

# Verwerkingseigenschappen van top-20 ruwe olies vervoerd van en naar Rotterdam in 2000: Implicaties voor opruimvolume

Project: CALPREA

Werkdocument : RIKZ\_ZD\_2005\_001w





In opdracht van:

Directie Noordzee

# Verwerkingseigenschappen van top-20 ruwe olies vervoerd van en naar Rotterdam in 2000: Implicaties voor opruimvolume

Project: CALPREA  
Werkdocument: RIKZ\_ZD\_2005\_001w  
Datum: maart 2005  
Auteurs: W. van Loon  
M. Koopmans



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
**Directoraat-Generaal**  
**Rijkswaterstaat**  
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ



---

## Inhoudsopgave

---

<b>1.</b>	<b>Inleiding 4</b>
1.1	Inleiding 4
1.2	Doelen 5
1.3	Berekeningsmethoden 6
<b>2.</b>	<b>Modelresultaten en discussie 9</b>
2.1	Modelresultaten 9
2.2	Discussie 13
<b>3.</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen 14</b>
3.1	Conclusies 14
3.2	Aanbevelingen 14
<b>4.</b>	<b>Referenties 15</b>

---

# 1. Inleiding

## 1.1 Inleiding

In een inventarisatie van vervoerde olie en chemicaliën van en naar de Nederlandse zeehavens in het jaar 2000 bleek dat de import van ruwe olie in Rotterdam verreweg de belangrijkste transportstroom vormde [1]. Ruwe olie is een ruim begrip, er zijn verschillende soorten ruwe olies die zeer verschillende fysisch/chemische eigenschappen hebben. Hierdoor kunnen verschillende ruwe olies zich verschillend gedragen ('verweren') wanneer ze bij een calamiteit in zee zouden uitstromen. Om deze reden, en vanwege de grootte van de transportstromen [1], werd een classificatiesysteem voor ruwe olie opgesteld, gebaseerd op de verwerkingseigenschappen van ruwe olie. Bij deze classificatie, gebaseerd op scenarioberekeningen met het olieverwerkingsmodel ADIOS2 [2], werd alleen rekening gehouden met de verweringsprocessen verdamping en dispersie omdat de beschrijving van emulsificatie in ADIOS2 suboptimaal is. Deze scenarioberekeningen lieten zien dat er een goede correlatie bestaat tussen de API gravity (een maat voor de dichtheid van de ruwe olie) en de mate van verwerking. Naarmate de olie lichter is vindt meer verwerking plaats, en blijft er dus minder olie achter op het wateroppervlak (kleiner opruimvolume). Op basis van de berekeningen werden de volgende grenswaarden vastgesteld voor de API gravity:

- lichte ruwe olie: API gravity > 40° (olieklasse 2 in [1])
- medium ruwe olie: 28° < API gravity < 40° (olieklasse 3 in [1])
- zware ruwe olie: API gravity < 28° (olieklasse 4 in [1])

Olieklassen I en V worden niet meegenomen in dit rapport, omdat het geen ruwe oliesoorten maar raffinageproducten zijn. Emulsificatie is een belangrijk proces, omdat het 'opruimvolume' (het volume olie, of feitelijk water-in-olie emulsie, dat bijv. met mechanische middelen van het zeewateroppervlak verwijderd moet worden) hierdoor sterk wordt verhoogd.

Nu beschikt RIKZ over de licentie van Oil Weathering Model (OWM) van SINTEF en kan het emulsificatieproces meegenomen worden in de berekeningen van olieverwerking. De vraag rijst of de olieclassificatie [1] onveranderd gehanteerd kan worden als ook met het emulsificatieproces rekening wordt gehouden.

---

## 1.2 Doelen

- a. Berekenen van de opruimvolumes van de top-20 ruwe olies die in het jaar 2000 zijn getransporteerd van en naar de Rotterdamse haven met het olieverweringsmodel OWM (Oil Weathering Model) [3], rekening houdend met de verweringsprocessen verdamping, dispersie en emulsificatie.
- b. Controleren in hoeverre het eerder gerapporteerde classificatieschema voor ruwe olie op basis van de API gravity [1] stand houdt als ook rekening wordt gehouden met emulsificatie.

Het doel van dit werkdocument is niet om de theoretische achtergronden van emulsificatie goed te beschrijven. Verder is dit werkdocument is geen uitgebreide studie van de verwerking van olie, maar een eerste indicatie van alle verwerkingseffecten op het relatieve opruimvolume van olie bij gemiddelde Noordzeecondities.

---

## 1.3 Berekeningsmethoden

### *Modelkeuze*

Uit lopende studies die momenteel door RIKZ worden uitgevoerd ter vergelijking van diverse olieverweringsmodellen blijkt dat OWM [3] van SINTEF als meer betrouwbaar dan ADIOS2 naar voren komt. Daarom zijn de berekeningen voor dit werkdocument uitgevoerd met OWM [3].

### *Keuze Noordzeecondities*

In dit werkdocument wordt gerekend met één set van gemiddelde Noordzeecondities. Verder zijn diverse parameters uit het maatgevend scenario voor een olielozing [4] overgenomen. De verwerkingstijd van 72 uur kan worden gezien als een worst case scenario voor wat betreft het emulsificatieproces.

*Tabel 1: gebruikte OWM-modelparameters in deze studie.*

Parameter	Waarde
Watertemperatuur <sup>1</sup>	12°C
Saliniteit (50 km uit de kust)	32 ‰
Dichtheid zeewater [5]	1024 g/L
Windsnelheid <sup>2</sup>	7 m/s
Waterdiepte	50 m
Fetch Noord	100 km
Fetch Oost	50 km
Fetch Zuid	100 km
Fetch West	100 km
Grootte olielozing	30.000 m <sup>3</sup>
Tijdsduur lozing	30 min
Lozingsdiepte	oppervlakte
Proceskeuze	verdamping, dispersie en emulsificatie
Verwerkingstijd	72 uur

### *Keuze olies*

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de top-20 ruwe olies die worden vervoerd naar Rotterdam (zie Tabel 1). Voor zeven van deze olies zijn in de OWM-database op het laboratorium gemeten verweringsdata beschikbaar. Voor de overige 13 olies zijn geen specifieke verweringsdata beschikbaar, en gebruikt OWM default waarden. Voor

---

<sup>1</sup> Informatie van J. Beckers (Octopus-DNZ). Deze waarde wordt in de maatgevende scenario's voor de Capaciteitsnota 2005 gebruikt.

<sup>2</sup> Idem.



---

de olie Beryl was geen gemeten viscositeit beschikbaar. Gezien het grote belang van deze parameter is daarom voor Beryl het model niet gedraaid. Voor Alba en Asgard zijn geen data in OWM beschikbaar.

#### *Formules*

OWM geeft als eindresultaat de percentages verdampte olie, gedispergeerde olie en het percentage water van de water-in-olie emulsie die op het wateroppervlak blijft drijven.

Om het opruimvolume na 72 uur te bepalen moet daarom nog een extra berekening worden uitgevoerd:

$$V_{\text{opruim}, t} = V_{\text{lozing}} \times VR_{\text{opruim}, t}$$

$$VR_{\text{opruim}, t} = F_{\text{drijvend}, t} \times (1/(1-y_t)) \times (\rho_0/\rho_t)$$

$t$  is de verstreken verwerkingstijd vanaf het moment van olielozing [uur]. In deze studie wordt  $t = 72$  uur gebruikt. Dit is een worst-case situatie voor wat betreft emulsificatie, omdat dan voor vrijwel alle olies maximale emulsificatie heeft plaatsgevonden.

$V_{\text{opruim}, t}$  is het opruimvolume water-in-olie emulsie [ $\text{m}^3$ ] op tijdstip  $t$ .

$V_{\text{lozing}}$  is het volume geloosde olie [ $\text{m}^3$ ].

$VR_{\text{opruim}, t}$  is het relatieve opruimvolume [factor] op tijdstip  $t$ .

$F_{\text{drijvend}, t}$  is de resterende fractie drijvende olie (van het oorspronkelijk geloosde volume olie) op tijdstip  $t$ . Drijvende olie is de oorspronkelijk geloosde hoeveelheid olie, minus de verdampte en minus de gedispergeerde hoeveelheid olie.

$y_t$  is het watergehalte van de water-in-olie emulsie [fractie] op tijdstip  $t$ .

$(\rho_0/\rho_t)$  is een correctiefactor voor de dichtheid van de water-in-olie emulsie, die hoger is dan de dichtheid van de geloosde ruwe olie.

$\rho_0$  is de dichtheid van de ruwe olie [ $\text{kg/l}$ ].

$\rho_t$  is de dichtheid van de geëmulificeerde olie op tijdstip  $t$  [ $\text{kg/l}$ ].

$t_{95}$  is de tijd [uur] waarbij 95% van het emulsificatieproces is opgetreden. Met andere woorden, de olie is vrijwel volledig geëmulificeerd.

---

---

---

## 2. Modelresultaten en discussie

### 2.1 Modelresultaten

Voor 7 van de 20 olies zijn gemeten emulsificatiedata beschikbaar in de OWM-database. Het accent ligt hierbij op de Noordzee-olies, en er zijn relatief weinig emulsificatiedata beschikbaar voor Arabische oliesoorten.

In Tabel 1 worden de met OWM berekende resultaten gegeven voor olies met gemeten of berekende verweringsdata.

Let op: berekeningsresultaten die zijn gebaseerd op olies met gemeten verweringsdata zijn geel gemarkeerd. Berekeningsresultaten voor olies zonder gemeten verweringsdata, en die daarom waarschijnlijk minder nauwkeurig zijn, zijn niet gemarkeerd. Het blijkt dat voor alle olies zonder gemeten verweringsdata behalve Flotta, OWM bij berekening het volgende meldt:

*"The synthetic weathering algorithm is not calibrated for this oil, because of the following reasons:*

- *Vanadium content above 15 ppm (en/of)*
- *Nickel content above 15 ppm (en/of)*
- *Asphaltene content above 1,5 % "*

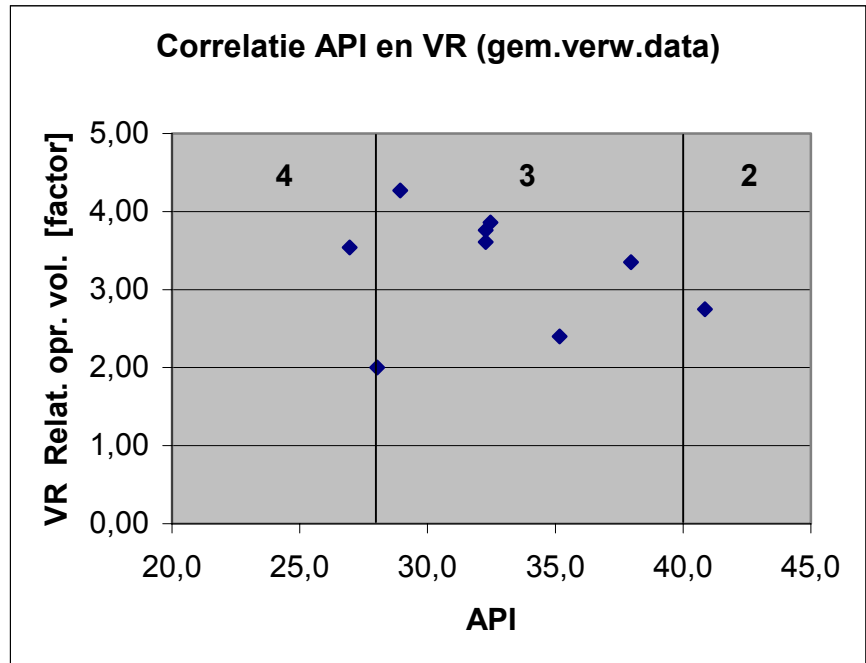
Dit betekent dat de synthetische verweringsdata niet die betrouwbaarheid hebben die ze zouden kunnen hebben, wanneer binnen de gecalibreerde parameterranges van het multi-lineaire regressiemodel zou worden gerekend. Deze (minder betrouwbare) berekende data worden toch getoond in dit werkdocument, omdat anders de dataset te beperkt zou worden. Let wel: deze modelresultaten zijn daarom indicatief.

In Figuur 1 worden de met OWM berekende resultaten gegeven voor olies met gemeten verweringsdata. In Figuur 2 worden de met OWM berekende resultaten gegeven voor olies met berekende (synthetische) verweringsdata.

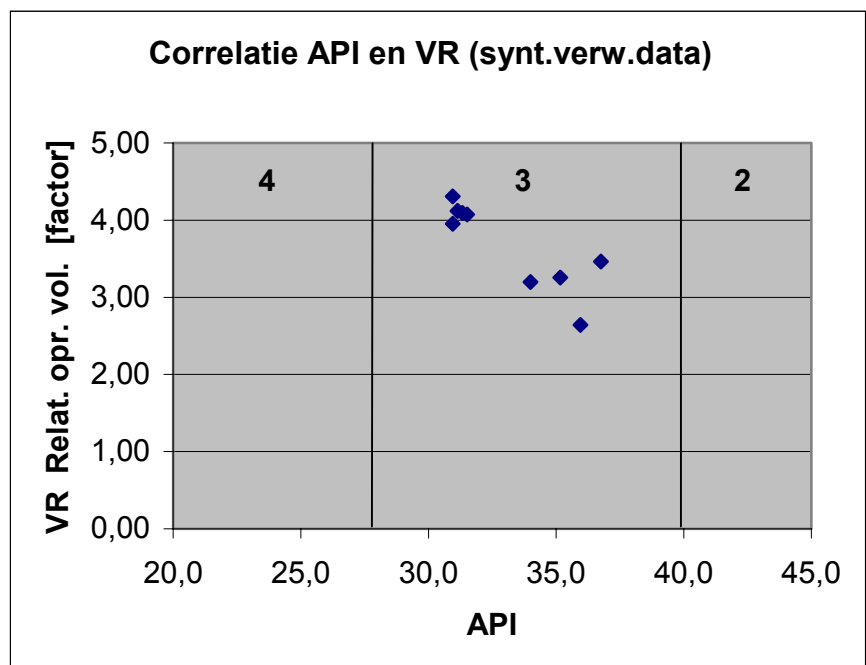
De relatieve opruimvolumes variëren van een factor 2,00 tot 4,31 ten opzichte van het oorspronkelijke geloosde olievolume, met een gemiddelde factor van 3,49.

Dit betekent dat, voor een olielozing van 30.000 m<sup>3</sup>, de hoeveelheid op te ruimen olie/water emulsie kan variëren van 60.000 tot 129.300 m<sup>3</sup>, met een rekenkundig gemiddelde van 104.700 m<sup>3</sup>. Deze getallen zijn gebaseerd op het in dit document gehanteerde worst-case scenario (voor modelparameters zie Hoofdstuk 1.3).

De tijden waarin 95% van de maximale emulsificatie wordt bereikt, variëren van 3 tot 48 uur.



*Figuur 1: modelresultaten voor olies met gemeten verweringsdata. De klassen en klassegrenzen zijn aangegeven.*



*Figuur 2: modelresultaten voor olies met synthetische verweringsdata. De klassen en klassegrenzen zijn aangegeven. Let op: deze modelresultaten zijn indicatief.*

**Tabel 2: Modelresultaten van OWM voor top-20 Rotterdamse olies. Let op: deze resultaten horen bij de modelparameters in Hoofdstuk 3, Tabel 1.**

Alle olies: UN nr = 1267

Naam olie	Land herkomst	Klasse	Dichtheid ruwe olie [kg/L]	Dichtheid emulsie t=72 uur [kg/L]	API [°]	Verdamp geerd [fractie]	Y <sub>t</sub> Water- gehalte [fractie]	VR Relatieve opruimvolume [factor]	t <sub>95</sub> Emul- sificatie [uur]	
Arab light (batelle)	Saudie Arabie	3	0,864	1,0022	32,3	0,322	0,089	0,762	3,61	3
REBCO	Rusland									
Oseberg etive	Noorwegen	3	0,864	1,0025	32,3	0,349	0,07	0,772	3,76	20
Oseberg Ost 13 C	Noorwegen	3	0,835	0,9935	38,0	0,389	0,085	0,75	3,35	16
Kuwait export	Kuwait	3	0,868	1,0012	31,5	0,298	0,053	0,788	4,08	16
Kirkuk blend	Irak	3	0,849	0,9952	35,2	0,36	0,049	0,739	3,26	14
Gulfaks A/B (IKU)	Noorwegen	3	0,882	1,0031	28,9	0,26	0,198	0,795	4,27	10
Gulfaks C	Noorwegen	3	0,863	0,9987	32,5	0,324	0,159	0,777	3,86	5
Forties	UK	3	0,841	0,9955	36,8	0,366	0,07	0,757	3,46	5
Arab medium (Zuluf/Marjan)	Saudie Arabie	4	0,87	1,0023	31,1	0,305	0,056	0,79	4,12	18
Arab medium (Khursaniyah)	Saudie Arabie	4	0,871	1,003	31,0	0,292	0,053	0,799	4,31	8
Alba	UK									
Draugen (IKU)	Noorwegen	2	0,821	0,9875	40,9	0,41	0,193	0,699	2,75	48
DUC (IKU)	Denemarken	3	0,849	0,9982	35,2	0,382	0,185	0,647	2,40	20
Iranian heavy	Iran	3	0,871	1,0018	31,0	0,305	0,077	0,781	3,95	>48
Foroozan (Fereidoon)	Iran	3	0,869	1,0018	31,3	0,308	0,048	0,789	4,10	14
Troll (IKU)	Noorwegen	4	0,893	0,9984	27,0	0,217	0,114	0,748	3,54	5
Iranian light	Iran	3	0,855	0,9939	34,0	0,328	0,056	0,732	3,20	18
Beryl	UK									
Flotta	UK	3	0,845	0,9866	36,0	0,376	0,047	0,677	2,64	6
Asgaard	Noorwegen									
Arabian heavy (IKU)	Saudie Arabie	4	0,887	0,9921	28,0	0,247	0,064	0,554	2,00	48

---

---

## 2.2 Discussie

De resultaten in Figuur 1, met de gemeten emulsificatiedata, moeten als het meest betrouwbaar worden beschouwd. Er blijkt een vrij grote spreiding in deze data aanwezig te zijn, waardoor het moeilijk is om hier een grafisch verband in te ontdekken. Dit geeft aan, dat feitelijk per oliesoort uit de top-20 gemeten verweringsdata in OWM aanwezig moeten zijn om betrouwbare modelresultaten te verkrijgen.

In Figuur 1 lijkt zich een bovengrens af te tekenen, waarvan het relatieve opruimvolume afneemt bij toenemende API. Deze bovengrens zou een worst-case relatie voor het relatief opruimvolume kunnen aangeven, wat een bruikbare relatie voor de olieopruimpraktijk zou kunnen zijn. Gezien de spreiding in modelresultaten voor olies met gemeten verweringsdata is het niet verantwoord om met deze beperkte dataset een relatie te leggen. Het is daarom aan te bevelen om deze mogelijke worst-case bovengrens nader te onderzoeken, door alle olies in OWM met gemeten verweringsdata te gebruiken voor berekeningen van het relatieve opruimvolume.

De olieclassificatie [1] lijkt op basis van de resultaten in Fig. 1 enigszins onder druk te staan. Immers, verschillende olies uit klasse 3 hebben behoorlijk verschillende relatieve opruimvolumes, vooral omdat ze verschillend emulsificatiegedrag vertonen. Eenzelfde verweringscenario zal gedraaid moeten worden voor meer olies in OWM met gemeten verweringsdata om vast te stellen in hoeverre van enig verband tussen mate van verwerking en API gravity sprake is.

---

## 3. Conclusies en aanbevelingen

### 3.1 Conclusies

Let op: onderstaande conclusies zijn indicatief, en zijn geldig voor de modelparameters die staan vermeld in Hoofdstuk 1.3, Tabel 1.

1. Voor zeven van de twintig oliesoorten, die in de Rotterdamse haven 90% van het olietransport vertegenwoordigen, zijn gemeten emulsificatiedata beschikbaar in de OWM-database. Het accent ligt hierbij op de Noordzee-oliesoorten, en er zijn relatief weinig emulsificatiedata beschikbaar voor Arabische en Russische oliesoorten.
2. Emulsificatie blijkt een groot effect op het op te ruimen volume olie te hebben.
3. De relatieve opruimvolumes variëren van een factor 2,00 tot 4,31 ten opzichte van het oorspronkelijke geloosde olievolume, met een gemiddelde factor van 3,49.
4. Dit betekent dat, voor een maatgevende olielozing van 30.000 m<sup>3</sup>, de hoeveelheid op te ruimen olie/water emulsie kan variëren van 60.000 tot 129.300 m<sup>3</sup>, met een rekenkundig gemiddelde van 104.700 m<sup>3</sup>.
5. De tijden waarin 95% van de maximale emulsificatie wordt bereikt, variëren van 3 tot 48 uur, met een rekenkundig gemiddelde van circa 18 uur.

### 3.2 Aanbevelingen

1. Voor operationele doeleinden is het noodzakelijk om voor de 13 overige oliesoorten van de Rotterdamse top-20 verwerkingseigenschappen in een laboratorium te laten meten.
2. Het is aan te bevelen om voor verschillende zeecondities (watertemperatuur, windsnelheid, tijdstip van opruiming, etc.) aanvullende berekeningen te doen voor relatieve opruimvolumes van olielozingen.
3. Het is aan te bevelen om deze mogelijke worst-case bovengrens voor het relatieve opruimvolume nader te onderzoeken, door alle olies in OWM met gemeten verwerkingsdata te gebruiken voor berekeningen van het relatieve opruimvolume.



---

## 4. Referenties

1. Koopmans M.P. en Bovelander R. (2003) Vervoer van verschillende soorten olie en chemicaliën van en naar de Nederlandse zeehavens ontsloten. Werkdocument **RIKZ/OS/2003.169X**.
2. NOAA: ADIOS2, gratis software,  
<http://response.restoration.noaa.gov/software/adios/adios.html>.
3. SINTEF: Oil Weathering Model (OWM).
4. Capaciteitsnota 1990
5. <http://ioc.unesco.org/oceanteacher/resourcekit/M3/Converters/SeaWaterEquationOfState/Sea%20Water%20Equation%20of%20State%20Calculator.htm>