

# **EMISSIONER FRA SKIBE I DANSKE FARVANDE**

**af**  
**TOM WISMANN**  
**dk-TEKNIK**

## **1. Indledning**

dk-TEKNIK udfører for Miljøstyrelsen et projekt om "Emissioner fra skibsfarten i danske farvande". Projektets formål er at give et overblik over de samlede røggasemissioner fra skibes hovedmotorer. Der fokuseres på emissioner af SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>.

Der er ikke tidligere foretaget en samlet opgørelse over emissioner fra skibe i danske farvande og der foreligger ingen samlede beregninger der belyser disse forhold. De foretagne beregninger er baseret på oplysninger indhentet hos relevante rederier og myndigheder, samt ud fra kendskab til relevante emissioner fundet ved målinger på dieselmotorer og emissionsfaktorer opgivet af Lloyd's.

Det har på nogen områder været nødvendigt at foretage skøn, da en del af de ønskede oplysninger ikke har kunnet fremskaffes. Her tænkes specielt på oplysninger vedrørende olieforbrug og olie kvalitet ombord i fragtskibe, der passerer dansk farvand, men også manglende konkrete oplysninger vedrørende visse færger i fast fart.

Rapporten søger at fastlægge hvilke nivåer, der er tale om, og foregiver ikke at kunne foretage en helt præcis bestemmelse af de faktiske emissioner. Hertil er der for mange ukendte faktorer som olieforbrug og olie kvalitet.

Emissioner fra skibsfarten har, som nævnt, ikke tidligere været genstand for en nærmere undersøgelse. Udviklingen i Danmark og i verden som helhed betyder, at der fra brede kredse i offentligheden og fra offentlige myndigheders side, er en større og større bevidsthed omkring miljøforhold. Dette betyder også øget interesse for miljøforhold omkring skibsfarten. Det har selvfølgelig betydning, at emissionerne fra mange store landanlæg (kraftværker og forbrændingsanlæg) reduceres ved installation af røgrensningsanlæg. Disse reduktioner betyder, at den procentuelle andel af forurenende emissioner fra skibsfarten øges.

Man kan gøre sig den tanke, at der på et landanlæg, f.eks. et kraftværk, er foretaget investeringer i milliard størrelsen for at installere røgrensningsanlæg. Det kan derfor synes som et paradoks, med tanke på de foretagne investeringer, at skibet der leverer kul til et kraftværk (måske/sandsynligvis) benytter svær fuelolie som brændstof med et højt svovindhold (3-5 %) samtidigt med, at de udledte emissioner af NO<sub>x</sub> er betragtelige.

## **2. Skibstrafikken i danske farvande**

Skibstrafikken i danske farvande er ganske betragtelig. I denne forbindelse er danske farvande defineret som farvandet mellem den 6 og 16 østlige længdegrad og nord-syd begrænset af Norge/Sverige og Tyskland/Polen.

Sejlladsmønstret i danske farvande er opgjort ud fra kendskabet til antal passager af skibe i Storebælt, Sundet, Lille bælt, Østersøen og Kattegat.

Farvandene besejles af mange forskellige skibstyper i alle størrelser. Skibstyperne kan nævnes følgende hovedgrupper:

*Færger:* Internationale ruter, primære og sekundære ruter

*Handelsskibe:* Tankskibe, bulkskibe, containerskibe, ro-ro skibe

*Fiskeskibe:*

*Andre:* Krigskibe, statsskibe, lystfartøjer

### **3. Emissioner fra skibe**

Fra skibe emitteres forskellige gasser til atmosfæren. Disse gasser dannes ved forbrænding af olie i skibenes fremdrivningsmaskineri. Fremdrivningsmaskineriet ombord i dagens skibe består i den alt overvejende grad af dieselmotorer.

Fra skibets maskineri emitters hovedsagdeligt følgende komponenter: Faststof (støvpartikler), kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{SO}_2$  (svovldioxid), kvælstofilter ( $\text{NO}_x$ ), kulmonoxid (CO) og en række af uforbrændte kulstofforbindelser benævnt TOC (Total Organic Carbon). Disse komponenter fremkommer ved forbrænding af fossile brændsler i skibenes hoved- og hjælpemaskineri.

#### *a) Faststof*

Faststof emitteret fra en motor består hovedsagdeligt af uforbrændte kulstofforbindelser og aske. Kulstofforbindelserne dannes ved ufuldstændig forbrænding af brændstoffet.

Der er mulighed for, at der findes polyaromatiske hydrocarboner (PAH) bundet til de faste partikler. PAH kan have en cancerogen effekt. Der optræder også en række tungmetaller stammende fra brændstoffet.

#### *b) Kuldioxid ( $\text{CO}_2$ )*

Kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) dannes i forholdsvis store mængder ved alle former for forbrændingsprocessor.  $\text{CO}_2$  er ikke i sig selv skadeligt, men indgår i rækken af de såkaldte drivhusgasser, der mistænkes for at bidrage til opvarmning af planeten, idet en øget koncentration af  $\text{CO}_2$  i atmosfæren begrænser den termiske udstråling til rummet.

#### *c) Svovlforbindelser ( $\text{SO}_2$ - $\text{SO}_3$ )*

De svovlforbindelser, der kommer fra skibes motorer, stammer alene fra svovlindholdet i brændstoffet. Den altovervejende del udgøres af svovldioxid ( $\text{SO}_2$ ) og en mindre mængde af svovltrioxid ( $\text{SO}_3$ ).

$\text{SO}_2$  er en væsentlig årsag til forsurening af søer, vandløb og jord.  $\text{SO}_2$  er sundhedsskadeligt, specielt kan astma patienter og mennesker ved vejtræknings problemer blive generet. Emission af  $\text{SO}_2$  kan også medføre korrosion på maskiner og bygninger.

#### *d) Kvælstofforbindelser ( $\text{NO}_x$ )*

Ved de fleste forbrændingsprocessor dannes forskellige kvælstofoxider, hovedsageligt NO og NO<sub>2</sub>. Disse to komponenter betegnes under et som NO<sub>x</sub>. Over 90% af de kvælstofilter, der dannes, optræder som NO og er som sådan harmløse. Ved oxidation i atmosfæren omdannes NO til NO<sub>2</sub>, der er giftigt og bla. medvirker til dannelsen af fotokemisk "smog". NO dannes ud fra kvælstof og ilt. Kvælstoffet stammer primært fra forbrændingsluften, men kan også stamme fra kvælstof indeholdt i brændstoffet.

Dannelsen af NO i motoren påvirkes hovedsageligt af temperaturen i forbrændingsrummet, man siger generelt at højere temperaturer giver højere koncentrationer af NO, men ting som opholdstid og opblandingen af olie-luft har også indflydelse på dannelsen.

Koncentrationer af NO<sub>x</sub> regnes normalt som større fra langsomt gående motorer, idet gasserne i disse motorer udsættes for høje temperaturer i et længere tidsinterval end gasser i medium og high speed motorer.

#### **4. Maskinanlæg**

Et skib er en selvhjulpent enhed, udrustet med et stort antal maskiner, aggregater og apparater til at fremdrive skibet, håndtere lasten og gøre, at livet ombord kan foregå under gode og rimelige forhold.

I nedenstående skal kort gennemgås nogle typiske maskinerier ombord i skibe. Fælles for de nedenfor beskrevne maskinerier, undtaget atomreaktoranlæg er, at de alle kræver brug af olie som energikilde.

##### *a) Hovedmaskineri*

Ved hovedmaskineri forstås maskineri til fremdrivning af skibet. Hovedmaskineriet består af en eller flere hovedmotorer eller hovedturbiner.

##### *Dieselmotorer*

Dieselmotorer benyttes i udstrakt grad ombord i skibe og de udgør den altovervejende del af hovedmaskineriet i nybygninger.

Dieselmotorer findes i størrelser fra nogle få hundrede kW og op til ca 55.000 kW. Det specifikke olieforbrug er ca. 0,150- 0,210 kg/kWh afhængig af motortype og størrelse. Typisk er det at store langsomt gående maskiner har det laveste brændstofforbrug.

##### *Dampturbiner*

Dampturbineanlæg ombord i skibe er ved at være en saga blot. De findes stadig, om end i et begrænset antal, ombord i handels og krigsskibe. Dampturbineanlæg er i hovedbestanddelene identiske med kraftværksanlæg dog med den forskel, at turbinen ikke trækker en generator, men skibets propeller. Turbineanlægget består af en eller flere kedler, der producerer overhødet damp. Dampen ledes til en turbine, der gennem et reduktionsgear driver skibets propeller. Kedlen fyres typisk med svær fuelolie.

##### *Gasturbiner*

Gasturbiner har siden midten af tresserne været brugt ombord i skibe. Den altovervejende del af de installerede gasturbiner har været installeret ombord i krigskibe. Gasturbiner til fremdrivning er også set anvendt ombord i handelsskibe, og det ser idag ud til at brugen af gasturbiner ombord i civile skibe vil øges i de kommende år. Specielt indenfor skibstypen hurtige færger er gasturbiner ved at vinde indpas.

Fordelen ved at benytte gasturbiner er, at der opnås en meget høj kW effekt pr kg installeret maskineri.

Det specifikke brændstofforbrug for en turbine der yder 19.000 kW er ca. 0,180 kg/kWh. Det specifikke brændstofforbrug er i de fleste tilfælde højere end for dieselmotorer.

#### *Atomreaktoranlæg*

Reaktor anlæg benyttes udelukkende ombord i krigskibe, undtaget 3 handelsskibe bygget på forsøgsbasis for at afprøve tekniske og operative koncepter af USA, Tyskland og Japan. Ingen af disse tre skibe er idrift idag.

Reaktor anlæg er i princippet, og meget kort fortalt, et damp turbine anlæg, hvor dampen produceres af en reaktor og ikke som ellers af en kedel. Fordelene ved reaktor anlæg er, at der reelt er ubegrænset energi til rådighed. De største anlæg ombord i amerikanske hangarskibe yder 196.000 kW, og skibene kan sejle i ca 13 år eller ca 700.000-900.000 sømil svarende til ca. 40 gange jorden rundt, mellem hver fornyelse af reaktorkernen.

Reaktor anlæg synes ikke i den umiddelbare fremtid at ville vinde indpas i civile skibe ud fra sikkerhedsmæssige synspunkter og anskaffelses/driftsomkostninger.

## **5 Beregninger**

I det følgende er foretaget beregninger af de samlede emissioner fra skibsfarten. Beregningerne er foretaget ud fra oplysninger fra rederier og myndigheder omkring olieforbrug og kvalitet, udsejlet distance og ansat middeleffektforbrug.

#### *Emissionsfaktorer*

Der er ved beregningerne benyttet følgende emissionsfaktorer.

	SO <sub>2</sub> gr./kWh	NO <sub>x</sub> gr./kWh
Færger	0,8 - 3,2	13
Handelsskibe	4 - 9,2	13 - 14
Fiskeskibe	*	13

\* Olieforbrug og kvalitet er kendt således at SO<sub>2</sub> emissionen kan udregnes direkte.

**Færger, emissioner af SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>**

Hovedgruppe	SO <sub>2</sub> tons/år	NO <sub>x</sub> tons/år
Primære færger	1286	8782
Sekundære færger	34	624
Internationale færger	3382	17933
Sum	4.700 *	27.000 *

**Handelsskibe, emissioner SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>**

	SO <sub>2</sub> tons/år	NO <sub>x</sub> tons/år
Sum	<b>66.000 *</b>	<b>114.000 *</b>

**Erhvervsfiskefartøjer, emissioner af SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>.**

Hovedgruppe	SO <sub>2</sub> tons/år	NO <sub>x</sub> tons/år
Erhvervsfiskefartøjer	<b>936</b>	<b>14.000</b>

**Samlet opgørelse, emissioner af SO<sub>2</sub> OG NO<sub>x</sub>**

## Sammenligninger

Ved sammenligning af emissioner fra skibsfarten og kraftværkssektoren fås følgende.

	Emission af SO <sub>2</sub> tons/år	Emission af NO <sub>x</sub> tons/år
Skibsfart	72.000	155.000
Kraftværker (1993)	100.000	85.000

## 6. Afslutning

Det ses, at det er den internationale trafik af handelsskibe, der bidrager med en meget stor procentuel andel af de samlede emissioner.

Årsagen til dette skyldes det forhold, at den internationale handelsskibstrafik tilbagelægger betragtelige afstande indenfor dansk farvandsområde. Dette sammenholdt med brugen af brændstof med forholdsvis stort indhold af svovl gør, at emissionen af SO<sub>2</sub> bliver af en betragtelig størrelse. Med hensyn til emissioner af NO<sub>x</sub> er det også den lange distance gennem dansk farvand sammenholdt med det forhold, at emissionen af NO<sub>x</sub> fra dieselmotorer er relativt store.

Det er klart, at en meget stor del af de emitterede mængder der udledes fra skibe af mange nationaliteter, i internationalt farvand, at en reduktion af disse mængder kun kan ske gennem aftaler i internationalt regi.

## 7. Status efter forprojekt

Forprojektet har belyst hvor de største emissioner fra skibsfarten kan forventes. Forprojektet er i nogen grad baseret på antagelser med hensyn til olieforbrug, specielt vedrørende handelsskibe. For at kunne foretage en mere nøjagtige opgørelse er det nødvendigt at foretage målinger af de faktiske forbrug ombord i et antal typiske skibe ved gennemsejling af dansk farvand.

Der skal søges yderligere oplysninger omkring de benyttede olie kvaliteter og olieforbrug fra de færageselskaber hvor dette ikke foreligger.

Det ville endvidere være ønskeligt hvis passager af skibstyper og skibsstørrelser kunne belyses grundigere end hvad der er muligt idag. Dette kan dog idag synes vanskeligt med de indskrænkninger der er foretaget i Farvandsvæsenet/Søfartsstyrelsen's og Søværnet's kystudkigsorganisation.

I fremtiden vil der måske blive en mulighed for en nærmere kortlægning af trafikken i de danske farvande i forbindelse med etableringen af det omtalte VTS system i Store Bælt. Når Øresundsbroen kommer, eller forhåbentligt før, kan man forestille sig et lignende system etableret i Sundet.

Hvis data fra VTS systemerne og data fra de kilder der haves idag, samles i et egnet computersystem vil dette give Danmark et overordentligt godt billede af skibstrafikken i vore farvande.

## **8. Fremtiden**

dk-TEKNIK udfører i 1995 et projekt der udfra de i forprojektet fundne forhold søger, at belyse emissionerne fra skibe i danske farvande yderligere bla. undersøges parametre som PAH, CO<sub>2</sub> mf. Der belyses endvidere hvordan trafikken fordeler sig på trafik til og fra EU, transittrafik mm, og hvordan der i fremtiden kan foretages koordination af de ressourcer som staten råder over således, at der kan skabes et løbende overblik over emissionerne fra skibsfarten i danske farvande.

---