</sup> – 10 <sup>-1</sup> mm	10 <sup>-1</sup> – 1 mm	1 – 10 mm	10 – 100 mm
<b>film</b>	<b>Zeer licht</b>	<b>licht</b>	<b>matig</b>	<b>zwaar</b>	<b>Zeer zwaar</b>
0,1 – 1 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	1 – 10 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	10 - 100 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	100 - 1000 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	1000 - 10000 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	10000- 100000 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
Oliefilms		Vloeibare verse olie		emulsies	
		Stabiele olielaagdikte (evenwicht)		Teerballen	
		Meeste ruwe oliën donker blauw tot zwart			

Figuur 24.7 Gemiddelde olielaagdiktes van een aantal oliën

### Hoedanigheid van de olie

Vier parameter worden gebruikt om de hoedanigheid van een olieverontreiniging te omschrijven t.w.:

- Bedekkingspercentage;
- Gemiddelde olielaagdikte;
- Verschijningsvorm;
- Emulsievorming.

**Bedekkingspercentage:** Een getalsmatige schatting van het percentage van het verontreinigde wateroppervlak dat bedekt is met de gemiddelde olielaagdikte

### Gemiddelde olielaagdikte:

Zelfs een ervaren persoon met een "gekalibreerd oog" moet soms zeer ruwe schattingen maken van (1) de laagdikte, (2) het bedekkingspercentages en van (3) watergehalte

Figuur 24.7 kan behulpzaam zijn. bij het schatten van de gemiddelde olielaagdikte Hierin is logaritmisch weergegeven het oppervlak als functie van de hoeveelheid olie. Tevens zijn de belangrijke kleuren van oliefilms van de verschillende laagdikte en verschijningsvormen weergegeven.

In Figuur 24.7 wordt een gemiddelde laagdikte weergegeven waarmee bij bestrijdbare olieverontreinigingen zeer grof de hoeveelheid kan worden geschat. De laagdiktes kunnen als volgt worden geïnclassificeerd.

Laagdikte (mm)	Omschrijving mate vervuiling
100 – 10	Zeer zwaar
10 – 1	Zwaar
1 – 0,1	Middelmatig
0,1 – 0,01	Licht
0,01 – 0,001	Zeer licht
0,001 – 0,0001	film (sheen/regenboog)

Tabel 2 Omschrijving mate van vervuiling op basis van laagdikte

**Verschijningsvorm:** De vormen waarin olievlekken op het wateroppervlak visueel zichtbaar zijn, zijn als volgt te onderscheiden:

- Teerballen (tar balls);
- Plakkaten (patches);
- Windbanen(windows);
- Continu (relatieve uniforme laagdikte over het gehele gebied).



Figuur 24.8 Diverse verschijningsvormen waarin olie voor kan komen

**Emulsificatie:** mate van water-in-olie emulsie (typische watergehaltes kunnen liggen tussen de 5 en 75%. Door emulsievorming (watergehalte >60%) zal de kleur van de olie wijzigen in roodbruin (chocolate mousse).

De omschrijving van een olievlek is als volgt:

- Olie type (van lichte tot zeer zware producten en ruwe olie);
- Verschijningsvorm (van teerballen, windbanen tot continue vlekken);
- Oppervlak (van klein 0,01 km<sup>2</sup> tot kolossaal 100.000 km<sup>2</sup>);
- Vorm (rechthoek tot onregelmatige vorm);
- Lengte/Breedte verhouding (van 1/1 tot wel 30/1 en hoger);
- Bedekkingspercentage (van 1 tot 100%);
- Gemiddelde laagdikte (van film 0,0001 mm tot zeer zwaar van wel 10 millimeter dik);
- Waterpercentage in de olie (van 5 tot 75%).

In vele gevallen moet een olieverontreiniging worden opgedeeld in verschillende delen met een aperte beschrijving. De verdeling van olie op het wateroppervlak kan oneindig veel varianten hebben met betrekking tot oppervlak, laagdikte, vorm, watergehalte, hoedanigheid enz.

Ervaren waarnemers kunnen een aantal zaken onderscheiden zoals:

- Oliefilms (zilverkleurig, grijs tot regenboog) hebben een laagdikte van 0,0001 tot 0,001 mm.
- Emulsies die 50 tot 75 % water bevatten deze hebben een gemiddelde laagdikte van enkele tienden van millimeters tot wel 10 millimeter dik.
- Relatief verse vloeibare ruwe oliesoorten zullen snel spreiden tot een evenwicht laagdikte van enkele honderdste millimeter en hebben dan nog steeds een donkere oliekleur.
- Teerballen en plakkaten kunnen een laagdikte van enkel millimeters tot wel tientallen millimeters dik zijn.



### 3 Remote sensing technieken

In het volgende wordt op een aantal eerdergenoemde remote sensing technieken nader ingegaan te weten:

- Sidelooking airborne radar SLAR (zie 2.1)
- Infraroodsensoren (zie 2.2)
- Ultraviolet- en lichtgevoelige sensoren UV (zie 2.3)
- Het "Passive Microwave Imaging" systeem PMI (zie 2.4)
- Laser detectie (zie 2.5)

#### 3.1 Sidelooking airborne radar (SLAR)

Een van de effecten van wind boven zee is, dat aan de oppervlakte capillaire golfjes ontstaan. De vorm en de snelheid, waarmee ze zich voortbewegen, zijn hoofdzakelijk afhankelijk van de oppervlaktespanning ter plaatse. De lengte van deze capillaire golfjes is ongeveer 3 cm, hetgeen overeenkomt met de golflengte van de radar. Deze capillaire golfjes zijn als "scatter" zichtbaar op het radarscherm.

De mate van zichtbaarheid van deze golfjes op het radarscherm is afhankelijk van de windsnelheid, de hoeveelheid golfjes en van de hoek waarmee ze door de radar worden waargenomen in relatie tot de windrichting. Door op de zeeoppervlakte drijvende olie wordt de oppervlaktespanning veranderd, hetgeen tot gevolg heeft, dat de capillaire golfjes worden afgevlakt en geen reflectie meer geven. Dus waar olie op zee drijft, is er geen scatter op het scherm te zien. Het is mogelijk met sidelooking airborne radar monomoleculaire oliefilmpjes op het radarscherm te onderscheiden. Uit bovenstaande volgt, dat de weergave van olieverontreinigingen op het scherm nauwelijks meer te onderscheiden zijn qua laagdikte. Bij windsnelheden van meer dan 5 à 6 mijl per uur (windkracht Beaufort 2) zal het aantal capillaire golfjes en dus ook de scatter toenemen, totdat bij windsnelheden van 30 mijl per uur (windkracht Beaufort 7) een verzadigingspunt wordt bereikt.



Figuur 24.9 Sidelooking airborne radar opname van een olieverontreiniging

Het beeld wordt dan zodanig verstoord, dat geen afzonderlijke olieverontreinigingen meer worden waargenomen. Ook bestaat de kans, dat de olieverontreinigingen in golfdalen terechtkomen, waar ze niet door de radarstralen bereikt kunnen worden, omdat ze afgeschermd zijn.

Door SLAR wordt in een waaivormige bundel een radarpuls uitgezonden naar links en naar rechts van het vliegtuig. De weerkaatsing van de puls tegen het zeeoppervlak of tegen schepen wordt in volgorde van ontvangst weergegeven op een beeldscherm. De voortbeweging van het vliegtuig zorgt ervoor dat zo het SLAR beeld lijn voor lijn wordt opgebouwd.

Het onderscheidingsvermogen, dit is de afstand waarbij twee voorwerpen nog als afzonderlijke objecten van elkaar op het radarscherm te onderscheiden zijn, is afhankelijk van de lengte van de radarantenne en de omstandigheden zoals wind, kijkrichting SLAR t.o.v. de golven etc. Hoe langer de antenne en hoe korter de afstand van waarneming, des te groter het onderscheidingsvermogen. Bij het SLAR-systeem bedraagt dit ca. 30 meter. Met sidelooking airborne radar is het mogelijk zowel door wolken als door mist te penetreren. SLAR wordt toegepast om grote gebieden af te scannen. (Stroken van 20 tot 40 km ter weerszijden van het vliegtuig, afhankelijk van de vlieghoogte en omstandigheden zoals eerder genoemd). SLAR is geschikt voor het detecteren van schepen en olieverontreinigingen (bij voldoende wind) maar is niet geschikt om schepen te identificeren.

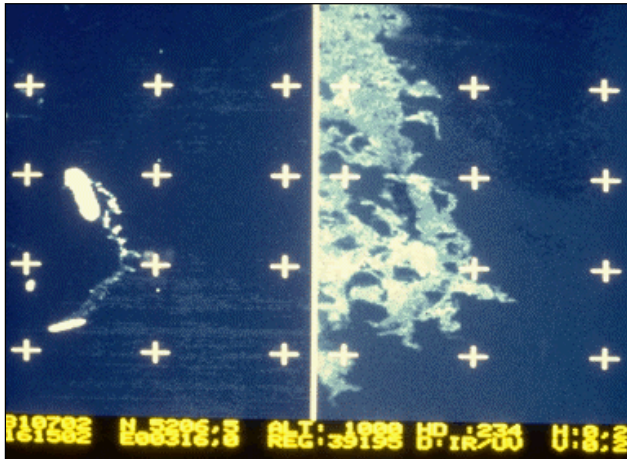
#### 3.2 Infraroodsensoren (IR)

Remote sensing van olieverontreinigingen in het thermisch infrarood (IR) gebied van het elektromagnetisch spectrum berust op het principe, dat olie en water een verschillende thermische uitstraling hebben.

In tegenstelling tot microwave, speelt het temperatuurcontrast tussen olie en water een belang rijke rol in het vaststellen van energieverschillen door sensoren. Bij weinig zonlicht zal een matig dikke tot dikke olielaag een donker beeld weergeven. De donkerste beelden kunnen geassocieerd worden met de dikste olielagen of met de meest vluchtige oliesoorten. Bij veel zonlicht zal een matig dikke olielaag alsnog een donkerder weergave geven dan het omringende water.

Dikke olieverontreinigingen kunnen zowel licht en/of donker weergegeven worden, dit hangt ervan af of de olie een hoog (licht) of laag (donker) absorptievermogen heeft. Dunne oliefilms geven geen duidelijke thermische contrasten en worden daardoor niet zichtbaar gemaakt door de thermische infraroodsensoren. Thermische infrarood-sensoren kunnen zowel bij dag als bij nacht gebruikt worden. Infrarooddetectie kan niet toegepast worden bij nevelig weer, regen of bij een wolkendek. Verschillen in watertemperatuur worden ook geregistreerd, waardoor valse echo's optreden. De "line scanner", heeft een onderscheidingsvermogen van ca. 3 meter of soms zelfs minder, afhankelijk van de vlieghoogte. Ten opzichte van de loodlijn van het vliegtuig wordt aan beide zijden een hoek van ca. 45° afgetast. Als vuistregel wordt aangenomen dat deze strook een breedte heeft van tweemaal de vlieghoogte.





**Figuur 24.10** Infrarood opname linkerdeel, Ultraviolet opname rechterdeel (zie ook figuur 24.11 voor de zelfde visuele waarneming)

### 3.3 Ultraviolet- en lichtgevoelige sensoren (UV)

Met behulp van ultraviolet (UV) - en lichtgevoelige sensoren is het mogelijk olie te detecteren en in kaart te brengen. Het is afhankelijk van het ruimtelijke stralingspatroon, welke weer veroorzaakt wordt door weerkaatsing van zonne-energie.

Het fysische mechanisme, dat een ruimtelijk stralingspatroon veroorzaakt, is identiek aan het mechanisme, dat een ruimtelijke zichtbare straling veroorzaakt. Ultravioletsensoren kunnen zeer dunne oliedimpjes detecteren, maar zonder voldoende licht werken ze niet.



**Figuur 24.11** Visuele waarneming olieverontreiniging (duidelijk is de water-in-olie emulsie zichtbaar door de roodbruine kleur)

In de ultraviolette band worden dunne oliedimpjes lichter (ten gevolge van een hogere terugkaatsing) en dikke oliedimpjes donkerder (ten gevolge van mindere terugkaatsing) dan het omringende water weergegeven. Door tegelijkertijd ultraviolet- en infrarood-

sensoren toe te passen kunnen valse echo's geïdentificeerd worden. Zo is ultraviolet bijvoorbeeld gevoelig voor planktonvelden, terwijl infrarood dit niet is. Anderzijds is infrarood weer gevoelig voor temperatuurverschillen in het water, terwijl ultraviolet dit niet is. Bruikbare ultravioletinstrumenten bevatten o.a. "line scanners" en "low-light-level-television" (LLLTV) met een ultravioletkanaal.

Door gebruik te maken van LLLTV kan ultravioletdetectie ook in de vroege ochtend en in de late avond toegepast worden. LLLTV geeft ook een goed beeld van een schip dat de olielozing veroorzaakt (in het visuele spectrum) bij een grote verscheidenheid van lichtcondities. Ultraviolette weergave is bij gunstig licht zeer gevoelig voor olie. Aangezien het ook zeer gevoelig is voor de mate van het aanwezige licht, ligt daar dan ook de grootste beperking in het gebruik. Zelfs een lichte nevel kan de oorzaak zijn dat ultravioletsensoren niet gebruikt kunnen worden. Over het algemeen zullen LLLTV-systemen gebruikt worden voor identificatiedoeleinden. Namen van schepen alsmede herkenningstekens zijn niet waar te nemen.

RWS directie Noordzee beschikt over een ULLL-CCD camera (Ultra Low Light Level Imaging System) waarmee ook s'nacht scheepsnamen te lezen zijn

### 3.4 Het "Passive Microwave Imaging"-systeem (PMI)

Met passive-microwave-imaging-systemen (PMI) is het mogelijk de natuurlijke microgolfenergie te meten, welke door oppervlakken wordt uitgestraald en/of gereflecteerd. Gemeten wordt de microgolftemperatuur (helderheid).

Deze microgolftemperatuur is een functie van de ruwheid en de di-elektrische constante. De radiometrische responsie wordt op tweeërlei wijzen door op zee drijvende olieverontreinigingen beïnvloed.

In de eerste plaats hebben dunne oliedimpjes bij matige of hoge windsnelheden reeds een afvlakkend effect op de golven, hetgeen een lagere microgolftemperatuur tot gevolg heeft. In de tweede plaats stralen dikke olielaagjes (0,1 mm en meer) meer microgolfenergie uit dan het omringende niet-verontreinigde wateroppervlak (dit tengevolge van de significante lagere di-elektrische constante van de olie).

Deze toename van de microgolfenergie overschaduwde de afvlakking van de golven en geeft bij matige en hogere windsnelheden positieve contrasten. De mate van microgolfemissie van olielaagjes met een dikte van 0,1 mm of meer is een functie van de laagdikte. Gegevens over de laagdikte van de olie kunnen verkregen worden door daarnaast de relatieve microgolftemperatuur te meten. Toepassing van radiometer met meerdere frequenties kan meer accurate gegevens over de laagdikte opleveren, waardoor ook een betere schatting van de totale hoeveelheid olie gemaakt kan worden. Voordelen van het systeem zijn, dat het niet afhankelijk van weersomstandigheden is, zoals mist en regen terwijl het ook bij volslagen duisternis gebruikt kan worden. Tevens kan bij grotere verontreinigingen met laagdikten van 0,1 mm en meer de laagdikte vastgesteld worden, hetgeen van belang is bij bestrijdingsoperaties.



### 3.5 Detectie van olieverontreinigingen m.b.v. Laser

Het principe is, dat vanuit een vliegtuig naar beneden gerichte ultraviolette energie wordt uitgezonden. De olieverontreiniging wordt hiertoe met een laserbundel met een korte golflengte (334 nm) "belicht". De hierdoor opgewekte fluorescentiestraling wordt vanuit het vliegtuig waargenomen en geanalyseerd. De olie gaat fluoresceren in het zichtbare gedeelte van het elektromagnetische spectrum. Een gedeelte van deze fluorescente energie wordt door een telescoop opgevangen en verder verwerkt.

Het is mogelijk om met laser, uit de vorm van het verkregen fluorescentiespectrum, een idee te verkrijgen van de oliesoort en de laagdikte. Tevens kan een laser fluorisensor-systeem gebruikt worden voor het detecteren van onder de wateroppervlakte zwevende olie. In 1983 is met succes hiermee op zee geëxperimenteerd. Olielaagdikte metingen blijken mogelijk te zijn tussen de 0,1 en 20µm

## 4. Toepassing satellieten

In juni werd door The European Space Agency de ERS1 satalliet gelanceerd. Vervolgens werd in april 1995 de gelijksoortige ERS2 satelliet gelanceerd. Aan boord van deze satellieten is een synthetic aperture radar (SAR) geïnstalleerd, wat ze erg geschikt maakt voor vervuillingsmonitoring. De ERS1-SAR satelliet produceert zwart-wit foto's van het aardoppervlak. Hierin wordt de mate van reflectie van het radarsignaal aangegeven door de intensiteit van de foto. Een olievlek heeft de eigenschap de capillaire golven, de kleine door de wind veroorzaakte golfjes boven op de normale deining, te dempen. Het oppervlak van een olievlek is daardoor veel gladder dan dat van de omringende wateroppervlak. Het gevolg hiervan is dat de vlek de door de satelliet uitgezonden signalen minder goed reflecteert dan de omringende wateroppervlakte en hetgeen goed is te zien als een zwarte vlek op de foto.

Door de grote afstand tot de aarde (800 km) zou een traditionele SLAR techniek, toegepast op een satelliet, een te grote resolutie geven. Daarom is geavanceerde bewerking, die gebruik maakt van de frequentie informatie in het radar signaal, nodig om de radar echo nauwkeurig te lokaliseren. Door de ruwe ERS1 radar echo data op te slaan voor latere bewerking kan een "synthetic aperture" van enkele kilometers lengte worden verwezenlijkt ondanks het feit dat de ware lengte van de ERS1 antenne maar 10 meter is. Na zware SAR bewerking op de grond geeft deze techniek een resolutie van 30 bij 30 meter. Dus een olievlek die groter is dan deze afmeting kan worden opgespoord met deze techniek.

De ERS1 satelliet beweegt zich in een bijna ronde baan in een vlak dat jaarlijks 360 ° roteert, zijn baan is een zonsynchrone baan. Als gevolg van de rotatie van de aarde en het feit dat de satelliet niet recht naar beneden kijkt, is het resulterende bedekingspatroon van de SAR instrument vrij ingewikkeld. Per 5

dagen één maal dezelfde track en ca. tweemaal per week boven het NCP

De SAR data worden o.a. in het Troms Satelliet Station in Noorwegen opgevangen en bewerkt. Op commerciële basis worden de foto's aangeboden aan geïnteresseerde diensten en instanties. Voor Nederland betekent dit dat een foto binnen 2 uur na overkomst van de satelliet bewerkt via internet in Nederland aanwezig kan zijn.

In verband met de snelheid via internet is de resolutie zodanig aangepast dat vlekken van 100 bij 100 meter zichtbaar zijn i.p.v. de 30 bij 30 m. Dit vormt echter geen probleem bij de interpretatie van de foto's omdat de afmetingen van vlekken die bestrijdingswaardig zijn vele malen groter zijn dan deze resolutie.

Er worden regelmatig olievlekken ontdekt op SAR foto's alleen beelden die opgenomen zijn tussen windkracht Beaufort 1 en 6 worden doorgegeven aan de Nederlandse autoriteiten.

ERS-2 SAR beelden worden gebruikt als "early warning" systeem. Binnen 2 uur na overkomst van de satelliet worden beelden door operators op HMR (Hydro Meteo Rijnmond) bekeken. Verontreinigingen worden direct doorgegeven (afmetingen, positie) aan het vliegtuig en/of aan de wachtsman van RWS directie Noordzee. Indien vliegtuig niet in de lucht is kan besloten worden alsnog te gaan vliegen om de verontreiniging te verifiëren.

Problemen bij het ontdekken van olievervuiling op SAR foto's zijn dat:

- Bij windstil weer een foto van het wateroppervlak compleet zwart wordt, waardoor vlekken niet onderscheiden kunnen worden
- bij lage windsnelheden (3-4 m/s) vlekken van natuurlijke oorsprong vaak worden aangezien voor vervuiling en daardoor vaak vals alarm veroorzaken. Dit kan voorkomen worden door het inzetten van goed getrainde waarnemers of door het gebruik van patroonherkenning berekeningen;
- bij hoge windsnelheden de dempende invloed van de olie kleiner wordt waardoor het maken van onderscheid tussen olie en water moeilijker wordt.



Figuur 24.12 Een olielozing is vanuit de lucht veel sneller en beter waar te nemen



## 5. Het door RWS directie Noordzee gehanteerde oliedetectiesysteem

Het door de directie Noordzee gehanteerde oliedetectiesysteem werkt met een SLAR en een Multispectraal waaronder infrarood en ultraviolet (EPS). Het is een beproefd tweede generatie, geïntegreerd systeem, speciaal gebouwd voor patrouillevluchten boven zee met een klein vliegtuig.

Het bevat:

- SLAR; voor olie- en scheepsdetectie over grote afstanden;
- Multi spectraal; voor oliedetectie, verificatie en relatieve temperatuurmetingen;
- TV-monitor; voor operationele waarneming van de door bovenstaande sensoren geproduceerde beelden;
- Videorecorders; voor de registratie van de waarnemingen;
- Camera's; voor daglicht foto-opnamen en verticale opnamen via fotoluik;
- Infrarood camera
- Nachtidentificatie camera
- GPS en Air navigatie; voor plaats- en routebepaling.

Behalve voor het opsporen van olievlekken kan met dit systeem ook de omvang van een geconstateerde olievlek worden vastgesteld, alsmede een indicatie omtrent de relatieve dikte van de verschillende delen van de olievlek. Voor de daadwerkelijke bestrijding van de olieverontreiniging is deze informatie van het grootste belang. Bij het lokaliseren van een olievlek kunnen op het SLAR-beeld punten op de grenzen van de vlek met een cursor (positie, tijd, afmetingen) worden gemerkt. De geografische posities van die punten worden automatisch berekend en weergegeven in een datablok onder het beeld. Dit is met name van nut bij het doorgeven van posities aan oliebestrijdingsschepen.

Voor het verkrijgen van bewijsmateriaal bij geconstateerde overtredingen kunnen foto's worden gemaakt waarop tegelijkertijd de vluchtgegevens, zoals datum, tijd en positie worden vastgelegd.

Het toestel waarin de apparatuur is ingebouwd is een Dornier 228-212, die geregistreerd staat onder de roepletters PH-MNZ.

De te volgen waarnemingsprocedure tijdens de op willekeurige tijdstippen uitgevoerde controlevluchten ziet er in principe als volgt uit:

- Gevlogen wordt volgens een vastgesteld patroon in het oliebestrijdingsgebied;
- Waarnemingen worden standaard verricht met de SLAR;
- Indien een schip wordt verdacht van illegale olielozing of indien vermoed wordt dat ergens in het waargenomen gebied een olievlek ligt dan wordt het normale vliegpatroon onderbroken en wordt naar het schip of de vlek toe gevlogen;
- Met Multi-spectraal, visueel en met de IR camera wordt de vlek nader onderzocht;
- De gegevens van het schip worden geregistreerd;
- Bij voldoende licht worden olie vlek en schip fotografisch vastgelegd.



Figuur 24.13 Het Nederlandse olieverkenningsvliegtuig de PH- MNZ



Figuur 24.14 Remote sensing Vliegtuig



Figuur 24.15 Apparatuur aan boord Remote Sensing Vliegtuig



## 6. Slotopmerkingen

Ingeval van een olievervuiling moet zo snel mogelijk de aard en omvang van de vervuiling worden vastgesteld. Er kunnen in dit kader twee soorten verontreinigingen worden onderscheiden, namelijk de "heterdaadjes" waarbij een schip of platform op heterdaad wordt betrapt bij het lozen van olie en de "mystery slicks" waarbij men geen idee heeft wie de verontreiniging heeft veroorzaakt. Bij de eerste categorie waarbij de vermoedelijke dader bekend is moet altijd worden getracht vast te stellen of de verontreiniging een overtreding is van de regelgeving. Hierbij kan men gebruik maken van een kleurcode tabel om de hoeveelheid te schatten. In sommige landen wordt de hoogte van de boete mede bepaald door de hoeveelheid olie. Bij beide categorieën wil men weten of de olie bestreden kan worden. Het is daarom belangrijk om te weten hoeveel olie er op het water ligt, zodat bepaald kan worden of deze verontreiniging technisch en/of operationeel te bestrijden zijn.

Een technisch te bestrijden olieverontreiniging is een olieverontreiniging die als er een bestrijdingsvaartuig naast zou liggen op dat moment te bestrijden zou zijn. Deze vaststelling is op basis van de geschatte hoeveelheid olie of de laagdikte.

Een operationeel te bestrijden olieverontreiniging is een olieverontreiniging waar naast de hoeveelheid/laagdikte ook meteorologisch en andere operationele omstandigheden mee worden overwogen. Operationele omstandigheden die een rol spelen zijn o.a. hoe lang duurt het voor dat de bestrijding kan aanvangen, wat zijn de weersverwachtingen, hoe dicht ligt de olie bij de oever/kust, etc.

Olievervuiling op oppervlaktewateren wordt meestal opgespoord met behulp van remote sensing technieken. Hiervoor bestaan de volgende technieken.

**Radar:** Radarsystemen werken vanaf een vliegtuig of satelliet, zoals (Side Looking Airborne Radar, SLAR) en (Synthetic Aperture Radar, SAR).

Olie op water dempt capillaire golven waardoor het oppervlak gladder wordt dan dat van het omringende water. Systemen die werken met behulp van radar meten het verschil in gladheid van het wateroppervlak. Op plaatsen waar het wateroppervlak glad is kan olie aanwezig zijn. Radar systemen zijn dag en nacht inzetbaar en onafhankelijk van wolken.

**Infrarood:** Binnen het infrarood wordt gebruik gemaakt van drie verschillende frequentiebanden dit zijn thermisch,- middenbanden en near infrarood. De emissiviteit van olie en water (van dezelfde temperatuur)verschillen, waardoor olie van water onderscheiden wordt in het thermische infrarode deel van het spectrum (8-14  $\mu$ ). Dag en nacht inzetbaar echter niet inzetbaar bij bewolking.

**Visueel:** visuele detectoren meten het verschil tussen de reflectie van zonlicht door water en olie in dit gedeelte van het spectrum. Alleen overdag toepasbaar.

**Ultra violet:** de reflectie coëfficiënt van olie en water verschilt in het ultraviolet. Dit verschil wordt gemeten door het gereflecteerde zonlicht op te nemen met een camera. Het ontvangen signaal wordt hierna gefilterd zodat enkel het ultraviolette gedeelte hiervan overblijft. Alleen inzetbaar bij voldoende zonlicht.

**Microwave radiometer:** olie op water straalt microwave straling (microwavestraling is straling met een golflengte van 2 tot 8  $\mu$ m) sterker uit dan het omringende water. De microwave meet deze straling passief. Dag en nacht inzetbaar echter niet toepasbaar bij bewolking.

**Laser fluorosensor:** sommige onderdelen van olie absorberen ultraviolette straling. Deze onderdelen stralen een gedeelte van de geabsorbeerde energie weer uit in het zichtbare gedeelte van het spectrum. De laser fluorosensor straalt de olie aan. De teruggestraalde energie wordt gemeten. Dag en nacht inzetbaar. Dit systeem wordt gebruikt voor absolute laagdikte meting tussen de 0,1 en 20  $\mu$ m en gebruikt voor identificatie van soort olie.

## COLOFON

**WOCB-wijzer deel 24: "Opsporen van olieverontreinigingen"** is samengesteld door Dr. Ing. W. Koops in opdracht van de Werkgroep Olie- en ChemicaliënBestrijding bij ongevallen op het water (WOCB).

**Datum:** maart 2001

**Begeleidingsgroep:** Dhr. O. Dijkstra (vz project groep techniek),  
Dhr. J.T.G.E. Kramer (vz WOCB) en  
Dhr. G.van den Burg (secr. WOCB)

**Distributie:** WOCB (inlichtingen G. van den Burg)

**Secretariaat WOCB:** Postbus 3119,  
2001 DC HAARLEM,  
Tel: (023) 5301301,  
Fax: (023) 5301302

**Rechten** Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de WOCB

