

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 49 2003

Emissioner fra skibe i havn.
Revideret udgave 2003

Arne Oxbøl og Tom Wismann
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

EMISSIONER FRA SKIBE I HAVN	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
2 METODE	13
3 BEREGNINGSGRUNDLAG	15
3.1 EFFEKTFORBRUG	15
3.2 MOTORSTØRRELSER	17
3.3 EMISSIONSFAKTORER	17
3.3.1 Hovedmotorer	17
3.3.2 Hjælpemotorer	18
3.3.3 Oversigt over emissionsfaktorer	18
3.3.4 Oversigt over antagelser og beregninger	18
4 HAVNENE	21
4.1 KØBENHAVNS HAVN	21
4.1.1 Trafikopgørelse	22
4.2 KØGE HAVN	24
4.2.1 Trafikopgørelse	24
4.3 HELSINGØR HAVN	25
5 BEREGNINGER	29
5.1 KØBENHAVNS HAVN	29
5.2 KØGE HAVN	30
5.3 HELSINGØR HAVN	32
5.4 ALLE TRE HAVNE	32
5.5 21 STORE HAVNE I DANMARK	32
6 DISKUSSION OG VURDERING	37
6.1 TRAFIKOPGØRELSER OG EFFEKTFORBRUG	37
6.2 OVERSLAG OVER USIKKERHEDEN VED BEREGNINGERNE.	38
6.3 RESULTATER	39
6.4 BETYDNING AF OG MULIGHED FOR BRUG AF STRØM FRA LAND	40
7 KONKLUSION	43
8 LITTERATUR OG REFERENCER	45
BILAG A EFFEKTFORBRUG VED KAJ I KØBENHAVNS HAVN	47
BILAG B EFFEKTFORBRUG VED MANØVRER OG PUMPNING I KØBENHAVNS HAVN	49
BILAG C EFFEKTFORBRUG VED KAJ I KØGE HAVN	51

BILAG D EFFEKTFORBRUG VED MANØVRER OG PUMPNING I KØGE HAVN	53
BILAG E EFFEKTFORBRUG VED KAJ I HELSINGØR HAVN	55
BILAG F EFFEKTFORBRUG VED MANØVRER I HELSINGØR HAVN	57
BILAG G EFFEKTFORBRUG VED KAJ I 21 HAVNE	59
BILAG H EFFEKTFORBRUG VED MANØVRER OG PUMPNING I 21 HAVNE	61

Forord

Denne rapport er udarbejdet af dk-TEKNIK for Miljøstyrelsen. Arbejdet har været fulgt af en styregruppe bestående af

Jørgen Rasmussen, Søfartsstyrelsen
Ulrik Torp, Miljøstyrelsen
Robert Heidemann, Miljøstyrelsen
Morten Winther, Danmarks Miljøundersøgelser
Tom Wismann, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Arne Oxbøl, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

Rapportens forfattere er megen tak skyldig til alle, der har bidraget med oplysninger til rapportens tekst og beregninger. Det drejer sig om

Susanne Thilqvist, Henrik Andersen og Niels P. Nielsen, Køge Havn
Jeppe Makwarth, Helsingør Havn
Arne Jørgensen, M/F Hamlet, Scandlines
Lars Jordt, Scandlines
Peter Frederiksen og Birger Jacobsen, MAN B&W Diesel A/S
Mette Mikkelsen og Douglas Clark, COWI
Helge Åkervik, Sundbusserne
Leif Kurdahl og Søren Andersen, Københavns Havn
Troels Severinsen, Logimatic
Mogens Weel Hansen, dk-TEKNIK
Ivan Dahl, Køge Kommunale El-, Varme- og Antenneforsyning
Rønne Havn
Rødby Havn
Esbjerg Havn
Frederikshavn Havn
Kalundborg Havn

December 2002

Arne Oxbøl

Tom Wismann

Sammenfatning og konklusioner

Denne rapport er udarbejdet for at bestemme en størrelsesorden for emissioner fra skibe i tre danske havne og for hele landet.

Ved gennemgang af to internationale rapporter om emission fra skibe og skriftlige danske kilder, samt kontakt til relevante personer er der fundet gode oplysninger om trafikken i tre udvalgte havne. Der er opstillet en række antagelser for motorstørrelser, effektforbrug på forskellige skibstyper og opholdstider i havne.

Hjælpemaskineriet på skibene bidrager i væsentlig grad til de samlede emissioner. Beregningen af emissionerne er sammensat af fem led, som hver er behæftet med usikkerhed. Den samlede usikkerhed vurderes at være mindre end 100%.

Resultaterne viser, at Københavns Havn har de største emissioner. De dominerende kilder til emission af NO_x er færger ved kaj (27%), losning af tankskibe (18%) og krydstogtskibe ved kaj (19%).

Samtlige skibes manøvrer udgør 16% af den samlede emission af NO_x .

I Køge Havn er antallet af tankskibe relativt mindre, og den væsentligste bidragsyder til emissionen af NO_x er andre bulkcarriers ved kaj (49%).

I Helsingør Havn bidrager manøvrer med ca. 73% af den samlede emission af NO_x . Manøvretiden udgør ca. 6 minutter per anløb, hvor opholdet ved kaj er ca. 10 minutter per anløb.

Færger i regelmæssig fart med korte ophold i havn – som i Helsingør – kan ikke bruge strøm fra land.

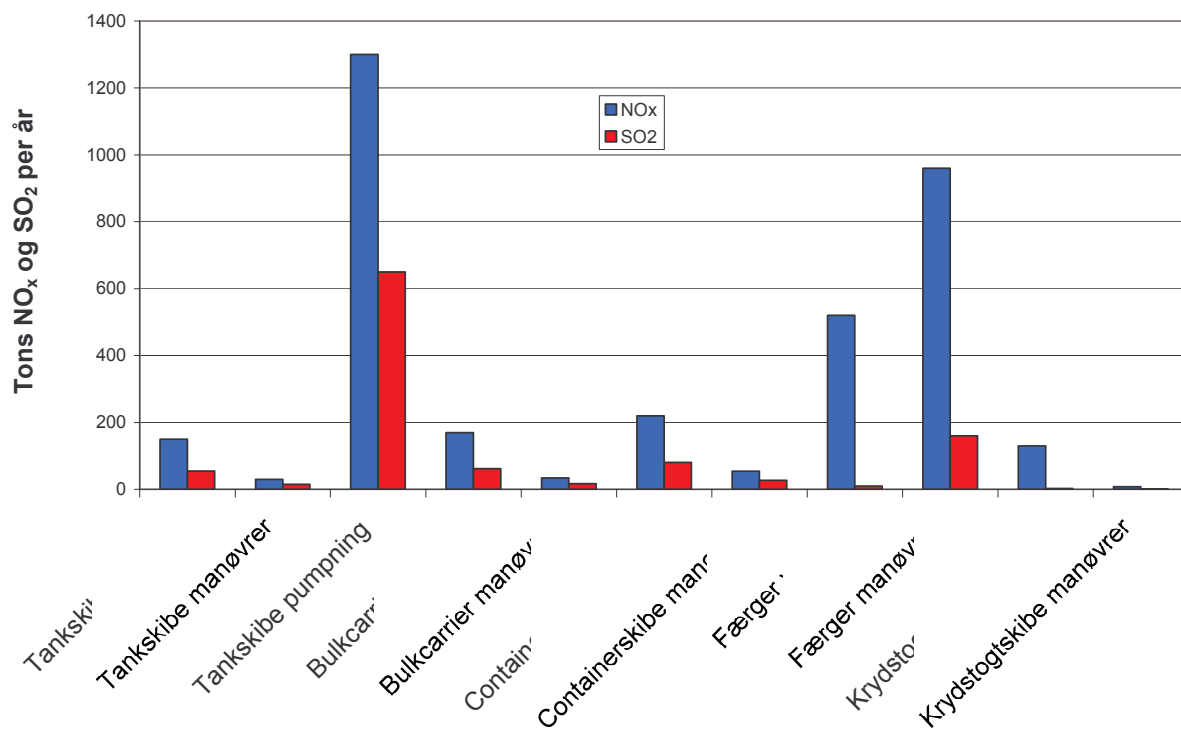
Derimod er der i Køge Havn mulighed for at anvende strøm fra land, idet der er forsyningssteder ved kajkanten. Kun få benytter sig af det. Resultaterne indikerer imidlertid, at en væsentlig del af emissionerne kan flyttes fra havnen til kraftværket, hvis denne mulighed benyttes i større udstrækning.

I København er der en potentiel mulighed for en stor relativ reduktion af emissioner. Emissioner fra krydstogtskibe og færger ved kaj udgør ca. 46% af den samlede emission af NO_x .

De samlede emissioner fra de tre havne ses nedenfor.

Havn	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
		NO_x	CO	Kulbrinter	CO_2	SO_2	Partikler
København	46.000	520	120	23	28.000	110	12
Helsingør	13.000	150	58	6,5	7.800	19	3,1
Køge	3.100	35	5,6	1,6	1.900	14	0,80
Total	62.000	710	180	31	38.000	140	16

For at estimere en størrelsesorden for emissioner på landsbasis er emissionerne for 21 store havne beregnet. Havnene har 85% af den samlede godsomsætning – heraf 95% af det flydende gods. Lastning og losning af flydende gods er meget energikrævende. Emissionerne i disse havne er illustreret på nedenstående figur.



Summary and conclusions

This report is prepared in order to determine the magnitude of emissions from ships in three Danish ports and of emissions for the entire country.

Based on two international reports about ship-based emissions and on Danish publications about this matter as well as discussions with relevant experts, comprehensive information about the traffic handled by three selected Danish ports has been gathered. A number of assumptions concerning motor size, energy consumption and duration of stay in port for different types of ships have been made.

Auxiliary engines on board ships are main contributors to the total emissions. The equation used for calculating the emissions from ships consists of five terms, each subject to uncertainty. The total uncertainty is estimated to be less than 100%.

The investigation shows that the Port of Copenhagen has the largest absolute emissions. The main contributors to the emission of NO_x are ferries alongside quay (27%), cruise ships alongside quay (19%) and unloading of tankers (18%).

Manoeuvring of ships within the port accounts for 16% of the total emission of NO_x .

The Port of Køge is handling a relatively smaller number of tankers than the Port of Copenhagen. The main contributor to the emission of NO_x is therefore other bulk carriers alongside quay (49%).

In the Port of Elsinore manoeuvring of ships accounts for about 73% of the total emission of NO_x . The mean time for manoeuvring is about six minutes, and the mean time for staying alongside quay is about ten minutes for each incoming ship.

Ferries in regular operation featured by short stays in port – as in the case of Elsinore – are not able to make use of land-based electricity supply.

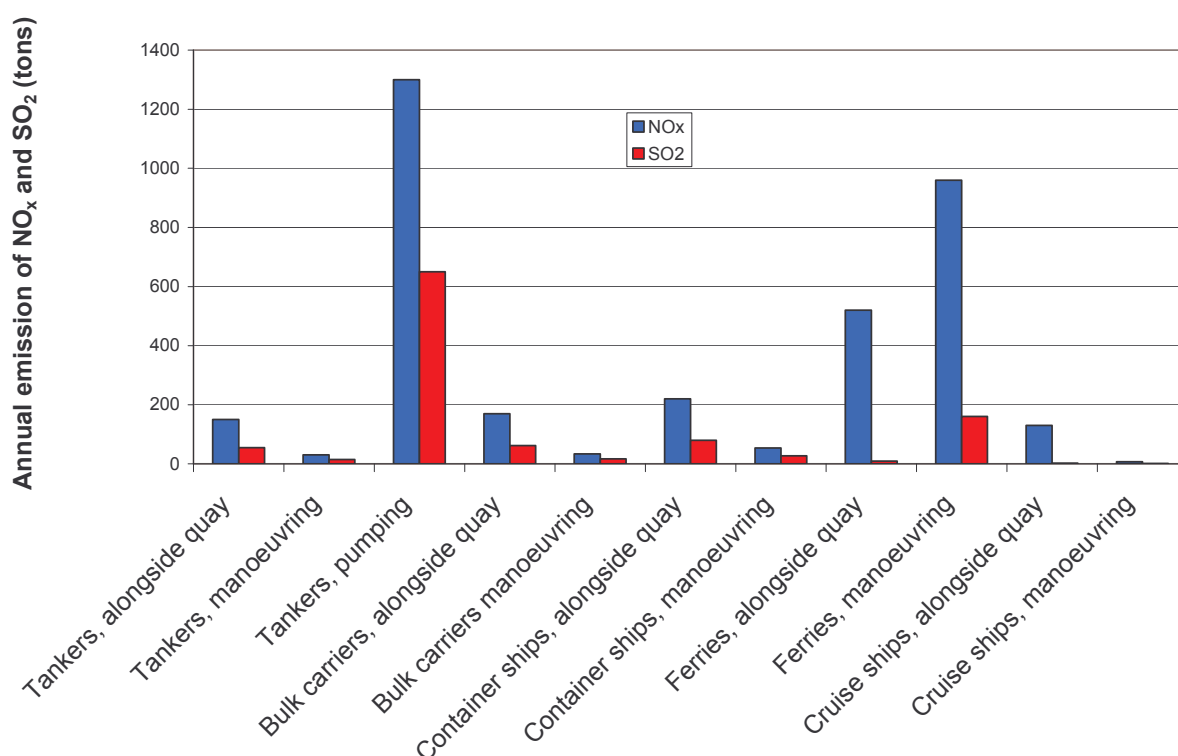
However, in the Port of Køge electricity supply is available to ships from outlets placed at the quay. Only few ships take advantage of this possibility. The study shows that an essential part of the emissions can be transferred from the port to the power stations provided a higher utilisation of electricity from outlets placed in the port is achieved.

The Port of Copenhagen presents a potential for a large-scale relative reduction of emissions. Emissions of NO_x from cruise ships and ferries alongside quay account for about 46% of the total emission of NO_x .

The total emissions from the three selected ports are shown in the table below.

Port	Power cons. MWh	Tons in 2001					
		NO _x	CO	Hydrocarb	CO ₂	SO ₂	Particles
Copenhag.	46,000	520	120	23	28,000	110	12
Elsinore	13,000	150	58	6,5	7,800	19	3.1
Køge	3,100	35	5,6	1,6	1,900	14	0.80
Total	62,000	710	180	31	38,000	140	16

In order to estimate the magnitude of emissions from ships in Denmark the emissions from 21 larger ports have been calculated. These ports represent 85% of the total turn-over of goods including 95% of goods in liquid form. Loading and unloading of liquid goods are highly energy consuming processes. The emissions from these ports are shown in the graph below.



1 Indledning

I forlængelse af Miljøprojekt nr. 597/2001 om Effektförbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark ønsker Miljøstyrelsen at vurdere størrelsen af emissioner i danske havne. Ønsket skal specielt ses i lyset af, at den Europæiske Kommission har diskuteret og netop vedtaget en ny EU strategi for reduktion af atmosfæriske emissioner fra skibe.

Strategien har specielt fokus på at reducere de emissioner, der bidrager til forurening af vandmiljøet. Det drejer sig om NO_x og SO_2 .

Miljøprojekt nr. 597/2001 beregnede emissionerne af SO_2 , CO_2 , CO , kulbrinter, NO_x og PM_{10} for farvandsområdet begrænset af 6. og 16. længdegrad og af Holland og Polen i syd og Norge og Sverige i nord.

Der eksisterer ikke viden om størrelsen af disse emissioner i havne, og dermed kan det ikke vurderes, om det vil have en miljømæssig betydning at bruge strøm fra land.

Beregningerne i denne rapport resulterer i værdier for effektförbrug og udledninger af SO_2 , CO_2 , CO , HC , NO_x og partikler. Rapporten beskriver beregninger for tre havne, Helsingør, København og Køge. Endelig giver rapporten en vurdering af de samlede udledninger i de 21 store danske havne, der samlet har ca. 85% af godsomsætningen i Danmark.

Det har ikke været muligt at få detaljerede oplysninger om alle parametre, hvorfor det har været nødvendigt at foretage nogle kvalificerede antagelser på basis af det tilgængelige materiale.



KØGE HAVN SET FRA NORD

Alle resultater i denne rapport gælder for året 2001.

2 METODE

Undersøgelsen beskæftiger sig med alle kommercielle skibe i de betragtede havne med undtagelse af fiskefartøjer, dvs. med alle handelsskibe. Handelsskibe er opdelt i fragtskibe og passagerskibe.

Den videre opdeling følger opdelingen i ”Skibsfarten på danske havne 2001” og er opstillet på samme måde som i Miljøprojekt nr. 597/2001. Det betyder, at fragtskibe omfatter

- Tankskibe
- Andre bulkcarriers (bulkcarriers, specialskibe og pramme til tørlast)
- Containerskibe (containerskibe, køleskibe og stykgodsskibe i øvrigt).

Passagerskibe omfatter

- Krydstogtskibe
- Færger

Opdelingen har betydning for estimeringen af motorstørrelserne.

Undersøgelsen er i videst muligt omfang udført på basis af faktuelle oplysninger fra havnene og fra statistiske tabeller. Desuden er to internationale rapporter om dette emne blevet gennemgået, således at andres erfaringer er blevet inddraget i vurderingerne.

Det var fra starten klart, at det inden for projekts ramme er umuligt at få detaljerede oplysninger om hvert enkelt skib og dets last i hvert enkelt anløb. Det har derfor været nødvendigt at lave estimater over skibsstørrelser, motorstørrelser og effektforbrug.

Emissionsfaktorer og effektforbrug er vurderet ud fra oplysningerne i Miljøprojekt nr. 597/2001, i de to internationale rapporter og fra MAN B&W Diesel. De to internationale rapporter er begge udgivet i EU-regi. Det drejer sig om ”Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community”, der er udarbejdet i juli 2002 af Entec UK Limited, og ”Methodologies for Estimating air pollutant Emissions from Transport”, der er udarbejdet i marts 1998 af TECHNE. Hvor rapportererne er omtalt i det følgende, betegnes de h.h.v. ENTEC og MEET.



KRYDSTOGTSKIBE HØRER TIL BLANDT DE STØRSTE PÅ HAVET. DE STØRSTE AF SKIBENE KAN HAVE FREMDRIVNINGSMASKINERIE MED EN EFFEKT PÅ CA. 50.000 kW OG HJÆLPEMASKINERIE MED EN EFFEKT PÅ CA. 15.000 kW

På basis af statistiske oplysninger i ”Skibsfarten på danske havne 2001” fra Danmarks Statistik og samtaler med nøglepersoner i Københavns, Helsingør og Køge Havn har vi opstillet data for antal skibe, størrelser og opholdstid i havnene.

Ved hjælp af Dansk Illustreret Skibsliste 2002, der er udgivet af Seapress, har vi lavet kvalificerede antagelser om effekten på skibenes hovedmotorer. Effekten på hovedmotorerne benyttes dels til at vurdere effektforbruget på hjælpemaskineriet, dels til at beregne effektforbruget i den korte sejlads- og manøvetid i havnen.

For krydstogtskibe er der søgt detaljerede oplysninger om et udvalg af de skibe, der anløb København i 2001. Københavns Havns side på Internettet har været en god kilde i dette arbejde.

I projektføreløbet blev vi kontaktet af firma COWI, der udfører et lignende projekt for Københavns Havn. Formålet med COWI's projekt er specifikt at vurdere emissionsforholdene og påvirkningen af omgivelsernes luftkvalitet ved én af Københavns Havns kajer, hvor det påtænkes at udføre boligbyggeri. Vi har i et vist omfang udvekslet erfaringer med COWI.

Alle beregninger udføres i EXCEL, idet vi ikke har fundet relevante beregningsprogrammer.

3 Beregningsgrundlag

I dette kapitel gennemgås metoden til beregning af effektforbrug og emissioner. Data for trafikken i havnene gennemgås i kapitel 4.

Effektforbrug og emissionsfaktorer er vurderet primært på basis af oplysninger fra MAN B&W, ENTEC og MEET, ligesom vores egne beregninger af motorstørrelser er væsentlige.

3.1 EFFEKTFORBRUG

Emissioner fra motorer er – foruden afhængighed af olie kvalitet - proportionale med motorens ydelse og dermed med skibets effektforbrug. Det er derfor af stor betydning at vurdere motoreffektforbruget ved driftsformer, der er relevante for skibe i havn. Som udgangspunkt betragter vi

- Indsejlingen til kaj og manøvrer i forbindelse hermed
- Ophold ved kaj
- Lastning og losning

Vi har valgt ikke at adskille indsejling og manøvrer på grund af den relativt korte samlede tid, de to driftsformer udgør i sammenligning med opholdet ved kaj. I resten af rapporten bruges betegnelsen ”manøvrer” om disse to driftsformer.

MEET giver med basis i en omfattende gennemgang af litteratur og undersøgelser et bud på en meget detaljeret beregningsmetode.

MEET's metode relaterer effektforbruget i hver driftsform direkte til effekten på skibets hovedmotorer og bruger emissionsfaktorer, der er afhængige af driftsform. Efter vores opfattelse har MEET baseret sine oplysninger på gennemgang af meget store skibe, der ikke er repræsentative for vores formål, og effektforbrugene forekommer at være anslået meget højt. Da der desuden ikke er skibe, der bruger hovedmotorerne i nævneværdigt omfang, når de ligger ved kaj, vurderer vi, at denne metode ikke kan bruges.

MEET har imidlertid den oplysning, som vi ikke har fundet andre steder, at **ved losning af flydende gods (olie, flydende gas etc.) bruges 0,7 kg olie per ton losset gods.**

ENTEC har delvis samme betragtninger om forbrug relateret til hovedmotorens effekt, men omtaler også hjælpemaskineri. Der er imidlertid ingen klare informationer om, hvordan beregninger foretages. Vi kan derfor ikke gøre direkte brug af denne rapport til estimering af effektforbruget, når skibet ligger ved kaj.

MAN B&W har givet oplysninger om effektforbruget på hjælpemaskineri ved sejlads. Der er en næsten lineær sammenhæng med effekten på skibets hovedmotorer. De anslåede størrelser er ca. fem gange mindre end estimererne i MEET. Vi har desuden fået oplyst, at effektforbruget på hjælpemaskineriet i havn er ca. 1,5 gange forbruget ved sejlads. Det skyldes angiveligt forbruget

ved manøvrer i havnen. Andre kilder har oplyst, at forbruget på hjælpemaskineriet er lidt større ved sejlads på grund af behov for maskinrumsventilation og drift af pumper m.m.

Vi har valgt at sætte hjælpemaskineriets forbrug i havn til samme værdi som ved sejlads.



TANKSKIB UNDER LOSNING. TANKSKIBE KAN HAVE MEGET BETYDELIGE FORBRUG TIL DRIFT AF PUMPER UNDER LOSNING OG LASTNING. EFFEKTFORBRUGET KAN F.EKS. UDGØRE CA. 30% AF DEN INSTALLEREDE EFFEKT PÅ HOVEDMASKINERIET

For tankskibe angiver MAN B&W, at forbruget i havn er 1,7 gange forbruget ved sejlads, hvilket skyldes forbruget ved pumpning af flydende gods. Beregninger viser, at denne metode giver en urealistisk lav værdi for effektforbruget ved pumpning. Andre kilder oplyser, at et tankskibs forbrug ved pumpning er af en størrelse, der svarer til 30% af hovedmotorernes effekt. Beregninger viser, at dette er i god overensstemmelse med MEET's angivelse på 0,7 kg olie per ton losset. Da de statistiske oplysninger i "Skibsfarten på danske havne 2001" rummer oplysninger om flydende gods ud og ind af havnen, finder vi denne beregningsmetode særdeles anvendelig.

For krydstogtskibe antager vi, at der anvendes 30% af den installerede effekt på hjælpemaskineriet, når de ligger ved kaj. Antagelsen er baseret på samtaler med flere, der har erfaringer inden for området.

For færger antager vi, at der kun anvendes 25% af den installerede effekt på hjælpemaskineriet. Oplysninger fra COWI, som har talt med DFDS, bekræfter denne antagelse. Undtaget herfra er færger i Helsingør, der har et højt aktivitetsniveau i den korte tid, de ligger ved kaj.

Forbruget ved anløb, manøvrer og afsejling er på hovedmotorerne. Vi antager, at fragtskibe og krydstogtskibe i gennemsnit bruger ca. 25% af den installerede effekt på hovedmotorerne ved anløb af havne. Anløb af havne sker for fragtskibes og krydstogtskibes vedkommende med lav fart. Færger sejler derimod hurtigere ind og bruger derfor mere effekt. Disse oplysninger er i god overensstemmelse med MEET, der angiver et forbrug på 40% af effekten ved manøvrer (ind- og udsejling). Vi har derfor valgt at regne med 25% af den installerede effekt på hovedmotorerne for fragtskibe og krydstogtskibe og 50% for færger.

3.2 MOTORSTØRRELSER

Det er tidskrævende at finde eksakte oplysninger om installeret effekt på hovedmotorerne på alle skibe i havnene, i det omfang det er overhovedet er muligt. Derfor har vi søgt at anslå disse værdier.

Vi anslår dem på samme måde som MEET, men med fokus på skibe i en størrelsesorden, der svarer til de skibe, der kommer til danske havne.

Vi har undersøgt en gruppe af skibe, hvis type var til at identificere med de betegnelser, der er anvendt i Miljøprojekt nr. 597/2001, således at de kunne grupperes. Det drejer sig om 466 skibe, der er grupperet i

- Containerskibe (329)
- Bulk carriers (92)
- Færger og Ro-Ro (45) - heraf ingen hurtigfærger

Ved hjælp af oplysningerne i "Dansk illustreret skibsliste" har vi opstillet skibsstørrelser angivet som bruttotonnage og den installerede effekt på hovedmotorer i et EXCEL regneark.

Sammenhængen mellem skibsstørrelse og installeret effekt på hovedmotorerne er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sammenhænge mellem skibsstørrelser og installeret effekt

Skibstype	Ret lines ligning	Korrelationskoefficient
Bulk carriers < 20.000 BRT	$y = 0,5105x + 465,56$	0,76
Bulk carriers > 20.000 BRT	$y = 0,1375x + 3969,5$	0,95
Containerskibe – alle	$y = 0,709x + 420,84$	0,94
Færger og Ro-Ro skibe – alle	$y = 0,7053x + 776,33$	0,84
Alle skibe	$y = 0,3221x + 2321$	0,55

I ligningerne står x for skibets størrelse angivet som bruttotonnage.

Når det er valgt at foretage gennemsnitlige beregninger af motoreffekter ved anvendelse af ligningerne i tabel 3.1, opnås samtidig den fordel at vi kan anvende gennemsnitsværdier for skibenes størrelse inden for hver type. Det er uden betydning, om motoreffekten og siden emissionen beregnes for enkelte skibe og til sidst summeres.

3.3 EMISSIONSFAKTORER

3.3.1 Hovedmotorer

MEET har vurderet emissionsfaktorer for hver af de tre driftsformer (sejlads, manøvrer og ophold ved kaj). Emissionsfaktorerne for sejlads er i god overensstemmelse med de emissionsfaktorer, der er anvendt i Miljøprojekt nr. 597/2001. Emissionsfaktorerne ved manøvrer er næsten identiske for de fleste parametre. For CO er faktoren dog angivet i MEET at være ca. 4 gange så høj.

For fragtskibe har vi valgt at anvende de faktorer for medium speed motorer i lastskibe, som blev anvendt i Miljøprojekt nr. 597/2001 med den modifikation, at faktoren for CO er 4 gange større. Der regnes med 1,5% svovl i olien. Dette svovlindhold er formodentlig i den lave ende for skibe som helhed. Imidlertid forventes det, at Annex 6 til MARPOL konventionen ratificeres i nær fremtid,

hvorefter der SKAL anvendes olie med 1,5% svovl eller mindre i Nord- og Østersøen.

For krydstogtskibe anvender vi faktorer for medium speed motorer i passagerskibe med den modifikation, at faktoren for CO er 4 gange større. Der regnes med 0,5% svovl i olien.

3.3.2 Hjælpemotorer

For hjælpemotorer har MAN B&W leveret oplysninger for egne motorer, som anvendes i udstrakt grad. Emissionen angives at være afhængig af belastningen af motoren. Tilsvarende angiver MEET værdier for forskellige motorstørrelser og belastning. Ud fra disse værdier har vi valgt emissionsfaktorerne i tabel 3.2 som repræsentative for de betragtede skibe. For hjælpemotorenes vedkommende er faktorerne gældende for ca. 50% belastning.

For hjælpemotorerne på fragtskibe antager vi, at svovlindholdet i olien er 1,0%, mens det for krydstogtskibe sættes til 0,05%. For krydstogtskibe gælder i høj grad, at rederierne er meget opmærksomme på problematikken om forurening fra skibene. Der er på grund af rapportens detaljeringsgrad ikke taget hensyn til, hvis nogle krydstogtskibe har rensningsforanstaltninger på motorerne - partikelfiltre, DeNO_x-anlæg eller lignende.

3.3.3 Oversigt over emissionsfaktorer

Betragtninger i ovenstående afsnit er samlet i tabel 3.2.

TABEL 3.2 OVERSICHT OVER ANVENDTE EMISSIONSFAKTORER

Skibstype → Motortype → Parameter ↓	Fragtskibe		Krydstogtskibe og færger	
	Hovedmotor	Hjælpemotor	Hovedmotor	Hjælpemotor
	1,5% svovl	1,0% svovl	0,5% svovl	0,05% svovl
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
NO _x	12	11	12	11
CO	6,0	1,0	6,0	1,0
Kulbrinter	0,50	0,50	0,50	0,50
CO ₂	600	600	600	600
SO ₂	6,0	4,0	2,0	0,20
Partikler	0,44	0,22	0,24	0,22

3.3.4 Oversigt over antagelser og beregninger

I tabel 3.3 har vi samlet alle de antagelser, vi har gjort, sammen med de beregningsmodeller, der er anvendt.

TABEL 3.3 OVERSIGT OVER ANTAGELSE OG BEREGNINGER

Skibstype	Driftsform	Parameter	
Tankskib	Ved kaj	Hjælpe maskineri	Effektforbrug beregnet som: $0,0185 \cdot \text{hovedmotorens størrelse} + 183,14$
		Tid	Vurderet på grundlag af oplysninger fra Køge og København
	Manøvrer	Hovedmotor kW	Beregnet som $0,5105 \cdot \text{bruttotonnage} + 465,56$. Bruttotonnage beregnet som gennemsnit for alle skibe af denne type i havnen. Belastning 25%
		Tid	Skøn – 0,5 time per anløb
	Pumpning	Energiforbrug	0,7 kg olie (3,5 kWh) per ton losset gods
		Emissionsfaktorer	Som for hovedmotor – tabel 3.2
		Svovl i olie	Som for hovedmotor – tabel 3.2
Bulkcarrier	Ved kaj	Hjælpe maskineri Tid	Som for tankskibe, dog er den lineære sammenhæng mellem bruttotonnage og hovedmotorens effekt for containerskibe: $0,709 \cdot \text{bruttotonnage} + 420,84$
	Manøvrer	Hovedmotor Tid	
Ved kaj		Hjælpe maskineri Tid	
	Manøvrer	Hovedmotor Tid	
Færger		Ved kaj	Hjælpe maskineri
	Tid		Skønnet for de enkelte havne
	Manøvrer	Hovedmotor	Vurderet ud fra kendskab til konkrete færger (ca. halvdelen af de betragtede færger). Belastning 50%
		Tid	Skønnet for de enkelte havne
Krydstogtskibe	Ved kaj	Hjælpe maskineri	Vurderet ud fra kendskab til konkrete skibe (ca. en trediedel af de betragtede skibe). Belastning 30%
		Tid	Konkrete oplysninger fra Københavns Havn
	Manøvrer	Hovedmotor	Vurderet ud fra kendskab til konkrete skibe (ca. en trediedel af de betragtede skibe). Belastning 25%
		Tid	Skønnet for Københavns Havn

4 Havnene

Der er i Danmark et stort antal havne af vidt forskellig størrelse og med et meget forskelligt trafikmønster.

Københavns Havn er valgt som repræsentant for store havne, der betjener fragtskibe, færger og krydstogtskibe. Helsingør Havn har en omfattende færgetrafik men en begrænset trafik af fragtskibe. Endelig er Køge Havn repræsentativ for mellemstore danske havne med trafik af fragtskibe.

For Københavns Havn og Helsingør Havn gælder, at oplysninger om trafik er tilgængelig i ”Skibsfarten på danske havne 2001”. Derimod er Køge Havn ikke repræsenteret, men havnemesteren har været meget hjælpsom med nødvendige oplysninger.

For detaljerede beskrivelser af havnene henvises til Den danske havnelods, der er udgivet af Kort- og Matrikelstyrelsen.

4.1 KØBENHAVNS HAVN

Københavns Havn er en moderne storhavn, der tilbyder alle former for havneservice og råder over et effektivt produktionsapparat. Det betyder, at lastning og losning af andet gods end flydende gods kan foretages med havnens kraner. Vi antager derfor, at kun tankskibe anvender eget udstyr til lastning og losning.

Københavns Havn har de senere år udviklet sig til at være en betydende krydstogthavn. Med mere end 200 anløb om året og over 175.000 krydstogtpassagerer kommer stadig flere sejlende til byen. Krydstogtskibe er flydende hoteller med et stort effektforbrug, og det er derfor relevant at vurdere udledningerne af miljøfremmede stoffer fra disse.

Fra København udgår ligeledes færgeruter til Norge, til Bornholm og til Polen. Disse færger udgår fra Kvæsthusbroen og Nordre Toldbod, men fra foråret 2004 vil en ny terminal placeret bag Langelinie i Søndre Frihavn danne rammen for blandt andet færgerne. Det har selvfølgelig betydning for udledningen af stoffer i området nær centrum af byen.

Havnen består af fire hovedafsnit. **Nordhavnen** omfatter alle havneanlæg nord for nordenden af kaj 168. **Inderhavnen** omfatter alle havneanlæg mellem nordenden af kaj 168 og Langebro. **Sydhavnen** omfatter alle havneanlæg syd for Langebro. Endelig omfatter **Østhavnen** alle havneanlæg på østsiden af Refshaleøen og Amager.



KORT OVER KØBENHAVNS HAVN

4.1.1 Trafikopgørelse

Trafikken i Københavns Havn er opgjort ved brug af oplysningerne i tabel 4 i ”Skibsfarten på danske havne 2001”, oplysninger fra Københavns side på Internettet og samtaler med Leif Kurdahl, Københavns Havn.

I ”Skibsfarten på danske havne 2001” er trafikken fordelt dels på ti typer skibe, dels på fordelingen i syv størrelsesgrupper for hhv. fragtskibe og passagerskibe. I vores beregninger opdeles fragtskibe i tre grupper: Tankskibe, andre bulkcarriers og containerskibe.

4.1.1.1 Fragtskibe

Statistikens opbygning betyder, at vi kan finde, at der er kommet et antal tankskibe (størrelse ikke oplyst) og, at der er kommet et antal fragtskibe inden for et størrelses interval (ingen type oplyst). Det er ikke muligt at koble de to oplysninger og bestemme, hvor store tankskibene har været.

Vi har derfor valgt at beregne en gennemsnitsstørrelse for fragtskibe og antager, at denne gennemsnitsstørrelse er gyldig for både tankskibe, andre bulkcarriers og containerskibe. Som nævnt i afsnit 3.2 er det i princippet uden betydning, om der regnes specifikt på hver enkelt størrelse og laves gennemsnit til sidst, eller der regnes på gennemsnit. Vi er dog opmærksomme på, at bestemte typer kan have bestemte størrelser, men vi vurderer, at dette forhold ikke har væsentlig betydning.

Størrelsen for skibe i et givet interval er beregnet som gennemsnittet af intervallets øvre og nedre grænse. Således er størrelse af skibe i gruppen 500 tons til 1.499 tons sat til 1.000 tons. Det kan give fejl, hvis skibene i gruppen er skævt fordelt.

Den gennemsnitlige opholdstid i havnen er anslået som gennemsnittet for samtlige anløb i maj måned 2001 (8,8 timer per anløb). Sejltiden ved indsejling og udsejling er sat til samlet 0,5 timer.

Oversigten over størrelser og antal findes i tabel 4.2.

4.1.1.2 Krydstogtskibe

For krydstogtskibenes vedkommende har vi data for samtlige anløb, størrelser på skibene og opholdstider i havnen. Vi har desuden fundet oplysninger om hjælpemaskineri for nogle af disse skibe og relateret dem til skibenes størrelse (bruttotonnage). Ved hjælp af disse oplysninger har vi lavet en generel beregningsformel for krydstogtskibes hjælpemaskineri som funktion af skibenes størrelse. Det har således været muligt at lave en god beskrivelse og beregning af det gennemsnitlige effektforbrug. Opgørelsen af antal skibe, gennemsnitsstørrelse og samlet effektforbrug ses i tabel 4.2.

4.1.1.3 Færger

Antallet af færger fremgår af statistikken, og vi har fundet oplysninger om størrelsen på hovedmotorer og hjælpemotorer. Færgerne er store passagerskibe til Norge, Polen og Bornholm. I 2001 var der også flyvebåde til Sverige, som nu er stoppet. Vi har valgt ikke at beregne emissionen fra flyvebådene, da de ikke repræsenterer en aktuell situation.

På basis af disse oplysninger har vi kunnet opstille forholdsvis gode antagelser for færgers effektforbrug i havn. I tabel 4.1 ses en oversigt over størrelser, antal anløb og gennemsnitlig opholdstid.

TABEL 4.1 OVERSICHT OVER FÆRGER I KØBENHAVNS HAVN I 2001

Skibsnavn	Bruttotonnage	Destination	Hovedmotor kW	Antal anløb	Opholdstid i havn timer
Crown of Scandinavia	35.000	Oslo	24.000	182	8
Pearl of Scandinavia	40.000	Oslo	24.000	182	8
Duke of Scandinavia	20.000	Polen	15.000	28	6
Pomerania	12.000	Polen	13.000	302	6
Jens Kofoed	12.000	Rønne	13.000	182	16
Povl Anker	12.000	Rønne	12.000	182	16
Middel	21.000	-	17.000	1.058*	10

* Ikke middel men sum

De angivne middelværdier for færgernes størrelser, effekten på hovedmotorerne og deres opholdstid er vægtede i forhold til antal anløb.

4.1.1.4 Oversigt over skibe i Københavns Havn

Oplysningerne i de foregående afsnit er samlet i tabel 4.2.

TABEL 4.2 OPLYSNINGER OM SKIBE I KØBENHAVNS HAVN I 2001

Skibstype	Bruttotonnage (middel)	Antal anløb	Tid i havn timer	Hovedmotor kW
Tankskibe	5.400	2366	8,8	3.200
Andre bulkcarrier	5.400	741	8,8	3.200
Containerskibe	5.400	1363	8,8	4.300
Færger	21.000	1058	10	21.000
Krydstogtskibe	30.000	211	18	20.000

Værdierne for størrelse af fragtskibe er som nævnt en gennemsnitsstørrelse for samtlige fragtskibe uden hensyn til type. Størrelsen bruges kun til beregning af gennemsnitsværdier for effekten på skibenes hovedmotorer.

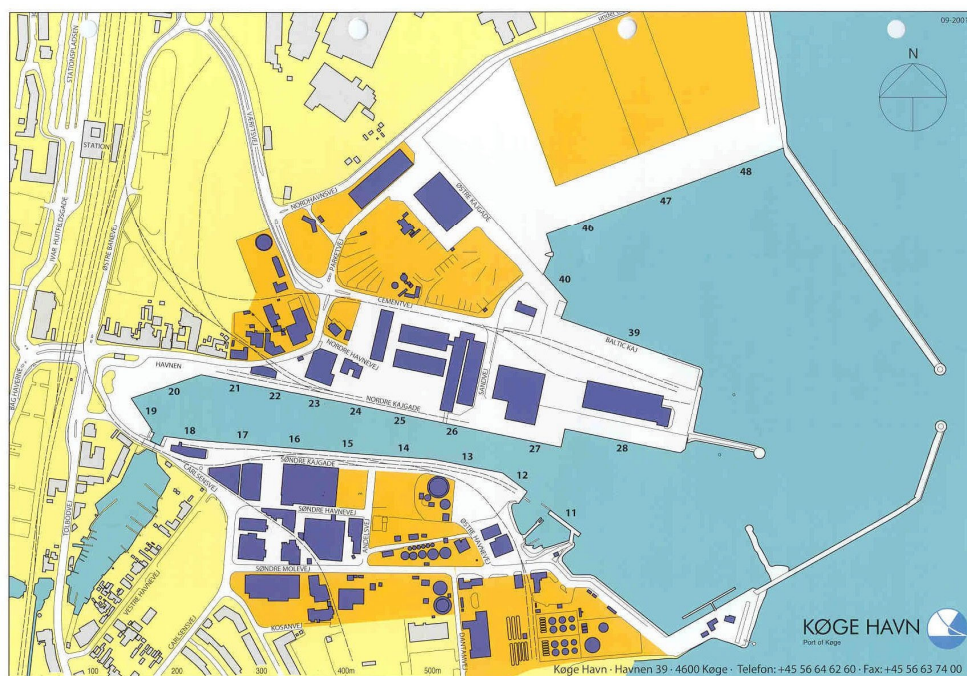
4.2 KØGE HAVN

I ”Skibsfarten på danske havne 2001”, tabel 2, ses at Køge Havn har 0,8% af landets samlede godsomsætning. Den er repræsentativ for ca. 14 havne med omsætning i samme størrelsesorden.

Køge Havn indgår imidlertid ikke i tabel 4 i ”Skibsfarten på danske havne 2001” over skibenes fordeling og størrelse. Vi har derfor søgt disse oplysninger hos Køge Havn og fået et udmærket datagrundlag. Det er lidt mere detaljeret med hensyn til størrelse af de enkelte skibstyper, men til gengæld er der forholdsvis mange, hvor type ikke er oplyst.

Havnen har hverken trafik af færger med passagerer eller krydstogtskibe. Der er regelmæssig trafik af ét Ro-Ro fragtskib.

Havnen består af en række bassiner, **Nordhavn, Yderhavn, Svajebassin, Gl. Havn** og **Åbassin**. Det sidstnævnte er adskilt fra havnen ved en klapbro med en gennemsejlingsbredde på 12,5 meter.



KORT OVER KØGE HAVN

4.2.1 Trafikopgørelse

Havnekontoret har leveret udskrifter af havnens edb-registreringer af ankomne skibe. I disse udskrifter er det muligt se hvor mange skibe af hver type, der er ankommet, og hvor stor samlet bruttotonnage de har repræsenteret.

Hvor typen ikke har været registreret, har vi valgt at fordele disse skibe ligeligt på de øvrige typer (Ro-Ro fragtskibet undtaget).

Den gennemsnitlige opholdstid i havnen er sat som gennemsnittet for samtlige anløb i et halvår. En oversigt over størrelser og antal findes i tabel 4.3.

TABEL 4.3 OPLYSNINGER OM SKIBE I KØGE HAVN I 2001

Skibstype	Bruttotonnage (middel)	Antal anløb	Tid i havn timer	Hovedmotor kW
Tankskibe	1600	74	22,6	1300
Andre bulkcarrier	2000	316	22,6	1500
Containerskibe	1400	83	22,6	1400
Ro-Ro	4300	70	22,6	3800



STYKGØDSSKIB LOSSES I KØGE HAVN

4.3 HELSINGØR HAVN

I Helsingør Havn er aktiviteten næsten udelukkende færgefart til Helsingborg. Der var i 2001 3-4 anløb af stenfiskere, men det er uden betydning i vurderingen af emissionen i havnen.

Desuden er en del lystfiskerfartøjer i fast trafik på havnen. Kutternes gennemsnitlige størrelse er ca. 50 BRT. Alle disse kuttere får strøm fra land, når de ligger i havn, og anløb og manøvre tager ca. 3-4 minutter med begrænset effektforbrug.

Helsingør Havn er opdelt i **Helsingør Statshavn** og **Helsingør Nordhavn** – den tidligere DSB havn. Denne opdeling har ingen betydning for vurderingen af emissionen.



KORT OVER HELSINGØR HAVN

Scandlines og HH Ferries sejler med Ro-Ro færger, mens Sundbusserne udelukkende sejler med passagerer.



FÆRGEN HAMLET I DOK. PÅ BILLEDET SES TO AF FÆRGENS FIRE BEVÆGELIGE FREMDRIVINGS "THRUSTERE"

For samtlige færger antages indsejlingstiden at være 2-3 minutter og tiden ved kaj 10 minutter.

I ”Skibsfarten på danske havne 2001” angives antal anløb for forskellige størrelser færger. Udfra øvrige oplysninger har vi kunnet sætte nøjagtig størrelse på de enkelte anløb. I tabel 4.4 er oplysninger givet som gennemsnitsværdier for hvert selskab.

TABEL 4.4 OPLYSNINGER OM FÆRGER I HELSINGØR HAVN I 2001

Selskab	Brutto-tonnage	Antal anløb	Tid ved kaj timer	Hovedmotor kW	Hjælpe motor kW
Sundbusserne	230	10.000	0,17	450	110
HH Ferries	4.300	13.000	0,17	3.000	1.400
Scandlines	10.000	22.000	0,17	6.100	1.400
Gennemsnit		45.000*	0,17	3.900	1.100

* Ikke middel men sum

5 Beregninger

I de følgende afsnit er beregninger af effektforbrug og emissioner vist i tabeller og grafisk. Alle de i bilag viste værdier er uafrundede, uden at dette må tages som udtryk for præcisionen i vurderingerne.

5.1 KØBENHAVNS HAVN

I bilag A ses beregninger af effektforbruget for samtlige skibe ved kaj til lys, ventilation etc. men uden pumpning af flydende gods. I samme bilag ses beregningerne af emissioner.

I tabel 3 i ”Skibsfarten på danske havne 2001” er det oplyst, at der i Københavns Havn er omsat i alt 3.027.000 tons flydende gods. Københavns Havn har oplyst, at ca. 75% af denne mængde (2.270.000 tons) er losset fra tankskibe. Ved losningen anvendes skibenes egne pumper under et forbrug på 0,7 kg olie per ton pumpet gods. Det antages, at der til 0,2 kg olie svarer 1 kWh. Den anvendte olie er af samme type som på hovedmotoren.

Beregninger af effektforbrug og emissioner ved manøvrer i havnen og pumpning af flydende gods ses i bilag B.

I tabel 5.1 ses de samlede emissioner fra alle driftsformer.

TABEL 5.1 OVERSIGT OVER SAMLEDE EFFEKTFORBRUG OG EMISSIONER I KØBENHAVNS HAVN I 2001

Skibstype/driftsform	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Tankskibe ved kaj	5.100	56	5,1	2,5	3.000	20	1,10
Tankskibe manøvrer	960	12	5,8	0,48	580	5,8	0,42
Tankskibe pumpning	7.900	95	48	4,0	4.800	48	3,5
Bulkcarrier ved kaj	1.600	17	1,6	0,8	950	6,3	0,4
Bulkcarrier manøvrer	300	3,6	1,8	0,2	180	1,8	0,1
Containerskibe ved kaj	3.100	35	3,1	1,6	1.900	13	0,7
Containerskibe manøvrer	730	8,8	4,4	0,4	440	4,4	0,3
Færger ved kaj	13.000	140	13	6,3	7.600	2,5	2,8
Færger manøvrer	4.400	52	26	2,2	2.600	8,7	1,0
Krydstogtskibe ved kaj	9.000	98	9	4,5	5.400	1,8	2,0
Krydstogtskibe manøvrer	490	6	3,0	0,25	300	1,0	0,12
Total	46.000	520	120	23	28.000	110	12

Emissionen af de komponenter, der er interessante i diskussionen om forsurening, NO_x og SO₂, er illustreret i figur 1.

De tre største kilder til emission af NO_x er færger ved kaj (27%), krydstogtskibe ved kaj (19%) og pumpning fra tankskibe (18%). De største kilder til emission af SO₂ er pumpning fra tankskibe (44%) og tankskibe ved kaj (18%), mens øvrige kilder hver især kun har lille betydning.

5.2 KØGE HAVN

I bilag C ses beregninger af effektforbruget for samtlige skibe ved kaj til lys, ventilation etc. men uden pumpning af flydende gods. I samme bilag ses beregningerne af emissioner.

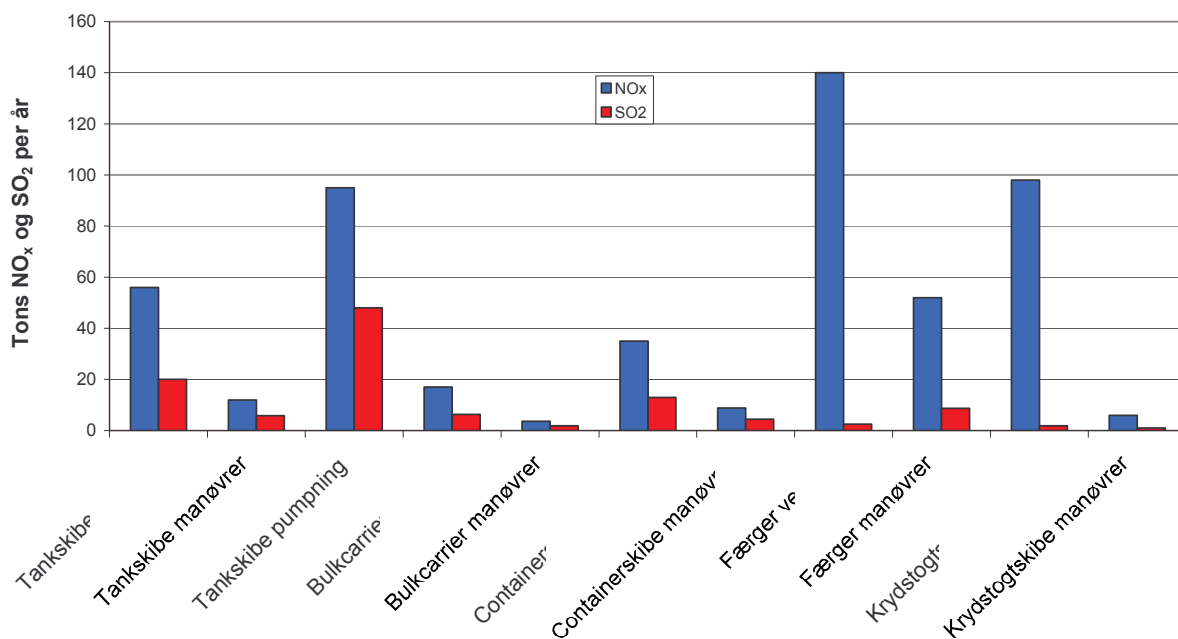
I tabel 3 i ”Skibsfarten på danske havne 2001” er det oplyst, at der i Køge Havn er omsat i alt 108.000 tons flydende gods i/fra tankskibe. Vi regner i dette tilfælde med, at alt er losset med skibenes egne pumper.

Beregninger af effektforbrug og emissioner ved manøvrer i havnen og pumpning af flydende gods ses i bilag D. I tabel 5.2 ses de samlede emissioner fra alle driftsformer.

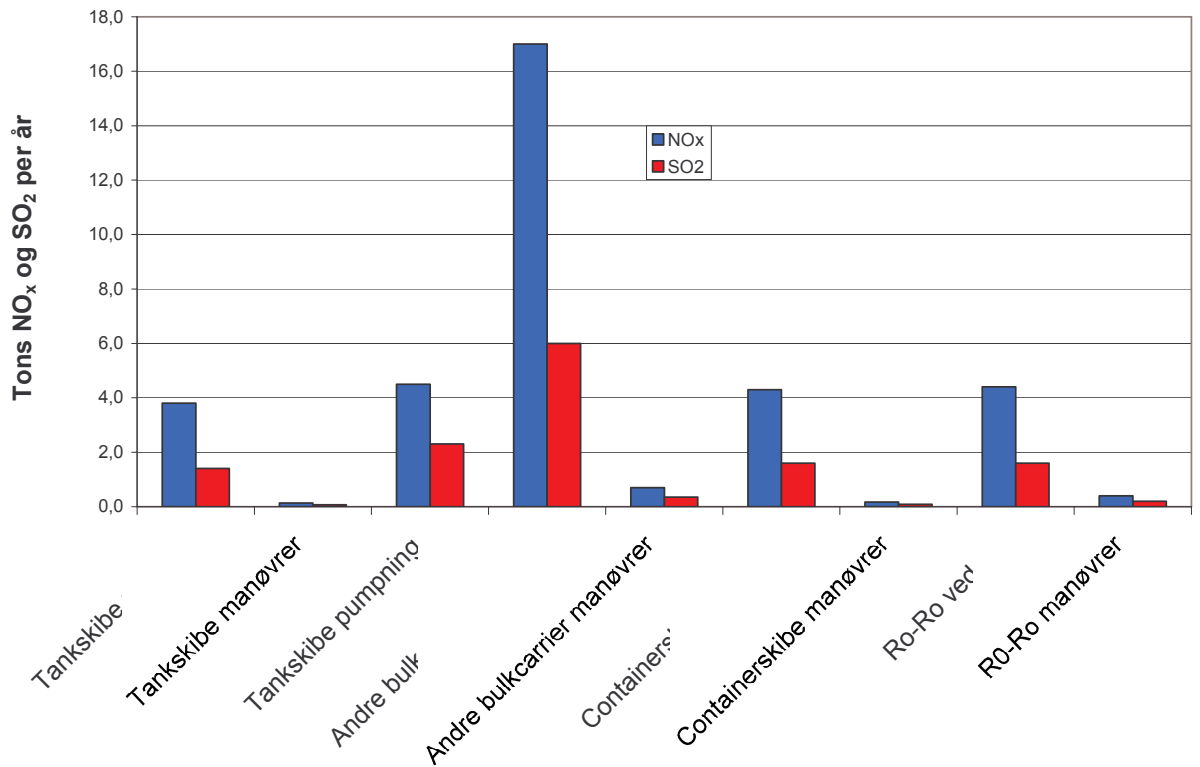
TABEL 5.2 OVERSIGT OVER SAMLEDE EFFEKTFORBRUG OG EMISSIONER I KØGE HAVN I 2001

Skibstype/driftsform	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Tankskibe ved kaj	350	3,8	0,35	0,17	210	1,4	0,08
Tankskibe manøvrer	12	0,14	0,07	0,01	7,2	0,1	0,01
Tankskibe pumpning	380	4,5	2,3	0,19	230	2,3	0,17
Andre bulkcarrier ved kaj	1.500	17	1,5	0,75	900	6,0	0,33
Andre bulkcarrier manøvrer	58	0,70	0,35	0,03	35	0,35	0,03
Containerskibe ved kaj	390	4,3	0,39	0,20	240	1,6	0,09
Containerskibe manøvrer	14	0,17	0,087	0,007	8,7	0,087	0,0064
Ro-Ro ved kaj	400	4,4	0,40	0,20	240	1,6	0,088
RO-Ro manøvrer	33	0,40	0,20	0,017	20	0,20	0,015
Total	3.100	35	5,6	1,6	1900	14	0,80

Emissionen af NO_x og SO₂ er vist i figur 2.



FIGUR 1 EMISSION AF NO_x OG SO₂ I KØBENHAVNS HAVN I 2001



FIGUR 2 EMISSION AF NO_x OG SO₂ I KØGE HAVN I 2001

Den klart største kilde til emission af NO_x er andre bulkcarriers ved kaj (49%), mens ingen af de øvrige kilder bidrager med mere end 13%. Andre bulkcarriers er ligeledes den største kilde til emission af SO₂ (43%), mens pumpning fra tankskibe er årsag til 16%.



BULKARRIEREN ANDERS ROUSING PÅ VEJ TIL AFHENTNING AF SKROT I KØGE HAVN

5.3 HELSINGØR HAVN

I bilag E ses beregninger af effektforbruget for færger ved kaj til lys, ventilation etc. I samme bilag ses beregningerne af emissioner.

Beregninger af effektforbrug og emissioner ved manøvrer i havnen ses i bilag F.

I tabel 5.3 ses de samlede emissioner fra alle driftsformer.

TABEL 5.3 OVERSIGT OVER EMISSIONER I HELSINGØR HAVN I 2001

Skibstype/driftsform	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Færger ved kaj	4.100	46	4,1	2,1	2.500	1	0,91
Færger manøvrer	8.900	110	53	4,5	5.300	18	2,1
Total	13.000	150	58	7	7.800	19	3

5.4 ALLE TRE HAVNE

De samlede emissioner fra de tre undersøgt havne er samlet i tabel 5.4.

TABEL 5.4 OVERSIGT OVER DE TOTALE EMISSIONER I KØBENHAVN, KØGE OG HELSINGØR I 2001

Havn	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
København	46.000	520	120	23	28.000	110	12
Helsingør	13.000	150	58	6,5	7.800	19	3,1
Køge	3.100	35	5,6	1,6	1.900	14	0,80
Total	62.000	710	180	31	38.000	140	16

Det samlede effektforbrug i Københavns havn svarer til forbruget i Køge By (beboelser og mindre virksomheder), der har ca. 35.000 indbyggere. Et gennemsnitsforbrug i Køge er 55.000 MWh per år.

5.5 21 STORE HAVNE I DANMARK

Med samme beregningsmetode som for de øvrige havne hver for sig og på basis af informationerne i tabel 4 og 6 i ”Skibsfarten på danske havne 2001” har vi beregnet emissionerne fra 21 havne i Danmark. Til sammen har de 21 havne ca. 85% af godsomsætningen (ikke passagerer) i Danmark.

Antallet af de betragtede skibstyper i de 21 havne er opgjort på samme måde som for Københavns Havn. Der er ikke tale om en opskalering af resultaterne for de tre først undersøgte havne, men derimod om en tilsvarende, uafhængig beregning. Detailviden fra de tre havne er således ikke anvendt direkte i beregningen.

Antalsmæssigt udgør andre havne en langt større andel af skibstrafikken end de 21 havne, men 60% af anløbene udgøres af små passagerskibe på mindre end 250 tons. Det er bl.a. mindre ø-færger. Vi antager, at emissionerne fra disse ikke har den store betydning i billedet for landet som helhed, selvom de godt kan have lokal betydning.

De 21 havne er – rangeret efter godsomsætning: Fredericia Havn, Århus Havn, Statoil-havnen, Københavns Havn, Helsingør Havn, Rødby Færgenhavn, Esbjerg Havn, Kalundborg Havn, Aalborg Portland Havn, Enstedvær-

kets Havn, Aalborg Havn, Asnæsværkets Havn, Odense Havn, Rønne Havn, Kolding Havn, Aabenraa Havn, Studstrupværkets Havn, Randers Havn, Vejle Havn og Gulfhavn (i Stignæs).

Blandt disse havne har Esbjerg, Kalundborg, Rønne, Århus, Frederikshavn og Rødby en del færgetrafik. I tabel 12 og 13 i ”Skibsfarten på danske havne 2001” findes oplysninger om antal anløb med passagerfærger. Ruten Esbjerg til Fanø er ikke medtaget i beregningerne.

Af den indenlandske trafik er 8521 anløb repræsenteret i de nævnte seks havne, hvilket svarer til 2% af samtlige anløb i indenrigstrafik. Halvdelen af de øvrige 98% anløb er foretaget af små ø-færger med en bruttotonnage på mindre end 250 bruttoton.

Af den udenlandske trafik er 69.290 anløb repræsenteret i de nævnte seks havne, hvilket svarer til 91% af samtlige anløb i udenrigstrafik.

Vi har søgt forholdsvis detaljerede oplysninger om færgerne i de seks havne og foretaget beregninger som for København og Helsingør. Oplysningerne fremgår af tabel 5.5.

TABEL 5.5 OVERSIGT OVER FÆRGER I SYV BETYDENDE HAVNE FOR ÅRET 2001

Havn	Navn eller rute	Brutto-tonnage	Hovedmotor kW	Antal	Opholdstid i havn timer	Energiforbrug MWh
København	Crown of Scandinavia	35.000	24.000	180	8	3.000
	Pearl of Scandinavia	40.000	24.000	180	8	3.100
	Duke of Scandinavia	20.000	15.000	28	6	230
	Pomerania	12.000	13.000	300	6	900
	Jens Kofoed	12.000	13.000	180	16	2.700
	Povl Anker	12.000	12.000	180	16	2.700
Helsingør	Sundbusserne	230	450	10120	0,17	47
	HH Ferries	4.300	3000	12985	0,17	1.520
	Scandlines	10.000	6100	22121	0,17	2.600
Kalundborg	Kyholm	3.400	2900	820	0,33	68
	Maren og Mette Mols	14.000	12.000	1.809	0,50	770
Rødby	Puttgarden	2800	1800	1.082	0,50	120
	Puttgarden	15.000	18.000	8.294	0,50	3.600
	Puttgarden	15.000	11.000	8.294	0,50	3.800
Rønne	København	12.000	13.000	360	3	1.000
	Ystad og Polen	12.000	13.000	650	3	1.400
	Villum Clausen	6400	36.000	1.004	3	1.300
Esbjerg	England	18.000	11.000	250	12	3.200
Århus	Århus-Kalundborg	14.000	12.000	1.807	0,25	380
	Århus-Odden	4500	26.000	1.817	0,25	140
Frederikshavn	Læsø	3700	3800	1.886	6	3.100
	Norge og Sverige	8100	7400	750	3	1.100
	Norge og Sverige	12.000	10000	810	3	1.800
	Norge og Sverige	31.000	21.000	1.688	3	8.900
Middel		9.200	8.100			* 48.000

* Ikke middel men sum

For fragtskibe er tabel 4 i ”Skibsfarten på danske havne 2001” anvendt til at beregne antal og gennemsnitsstørrelser.

For krydstogtskibe beregnes effektforbruget og emissionerne forholdsvis for det samlede antal (257) i forhold til de 201, der indgår i beregningerne for

København, Rønne og Århus er de eneste øvrige havne, hvor krydstogtskibe lægger til.

For tankskibe beregnes forbruget til losning og lastning af den samlede mængde flydende gods i de 21 havne, som udgør 95% af alt flydende gods i Danmark (32.622.000 tons). Overslaget for 21 havne under ét er i sagens natur meget groft. Det er derfor ikke søgt vurderet, hvor stor en del af omsætningen, der losses hhv. lastes. Det ville kræve specifikke oplysninger fra alle havne med omsætning af flydende gods, oplysninger som havnene næppe har umiddelbart tilgængelige.

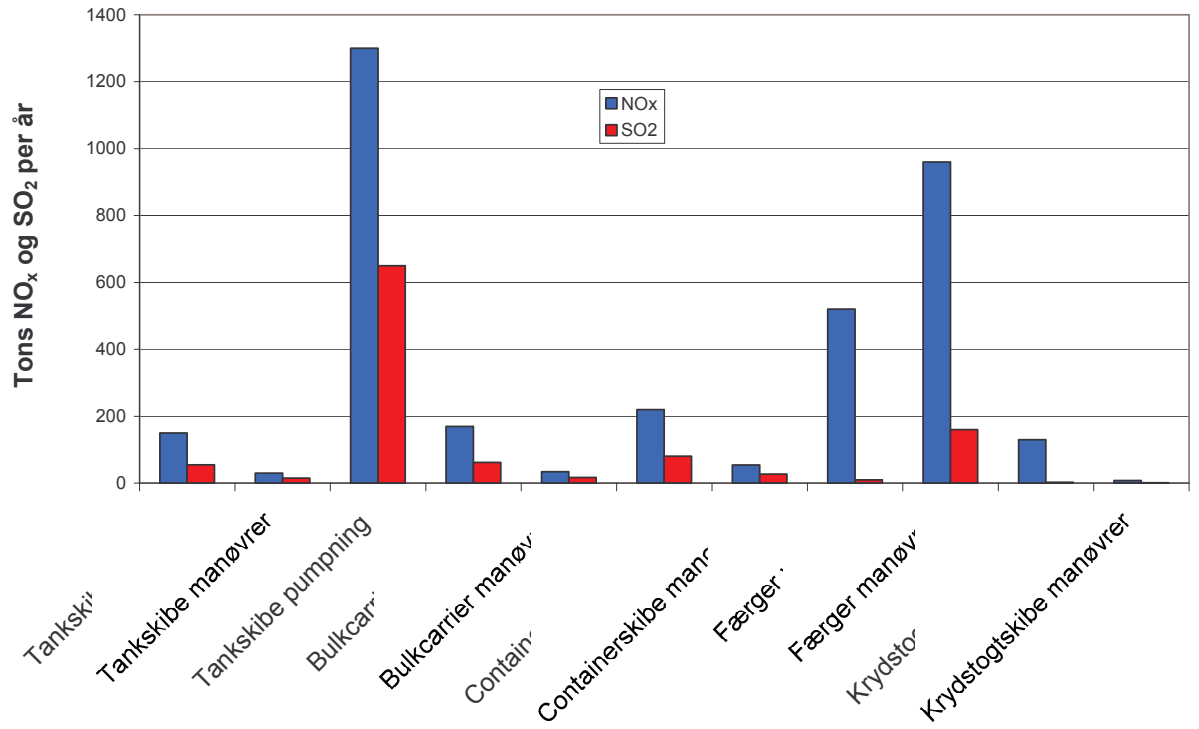
I bilag G ses beregninger af effektforbruget for samtlige skibe ved kaj til lys, ventilation etc. men uden pumpning af flydende gods. I samme bilag ses beregningerne af emissioner.

Beregninger af effektforbrug og emissioner ved manøvrer i havnen og pumpning af flydende gods ses i bilag H.

Resultaterne for de 21 havne ses i tabel 5.6 og emissionen af NO_x og SO₂ er illustreret i figur 3.

Tabel 5.6 Oversigt over emission i de 21 største havne i Danmark

Skibstype/driftsform	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Tankskibe ved kaj	14.000	150	14	6,9	8.200	55	3,0
Tankskibe manøvrer	2.500	30	15	1,3	1.500	15	1,1
Tankskibe pumpning	110.000	1300	650	54	65.000	650	48
Bulkcarrier ved kaj	16.000	170	16	7,8	9.300	62	3,4
Bulkcarrier manøvrer	2.900	34	17	1,4	1.700	17	1,3
Containerskibe ved kaj	20.000	220	20	10	12.000	80	4,4
Containerskibe manøvrer	4.500	54	27	2,2	2.700	27	2,0
Færger ved kaj	48.000	520	48	24	29.000	9,5	10
Færger manøvrer	80.000	960	480	40	48.000	160	19
Krydstogtskibe ved kaj	11.000	130	11	5,7	6.900	2,3	2,5
Krydstogtskibe manøvrer	630	8	3,8	0,32	380	1,3	0,15
Total	310.000	3.600	1.300	150	180.000	1.100	95



FIGUR 3 EMISSION AF NO_x OG SO₂ I DE 21 STØRSTE HAVNE I DANMARK I 2001

6 Diskussion og vurdering

6.1 TRAFIKOPGØRELSER OG EFFEKTFORBRUG

Der er fundet gode oplysninger om trafikken i de tre udvalgte havne, ligesom der er opstillet pålidelige formler for motorstørrelser og effektforbrug på forskellige skibstyper.

Det er imidlertid ikke muligt at gå i detaljer med hvert enkelt skib, hvorfor der kan være væsentlige afvigelser, hvis man sammenligner motorstørrelse og effektforbrug for et tilfældigt skib med de beregnede gennemsnit. Gennemsnitsopgørelsen formodes at give et godt billede af de faktiske forhold.

Opgørelsen af skibsstørrelser i Københavns Havn er baseret på en statistik, der placerer skibene i store intervaller, og middelværdien af øvre og nedre grænse bruges som gennemsnit for skibe i intervallet. For Køge Havn havde vi mulighed for at bestemme det korrekte gennemsnit i de enkelte intervaller, da vi har opgørelser over samtlige anløb i Køge i 2001. Afvigelsen mellem den korrekte og den beregnede gennemsnitsstørrelse i de enkelte intervaller varierer fra 3 til 50%. De fleste afvigelser er omkring 20%.

For Helsingør Havn og Køge Havn er skibsstørrelserne bestemt på basis af eksakte oplysninger om skibene.

Der er en række antagelser om belastningen af motorer, som kan diskuteres. I den forbindelse er antagelsen om belastningen på krydstogtskibes hjælpemaskineri vigtig, fordi krydstogtskibe ved kaj er en betydende kilde til emissioner. Vi vurderer, at 30% belastning er tilstrækkeligt. Blandt andet er der installeret aircondition på skibene, som er dimensioneret også til varme områder som f.eks. Caribien. Da aircondition er en meget stor energiforbruger, og der næppe bruges meget i København, er der kun lav belastning på hjælpemaskineriet i København.

Vi har ikke været i stand til at tage højde for installation af centralvarmeanlæg på færger og krydstogtskibe. For fragtskibe har vi fået oplyst, at der på hovedparten af disse sker opvarmning ved brug af udstødsgaskedler.

Sundbusserne i Helsingør har oplyst, at der bruges olie til centralvarmeanlæg, og vi har fået skønsmæssige tal for olieforbruget i sommer- og vintermåneder. På det grundlag har vi beregnet, at effektforbruget på centralvarmeanlægget ved kaj og under manøvrer er ca. 65 MWh per år. Til sammenligning er effektforbruget på hjælpemaskineriet ved kaj og under manøvrer ca. 140 MWh per år.

Centralvarmeanlæg kan - i det omfang de findes på færger og krydstogtskibe - udgøre en væsentlig andel af færgers samlede forbrug ved kaj. For krydstogtskibenes vedkommende er det dog sandsynligt, at skibene ikke varmes nævneværdigt op, da de kommer i sommerperioden.

6.2 OVERSLAG OVER USIKKERHEDEN VED BEREKNINGERNE.

Det er efter vores opfattelse ikke muligt at lave en egentlig usikkerhedsberegning. Der kan laves kvalificerede skøn over delusikkerheder og beregnes et skøn over den samlede usikkerhed.

Trafikopgørelserne vurderes at være meget pålidelige, og antallet af skibe tillægges derfor en usikkerhed på 10%.

Størrelsesfordelingen er derimod mere usikker for Københavns Havn og sættes til 25% på gennemsnitsstørrelsen. Dette gælder også for opgørelsen i de 21 havne.

Beregningen af motorstørrelserne ud fra gennemgangen af skibe i Dansk illustreret skibsliste giver som vist i tabel 3.1 gode formler. For bulkcarrierers <20.000 tons er der et enkelt skib hvor den beregnede motorstørrelse afviger 50% fra den faktiske motorstørrelser. Alle øvrige ligger langt bedre og flere afviger mindre end 10%. Usikkerheden på den gennemsnitlige motorstørrelse sættes derfor konservativt til 25%.

Oplysningerne fra MAN B&W om effektforbrug på hjælpemotorer ved sejlads er baseret på mange observationer og antages derfor at være pålidelige. Desværre har vi ikke kunnet få éntydige meldinger om effektforbruget i havn, idet nogle kilder mener, det er størst i havn, og andre mener det er størst under sejlads. Vi antager derfor, at usikkerheden på denne del af beregningen er 50%.

Usikkerheden på emissionsfaktorer sættes til 25%. De er baseret på vurdering af mange kilder og er repræsentative for alle kilders vurdering. ENTEC vurderer, at usikkerheden på emissionsfaktorer er fra 20 % på nogle parametre til 40% på andre. Vi antager derfor en usikkerhed på 30%.

Beregningen af emissionerne fra hjælpemaskineriet er således sammensat af fem led. Den samlede usikkerhed kan beregnes som kvadratroden af kvadratsummen af de enkelte led. Denne størrelse bliver for emissioner fra hjælpemotorer i Københavns Havn til

$$\sqrt{10^2 + 25^2 + 25^2 + 50^2 + 30^2} = 70\%$$

Usikkerheden på vores antagelser om belastning på hjælpemaskineri og hovedmotorer indgår ikke i denne beregning. Vi vurderer derfor, at den samlede usikkerhed er mindre end 100% på beregningen på de tre først undersøgte havne.

For de 21 havne må der regnes med en større usikkerhed, idet vi ikke har kendskab til opholdstider i disse havne. Det antages, at usikkerheden på denne størrelse er 50%. Den samlede usikkerhed for de 21 havne bliver derfor

$$\sqrt{10^2 + 25^2 + 25^2 + 50^2 + 30^2 + 50^2} = 85\%$$

Den samlede usikkerhed for de 21 havne vurderes at være mindre end 120%.

6.3 RESULTATER

Ud fra de beregnede emissioner er det helt tydeligt – og ikke overraskende – Københavns Havn, der har de største emissioner, blandt de tre grundigst undersøgte havne. Emissionen af NO_x i København er ca. 4 gange større end i Helsingør og ca. 16 gange større end i Køge.

De dominerende kilder til emission af NO_x i Københavns Havn er færger ved kaj (27%), krydstogtskibe ved kaj (19%) og losning fra tankskibe (18%). For krydstogtskibes og færgers vedkommende gør det sig gældende, at opholdstiden ved kaj er stor i forhold til den anslåede manøvretid. Det er desuden væsentligt, at effektforbruget er stort af hensyn til passagerernes komfort.

For øvrige skibe er ”komfort” forbruget begrænset, hvorfor selv et stort antal skibe ikke får en dominerende betydning, når de ligger ved kaj. For tankskibe gælder derimod, at pumpningen af flydende gods kræver meget energi. Tankskibe udgør en stor andel af fragtskibe i København (53%) og får dermed en dominerende betydning.

Samtlige skibes manøvrer er årsag til 16% af den samlede emission af NO_x.

I Køge Havn er antallet af tankskibe lille i forhold til gruppen andre bulkcarriers og containerskibe (14% af alle fragtskibe) og mængden af flydende gods er lille. Dermed er tankskibene af mindre betydning, og den væsentligste bidragsyder til emissionen af NO_x er bulk carrierers ved kaj (49%).

I Helsingør Havn er manøvrer en væsentlig årsag til emissionen af NO_x (ca. 73%). Dels er manøvretiden betydende i forhold til tiden ved kaj (ca. 6 minutter per anløb med en samlet opholdstid i havn på ca. 16 minutter). Dels sejler færgerne ind og ud for ”fuld kraft”.

For de 21 største havne pumpning af flydende gods årsag til ca. 36% af den samlede emission af NO_x, mens færgers manøvrer er årsag til ca. 27%. Det er vigtigt at relatere færgernes andel til den gennemsnitlige manøvretid, der er sat til 15 minutter per anløb. En fejl på f.eks. 5 minutter øger eller reducerer emissionen væsentligt. Det kan derfor være relevant at søge mere detaljerede oplysninger om den betragtede færgetrafik. Det kan heller ikke udelukkes, at det store antal anløb af mindre ø-færger i andre havne har en betydning for den samlede emission i Danmark.

For de 21 største havne er pumpning af flydende gods ansvarlig for ca. 59% af den samlede emission af SO₂. Det er vigtigt at erindre, at der ikke er skelnet mellem losning og lastning for de 21 havnes samlede emissioner.

I Miljøprojekt nr. 597/2001 er den samlede emission i danske farvande opgjort, og resultaterne er vist i tabel 6.1 sammen med de i denne rapport beregnede emissioner i havn.

Tabel 6.1 Emissioner i havn (manøvrering og ved kaj) og i farvande

Type	NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
	1000 ton per år					
I farvande	236	24	8,3	8.400	133	17
I dansk havn	3,7	1,3	0,16	190	1,1	0,098
Havn/Farvande	1,6%	5,4%	1,3%	2,3%	0,8%	0,06%

Danske havne udgør kun en lille del af havne i det område, der er beskrevet i Miljøprojekt nr. 597/2001 (farvandsområdet begrænset af 6. og 16. længdegrad og af Holland og Polen i syd og Norge og Sverige i nord). Tallene kan derfor ikke vurderes yderligere uden kendskab til antallet af havne i området og disses størrelse.

ENTECC rapporten har foretaget lignende beregninger for hele EU, hvor emissionerne af NO_x, SO₂ og CO₂ i havne udgør 4-6% af den totale emission. For kulbrinter er emission i havne opgjort til 13% af den samlede emission, mens emission af partikler er beregnet til kun at forekomme i havne. Denne sidste information er meget overraskende og kan ikke bekræftes af vores beregninger.

6.4 BETYDNING AF OG MULIGHED FOR BRUG AF STRØM FRA LAND

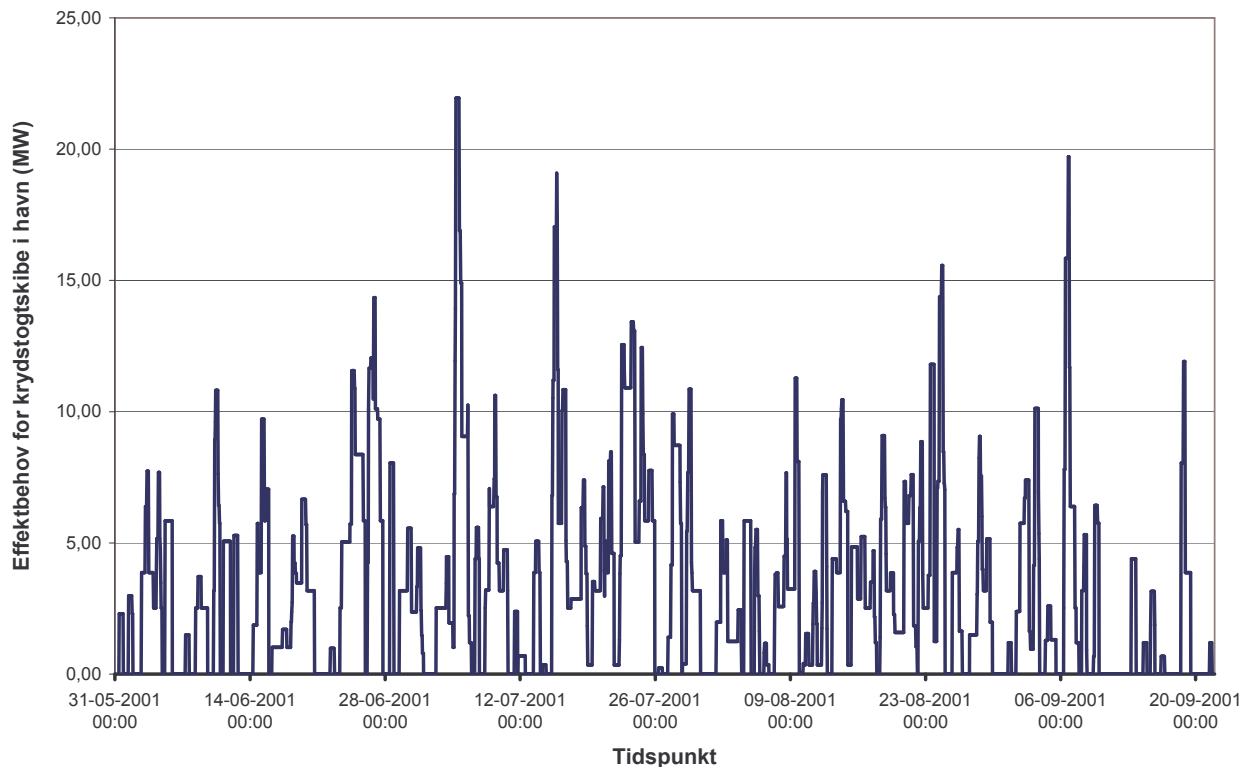
Det er ikke realistisk at benytte strøm fra land til færgerne i Helsingør, da de kun er langs kaj i kort tid. Det skal bemærkes, at de bruger strøm fra land, når de ligger ved kaj om natten.

I Køge Havn er der mulighed for at anvende strøm fra land, idet der er forsyningssteder ved kajen. Vi har fået oplyst, at kun de færreste benytter sig af det. Det formodes bl.a. at hænge sammen med, at skibene ikke forventer at kunne spare noget ved det (økonomisk). Måske mener man endda at spare ved at bruge egen motor. Vi har fået oplyst, at ved længere ophold i havnen (ankomst fredag og losning mandag – eller ved reparationer) er der flere, der slår over til strøm fra land.

Der kan også være en sammenhæng med, at ikke alle skibe er indrettet til at koble sig til en ekstern forsyning. Resultaterne indikerer imidlertid, at en væsentlig del af emissionerne kan flyttes fra havnen til kraftværket, hvis denne mulighed kunne benyttes i større udstrækning.

I København er det oplagt at se på to væsentlige kilder, som i princippet bør kunne forsynes fra land. Det drejer sig om krydstogtskibe og færger ved kaj. Især krydstogtskibe kalder på opmærksomheden, idet de emitterer den samlede mængde over mindre end fire måneder.

På basis af den forholdsvis detaljerede opgørelse over krydstogtskibenes ankomst og afgang og deres hjælpemaskineris størrelse har vi beregnet effektbehovet time for time fra ankomst af det første skib til det sidste afgang. Resultatet er illustreret i figur 4.



FIGUR 4 EFFEKTBEHOV FOR KRYDSTOGTSKIBE I SÆSONEN 2001 I KØBENHAVN

Det gennemsnitlige behov er 3,3 MW, men der er mange spidser med væsentligt højere behov. De højeste behov er ca. 22 MW, mens der i 90% af timerne er et behov for mindre end 8,4 MW.

Til sammenligning har Køge By (beboelser og mindre virksomheder) et gennemsnitligt effektbehov på ca. 6,3 MW. Forbruget i Køge er fordelt på 7.500 målere (husstande og mindre virksomheder).

Avedøreværkets to blokke kan yde ca. 600 MW. Det formodes således at være realistisk at dække kortvarige behov på 22 MW fra land med eksisterende kraftværker.

Færgerne har et samlet forbrug ved kaj, der er ca. 45% større end krydstogtskibenes, men det er fordelt over hele året, hvor krydstogtskibene kun kommer i ca. 4 måneder. Den nødvendige effekt målt i MW er derfor noget mindre (ca. 50% af krydstogtskibenes behov). Det vurderes således at være muligt også at dække færgernes behov fra land.

Vi kan ikke vurdere, om det er teknisk muligt at gå over til strøm fra land. Da skibene er indrettet til at levere egen energi, vil der formodentlig være stor interesse fra rederiernes side for at blive ved med det. Især hvis der kræves omfattende ændringer af installationerne på skibene. Levering af strøm fra land til store skibe, f.eks. krydstogtskibe, vil kræve ændringer i havnenes infrastruktur.

I Københavns Havn bidrager pumpning fra tankskibe væsentligt til emissionerne af både NO_x og SO_2 . I Køge Havn er bidraget mindre, men dog væsentligt. Det er derfor interessant at vurdere, om energien til pumpningen kan leveres fra land.

Der er principielt ikke forskel på, om der er tale om drift af pumper eller air-condition, hvis pumperne er elektrisk drevet.

Hvis tankskibe derimod har turbinedrevne (dampturbine) pumper, fordi den nødvendige effekt er så stor, at det kun vanskeligt/dyrt kan leveres af eldrevne pumper, kan strømmen ikke leveres fra land.

Også for tankskibe er det et problem, at skibene ikke er indrettet til at tage strøm fra land. Hvis der er tale om dampturbiner, kan energien (dampen) næppe leveres fra havnen.

For de 21 største havne er pumpningen af flydende gods en betydelig årsag til emissionen af SO_2 (ca. 59%) og af NO_x (ca. 35%). Da disse havne har 95% af det flydende gods, er der en teoretisk mulighed for en stor reduktion af landets samlede SO_2 -emission ved at gå over til strøm fra land ved pumpning.

7 Konklusion

Der er fundet forholdsvis gode oplysninger om trafikken i de tre udvalgte havne, ligesom der er opstillet pålidelige formler for motorstørrelser og effektforbrug på forskellige skibstyper. Formler og antagelser antages konservativt at være behæftet med en usikkerhed på mindre end 100%.

For færgers vedkommende er der ikke taget højde for brug af centralvarmeanlæg, som kan have en væsentlig andel af færgernes effektforbrug ved kaj.

Af de tre udvalgte havne har Københavns Havn de største emissioner. De væsentligste kilder er krydstogtskibe og færgers ophold ved kaj og lastning og losning af tankskibe.

I Køge Havn har andre bulkcarriers ophold ved kaj relativt større betydning.

I Helsingør Havn skyldes den væsentligste emission færgernes manøvrer i havnen.

Væsentlige emissioner kan flyttes fra Københavns Havn til et kraftværk ved at lade krydstogtskibe og færger få strøm fra land under deres ophold i havnen, og ved at drive pumper på tankskibe med energi fra land. Det må imidlertid forventes, at ændringer vil være vanskelige at gennemføre konsekvent på grund af skibenes indretning og havnens infrastruktur.

Tilsvarende vil en væsentlig del af emissionerne kunne flyttes fra Køge Havn, hvis flere skibe benytter sig af de eksisterende muligheder for at få strøm fra land. Der er måske større muligheder for at gennemføre en ændring i Køge, netop fordi der allerede er installeret strøm ved kajen. Der kræves imidlertid oplysninger til skibene for at overbevise dem om den miljømæssige gevinst og om de økonomiske konsekvenser.

På landsbasis er tankskibes pumpning af flydende gods den væsentligste kilde til emission af NO_x og SO_2 . Færgers manøvrer er den næststørste kilde til emission af NO_x og SO_2 . Der er ikke medtaget bidrag fra de mange små ø-færger.

8 Litteratur og referencer

European Commission: Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Entec UK Limited, July 2002.

Carlo Trozzi og Rita Vaccaro, Techne: Methodologies for Estimating air pollutant Emissions from Transport, august 1998

Dansk illustreret skibsliste, Seapress, 2002

Den danske Havnelods, Kort og Matrikelstyrelsen, 23. udgave, 1993

Birger Jacobsen, MAN B&W Diesel A/S: The MC Engines, Exhaust Gas Data and Waste Heat Recovery Systems, October 1985

Tom Wismann, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ: Miljøprojekt nr. 597/2001, for Miljøstyrelsen: Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandede omkring Danmark 1995/96 og 1999/2000

Statistiske Efterretninger 2002:20, Danmarks Statistik: Skibsfarten på danske havne 2001, 3. juni 2002

Power point præsentation fra Peter Frederiksen, MAN B&W Diesel A/S: Exhaust Emission

edb-udskrifter af registreringer af skibe i Køge Havn

www.cmport.dk
www.sea-web.org

Samtaler med Susanne Thilqvist, Henrik Andersen og Niels P. Nielsen, Køge Havn

Samtale med Jeppe Makwarth, Helsingør Havn

Samtale med Arne Jørgensen, M/F Hamlet, Scandlines

Samtale med Mogens Weel Hansen, dk-TEKNIK

Telefonsamtale med Lars Jordt, Scandlines

Telefonsamtale med Peter Frederiksen og Birger Jacobsen, MAN B&W Diesel A/S

Telefonsamtale med Mette Mikkelsen og Douglas Clark, COWI

Telefonsamtale med Helge Åkervik, Sundbusserne

Telefonsamtaler med Leif Kurdahl og Søren Andersen, Københavns Havn

Telefonsamtale med Troels Severinsen, Logimatic

Telefonsamtale med Ivan Dahl, Køge Kommunale El-, Varme- og Antenneforsyning

Telefonsamtale med Rønne Havn

Telefonsamtale med Rødby Havn

Telefonsamtale med Esbjerg Havn

Telefonsamtale med Frederikshavn Havn

Bilag A Effektforbrug ved kaj i Københavns Havn

Effektforbrug

Skibstype	Antal	Tid i havn Timer	Hoved- motor kW	Effekt på hjælpemotorer	
				Beregnet kW	Total MWh
Tankskibe	2366	8,8	3.245	243	5.063
Andre bulkcarrier	741	8,8	3.245	243	1.586
Containerskibe	1363	8,8	4.281	262	3.147
Færger	1058	10	-	-	12.694
Krydstogtskibe	201	18	19.641	-	8.953

Emissioner

Handelsskibe Krydstogtskibe og færger		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		11	1	0,5	600	4	0,22
		11	1	0,5	600	0,2	0,22
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Tankskibe	5.063	56	5	3	3.038	20	1
Andre bulkcarrier	1.586	17	1,6	0,8	951	6	0,3
Containerskibe	3.147	35	3,1	1,6	1.888	13	0,7
Færger	12.694	140	13	6	7.616	3	3
Krydstogtskibe	8.953	98	9	4	5.372	2	2
Total	31.442	346	31	16	18.865	44	6,9

Bilag B Effektforbrug ved manøvrer og pumpning i Københavns Havn

Effektforbrug

	Antal	Manøvre- tid per anløb Timer	Pumpet gods	Energi til pumpning	Størrelse af hoved- motor	Energi ved manøvre	Samlet energi- forbrug
			Tons	MWh	kW	MWh	MWh
Tankskibe	2366	0,5	2.270.250	7.946	3.245	960	8.906
Andre bulkcarrier	741	0,5	-	-	3.245	301	301
Containerskibe	1363	0,5	-	-	4.281	729	729
Færger	1058	0,5	-	-	16.505	4.366	4.366
Krydstogtskibe	201	0,5	-	-	19.640	493	493

Emissioner

Handelsskibe Krydstogtskibe og færger		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		12	6	0,5	600	6	0,44
		12	6	0,5	600	2	0,24
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Tankskibe pump	7.946	95	48	4	4.768	48	3,5
Tankskibe sejl	960	12	6	0	576	6	0,4
Andre bulkcarrier	301	3,6	1,8	0,15	180	1,8	0,13
Containerskibe	729	8,8	4,4	0,36	438	4,4	0,32
Færger	4.366	52	26	2,2	2.619	8,7	1,05
Krydstogtskibe	493	5,9	3,0	0,25	296	1,0	0,12
Total	14.794	178	89	7,4	8.877	69	5,5

Bilag C Effektforbrug ved kaj i Køge Havn

Effektforbrug

Skibstype	Antal	Størrelse	Tid i havn	Hoved-motor	Hjælpe-motorer	
					Beregnet	Total
					Timer	kW
Tankskibe	74	1.628	22,6	1.297	207	346
Andre bulkcarrier	316	1.964	22,6	1.468	210	1.502
Containerskibe	83	1.370	22,6	1.392	209	392
Ro-Ro fragt	70	4.270	22,6	3.788	253	401

Emissioner

Handelsskibe		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		11 NO _x	1 CO	0,5 Kulbrinter	600 CO ₂	4 SO ₂	0,22 Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Tankskibe	346	3,81	0,35	0,17	207,84	1,39	0,08
Andre bulkcarrier	1.502	16,52	1,50	0,75	901,15	6,01	0,33
Containerskibe	392	4,31	0,39	0,20	235,11	1,57	0,09
Ro-Ro fragt	401	4,41	0,40	0,20	240,35	1,60	0,09
Total	2.641	29,05	2,64	1,32	1584,46	10,56	0,58

Bilag D Effektforbrug ved manøvrer og pumpning i Køge Havn

Effektforbrug

	Antal	Manøvre- tid per anløb Timer	Pumpet gods	Energi til pumpning	Størrelse af hoved- motor	Energi ved manøvre	Samlet energi- forbrug
			Tons	MWh	kW	MWh	MWh
Tankskibe	74	0,5	108.000	378	1.297	12,0	390
Andre bulkcarrier	316	0,5	-	-	1.468	58,0	58
Containerskibe	83	0,5	-	-	1.392	14,4	14
Ro-Ro	70	0,5	-	-	3.788	33,1	33

Emissioner

Handelsskibe		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		12 NO _x	6 CO	0,5 Kulbrinter	600 CO ₂	6 SO ₂	0,44 Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Tankskibe pump	378	4,536	2,268	0,189	226,800	2,268	0,166
Tankskibe sejl	12	0,144	0,072	0,006	7,197	0,072	0,005
Andre bulkcarrier	58	0,696	0,348	0,029	34,801	0,348	0,026
Containerskibe	14	0,173	0,087	0,007	8,668	0,087	0,006
Ro-Ro	33	0,398	0,199	0,017	19,887	0,199	0,015
Total	496	5,947	2,974	0,248	297,353	2,974	0,218

Bilag E Effektforbrug ved kaj i Helsingør Havn

Effektforbrug

Skibstype	Antal	Tid i havn Timer	Hoved- motor kW	Hjælpe motorer		Olie	
				Effekt kW	Forbrug MWh	kg/år	MWh
Færger	45.226	0,17	3.942	1.100	4.147	13.000	65

Emissioner

Færger		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		11 NO _x	1 CO	0,5 Kulbrinter	600 CO ₂	0,2 SO ₂	0,22 Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Færger	4.147	46	4,1	2,1	2.488	0,83	0,91

Bilag F Effektforbrug ved manøvrer i Helsingør Havn

Effektforbrug

Skibstype	Antal	Manøvretid per anløb	Hoved- motor	Energi ved manøvre
		Timer	kW	MWh
Færger	45.226	0,1	3.942	8.914

Emissioner

Færger		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		12 NO _x	6 CO	0,5 Kulbrinter	600 CO ₂	2 SO ₂	0,24 Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Færger	8.914	107	53	4,5	5.349	17,8	2,14

Bilag G Effektforbrug ved kaj i 21 havne

Effektforbrug

Skibstype	Antal	Tid i havn timer	Hovedmotor kW	Effekt på hjælpemotorer	
				Beregnet kW	Total MWh
Tankskibe	5462	10	3.699	252	13.741
Andre bulkcarrier	6184	10	3.699	252	15.557
Containerskibe	7273	10	4.912	274	19.928
Færger	78617	-	9.000	-	47.587
Krydstogtskibe	257	18	19.641	-	11.447

Emissioner

Handelsskibe Krydstogtskibe og færger		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		11	1	0,5	600	4	0,22
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Tankskibe	13.741	151	14	7	8.245	55	3
Andre bulkcarrier	15.557	171	15,6	7,8	9.334	62	3,4
Containerskibe	19.928	219	19,9	10,0	11.957	80	4,4
Færger	47.587	523	48	24	28.552	10	10
Krydstogtskibe	11.447	126	11	6	6.868	2	3
Total	108.261	1191	108	54	64.957	209	23,8

Bilag H Effektforbrug ved manøvrer og pumpning i 21 havne

Effektforbrug

	Antal	Manøvre- tid per anløb Timer	Pumpet gods	Energi til pumpning	Størrelse af hoved- motor kW	Energi ved manøvre MWh	Samlet energi- forbrug MWh
			Tons	MWh			
Tankskibe	5462	0,5	31.051.000	108.679	3.699	2.526	111.204
Andre bulkcarrier	6184	0,5	-	-	3.699	2.859	2.859
Containerskibe	7273	0,5	-	-	4.912	4.465	4.465
Færger	78617	0,25	-	-	8.119	79.787	79.787
Krydstogtskibe	257	0,5	-	-	19.640	631	631

Emissioner

Handelsskibe Krydstogtskibe og færger		Emissionsfaktorer målt i kg/MWh					
		12	6	0,5	600	6	0,44
		12	6	0,5	600	2	0,24
		NO _x	CO	Kulbrinter	CO ₂	SO ₂	Partikler
Skibstype	Effektforbrug MWh	Tons i året 2001					
Tankskibe pump	108.679	1304	652	54	65.207	652	47,8
Tankskibe sejl	2.526	30	15	1	1.515	15	1,1
Andre bulkcarrier	2.859	34,3	17,2	1,43	1.716	17,2	1,26
Containerskibe	4.465	53,6	26,8	2,23	2.679	26,8	1,96
Færger	79.787	957	479	39,9	47.872	159,6	19,15
Krydstogtskibe	631	7,6	3,8	0,32	379	1,3	0,15
Total	198.947	2387	1194	99,5	119.368	872	71,5