

Drift og spredning av olje

Av Øistein Johansen.

Øistein Johansen er forsker ved Oceanor.

*Innlegg på seminar i Norsk vannforening
5. februar 1990*

Dette notat er ment å gi en kortfattet oversikt over de viktigste forhold som bestemmer drift og spredning av olje fra utslipp på åpent hav — samt en innføring i de metoder som benyttes i dag for simulering av oljedrift. Metodenes forutsetninger og begrensninger vil også bli omtalt — samtidig som behov for forskningsinnsats innenfor dette området vil bli påpekt.

1. Drift av olje i åpent hav

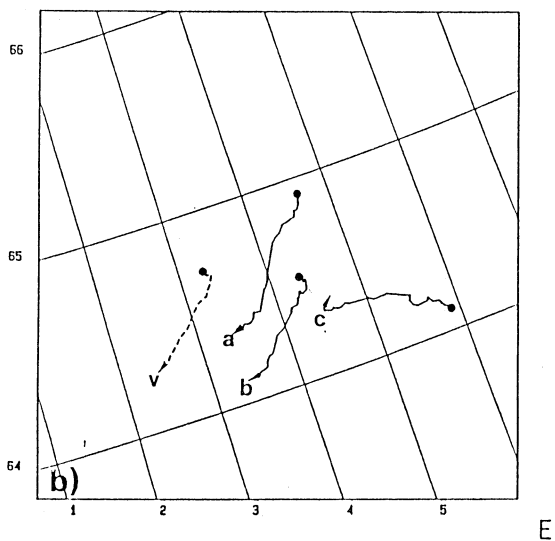
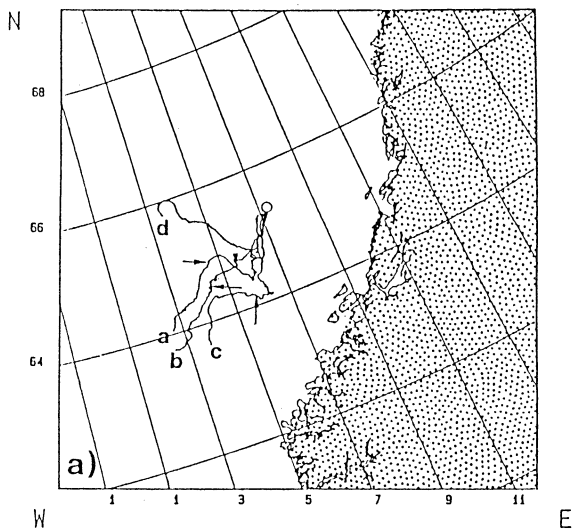
Et oljeflak som driver på åpent hav kan antas å følge strømmen i overflaten. Problemet er dermed i første rekke å kunne forutsi strømmen i havoverflaten under vekslende forhold. Dett er i seg selv ikke noe enkelt problem, sett på bakgrunn av de mange kompliserte fenomen som påvirker denne. Erfaringer fra eksperimentelle oljeutslipp — og forsøk med passive driftere har imidlertid ledet til en relativt enkel betraktningssmåte — som i de fleste tilfeller gir akseptable resultater. Dette innebærer at overflatestrømmen betraktes som en sum av flere komponenter, dvs.:

- Lokal vinddrevet strøm
- En stasjonær bakgrunnsstrøm
- Tidevannsstrøm

Vinddrift

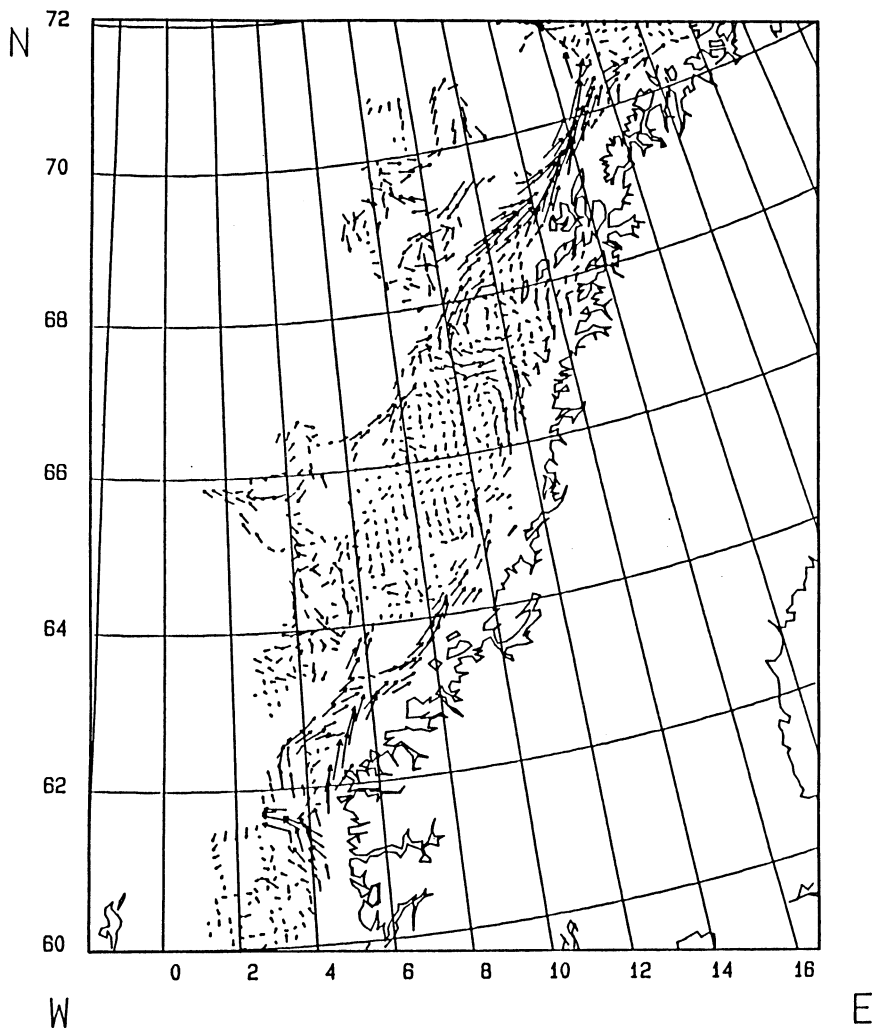
Den vinddrevne strømmen beregnes på grunnlag av den lokale vind, målt i 10 m over overflaten, etter en erfaringsformel hvor styrken utgjør ca. 3% av vindstyrken, mens retningen er dreid 15 grader til høyre for vindretningen. En enkel huskeregel avledet av dette er at olje driver med en hastighet på ca. 1 km/time ved en vindstyrke på 10 m/s. Denne empiriske regelen omfatter i praksis både den direkte vindinduserte drift (Ekmanstrømmen) og bølgeindusert drift (Stokes drift). Figur 1 viser et eksempel på at en slik beregningsmetode gir akseptable resultater i områder hvor de andre strømkomponentene er ubetydelige. Figuren er basert på resultater fra et forsøk hvor flere drivbøyer ble satt ut på samme sted — men på forskjellig tidspunkt innenfor en periode på 2—3 døgn. Drivbøyene kan i hovedsak antas å følge samme bane som et oljeflak.

Pålitelig informasjon om lokal vind er dermed en viktig forutsetning for prognoser av oljedrift. I nåtid kan slike data skaffes fra forankrede oseanografiske bøyer, mens kunnskap om forventet utvikling av vind i kommende periode er avhengig av meteorologenes vindvarsler. Slike varsler produseres i dag på Meteorologisk Institutt ved



Figur 1. Forsøk på Haltenbanken 1985.

- a) Drivbaner for fire driftere utsatt i samme posisjon, Drifter 'd' var utstyrt med drivanker som ble skadet under drivperioden.
- b) Utsnitt av drift i en 5-døgns periode. Drifter 'a' og 'b' er på dypt vann, mens 'c' passerer skråningen mot dyphavet. Stiplet bane 'v' viser forventet vind-drift (3% regelen).



Figur 2. Bakgrunnstrøm avledet fra forsøk med satellitt-posisjonerte drivbøyer. (Analyse utført i ANODA-prosjektet, Oceanografisk Senter).

hjelp av atmosfæremodeller, som gir vindfeltet i et rutenett på 50 x 50 km. For fremtiden bør en innarbeide bruk av slike data i prognoser av oljedrift, f.eks. ved oppringt data-samband mellom

operasjons-senteret for oljevernberedskap og datamaskinen på DNMI.

Bakgrunnstrøm

Figuren viser også betydningen av

den andre komponenten — bakgrunnstrømmen. Bakgrunnstrømmen antas å representere det rådende strømfelt i området. Denne strømmen antas således å være stasjonær, men bør i enkelte områder betraktes som sesongavhengig. Kunnskap om bakgrunnstrømmen i et gitt område kan etableres f.eks. ved hjelp av forsøk med satelittposisjonerte driftere. Bakgrunnstrømmen bestemmes da ved å kombinere de observerte drivbaner med lokal vind i drivperioden — dvs. ut fra samme antakelse som benyttes ved oljedriftberegninger. Tilfeldige variasjoner fjernes ved å midle strømfeltet over mange forsøk. Figur 2 viser et slikt strømfelt bestemt ut fra et stort antall drifterforsøk over flere år.

Tidevannstrøm

Tidevannstrømmen omfatter i seg selv flere komponenter, dvs. halvdaglige variasjoner, heldaglige og mer langsomme variasjoner. Disse komponentene kan bestemmes hver for seg ut fra harmonisk analyse av lange tidsserier men med strømmålinger på et gitt sted. Hver komponent angis da ved sin tidevanns-ellipse, bestemt ved maksimal og minimal strømstyrke (ellipsens halv-akser), ellipsens orientering (retningen av sterkeste strøm), samt en fase-vinkel som angir strømmens retning ved et gitt tidspunkt.

Tidevannsellipsen angis vanligvis i strømstyrke (cm/s eller knop). Banen som en partikkel vil beskrive som følge av tidevannstrømmen vil også bli en ellipse, med halvaksler gitt av strømstyrken dividert på vinkelhastigheten ($2\pi/T$). En halvdaglig tidevannstrøm med et maksimum på en knop (1 nautisk mil pr. time) vil dermed gi en

ellipsebane med største halvakse på ca. 2 nautiske mil.

Ut fra slike data kan en forutsi tidevannstrømmens styrke og retning på et vilkårlig tidspunkt. Vanligvis vil et fåtall komponenter utgjøre hoveddelen av strømmen, og ofte kan de to halvdaglige komponentene (M2 og S2) alene gi en tilstrekkelig nøyaktig beskrivelse av strømmen.

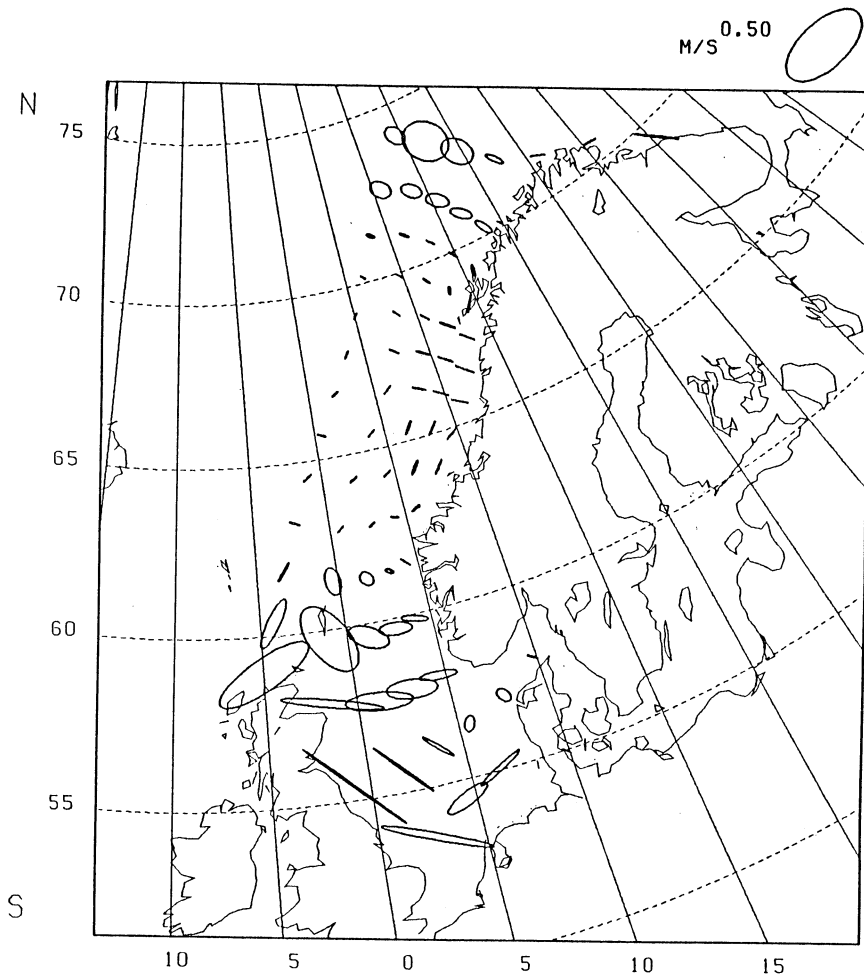
På store deler av norsk sokkel er tidevannstrømmen relativt svak, med et største utslag på ca. 10 cm/s. I enkelte områder er utslaget imidlertid betydelig, med en største strømstyrke opp mot 1 knop (visse deler av Nordsjøen og Barentshavet) (fig. 3).

Tidevannstrømmen innenfor et område kan også beregnes med god nøyaktighet ved hjelp av hydrodynamiske modeller (figur 3). Data fra slike modeller kan med fordel benyttes som grunnlag for beregninger av oljedrift. I mange tilfeller velger en imidlertid å se bort fra bidraget fra tidevann, siden dette strømbidraget innebærer relativt små usikkerheter i de mer langsiktige prognoser av oljedrift (jfr. fig. 4).

Nær utslippsstedet vil imidlertid tidevannstrømmen i stor grad bestemme utslippets orientering til en hver tid. For beregninger som skal gi informasjon om forholdene i nærsonen (ved utslippsstedet) bør en derfor ta hensyn til dette bidraget.

Andre bidrag

Antakelsen om en permanent bakgrunnstrøm er den mest kritiske forenkling i det totale strømbildet. En slik forenkling er i enkelte tilfeller nødvendig, f.eks. i forbindelse med mer overordnede konsekvensanalyser. Ved varsling av oljedrift under aktuelle utslipp



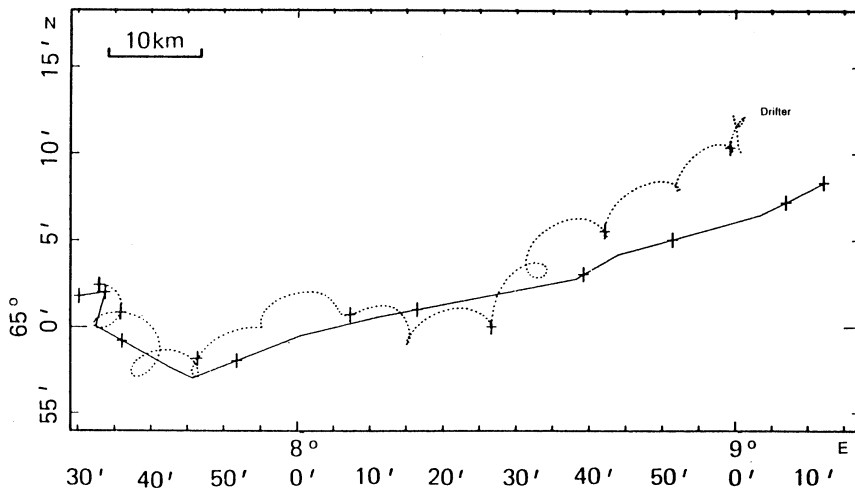
Figur 3. Resultater fra beregning av halvdaglig tidevann. Tidevannsellipsene er tegnet for et fåtall av beregningspunktene for å vise hovedtendensene. (ANODA-prosjektet).

bør en om mulig ta hensyn til mer kort-siktige variasjoner i strømbildet.

Både observasjoner under eksperimentelle oljeutslipp, og erfaringer fra faktiske uhell (f.eks. Occidental-utslippet i november 1986) viser at strømbildet i visse situasjoner kan endres

vesentlig i forhold til de antatte stasjonære forhold.

Lokale strømdata kan i slike tilfeller skaffes fra forankrede strømmålere eller drivende bøyer i området nær utslippsstedet, mens data for større områder kan etableres ved bruk av hydro-



Figur 4. Drivbane fra en drifter under det eksperimentelle oljeutslippet på Haltenban-
ken i 1982 — sammenliknet med observerte posisjoner for fronten av olje-
flaket. Svingningene i drivbanen skyldes treghets-strøm, med omtrent samme
periode som halvdaglig tidevann.

dynamiske modeller. Modeller som beregner strøm ut fra meteorologiske effekter (vind og lufttrykk) er operative i dag bl.a. ved Meteorologisk Institutt. Bruk av data fra slike modeller er ikke vanlig i oljedriftmodeller i dag, men mulighetene er til stede.

2. Spredning av olje

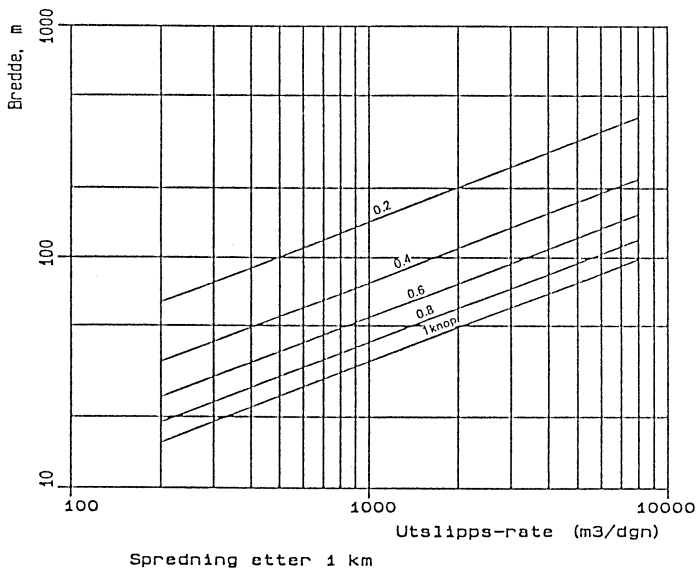
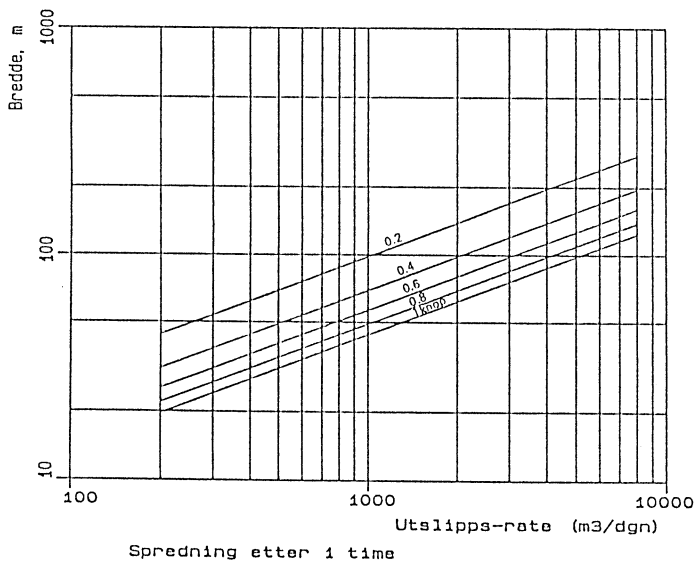
Spredning av et oljesøl skyldes forskjellige mekanismer, hvorav noen er relativt godt kjent og relativt enkle å forutsi. I det følgende vil de viktigste av disse mekanismene bli omtalt.

Egenspredning

På stille vann vil et oljeflak spre seg på grunn av at oljen flyter utover ved egen vekt. Spredningshastigheten er i

slike tilfeller i hovedsak et resultat av balansen mellom tyngdekraft og friksjon — skjærspenning i grenseflaten mellom olje og vann. Slike situasjoner kan f.eks. studeres i laboratoriet ved å sperre av et oljeflak ved en ende av en vannrenne. Fjernes barrieren vil oljen flyte ut langs kanalen med en hastighet som avtar med tiden, avhengig av mengden av det avgrensede oljeflaget.

Et kontinuerlig utslipp av olje fra et fast punkt på strømmende vann vil til dels oppføre seg analogt med dette. Spredningen som skjer på tvers av strømrretningen etter hvert som oljen fjerner seg fra utslippsstedet kan beregnes etter de samme lover som gjelder for spredning langs kanalen. Oljemengde pr. løpende meter i strømrretningen er i så fall den viktigste para-



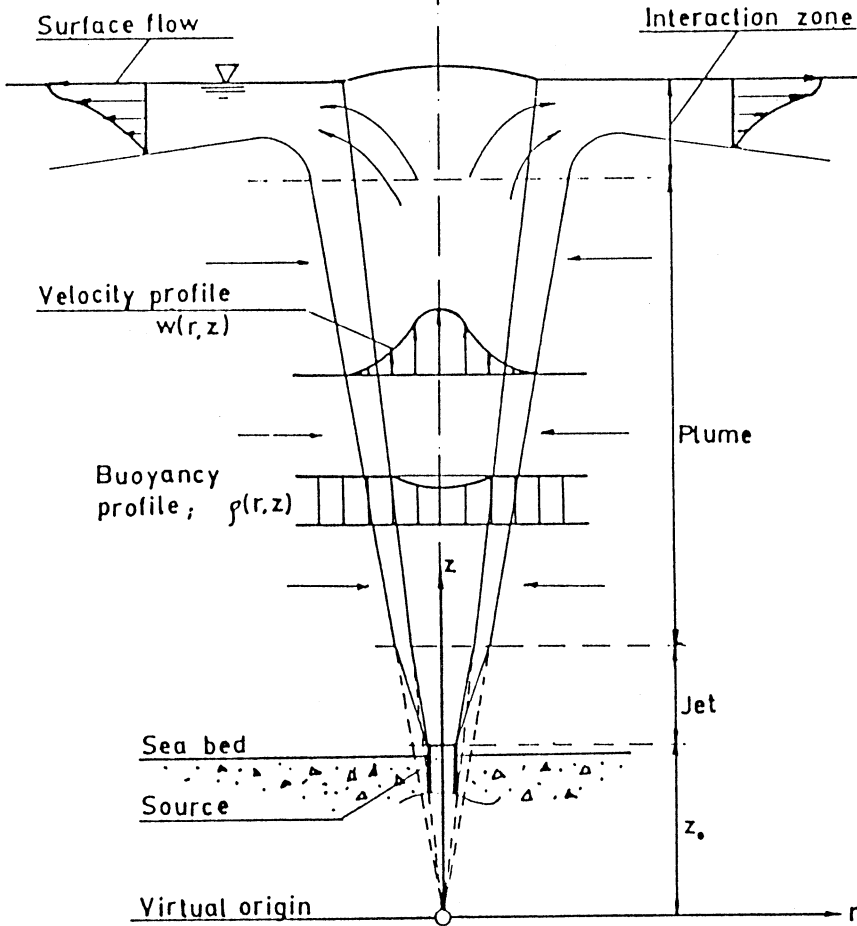
Figur 5. Spredning av olje fra kontinuerlige utlipp beregnet etter Fay's teoretiske spredningsformel. Tallene på kurvene viser til strømstyrken i knop.

meter, sammen med tettheten av oljen. Denne mengden er gitt av forholdet mellom utslippsrate ($m^3/time$) og strømhastigheten — og øker dermed ved avtakende strømhastighet ved konstant utslippsrate.

Figur 5 viser beregninger av bredden på et kontinuerlig utslipp ved forskjellige utslippsrater og strømstyrker. Figur

5 a viser bredden etter en gitt drivtid (1 time) mens figur 5 b viser bredden i en gitt avstand fra utslippsstedet (1 km). Siden drivtiden i det siste eksempel varierer med strømstyrken, forsterkes forskjellen i spredningen under de forskjellige strømsituasjoner.

Disse teoretiske beregningene bygger på visse forutsetninger som ikke alltid



Figur 6. Ved en undervannsutblåsning strømmer oljen ut radielt i overflatestrømmen som skapes når den oppstigende gass-søylen når overflaten. (Fanneløp).

er gyldige. For det første antas oljen å komme fra en punktkilde, mens oljesøl i praksis vil ha en viss utbredelse allerede på utslippsstedet.

Oljeutslippet kan f.eks. komme fra en undervanns-utblåsning, hvor både olje og gass er involvert. I slike situasjoner vil oljen strømme ut radielt når den når overflaten — som følge av strømsystemet som genereres av den oppstigende gass-søylen (fig. 6).

Utbredelsen av oljen på overflaten vil i slike tilfeller være bestemt av dypet oljeutslippet skjer på, forholdet mellom gass og olje i utslippet, og strømforholdene i vannmassene generelt. Videre egen-spredning på grunn av mekanismen som er skissert ovenfor vil skje med utgangspunkt i denne utbredelsen.

I andre situasjoner kan oljen komme fra en utblåsning på dekket av en plattform. Spredningen av oljen under slike forhold vil avhenge av mange forhold, og kan neppe forutsies teoretisk.

For det andre forutsettes oljen å utgjøre et homogent flak, mens et oljesøl i praksis etter kort tid opptrer som små oppbrutte flak av emulsjon i en mer eller mindre sammenhengende film av tynn olje. Årsaken til dette er i hovedsak bølgepåvirkning — brytende bølger — som på sin måte bidrar til en langt mer dramatisk spredning enn den som skyldes tyngdens innflytelse.

Bølgepåvirkning

Dersom spredningen av et oljesøl skulle følge av tyngdens påvirkning, vil et utslipp av en begrenset mengde olje spre seg mer eller mindre sirkulært. Observasjoner fra eksperimentelle oljeutslipp viser imidlertid at slike utslipp i stedet sprer seg i oljeflakets drivretning

— med en tynn oljefilm som et slep etter et tykkere lag i fronten. Denne utviklingen tiltar med tiden — dvs. oljesølet sprer seg mer og mer i lengderetningen (fig. 7).

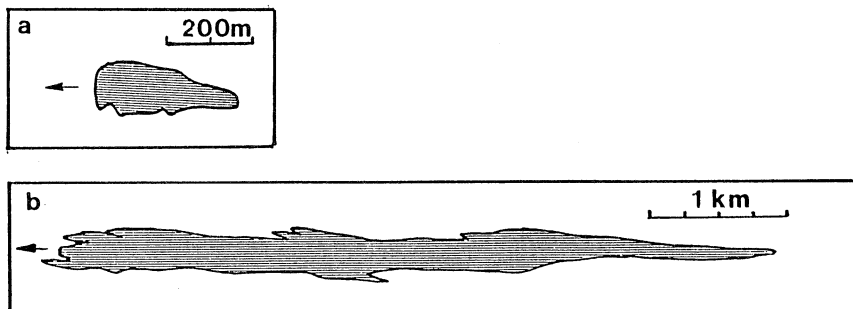
Dette forholdet blir idag forstått som et resultat av bølgepåvirkning — dvs. nedblanding av olje i vannmassene som følge av brytende bølger — og etterfølgende oppstigning av større dråper etter en viss oppholdstid i vannmassene. Utstrekningen av flaket i lengderetningen kan dermed avledes av forskjeller i drivhastighet mellom neddykket olje og oljeflaket i overflaten. Slike forskjeller skyldes i hovedsak at den vind-induserte strømmen avtar raskt i styrke fra overflaten og nedover i vannmassene (strømskjær).

Bølgepåvirkningen som splitter oljeflaket opp i dråper har også andre konsekvenser. Delvis gir dette opphav til naturlig dispergering av oljen — de minste dråper fanges opp av turbulens i vannmassene — og blandes ned til økende dyp. Samtidig antas det at denne oppsplittingen også forårsaker emulgering av oljen.

Turbulent spredning

Turbulent spredning skyldes tilfeldige variasjoner i strømmen lokalt. De forskjellige partikler i et oljeflak som utsettes for slike gjentatte tilfeldige strøm-variasjoner vil fjerne seg fra hverandre. Forhold som kan gi opphav til slike lokale tilfeldige variasjoner er f.eks. brytende bølger og større eller mindre virvler i vannmassene. Strømstyrke og vindforhold er faktorer som innvirker på dette.

Turbulent spredning kan betraktes som en diffusjonsmekanisme — styrt av en diffusjonsfaktor — avhengig av vind og strøm. En mye benyttet metode



Figur 7. Skisse av oljeflak basert på montasje av UV-opptak med fly. Bilde a) viser flaket umiddelbart etter utslipp av 10 tonn olje. Bilde b) viser flaket 5 timer etter (merk skalforskjell!). Fra eksperimentelt utslipp på Haltenbanken juni 1985.

for beregning av slike prosesser er i dag såkalt «random walk»-teknikker, hvor oljesølet betraktes som en sky av partikler — hvor driften av hver partikkel (bestemt av strøm og vind) pålagres tilfeldige forflytninger.

I større målestokk vil horisontale strømskjær — f.eks. i overgangen mellom kyst-strømmen og åpent hav — forsterke slike spredningsfenomen. En partikkel i oljesølet som ved en tilfeldig forflytning beveger seg ut av hovedstrømmen, vil senere ta en helt annen retning enn de øvrige (separasjon). Det finnes mange eksempler på en slik separasjon fra forsøk med utsetting av flere drivbøyer i samme område (jfr. figur 1).

3. Konklusjoner

De viktigste forhold som bestemmer drift og spredning av olje er i dag relativt godt klarlagt teoretisk, og mulighetene til å lage realistiske prognoser for olje-

drift er dermed gode. Resultatene av slike prognoser avhenger i første rekke av hvor godt kjennskap en har til miljøforholdene, dvs. vind og strøm og bølger.

Nøyaktigheten i værprognosene er selvsagt avgjørende for de mer langsiktige prognoser, mens godt kjennskap til vind og strømforhold lokalt ved utslippstedet under selve operasjonen er avgjørende for mer kortsiktige prognoser.

Kunnskap om oljens oppførsel under gitte miljøforhold — og tilgang på lokale miljødata i sann tid — kan være en viktig støtte for riktige beslutninger under en oljevernaksjon — f.eks. under forhold med dårlig sikt og mørke.

Et system for innsamling og hensiktsmessig presentasjon av slike data ombord på kommandofartøyet vil utvilsomt kunne gi et betydelig bidrag til effektiviteten av oljevernet til havs — spesielt dersom systemet samtidig kan gi kortsiktige prognoser for oljens drift og spredning på en realistisk form.