

Fritidsbåtarnas utsläpp av luftföroreningar i Stockholms stad och län



Fritidsbåtarnas utsläpp av luftföroreningar i Stockholms stad och län

Rapporten är sammanställd av Lars Burman och Christer Johansson. Mätningarna har genomförts av Per-Åke Johansson, Karl-Gunnar Westerlund, Magnus Gelinder och Heine Henriksson. Samtliga vid Stockholms Luft- och Bulleranalys. Uppdragsgivare är Miljöförvaltningen i Stockholms stad samt Stockholms Hamn AB.

Slb•analys
Stockholms Luft- och Bulleranalys

Miljöförvaltningen
Box 380 24
100 64 Stockholm
Tel. 08 - 616 96 00

Sammanfattning - slutsatser

Utredningens syfte är att förbättra kunskapen om fritidsbåtarnas påverkan på luften och vattnet i Stockholms stad och län. Båtparkens sammansättning avseende motorer och motorstyrkor har kartlagts genom fritidsbåtregistret samt förfrågningar i Hammarbyslussen. Dessutom har en mätkampanj genomförts i Danvikskanalen.

Följande ungefärliga utsläpp har beräknats för fritidsbåtarna i staden och länet (ton/år):

	CO	NOx	Part.	Kolväten				
				Totalt	Bensen	Butadien	Formaldehyd	Acetaldehyd
Stockholms stad	1200	40	16	470	23	4	4	1
Stockholms län	8300	270	100	3200	160	28	29	7

I länet finns ca 200 000 fritidsbåtar. Det är ungefär en fjärdedel av alla fritidsbåtar i riket. Bruket av fritidsbåtar är omfattande under perioden maj t o m augusti, vilken sammanfaller med växt- och djurlivets aktivitet. Motorbåtarna utgör ca 85 % av antalet fritidsbåtar och bidrar till ca 95 % av utsläppen. Den bensindrivna tvåtaktsmotorn är den i särklass vanligaste båtmotorn med ca 155 000 motorer i länet och ca 20 000 motorer i staden. Den står för ca 85 % av fritidsbåtarnas utsläpp av kolväten och partiklar i länet och staden samt ungefär hälften av kolmonoxidutsläppen.

Den bensindrivna fyrtaktsmotorn samt dieselmotorn är renare än tvåtaktsmotorn vad gäller utsläpp av kolväten och kolmonoxid. Nackdelen är att utsläppen av kväveoxider är relativt höga. Detta gäller speciellt för dieselmotorn som är den vanligaste motorn bland segelbåtarna. Dieselmotorn står för ca 55 % och fyrtaktsmotorn för ca 30 % av fritidsbåtarnas utsläpp av kväveoxider i länet och staden.

Fritidsbåtarnas andel av de totala utsläppen under ett år i länet uppgår till ca 6 % för kolmonoxid och kolväten och ca 1 % för kväveoxider. Under vår- och sommarsäsongen (maj t o m augusti) är andelen ca 17 % för kolmonoxid och kolväten och ca 2 % för kväveoxider. Variationen är dock stor i länet. För skärgårdskommunen Värmdö uppgår fritidsbåtarnas utsläppsandel till ca 60 % under denna period. I Stockholms stad står fritidsbåtarna för ca 5 % av kommunens totala utsläpp av kolmonoxid och kolväten under perioden maj t o m augusti. På årsbasis är andelen ca 3 %.

Spridningsberäkningar av bensen och kolmonoxid för området vid Danvikskanalen indikerar att utsläppen från fritidsbåtarna bidrar som mest med några tiotal procent till halterna av dessa ämnen i närområdet till kanalen. Resultatet styrks av mätningarna på platsen som visar att halterna av bensen och kolmonoxid inte är systematisk förhöjda under perioder med sydliga vindar då utsläppen från fritidsbåtarna skulle förväntas ge största bidraget till halterna vid mätplatsen.

På grund av de små bidragen till halterna från fritidsbåtarna har mätningarna inte kunnat användas för att uppskatta nya emissionsfaktorer för utsläppen. Jämförelse mellan beräknade haltbidrag och uppmätta totalhalter indikerar dock att de emissionsfaktorer som använts för beräkningar av utsläpp är rimliga, med en osäkerhet på en faktor 2 till 3. Man kan konstatera att de åtminstone inte är en faktor 10 för låga eftersom beräkningarna med spridningsmodellerna i så fall skulle ge för höga halter jämfört med uppmätta värden.

Innehållsförteckning

Sammanfattning- slutsatser

1. Inledning	5
2. Bakgrund	5
3. Motortyper	6
4. Båtmotorernas specifika utsläpp	7
Tvåtaktsmotorer	
Fyrtaktsmotorer	
Dieselmotorer	
Åldersförsämring för fyrtaktsmotorer	
5. Båtparkens sammansättning	11
Sverige	
Stockholms län	
Stockholms stad	
Hammarbyslussen	
6. Beräkning av totala emissioner	15
Beräkningsförutsättningar	
Resultat - emissioner i Stockholms stad och län	
Jämförelse med emissionsdatabas	
7. Fritidsbåtarnas emissionsandel	19
Sjöfartens emissioner	
Totala emissioner	
8. Mätningar i Danvikskanalen	21
Genomförande	
Resultat av mätningarna	
Mätningar med passiv metod	
Beräkningar av bensen- och kolmonoxidhalter	

Bilagor

1. Inledning

Denna utredning är genomförd av Stockholms Luft- och Bulleranalys på uppdrag av avdelningen för plan och trafik vid Miljöförvaltningen i Stockholm samt Stockholms Hamn AB. Syftet är att kartlägga fritidsbåtarnas utsläpp av luftföroreningar samt kvantifiera deras relativa bidrag till den totala belastningen i staden och länet. För att få en bättre bild av luftföroreningarna från båtarna har en mätkampanj genomförts under juli månad i Danvikskanalen. Parallellt har båtparkens sammansättning avseende motorer och motorstyrkor kartlagts i Hammarbyslussen.

2. Bakgrund

Fritidsbåtsverksamheten är en av de största fritidsaktiviteterna i Sverige. Totalt finns det över en miljon fritidsbåtar i Sverige [10]. Ca 800 000 av dessa är försedda med motorer, mestadels små utombordsmotorer. Att fritidsbåtarna kan utgöra ett hot mot miljön är ett faktum som har fått stor uppmärksamhet i media och hos myndigheter på senare år. I denna rapport kommer främst båtmotorernas utsläpp av luftföroreningar att tas upp eftersom detta har den största effekten på miljön och det är inom detta område som diskussionerna förs. Den direkta miljöpåverkan består, förutom av avgaser, också av buller, giftverkan från bottenfärger, toalettutsläpp och vågsvall.

Användandet av fritidsbåtar är väldigt säsongsbetonat. Den största delen av all fritidsbåtstrafik sker från maj till och med augusti. Genom att båtsäsongen ligger under den känsliga reproduktionsperioden finns det anledning att befara att påverkan på vattenlevande organismer blir större än om utsläppen varit jämnare fördelade under årets månader. Fritidsbåtars geografiska utbredning är heller inte speciellt stor. Bruket av båtarna är i huvudsak förlagt till kustnära och marinbiologiskt känsliga områden. Eftersom vissa turistmål som t ex Öland, Göta kanal och delar av Stockholms skärgård är väldigt populära, får dessa områden en extra stark exponering av fritidsbåtarnas föroreningar.

Medan t ex biltillverkarna under de senaste decennierna har blivit "tvingade" att ta fram bättre och miljövänligare motorer har utvecklingen gått långsamt för tillverkarna av båtmotorer. Anledningen till att allmänheten, båtbranschen och berörda myndigheter inte har reagerat mot fritidsbåtarnas utsläpp är helt enkelt att utsläppen är svåra att upptäcka med våra sinnen.

Fritidsbåtarna står för en oproportionerlig stor andel av utsläppen av speciellt *kolväten* och *kolmonoxid*. Vissa kolväteföreningar som släpps ut tas mycket lätt upp av fiskars och andra vattenlevande organismers gälar och skadar levern och orsakar nedsatt immunförsvar. Vissa kolväten är direkt giftiga för både djur och människor. I kombination med solstrålning förorsakar kolväten och kväveoxider också förhöjda halter av marknära ozon med regional/lokal påverkan. Kolmonoxid ger en negativ lokal miljöpåverkan och kan tas upp i djur och människors blod vilket minskar syreupptagningsförmågan.

3. Motortyper

Motorbåtarna inom fritidsbåtssektorn drivs i huvudsak av dieselmotorer eller bensinmotorer. Den största miljöpåverkan kommer från den *bensindrivna tvåtaktsmotorn*. Det är den i särklass vanligaste båtmotorn med drygt 650 000 motorer i Sverige. Tvåtaktsmotorns popularitet som utombordare beror främst på att den är kompakt, har lågt servicebehov, hög tillförlitlighet och ett överkomligt pris. Nackdelarna är dess höga bränsleförbrukning (låg energieffektivitet) och undermåliga avgasegenskaper. Motorn kräver en generell smörjmedeltillsats i bränslet, vilket ger en karakteristisk blårok och lukt. Inte sällan sker tillsatsen ”på en höft” direkt i tanken vilket leder till ökade emissioner.

Enligt en utredning från Sjöfartsverket hamnar 20-25 % av bränslet som man tankar på en bensindriven tvåtaktsmotor direkt i vattnet. Då ca 1,5 % av all bensin som säljs i Sverige används i sådana motorer betyder detta att ungefär *tio miljoner liter bränsle* hamnar i vattnet varje år. Det pågår dock en snabb utveckling av tvåtaktsmotorer som väntas ge effektivare förbränning och halvering av bränsleåtgången. Under det senaste decenniet har det bl a skett en utveckling mot minskad oljeinblandning i bensinen och val av miljövänligare oljor.

Den *bensindrivna fyrtaktsmotorn* används både som utombords- och inombordsmotor. Den är i sin grundkonstruktion mer komplicerad men generellt betydligt renare vad gäller avgasemissioner än tvåtaktsmotorn. Verkningsgraden och förbränningen är bättre vilket ger lägre bränsleförbrukning och mindre utsläpp av kolväten och kolmonoxid. Nackdelen är att utsläppen av kväveoxider är ganska höga. Motortypen är också tyngre och betydligt dyrare (10-30 %) än tvåtaktsmotorn för motsvarande effekt.

Dieselmotorns arbetssätt ger en mycket fullständig förbränning av bränslet och därmed en mycket låg emission av oförbrända kolväten och kolmonoxid. Den höga förbrännings-temperaturen leder dock generellt till relativt höga utsläpp av kväveoxider. Dieselmotorerna brukar delas in i tre grupper utifrån varvtal; lågvarvmotorer, medelvarvmotorer och högvarvmotorer. Fritidsbåtarna, liksom mindre arbets- och skärgårdsbåtar, tillhör den senare gruppen.

Tabell 1. Verkningsgrader för de vanligaste motortyperna inom fritidsbåtssektorn [1].

Motortyp	Verkningsgrad
Tvåtakts bensinmotorer	18-25 %
Fyrtakts bensinmotorer	ca 30 %
Mindre dieselmotorer (högvarviga)	30-35 %

4. Båtmotorernas specifika utsläpp

Det finns sparsamt med information i litteraturen gällande emissionsfaktorer för fritidsbåtar. De resultat som finns är erhållna utifrån mätningar utförda på två olika sätt; dels i luften ovan vattenytan, dels i vattnet där avgaserna vanligtvis släpps ut. Enligt utredningar gjorda av Naturvårdsverket [6] föreligger dock inte någon signifikant skillnad mellan utsläpp direkt i luft respektive sådana som passerat vatten.

Motortestcenter (MTC) i Sverige har utfört mätningar i luften för några utombordsmotorer [2]. I Norge (Marintek) och USA (EPA) har man också utfört mätningar på utombordsmotorer [3] och [4]. Båda dessa mätningar är gjorda efter det att avgaserna hade passerat vatten. I övrigt i litteraturen finns utredningar rörande utsläpp från motordrivna arbetsredskap som t ex gräsklipparmotorer. Dessa resultat kan appliceras på båtmotorers utsläpp.

Emissionsfaktorerna för båtmotorer anges vanligtvis i enheten *gram/kWh*, varför även den enskilda motorns utsläpp beror av effektuttag och drifttid. Det är oklart om effektuttaget har varit detsamma eller olika för motorerna i dessa tester.

Tvåtaktsmotorer

Tabell 2 Emissionsfaktorer och bränsleförbrukning för tvåtakts bensinmotorer.

Undersökning:	Effekt (hk)	Årsmodell	Emissionsfaktor (gram/kWh)				Bränsleförbrukning (liter/kWh)
			CO	HC	NO _x	CO ₂	
MTC 1995	5	1987	233	412	3	204	1,34
MTC 1995	25	1992	155	71	0,3	52	0,39
Marintek 1988	<20	-	200	125	3	-	-
Marintek 1988	>20	-	250	80	3	-	-
EPA 1979	4-65	-	240	80			
ÅF industriteknik 1990*	-	-	200	150	1	-	-

* gäller motordrivna arbetsredskap (gräsklippare, motorsågar eller liknande)

Emissionsfaktorerna för kolmonoxid (CO) överensstämmer väl i de olika undersökningarna. För kolväten (HC) skiljer sig MTC's resultat för den minsta tvåtaktsmotorn markant från de övriga mätningarna. Emissionsfaktorerna för kväveoxider stämmer väl för de motorsvagare motorerna, men sämre för de starkare motorerna, där t ex MTC redovisar 10 gånger lägre utsläpp än Marintek.

Fyrtaktsmotorer

Tabell 3 Emissionsfaktorer och bränsleförbrukning för fyrtakts bensinmotorer.

Undersökning	Effekt (hk)	Årsmodell	Emissionsfaktor (gram/kWh)				Bränsleförbrukning (liter/kWh)
			CO	HC	NO _x	CO ₂	
MTC 1995	9,9	1994	180	10	3	179	0,51
MTC 1995	40	1994	51	5	1,4	91	0,37
Marintek 1988	-	-	150	15	5	-	-
EPA 1979	4-65	-	240	80	0,5	-	-
EPA 1997*	3-5,5	-	590	29	3	-	-

* gäller motordrivna arbetsredskap (gräsklippare, motorsågar eller liknande)

MTC´s motor på 40 hk uppvisar betydligt lägre utsläpp än de övriga mätningarna. De båda fyrtaktsmotorerna i MTC´s test var av samma fabrikat och årsmodell men ändå föreligger stora skillnader för samtliga ämnen. Den största samstämmigheten över lag finns för NO_x.

I tabell 4 sammanfattas resultaten i en undersökning av fyrtaktsmotorer tillhörande gräsklippare. Mätningarna är gjorda av USA´s motsvarighet till Naturvårdsverket (EPA). Totalt testades 10 motorer såväl gamla som nya. Samtliga hade en effekt mellan 3 hk och 5,5 hk.

Tabell. 4 Emissionsfaktorer för fyrtaktsmotorer (medelvärden av 10 motorer) [5].

Emissionsfaktor:	HC (totalt)	Bensen	1,3 butadien	Formaldehyd	Acetaldehyd
gram/kWh	29	1,43	0,25	0,26	0,06
Index	100	5	0,9	0,9	0,2

Dieselmotorer

Mätningar på högvarvs dieselmotorer ombord på båtar finns dokumenterade av Marintek. Emissionsfaktorerna är här angivna i enheten g/kg bränsle, varför en omräkning gjorts till gram/kWh.

Tabell 5. Emissionsfaktorer för högvarvs dieselmotorer [3].

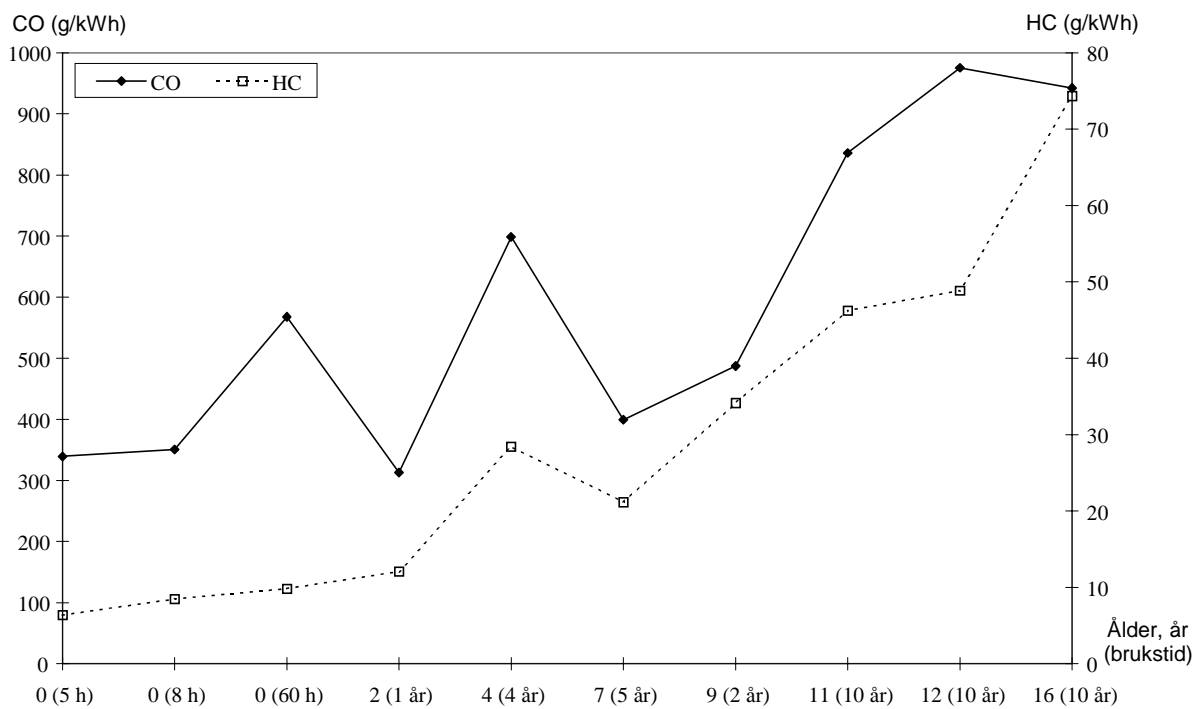
Emissionsfaktor:	CO	HC	NO _x	Partiklar
gram/kg bränsle	9	3	70	1,5
gram/kWh*	1,7	0,6	13	0,3

* omvandlingsfaktor 0,185 kg bränsle/kWh

I jämförelse med bensinmotorerna så ser man tydligt i tabellen att emissionerna av kolmonoxid och kolväten är betydligt lägre för en dieselmotor beroende på den högre verkningsgraden och den effektivare förbränningen. Däremot uppvägs detta av avsevärt högre NO_x-utsläpp samt relativt höga partikelutsläpp.

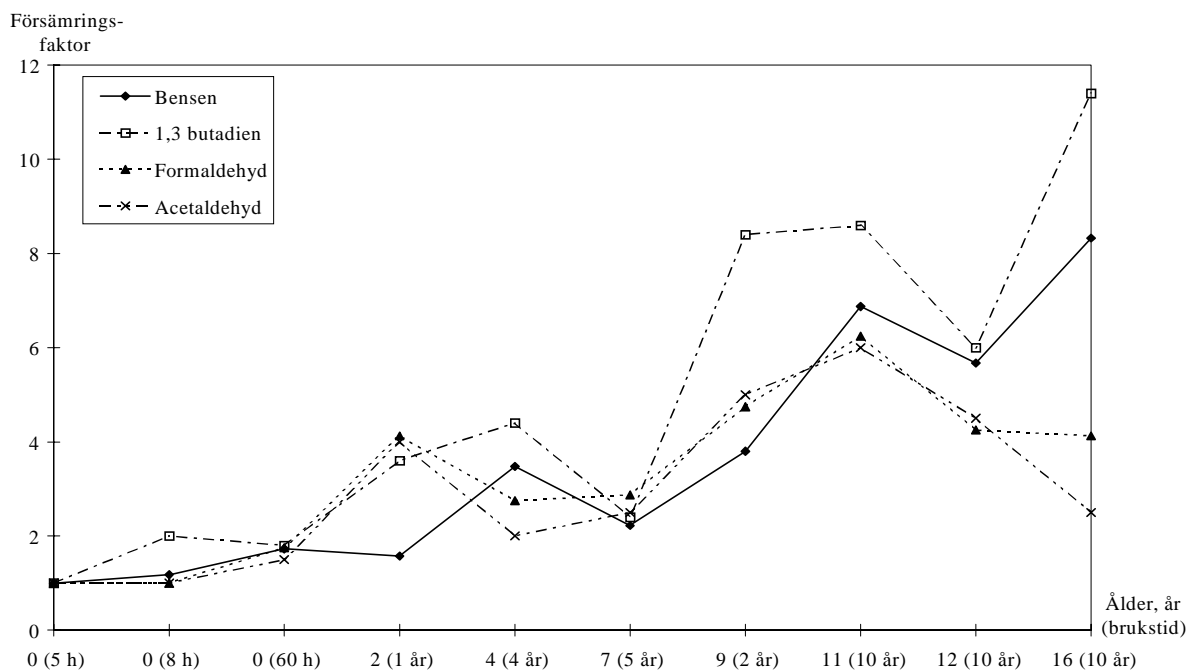
Åldersförsämring för fyrtaktsmotorer

I EPA's undersökning av 10 st fyrtaktsmotorer tillhörande gräsklippare [5] varierade ålder och brukstid. Ett tydligt samband kunde ses mellan ökande ålder/brukstid och större emissioner av kolmonoxid och kolväten.



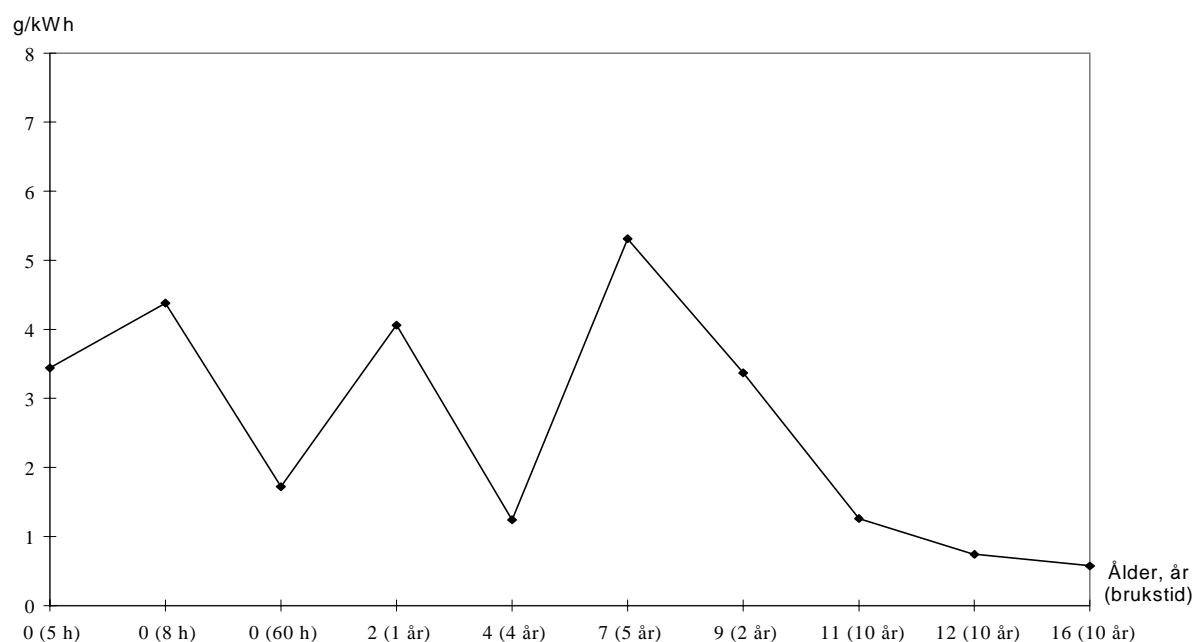
Figur 1. Emissioner av kolmonoxid och kolväten (totalt) för fyrtaktsmotorer beroende på ålder och brukstid [5].

Kolmonoxid- och kolväteutsläppen ökar således med ålder och brukstid, vilket även borde gälla tvåtaktsmotorer. Skillnaden mellan gamla och nya motorer beror dels på förfinad teknik, dels på att en viss försämring sker efterhand. Störst skillnad mellan gamla och nya motorer föreligger för kolväten, där utsläppen efter 10 års brukstid är uppemot 10 gånger större.



Figur 2. Relativa emissioner av enskilda kolväten för fyrtaktsmotorer beroende på ålder och brukstid [5].

De relativa emissionerna för de enskilda kolvätena liknar de för kolväten totalt. De äldsta motorerna uppvisar uppemot 10 gånger högre utsläpp än de nya modellerna. Den största försämringen kan ses för butadien och den minsta för acetaldehyd.



Figur 3. Emissioner av kväveoxider för fyrtaktsmotorer beroende på ålder och brukstid [5].

De specifika utsläppen av kväveoxider försämras inte med stigande ålder på samma sätt som för kolmonoxid och kolväten. Tvärtom så visar undersökningen på lägre NO_x-utsläpp för de allra äldsta motorerna.

5. Båtparkens sammansättning

Sverige

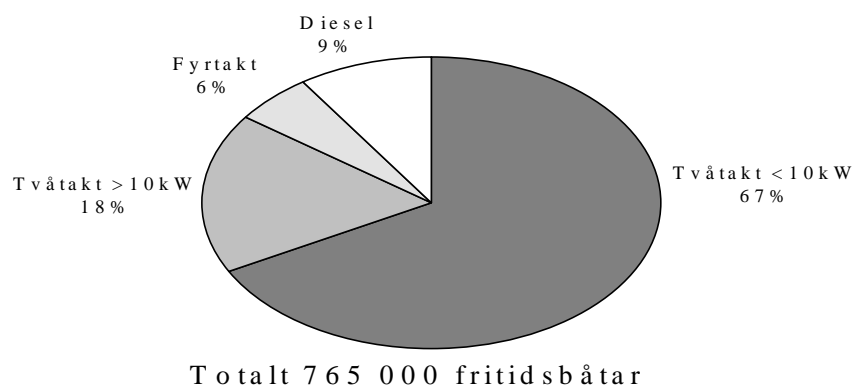
Ett nationellt fritidsbåtregister fanns under perioden 1988-1992 och omfattade både motor- och segelbåtar med en längd av minst 5 m eller en motorstyrka på minst 10 kW (13,5 hk). Registret innehöll bl a information om båtarnas hemmahamn, storlek, motortyper och motorstyrkor. Ändamålet med registret var bl a att ge ett bättre underlag för planeringen av fritidsbåttrafiken. Även om fritidsbåtregistret är relativt gammalt så bedöms det ändå fortfarande vara representativt, då 90-talets lågkonjunktur medfört att nytillskottet av båtmotorer varit lågt (se bilaga 3).

Tabell 6. Sammansättning av båtparken i riket enligt fritidsbåtsregistret [6]

Effekt (kW)	Tvåtaktsmotorer		Fyrtaktsmotorer		Dieselmotorer	
	Motorbåt	Segelbåt	Motorbåt	Segelbåt	Motorbåt	Segelbåt
<20	46 184	17461	9 876	4 778	14 968	27 645
21-30	31 467	107	1 114	123	4 087	2 378
31-40	20 269	50	847	63	1 780	1 003
41-50	8 968	36	734	22	2 328	567
51-75	15 965	75	2 767	48	3 087	1 062
76-100	2 132	2	8 112	19	2 950	159
>100	2 092	5	11 836	16	4 175	81
Totalt:	127 077	17 736	35 286	5 069	33 375	32 895

Totalt omfattar registret ca 270 000 fritidsbåtar. För att erhålla totala antalet fritidsbåtar måste dock adderas fritidsbåtar med en motorstyrka understigande 10 kW (13,5 hk). Enligt uppskattningar från båtbranschen finns det ca 495 000 båtar av den kategorin [6]. De flesta är motorbåtar utrustade med tvåtaktsmotorer. Antalet fritidsbåtar i riket uppgår totalt till ca 765 000, varav 92 % är motorbåtar och 8 % är segelbåtar.

Fördelning i riket



Totalt i riket finns ca 650 000 motorer av tvåtaktsstyp. Av dessa har ca 80 % en motorstyrka understigande 10 kW (13,5 hk).

Stockholms län

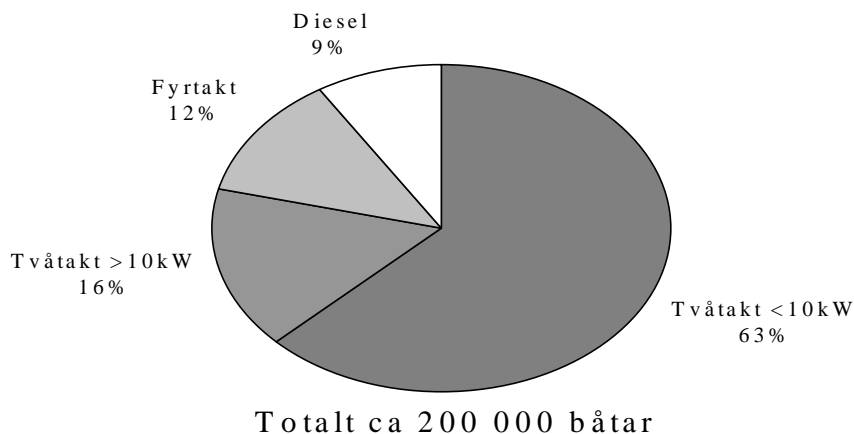
I fritidsbåtregistret finns ca 80 000 båtar registrerade med hemmahamn i Stockholms län. Antalet ej registrerade båtar (motorstyrkan <10 kW) uppskattas till ca 117 000. Totalt beräknas att ca 200 000 fritidsbåtar finns i länet. Det är ca 25 % av totala antalet fritidsbåtar i riket. Segelbåtarna utgör ca 15 % och motorbåtarna ca 85 % av länets båtpark.

Tabell 7. Sammansättning av båtparken i Stockholms län enligt fritidsbåtsregistret.

	Tvåtaktsmotorer		Fyrtaktsmotorer	Dieselmotorer	Alla motortyper
	<10 kW	>10 kW			
Motorbåtar	117 000*	31 891	12 370	7 547	168 808
Segelbåtar	6 261		11 783	9 731	27 775
Totalt	155 152		24 153	17 278	196 583

*uppskattat utifrån länets andel av tvåtaktare >10 kW (motorbåtar) i riket.

Fördelning i länet



I jämförelse med riket finns det relativt fler fyrtaktsmotorer och färre tvåtaktsmotorer i Stockholms län. Totalt finns ca 155 000 tvåtaktsmotorer i länet. Vad gäller dieselmotorer är andelen ungefär densamma som i riket.

Stockholms stad

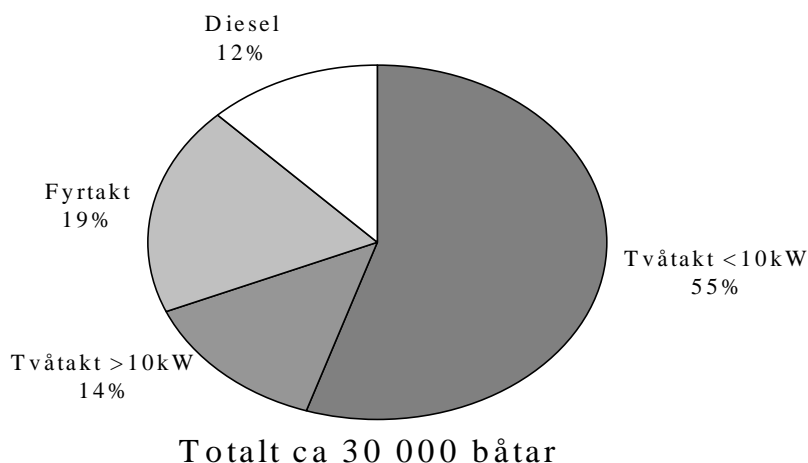
I Stockholms stad finns 14 500 fritidsbåtar registrerade. Ungefär lika många små tvåtaktsmotorer beräknas finnas, varför det totalt finns ca 30 000 fritidsbåtar. Det är ca 4 % av totala antalet fritidsbåtar i riket. Segelbåtarna utgör ca 20 % och motorbåtarna ca 80 % av stadens båtspark.

Tabell 8. Sammansättning av båtsparken i Stockholms stad enligt fritidsbåtsregistret.

	Tvåtaktsmotorer		Fyrtaktsmotorer	Dieselmotorer	Alla motortyper
	<10 kW	>10 kW			
Motorbåtar	14 500*	3 969	3 109	1 659	23 237
Segelbåtar		1 419	2 419	1 895	5 733
Totalt	19 888		5 528	3 554	28 970

*uppskattat utifrån stadens andel av tvåtaktare >10 kW (motorbåtar) i riket.

Fördelning i staden



I jämförelse med riket och länet finns det relativt fler fyrtaktare och färre tvåtaktare i Stockholms stad. Antalet dieselmotorer är något fler än länsgenomsnittet, främst beroende på en större andel segelbåtar. Sammansättningen för övriga kommuner i länet redovisas i bilaga 2.

Hammarbyslussen

Parallellt med mätkampanjen som utfördes i Danvikskanalen (avsnitt 8) under juli 1997, kartlades båtarna som slussades till och från Mälaren i Hammarbyslussen. Syftet var att få en bättre bild av båtarna som slussas samt att få ett bättre underlag för beräkningarna i Danvikskanalen.

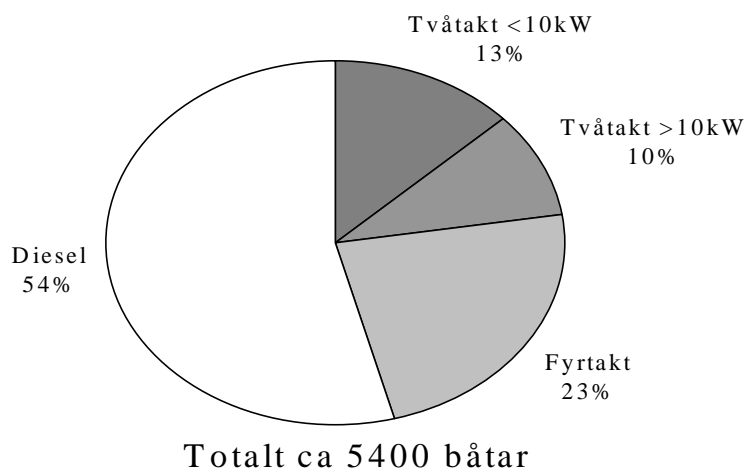
Tabell 9. Fritidsbåtsparkens sammansättning i Hammarbyslussen juli 1997.

	Tvåtaktsmotorer		Fyrtaktsmotorer	Dieselmotorer	Alla motortyper
	<10 kW	> 10 kW			
Motorbåtar	67	502	1 067	1 251	2 887
Segelbåtar	655		192	1 683	2 530
Totalt	1 224		1 259	2 934	5 417

Totalt registrerades ca 5 400 fritidsbåtar varav 47 % var segelbåtar. Segelbåtarna är överrepresenterade vid Hammarbyslussen. Fritidsbåtregistret på riks, läns- och stadsnivå ger vid handen att ca 10-20 % av båtsparken är segelbåtar. Den stora skillnaden kan bero på att de flesta motorbåtarna väljer Karl-Johan Slussen, medan segelbåtarna tvingas av höjdskalet till Hammarbyslussen.

Den fördelning efter motortyp som erhöles var följande:

Fördelning i Hammarbyslussen



Vid jämförelse med fritidsbåtregistret fanns det klart fler dieselmotorer i Hammarbyslussen. Orsaken till detta är delvis att den relativt stora andelen segelbåtar.

Skillnaderna mellan fritidsbåtregistret och de manuella kontrollerna i Hammarbyslussen förklaras också av skillnader i drifts/brukstid. Diesel- och fyrtaktsmotorer finns främst på större båtar utrustade med inombordsmotorer. Dessa brukas mer under en båtsäsong och är därför mer frekventa i slussarna än t ex de minsta båtarna med tvåtaktsmotorer.

6. Beräkning av totala emissioner

För att kunna beräkna fritidsbåtarnas utsläpp till luft och vatten behövs förutom de olika motortypernas fördelning också specifika utsläpp (emissionsfaktorer). Dessutom behövs information om motorstyrkor och hur stor effekt som tas ut ur motorn (effektuttag) samt hur många timmar per år som båten körs (driftstid).

Beräkningsförutsättningar

Eftersom fritidsbåtarna inte bara trafikerar farvatten i sina hemmahamnkommuner är det av mindre intresse att beräkna utsläppen utifrån de enskilda kommunernas sammansättning av båtar och båtmotorer enligt fritidsbåtregistret. Istället har de kommunvisa utsläppen beräknats utifrån länets sammansättning av båt- och motortyper. Länets fritidsbåtar trafikerar naturligtvis även utanför länets farvatten. Detta antas dock utjämnas av att båtar som är registrerade utanför länet trafikerar i länets farvatten.

Emissionsfaktorer

De emissionsfaktorer som använts i beräkningarna är grundade på vad som finns i litteraturen och som beskrevs i avsnitt 4.

Tabell 10. Valda emissionsfaktorer för beräkning av totala emissioner (gram/kWh)

Motortyp	CO	HC total	NOx	Part.	Bensen	Butadien	Form- aldehyd	Acet- aldehyd
Tvåtaktsmotorer < 10 kW	200	200	3	5	9,9	1,7	1,8	0,4
Tvåtaktsmotorer > 10 kW	200	100	1	4	4,9	0,9	0,9	0,2
Fyrtaktsmotorer	150	15	3	0,5	0,7	0,1	0,1	0,03
Dieselmotorer	1,7	0,6	13	0,3	-	-	-	-

Emissionsfaktorerna för de enskilda kolvätena har beräknats utifrån antagandet att utsläppen är proportionella mot de totala utsläppen av kolväten enligt den undersökning som gjordes av EPA [5]. Dieselmotorernas utsläpp av enskilda kolväten är ringa och försummas därför.

Motorstyrkor - effektuttag

Motorstyrkorna för länets båtspark är hämtade från fritidsbåtregistret. För effektuttaget är följande antaget:

Motorer <20 kW ca 70 %
Motorer >20 kW ca 50 %

Generellt gäller regeln att ju mindre motorn är desto större är effektuttaget. Den vanligaste belastningen på en motor är 80-90 % av maxeffekten (motorstyrkan). De mindre motorerna går ca 90 % och de större motorerna ca 60 % av driftstiden på detta effektuttag [1] och [6]. Övrig tid förekommer tomgångs- och låglastkörning, vilket innebär att uttaget är ca 20 % av maxeffekten.

Tabell 11. Motorstyrkor och effektuttag för länets båtpark.

Kategori:	Motorstyrka (kW)	Medeleffektuttag (%)	Totalt effektuttag (kW)
Segel 2-takt	4,5	70 %	19 708
Segel 4-takt	13	70 %	103 572
Segel diesel	13	70 %	88 979
Motor 2-takt <10 kW	4,7	70 %	381 282
Motor 2-takt >10 kW	38	50 %	606 016
Motor 4-takt	112	50 %	691 334
Motor diesel	71	50 %	267 160
Totalt:	20	54 %	2 158 050

Driftstider

Driftstiden anger hur många timmar per år som båten körs. Bruket/driften är väsentligt olika för olika båttyper. I enlighet med Sjöfartsverket och dess kontakter med båtbranschen är följande antaget [1]:

Motorbåtar (<10 kW)	20 tim/år
Motorbåtar (>10 kW)	40 tim/år
Segelbåtar	10 tim/år

Detta ger en total driftstid för länets båtpark på ca 4 miljoner timmar per år. Driftstiden har fördelats proportionellt mot antalet fritidsbåtar i respektive kommun.

Resultat - emissioner i Stockholms stad och län

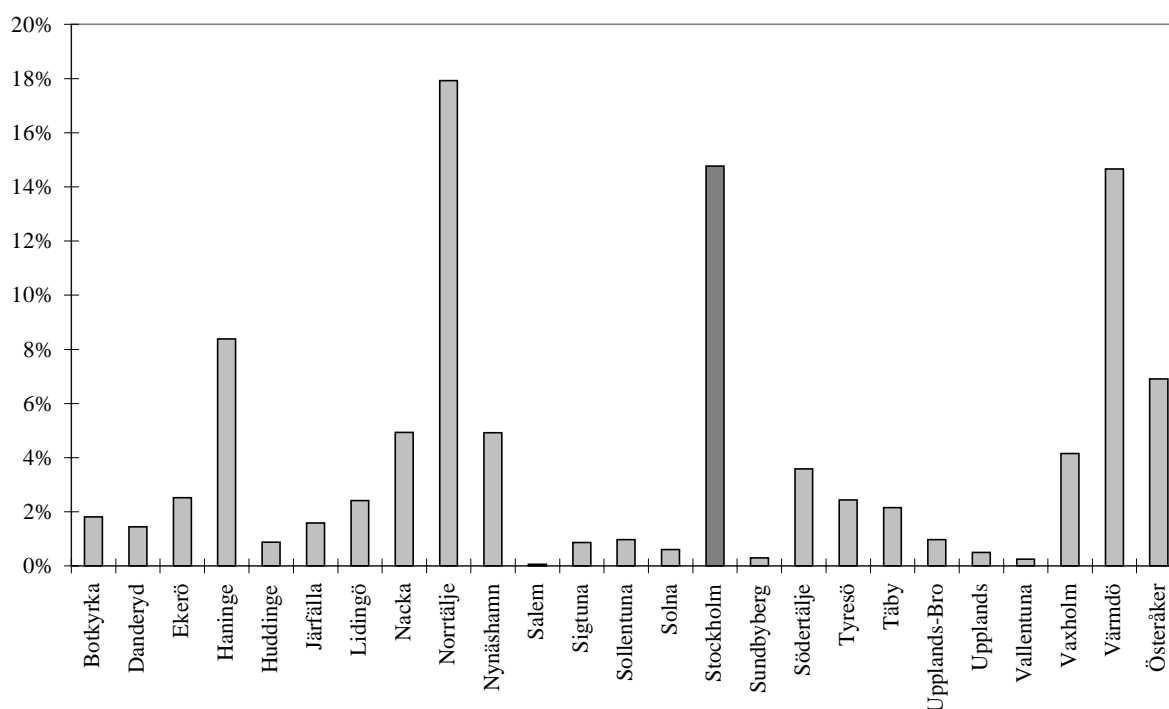
Tabell 12. Emissioner från fritidsbåtar i Stockholms län (ton/år)

Båttyp	CO	NOx	Part.	Kolväten (HC)				
				Totalt	Bensen	Butadien	Form- aldehyd	Acet- aldehyd
Segelbåtar - totalt	196	15	2	56	3	0,5	0,5	0,1
Motorbåtar - totalt	8116	257	103	3158	155	27	28	7
Totalt:	8312	272	105	3214	158	28	29	7

Tabell 13. Emissioner från fritidsbåtar i Stockholms stad (ton/år)

Båttyp	CO	NOx	Part.	Kolväten (HC)				
				Totalt	Bensen	Butadien	Form- aldehyd	Acet- aldehyd
Segelbåtar - totalt	29	2	0,3	8	0,4	0,07	0,07	0,02
Motorbåtar - totalt	1196	38	15	466	23	4	4	1
Totalt:	1225	40	16	474	23	4	4	1

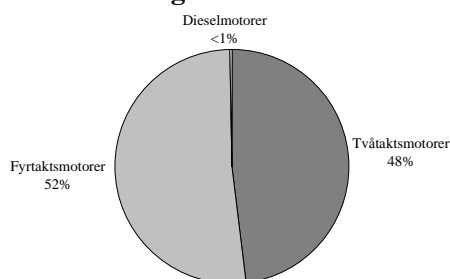
Motorbåtarnas andel av båtparken i länet och staden är ca 85 % medan andelen av utsläppen är ca 95 %. Segelbåtarna står således för en relativt liten andel av fritidsbåtarnas utsläpp av luftföroreningar. Störst är andelen av kväveoxidutsläppen p g a att dieselmotorn är en relativt vanlig motortyp för segelbåtarna. Övriga kommunvisa utsläpp i länet redovisas i bilaga 1.



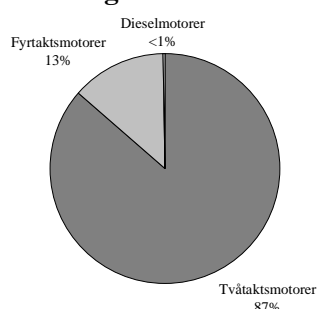
Figur 4. Kommunvis fördelning av fritidsbåtarnas emissioner i länet.

Norrtälje kommun har den största andelen av fritidsbåttrafikens utsläpp i länet (ca 18 %). Andra kommuner med omfattande fritidsbåtverksamhet och därmed också en stor andel av utsläppen är Stockholm och skärgårdskommunerna Värmdö och Haninge.

Fördelning av CO-emissioner

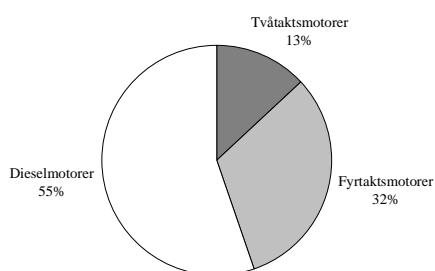


Fördelning av HC-emissioner

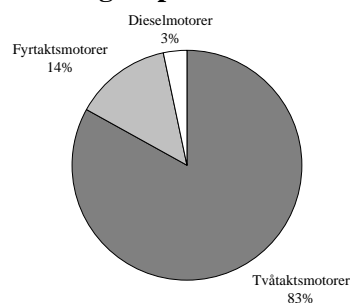


Tvåtaktsmotorerna står för ungefär hälften fritidsbåtarnas utsläpp av kolmonoxid och ca 85 % av utsläppen av kolväten i staden och länet. Övrigt utsläpp kommer nästan helt och hållet från fyrtaktsmotorerna.

Fördelning av NOx-emissioner



Fördelning av partikel-emissioner



För kväveoxider och partiklar står dieselmotorerna för ca 55 % respektive ca 5 % av fritidsbåtarnas totala utsläpp i staden och länet. Tvåtaktsmotorerna står för ca 85 % av utsläppen av partiklar.

Jämförelse med emissionsdatabas

I Stockholms- och Uppsala läns luftvårdsförbunds emissionsdatabas (EDB) på Miljöförvaltningen finns kommunvis information om fritidsbåtarnas utsläpp till luften i Stockholms län. Databasen baseras på fritidsbåtsregistret från 1990 och de utsläpp SNV redovisade i rapporten "Miljöpåverkan från fritidsbåtar, fiske- och arbetsfartyg [6]. De nationella utsläppen har brutits ned till kommunnivå genom antagandet att utsläppen är proportionella mot antalet båtar i varje kommun.

Tabell 14. Jämförelse mellan beräknade emissioner (inom parentes) och de emissioner som redovisas Stockholm- och Uppsala läns luftvårdsförbunds emissionsdatabas (ton/år).

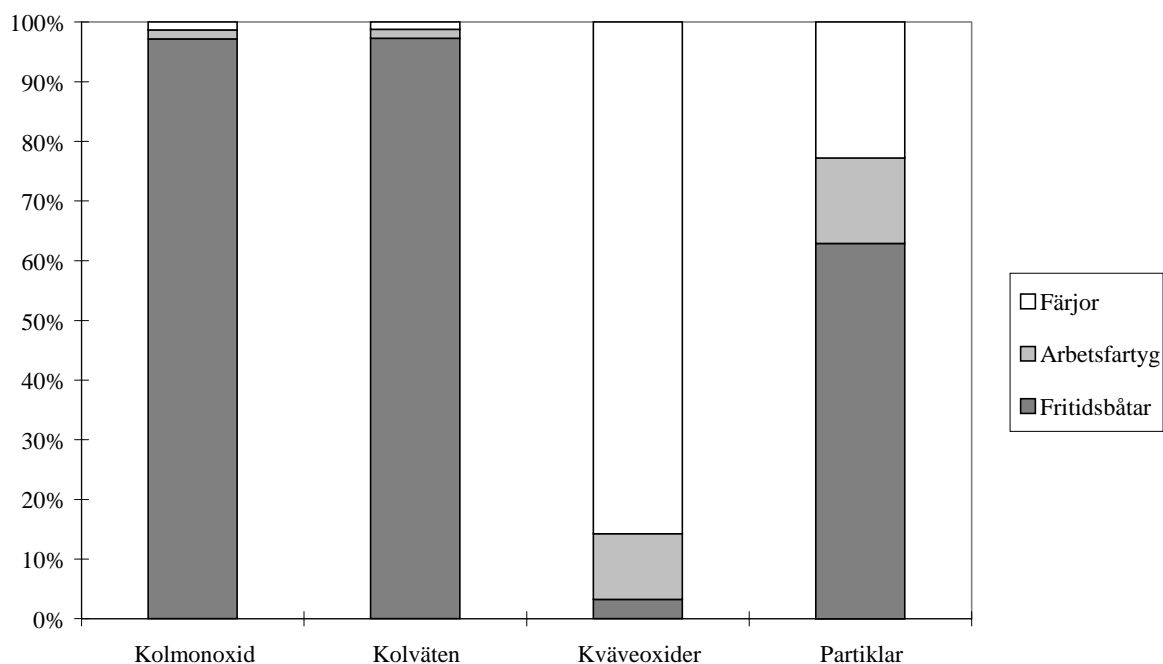
	CO	HC	NO _x	Partiklar
Stockholms stad	1 800 (1200)	690 (470)	47 (40)	27 (16)
Stockholms län	10 000 (8300)	3 800 (3200)	260 (270)	150 (105)

I jämförelse med EDB:n så är de beräknade utsläppen något lägre förutom för utsläppen av kväveoxider (NO_x) som är ungefär lika stora. Skillnaderna beror, förutom på något olika emissionsfaktorer, främst på att länets sammansättning av motortyper och motorstyrkor skiljer sig något från rikets.

7. Fritidsbåtarnas emissionsandelar

Sjöfartens emissioner.

Sjöfarten i länet består, förutom av fritidsbåtar, främst av färjor och arbetsfartyg. Den senare gruppen omfattar bl a marinens och tullens fartyg, tankfartyg och sightseeingbåtar.

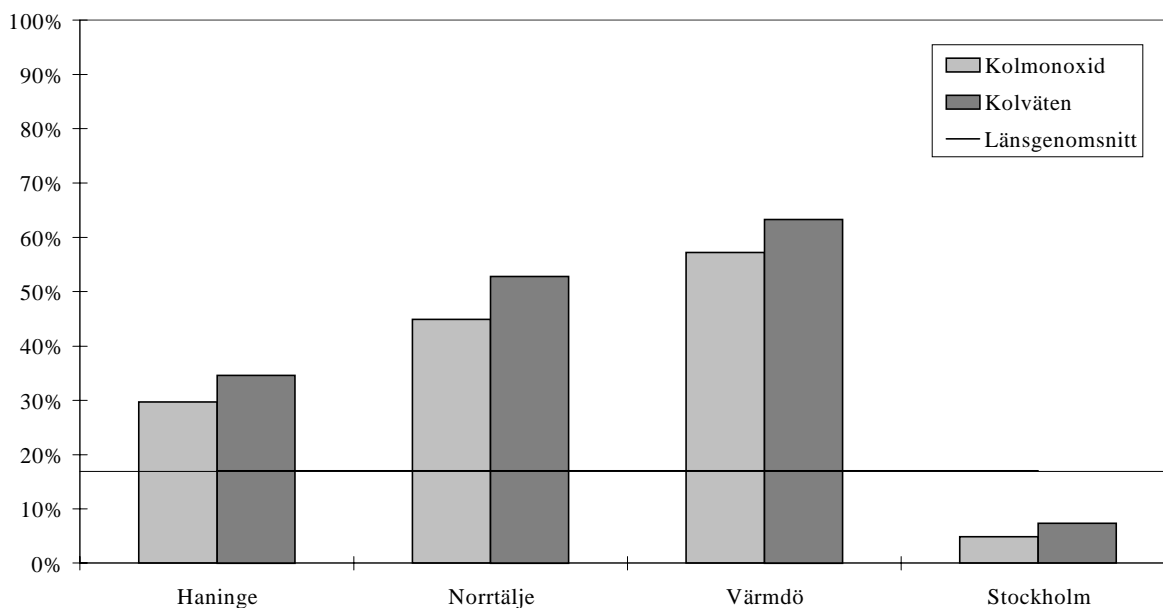


Figur 5. Fritidsbåtarnas andel av sjöfartens emissioner i länet.

Fritidsbåtarna står för lejonparten av sjöfartens utsläpp av kolmonoxid och kolväten i Stockholms län och stad. För kväveoxider är utsläppsbilden den omvända. Fritidsbåtarna står där för ca 3 % av utsläppen i länet och ca 6 % av utsläppen i staden. Av sjöfartens partikelutsläpp i länet härrör ca 65 % från fritidsbåtverksamhet. I Stockholms stad står fritidsbåtarna för ca 55 % av sjöfartens partikelutsläpp.

Totala emissioner

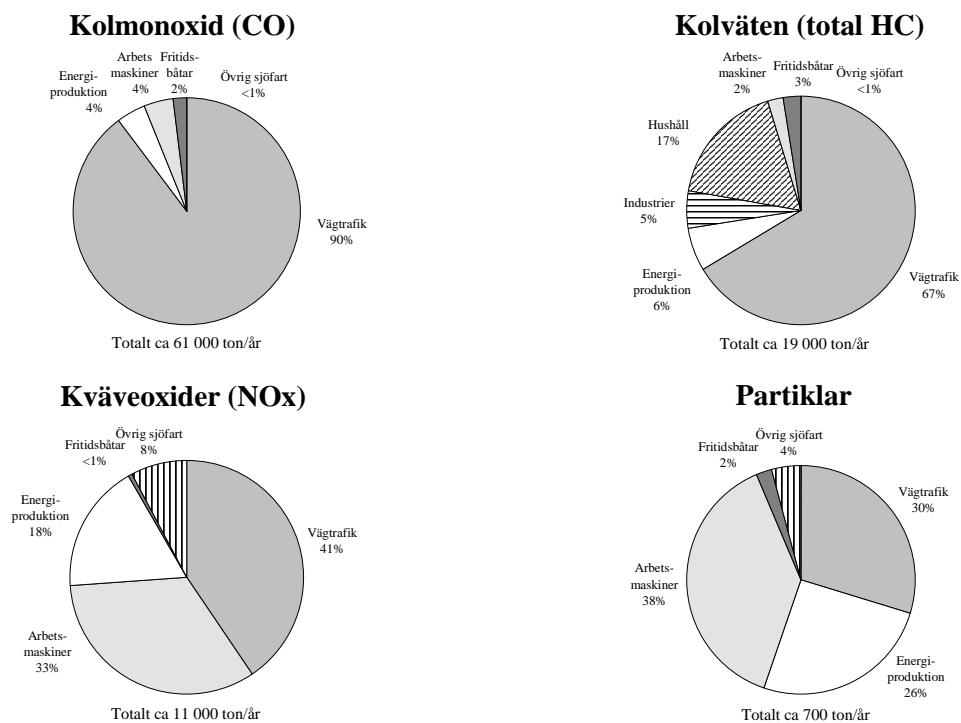
Den största källan till de totala utsläppen av kolmonoxid, kolväten och kväveoxider i länet är vägtrafiken. Under ett helt år står fritidsbåtarna för ca 6 % av utsläppen av kolmonoxid och kolväten och ca 1 % av kväveoxidutsläppen. Eftersom fritidsbåtsäsongen nästan helt och hållet ligger under vår och sommar ökar fritidsbåtarnas andel av de totala utsläppen under denna tid. Under perioden maj t o m augusti står fritidsbåtarna för 17 % av utsläppen av kolmonoxid och kolväten och ca 2 % av kväveoxidutsläppen i länet. Variationen är dock stor kommunvis i länet.



Figur 6. Fritidsbåtarnas andel av totala emissioner under perioden maj t o m augusti för några kommuner i länet.

Värmdö är den kommun i länet där fritidsbåtarna har den största inverkan på de totala utsläppen. Ca 60 % av kolmonoxid- och kolväteutsläppen under vår- och sommarperioden förorsakas där av fritidsbåtverksamheten.

I Stockholms stad står fritidsbåtarna för ca 5 % av kommunens totala utsläpp av kolmonoxid och kolväten under perioden maj t o m augusti. På årsbasis är andelen ca 3 % (figur 7).



Figur 7. Fritidsbåtarnas andel av totala emissioner på årsbasis i Stockholms stad.

8. Mätningar i Danvikskanalen

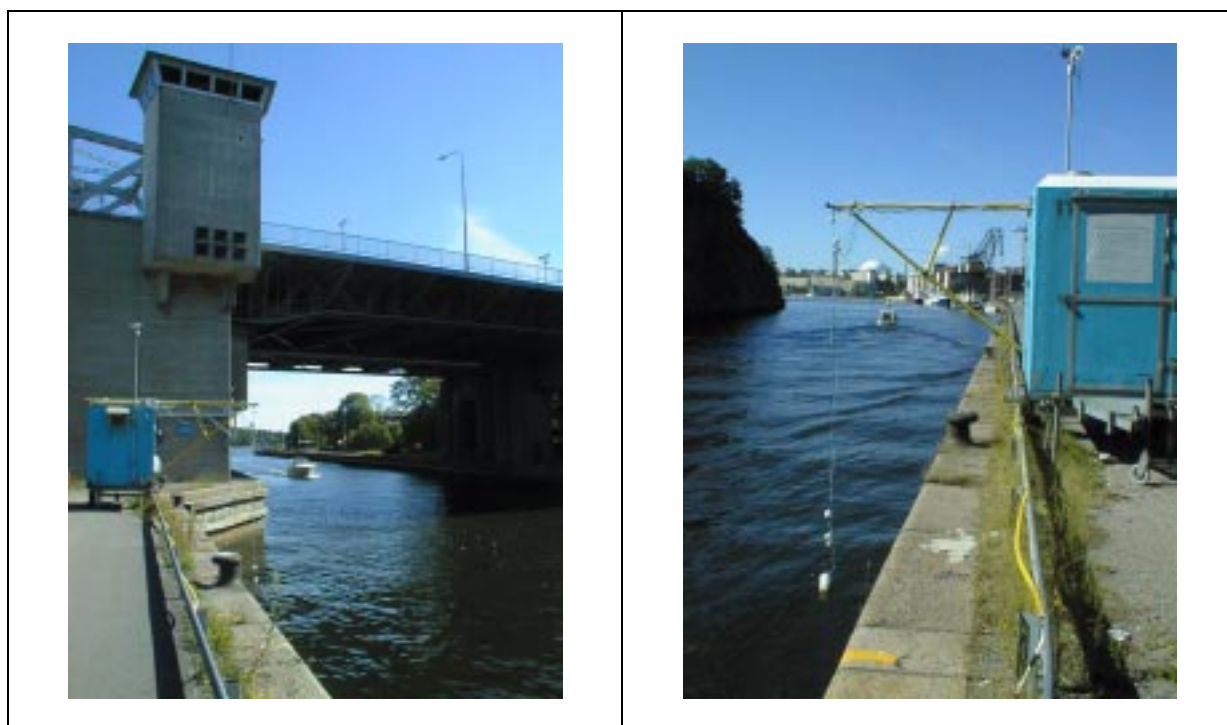
Under juli 1997 genomfördes mätningar av kolvätehalter i Danvikskanalen i syfte att:

- * kartlägga fritidsbåtarnas inverkan på luftkvaliteten i ett område där båttrafiken är relativt omfattande
- * uppskatta utsläppen av bensen och toluen från fritidsbåtstrafiken i kanalen.

Dels genomfördes mätningar av bensen, toluen och kolmonoxid intill Danvikskanalen, dels genomfördes ett antal spridningsberäkningar baserat på uppskattade utsläpp från fritidsbåtarna. Utsläppen uppskattades på basis av de manuella registreringarna av antalet båtar samt motortyper vid Hammabyslussen under juli månad.

Genomförande

Mätningarna genomfördes på södra sidan av Danviksbron (se figur 8). Avsikten var att utifrån kännedom om exakta tidpunkter och antalet båtar som slussats ut från Hammarbyslussen, kunna identifiera och kvantifiera bidraget från dessa till föroreningshalterna (kolväten och kolmonoxid) vid Danvikskanalen.

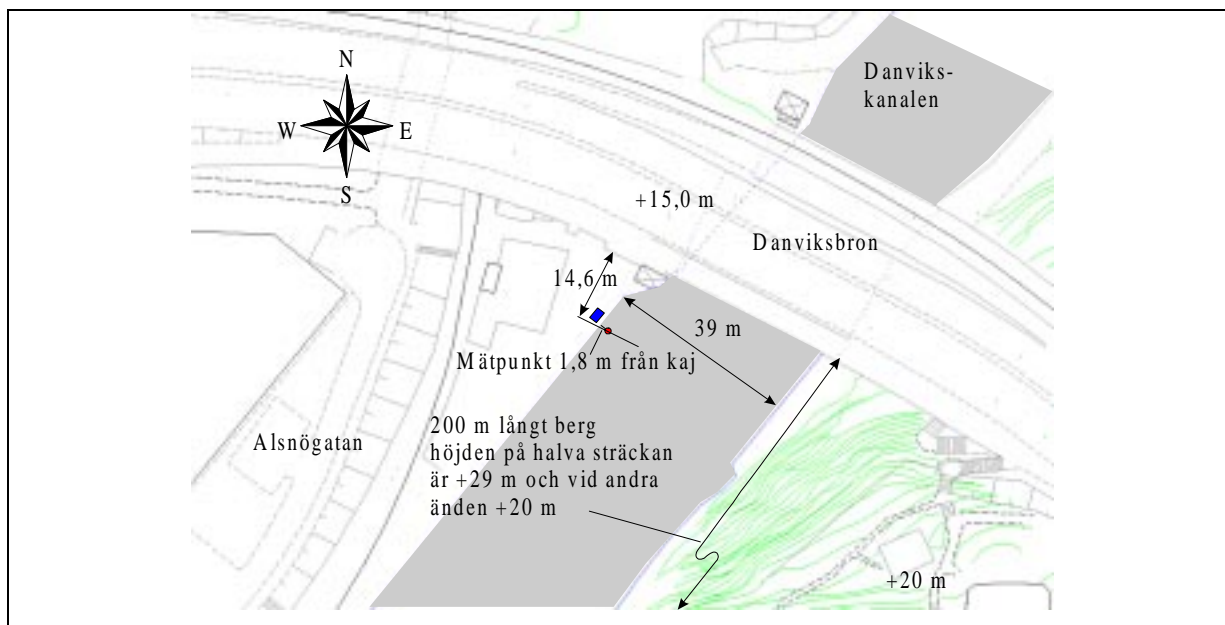


Figur 8. Mätplatsen vid Danviksbron sett söderifrån respektive norrifrån.

Mätinstrumenten var placerade på västra sidan om kanalen. Vid mätplatsen är kanalen 39 meter bred (se figur 9). På östra sidan avgränsas kanalen av Danviksklippan, en 20 till 30 meter hög bergsbrant. På västra sidan (längs Alnsögatan) är marken mer plan men bebyggd med flera 2 till 4 våningshus. Detta gör att vinden ofta tenderar att strömma längs med kanalen i nordostlig/sydvästlig riktning. Danviksbron trafikeras av 42 800 fordon/dygn (1995). Skyltad hastighet är 70 km/h och andelen tung trafik är ca 10%.

Mätningarna omfattade bensen, toluen och kolmonoxid samt vind, temperatur och trafikflöde. Trafiken registrerades automatiskt på Danviksbron och förutom fordonsmängd registrerades personbilar och lastbilar separat. Bensen och toluen mättes med ett instrument som lånats av OPSIS AB (Furulund).

Parallellt genomfördes veckovis provtagning av bensen, toluen, etylbensen, oktan, nonan och butylacetat på båda sidorna av kanalen. För denna provtagning användes en sk passiv mätmetod.



Figur 9. Översikt av mätplatsens lokalisering invid Danviksbron

Tabell 15. Sammanställning av mätparametrar som ingick vid mätningarna i Danvikskanalen under juni 1997.

Mätparameter	Instrument	Mäthöjd och tidsupplösning
Bensen och toluen	BTX-instrument, Chrompack (lån från OPSIS AB, Furulund)	5,5 meter 6 minuters medelvärden
Bensen, toluen, nonan, oktan, butylacetat, etylbensen	Passiv provtagare (enligt IVL)	5,5 meter
Vindhastighet och riktning	Young anemometer	ca 8 meter
Kolmonoxid	Thermo Electron, (IR-absorption)	1 meter och 5,5 meter
Lufttemperatur	Pt100-givare samt temperaturdifferensmätare	0,5 och 5,5 meter
Vattentemperatur	Termometer	ytskiktet (0 till 1 meter)
Trafikflöde på Danviksbron	(Gatukontoret, Stockholm)	15 minuters värden

Resultat av mätningarna

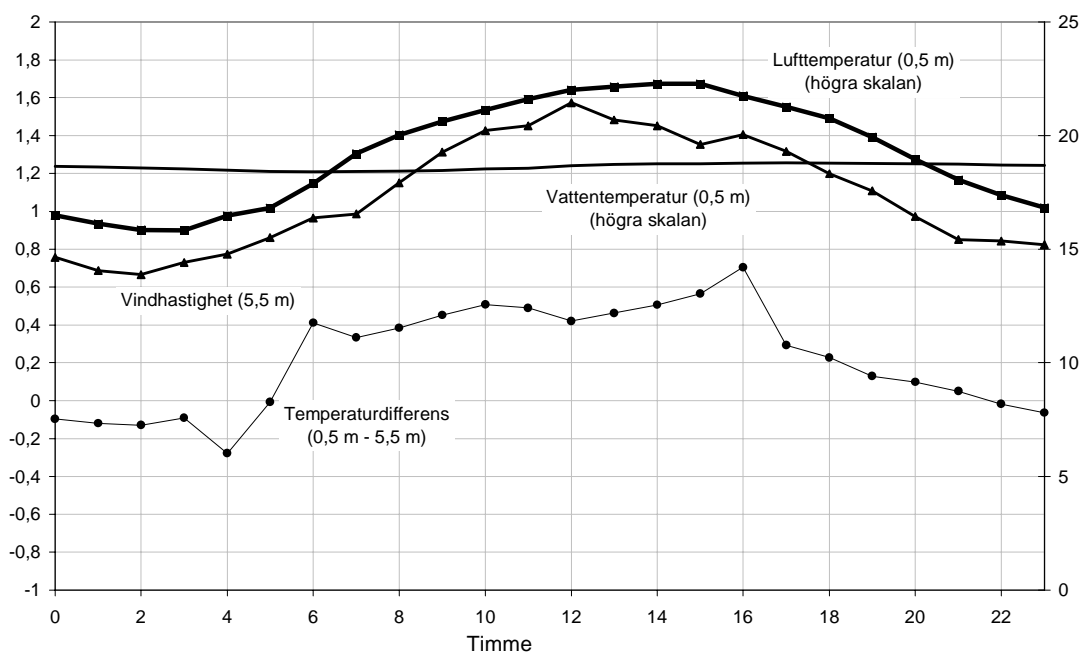
Meteorologi

Av tabellen nedan framgår medelvärde samt max- och minvärden av vind, luft-, och vattentemperaturer för mätperioden i juli 1997. Genomsnittlig luft- och vattentemperatur var 19,2 respektive 18,6 grader. Dagtid var luften varmare och nattetid var den kallare än vattnet. På natten var luften stabilt skiktad - temperaturen var lägre 0,5 meter över vattenytan jämfört med 5,5 meter upp. På dagen var skiktningen neutral eller något instabil.

Tabell 16. Meteorologi vid Danvikskanalen juli 1997.

Parameter	Medel \pm Stdav	Max	Min
Temperatur 5,5 meter	19,2 \pm 3,3	27,3	12,4
Temperaturdifferens, 5,5 - 0,5 meter	0,2 \pm 0,4	1,9	-1,2
Vattentemperatur, 0 till 1 meter	18,6 \pm 0,5	19,9	17,2
Vindhastighet, ca 8 meter	1,1 \pm 0,8	3,7	0,05

Av figuren nedan framgår genomsnittliga variationerna av vind, luft- och vattentemperatur för perioden.



Figur 10. Genomsnittlig dygnvariation i temperatur (luft och vatten) samt vindhastighet under mätperioden (juli 1997).

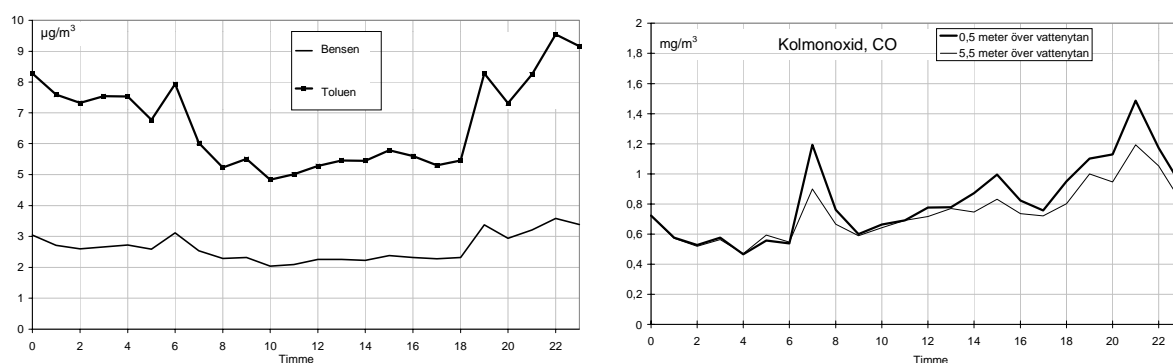
Kolvätehalter

I tabellen nedan redovisas medel, max- och minhalterna av kolmonoxid, bensen och toluen. För kolmonoxid var medelvärdet knappt 1 mg/m³. Som mest noterades 20 mg/m³. För bensen och toluen var de genomsnittliga halterna 2,6 respektive 6,7 µg/m³. Maximalt noterades 9,9 respektive 29 µg/m³.

Tabell 17. Halter av kolmonoxid (CO), bensen och toluen vid Danvikskanalen.

Parameter	Medel ± Stdav	Max	Min
CO, 1 meter, mg/m ³	0,8 ± 0,9	19,7	0,13
CO, 5,5 meter, mg/m ³	0,7 ± 0,5	10,2	0,12
Bensenhalt, 5,5 meter, µg/m ³	2,6 ± 1,2	9,9	0,93
Toluenhalt, 5,5 meter, µg/m ³	6,7 ± 4,3	29	2,21

I figuren nedan redovisas de genomsnittliga halterna av bensen, toluen och kolmonoxid. Värdena är medelvärden för alla dygn (vardagar och helger inkluderade). För bensen och toluen genomfördes mätningarna 5,5 meter över vattenytan. För kolmonoxid genomfördes mätningarna både 1 meter och 5,5 meter över ytan.

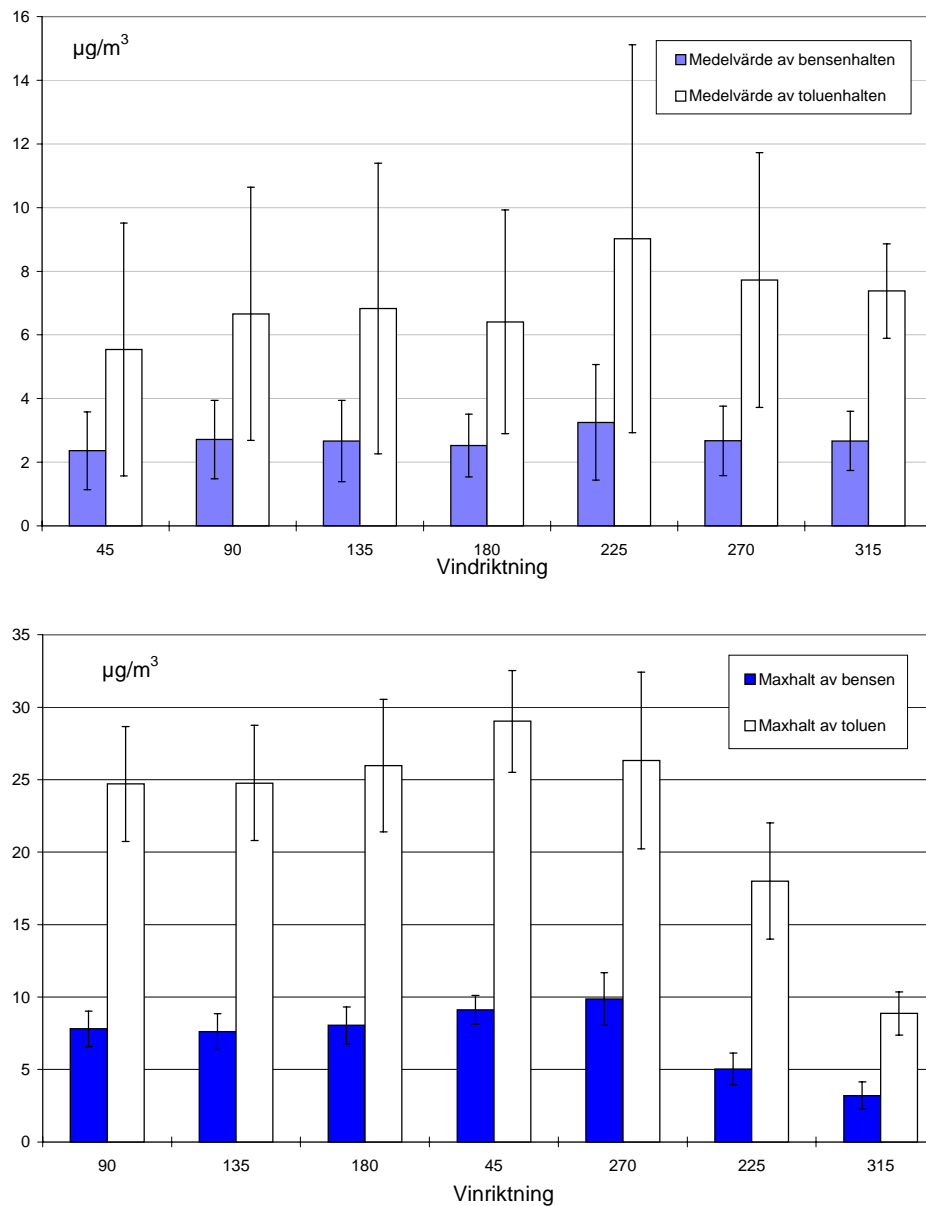


Figur 11. Genomsnittlig dygnsvariation av **bensen, toluen och kolmonoxid**. För bensen och toluen genomfördes mätningarna 5,5 meter över vattenytan och för kolmonoxid var mät höjderna 0,5 respektive 5,5 meter över vattenytan.

De högsta halterna av bensen och toluen inträffar under natten - för toluen är genomsnittet 7,9 µg/m³ för perioden mellan kl. 20.00 och 05.00 och 5,8 µg/m³ för perioden mellan kl. 06.00 och 19.00. Motsvarande värden för bensen är 2,9 respektive 2,4 µg/m³. När det gäller kolmonoxid inträffar de högsta halterna omkring kl. 07 på morgonen och kl. 20 - 22 på kvällen.

För att se om utsläppen från fritidsbåtarna i genomsnitt påverkar halterna av bensen, toluen och kolmonoxid beräknades medelvärden av dessa ämnen i olika vindsektorer. Om fritidsbåtarnas utsläpp vore stort i förhållande till övriga källor av dessa ämnen i området skulle man förvänta sig att halterna vore förhöjda vid sydliga vindar. Av figurerna framgår dock att skillnaderna i såväl medelhalter som maxhalter inte är signifikant högre vid sydliga vindriktningar jämfört med andra vindriktningar.

De små skillnaderna i medel- och maxhalter mellan olika vindriktningar är något oväntat. Till en liten del beror det på att "bakgrundshalterna" av bensen och toluen bidrar med knappt hälften av den totala halten som mäts upp.



Figur 12. Medelhalter och maximala halter av bensen och toluen i olika vindriktningar vid Danviksbron, juni 1997. De vertikala staplarna anger standardavvikelsen i mätningarna.

Mätningar med passiv metod

Syftet med mätningarna med passiv metod var dels att jämföra halterna av bensen och toluen med BTX-mätningarna, dels att se om halterna systematiskt skiljde sig mellan västra och östra sidan av kanalen.

Resultat

Tabellerna nedan redovisas resultaten från veckoprovtagningen av kolväten på östra och västra sidan av kanalen. Mätningarna är gjorda med passiv provtagning och analyserna gjordes av IVL, Göteborg.

Generellt tycks de passiva mätningarna ge lägre värden än BTX-mätningarna. Med BTX-instrumentet noterades 2,6 respektive 6,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bensen och toluen. De passiva mätningarna ger ca 1 respektive 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vad skillnaderna mellan mätmetoderna beror på har inte utretts. Inte för något av kolvätena i tabellerna nedan tycks halterna på östra och västra sidan av kanalen vara systematiskt olika. Detta indikerar på en genomsnittligt jämn fördelning av källorna i området.

Tabell 18. Veckomedelvärden av halterna av några kolväten på östra sidan av Danvikskanalen (söder om Danviksbron).

Vecka	Bensen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Oktan $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Butyl- acetat $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etylbens- en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MP- Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O-Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nonan $\mu\text{g}/\text{m}^3$
27	1,08	2,81	0,14	0,24	0,38	1,55	0,6	0,14
28	0,85	2,61	0,1	0,04	0,35	1,29	0,48	0,14
29	1,14	3,25	0,18	0,11	0,52	1,94	0,71	0,21
Medelvärde	1,02	2,89	0,14	0,13	0,42	1,59	0,60	0,16

Tabell 19. Veckomedelvärden av halterna av några kolväten på västra sidan av Danvikskanalen (söder om Danviksbron).

Vecka	Bensen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Oktan $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Butyl- acetat $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etylbens- en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MP- Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O-Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nonan $\mu\text{g}/\text{m}^3$
27	1,1	3,15	0,14	0,14	0,5	1,8	0,84	0,17
28	0,85	2,68	0,12	0,05	0,43	1,6	0,58	0,34
29	0,96	3,2	0,14	0,11	0,5	1,89	0,73	0,21
30	1,46	4,77	0,21	0,15	0,86	3,1	1,16	0,27
Medelvärde	0,97	3,01	0,13	0,10	0,48	1,76	0,72	0,24

Beräkningar av bensen- och kolmonoxidhalter

I syfte att utvärdera noggrannheten för de i litteraturen angivna emissionsfaktorer för fritidsbåtar genomfördes ett antal beräkningar av bidraget till halterna av bensen och kolmonoxid vid mätplatsen.

Metodik:

Modeller och meteorologiska indata

Halterna av bensen och kolmonoxid har beräknats med hjälp av modeller, som ingår i Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbunds miljöövervakningssystem. För spridningsberäkningarna användes en sk Gaussisk modell. Beräkningarna baserades på mätningar av meteorologiska parametrar (vertikal och horisontell vindhastighet och horisontell vindriktning samt temperaturer på två nivåer) i Högdalenmasten. Utifrån mätningar i masten under 6 år har ett antal olika "klimatologier" skapats. För beräkningar användes en klimatologi som beskriver typiska väderförhållanden under sommarhalvåret. Med en vindmodell beräknades vindar och stabilitetsparametrar för ett större område med hänsyn till topografi och andra markförhållanden.

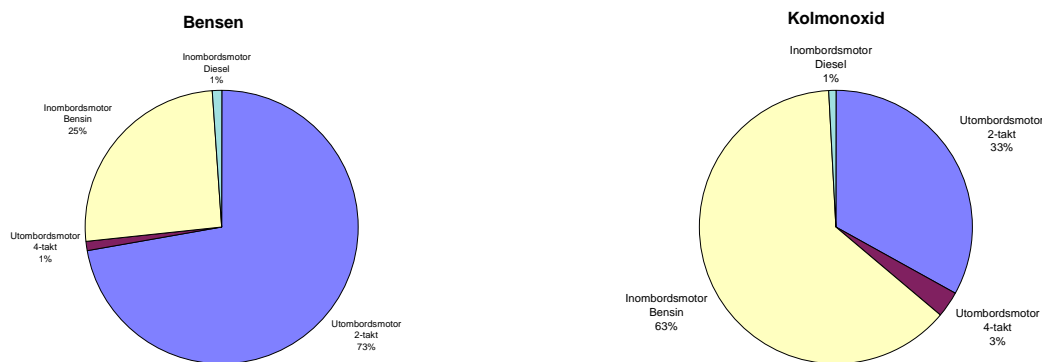
Utsläpp från fritidsbåtarna i Danvikskanalen

Utsläppen från båtarna som passerar mätplatsen uppskattas dels utifrån båtparkens sammansättning enligt de manuella noteringarna vid Hammarbyslussen, dels utifrån de emissionsfaktorer som angavs i tabell 10. Beräkningarna avser 10 minuters drifttid i kanalen med samma effektuttag som tidigare har redovisats i denna rapport.

Tabell 20. Emissioner av totalolväten och kolmonoxid för båtar från Mälaren mot Saltsjön under dagtid i juli 1997 (enhet kg).

	--- FRITIDSBÅTAR ---				-- ÖVRIG SJÖFART --			TOTALT
	Utombordsmotor		Inombordsmotor		Turistbåtar ("padda")	Arbets-fartyg	Övriga	
Ämne	2-takt	4-takt	Bensin	Diesel				
Totalolväten	270	5	95	4	2	1	0	377
Kolmonoxid	497	48	949	13	6	4	0	1517

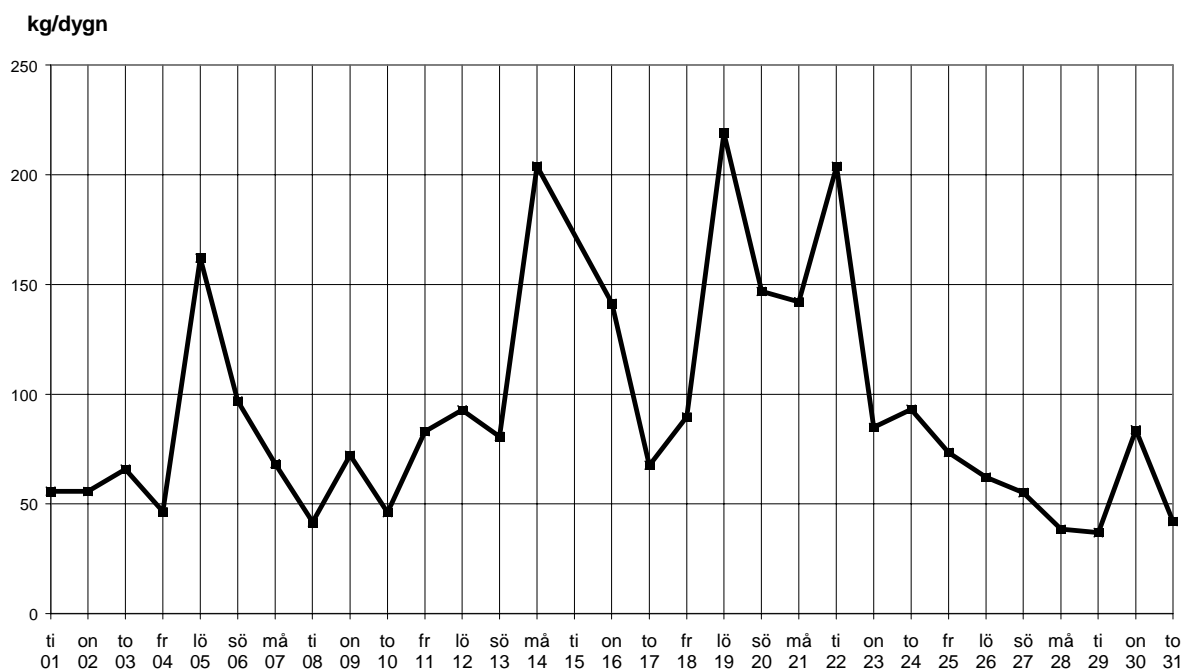
Tabellen ovan visar de absoluta utsläppen av totalolväten och kolmonoxid från de olika fritidsbåtmotorerna samt övrig sjöfart i Danvikskanalen under juli månad 1997. Observera att det endast är sjöfart som slussats i Hammarbyslussen och med färdriktning mot Mälaren som ingår i beräkningarna. I kanalen förekommer även annan sjöfart som inte har slussats. Av tabellen framgår även att den övriga sjöfarten som slussats bidrar mycket litet till utsläppen av olväten och kolmonoxid.



Figur 13. Fördelning av emissionen av bensen respektive kolmonoxid från olika motortyper.

Figureerna ovan visar fördelningen av utsläppen från olika motortyper i Danvikskanalen. För bensen är det tvåtakts utombordsmotorerna som dominerar utsläppen med 73%. Bensindrivna inombordsmotorer står för 25% av bensenutsläppen. För kolmonoxid står de bensindrivna inombordarna för huvuddelen av utsläppen (63%), medan tvåtakts utombordsmotorerna står för 33%. Bensen antas i beräkningarna utgöra ca 5% av totalcolväteutsläppen (se redovisningen ovan).

Figuren nedan visar hur de totala utsläppen varierar dygn för dygn under juli månad.



Figur 14. Totala emissioner av totalcolväten från fritidsbåttrafiken i Danvikskanalen under juli 1997 (kg/dygn). Avser endast trafik från Mälaren mot Saltsjön.

I spridningsberäkningarna som följer används de totala utsläppen för fritidsbåtar med riktning både in mot Mälaren och ut mot Saltsjön.

Resultat av haltberäkningar

Beräknade bidrag från fritidsbåtarna i Danvikskanalen till halterna av bensen och kolmonoxid framgår av tabellerna och figurerna nedan. Figurerna visar att halterna av bensen och kolmonoxid som uppkommer p g a utsläppen från fritidsbåtarna i kanalen avtar snabbt med avståndet från kanalen. Om man jämför med uppmätta bensenhalter utgör fritidsbåtarnas bidrag mellan 4 % och 10 %, beroende på om resultaten från de passiva mätningarna eller BTX-mätningarna används. För kolmonoxid blir motsvarande värde 1,4 %.

Tabell 21. Jämförelser av totalt uppmätta halter av bensen och kolmonoxid med beräknade bidrag till halterna från fritidsbåtarna i Danvikskanalen.

	Uppmätt medelvärde för juni	Gaussmodellen (Sommarhalvårs-klimatologi)	Procentuellt bidrag från fritidsbåtarna
Bensen, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,6 — 1,0 ¹⁾	0,10	4% — 10%
Kolmonoxid, mg/m^3	0,7	0,01	1,4%

¹⁾ Lägre värdet avser passiv metod och högre värdet med BTX-instrumentet.

I nedanstående tabell redovisas exempel på jämförelser mellan totalt uppmätta bensenhalter och beräknade haltbidrag från fritidsbåtarna för några enstaka timmar då vinden varit sydostlig till sydlig. Beräkningar för enstaka timmar blir betydligt mer osäkra än då ett stort antal väderfall används, såsom visas ovan, men resultaten visar dock att variationerna i bidraget till halterna från en timme till en annan kan vara mycket stor — från någon tiondels procent till tiotals procent beroende på framförallt vindriktningen.

Tabell 22. Jämförelser av totalt uppmätta halter av bensen med beräknade bidrag till halterna från fritidsbåtarna i Danvikskanalen. För beräkningarna användes en gaussmodell och meteorologiska mätningar i Högdalenmasten i södra Stockholm (se texten).

Datum och klockslag	Vindriktning, grader (% av tiden) ¹⁾	Uppmätt (BTX-instrument)	Gaussmodellen Endast bidrag från fritidsbåtar	Procentuellt bidrag
20 juni kl. 09.00	135 (39%)	1,4	0,01	0,7%
20 juni kl. 12.00	135 (71%)	1,5	1,0	66,7%
20 juni kl. 15.00	180 (90%)	2,2	1,2	54,5%
20 juni kl. 17.00	180 (89%)	1,9	0,39	20,5%

¹⁾ Värdet inom parentes anger procent av totala tiden under timmen som vindriktningen varit inom $\pm 22,5$ grader av angiven riktning.

Beräknade emissioner från fritidsbåtar kommunvis i Stockholms län (ton/år)

Kommun	CO	NOx	Part.	Kolväten (HC)				
				Totalt	Bensen	Butadien	Form- aldehyd	Acet- aldehyd
Botkyrka	151	5	2	58	3	0,5	0,5	0,1
Danderyd	121	4	2	47	2	0,4	0,4	0,1
Ekerö	210	7	3	81	4	0,7	0,7	0,2
Haninge	697	23	9	269	13	2	2,4	0,6
Huddinge	73	2	0,9	28	1	0,2	0,3	0,1
Järfälla	132	4	2	51	3	0,4	0,5	0,1
Lidingö	200	7	3	78	4	0,7	0,7	0,2
Nacka	410	13	5	159	8	1,4	1,4	0,3
Norrtälje	1489	49	19	576	28	4,9	5,1	1,2
Nynäshamn	409	13	5	158	8	1,4	1,4	0,3
Salem	5	0,1	0,1	2	0,1	0,02	0,02	0,004
Sigtuna	72	2	0,9	28	1	0,2	0,2	0,1
Sollentuna	81	3	1,0	31	2	0,3	0,3	0,1
Solna	50	2	0,6	19	1,0	0,2	0,2	0,04
Stockholm	1225	40	16	474	23	4,1	4,2	1,0
Sundbyberg	25	0,8	0,3	10	0,5	0,1	0,1	0,02
Södertälje	297	10	4	115	6	1,0	1,0	0,2
Tyresö	202	7	3	78	4	0,7	0,7	0,2
Täby	179	6	2	69	3	0,6	0,6	0,1
Uppl. Bro	81	3	1,0	31	2	0,3	0,3	0,1
Uppl. Väsby	42	1	0,5	16	0,8	0,1	0,1	0,03
Vallentuna	21	0,7	0,3	8	0,4	0,1	0,1	0,02
Vaxholm	345	11	4	133	7	1,1	1,2	0,3
Värmdö	1218	40	15	471	23	4,0	4,0	1,0
Österåker	574	19	7	222	11	1,9	2,0	0,5
Totalt:	8312	272	105	3214	158	28	29	7

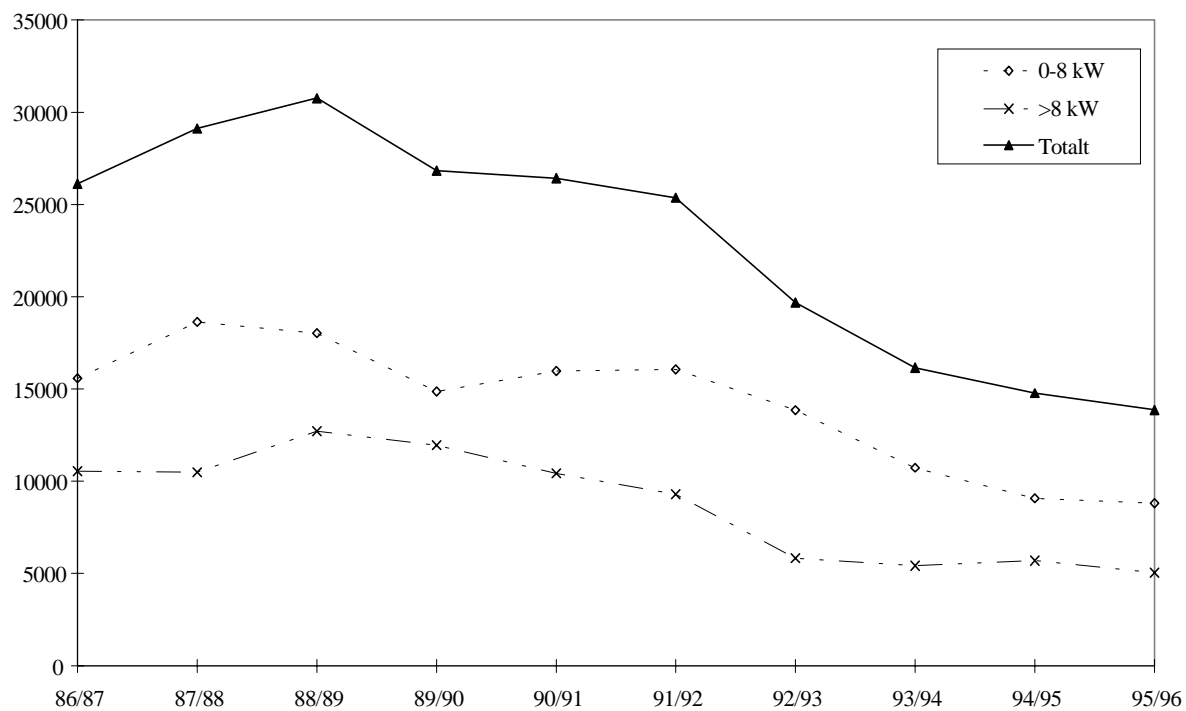
Fritidsbåtarnas sammansättning efter motortyper kommunvis i länet

Kommun	Totalt antal fritidsbåtar*	Tvåtaktsmotorer*	Fyrtaktsmotorer	Dieselmotorer
Botkyrka	3 560	2673	495	392
Danderyd	2 850	2043	493	314
Ekerö	4 957	4099	507	351
Haninge	16 470	13237	1789	1444
Huddinge	1 730	1314	244	172
Järfälla	3 131	2348	411	372
Lidingö	4 739	2999	1031	709
Nacka	9 693	6668	1821	1204
Norrälje	35 206	32043	1829	1334
Nynäshamn	9 658	8258	769	631
Salem	107	81	13	13
Sigtuna	1 694	1242	247	205
Sollentuna	1 915	1366	291	258
Solna	1 186	836	210	140
Stockholm	29 019	19937	5528	3554
Sundbyberg	591	380	127	84
Södertälje	7 031	5397	900	734
Tyresö	4 786	3468	736	582
Täby	4 236	2720	854	662
Upplands-Bro	1 905	1502	216	187
Upplands	993	769	120	104
Vallentuna	490	397	47	46
Vaxholm	8 160	6654	885	621
Värmdö	28 800	23665	3081	2054
Österåker	13 579	10959	1509	1111
Totalt	196 500	155 053	24 153	17 278

* antalet motorbåtar med tvåtaktsmotorer med en motorstyrka <10 kW är uppskattat utifrån respektive kommuns andel av tvåtaktare >10 kW i riket.

Försäljningsstatistik (riket) för två- och fyrtakts utombordsmotorer.

(källa: Svenska Marinmotorleverantörföreningen)



Referenser och litteratur

- [1] Sjöfartsverket, Åtgärder - luftföroreningar från den marina sektorn. Rapport från regeringsuppdrag, 1994-04-30.
- [2] Almén, J., Exhaust measurements of small 2 and 4 stroke engines. AB Svensk Bilprovning, Motortestcenter, Box 223, 136 23 Haninge, rapport MTC 9514A, 1995.
- [3] Öivin Melhus, Avgasutsläpp fra båter. Marintek, Norge 1988.
- [4] EPA. Stationary Internal Combustion Engines. Standards Support and Environmental Impact Statement Volume 1. Proposed Standards of Performance. 1979.
- [5]. Peter Gabele, EPA. "Exhaust Emissions from Four-Stroke Lawn Mower Engines". Journal of the Air and Waste Management Association, vol 47 september 1997.
- [6] Naturvårdsverket, Miljöpåverkan från fritidsbåtar, fiske- och arbetsfartyg. Rapport 3993 1992.
- [7] Stockhoms läns luftvårdsförbund, Luftföroreningar i Stockholms län 1995.
- [8] Laveskog, A., Avgasutsläpp från snöskotermotorer. AB Svensk Bilprovning, Motortestcenter, Box 223, 136 23 Haninge, rapport MTC 9409A, 1995.
- [9] ÅF-industriteknik AB, Kartläggning av förorenande utsläpp från motordrivna arbetsredskap. 1990.
- [10] Fritidsbåten och samhället. SOU 1996:170.