



Vätternvårdsförbundet

Teoretisk riskbedömning av emissioner från utombordsmotorer i Vättern



Rapport nr 70 från Vätternvårdsförbundet

Teoretisk riskbedömning av emissioner från utombordsmotorer i Vättern

*Rapport nr 70 från Vätternvårdsförbundet**

Författare: Erik Timén och Martin Zachrisson (examensarbete)

Omslagsbilder: Henrick Blank

Beställningsadress: Vätternvårdsförbundet
Länsstyrelsen i Jönköpings Län
551 86 Jönköping
Tel 036-395000
Fax 036-167183
Email: Ingrid.Mansson@f.lst.se

ISSN: 1102-3791

Rapporterna 1-29 utgavs av Kommittén för Vätterns vattenvård. Kommittén ombildades 1989 till Vätternvårdsförbundet som fortsätter rapportserien fr o m Rapport 30

Rapporten är tryckt på Länsstyrelsen i Jönköping 2002.

Första upplagan 1-75 ex

Vätternvårdsförbundet publicerar relevanta examensarbeten innehållande resultat som passar in i Vätternvårdsförbundets ordinarie rapportserie. Examensarbeten publiceras i den form de godkänts av utbildningsinstitutionen. Redovisade slutsatser är författarens egna och kan inte åberopas som Vätternvårdsförbundets ståndpunkt eller ställningstagande.



INGENJÖRSHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

Teoretisk riskbedömning av emissioner från utombordsmotorer i Vättern

Theoretical risk assessment of emissions from outboard
engines in lake Vättern

Erik Timén

Martin Zachrisson

Detta examensarbete är utfört vid Ingenjörshögskolan i Jönköping inom ämnesområdet Kemiteknik. Arbetet är ett led i den treåriga högskoleingenjörsutbildningen. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Handledare: [Henrick Blank](#)

Examinator: [Bo Nordström](#)

Omfattning: Examensarbete 10 p (C-nivå), Kemiteknik

Datum: 2002-05-16

Arkiveringsnummer:

Abstract

The purpose of this final project was to do a theoretical analyse of the emissions from out boarders in lake Vättern, to see if further analysis have to be made in the present future. The engines that were studied were both two strokes and four strokes engines.

The calculations were based on two ways of driving. A large use of boat, and a small use of boat. These two ways of driving were put in three different cases, where the emissions depend on the way of driving, engine size and engine type. Further analysis where made on specific substances in the case which had the highest emissions. These specific substances where mainly chosen by the number of facts found about the compounds. The selected compounds were ***Benzene, Toluene, 1,2,4-trimethyl-benzene, Benzo(a)pyrene, Phenanthrene*** and ***Chrysene***.

The results were not alarming if you look at the entire lake. But you should be observant in areas with low sea depths and intensive boat traffic like in harbours, where the concentration of the emissions easily gets high. Of the studied compounds, ***Toluene*** and ***Phenanthrene*** showed the highest concentrations, particularly in shallow water. ***Toluene*** may also be affecting the environment according to the risk analyse.

With only four strokes engines the emissions would decrease to a very low level. The same trend was also observed with the use of alcylate fuel. Unfortunately there are today very few reports made on the effects of alcylate fuel in a biological perspective.

Sammanfattning

Syftet med examensarbetet var att teoretiskt studera om det finns underlag för att göra omfattande vattenanalyser i Vättern, till följd av utsläpp från utombordsmotorer. Undersökningen kom att innefatta olika modeller, storlekar och konstruktion på motorerna. Motorerna var både 2- och 4-taktare, men de var uteslutande utombordsmotorer.

Beräkningarna baserades på två olika körsätt med ett litet användande och ett stort användande av båt. Dessa sattes sedan in i tre olika "cases" (fall), d.v.s. olika modeller där utsläppen beror på körsätt, motorstorlek och motortyp (2-takt eller 4-takt). Vidare studier gjordes med specifika ämnen baserat på det case med de största utsläppen. Ämnena valdes främst ut beroende på hur mycket fakta som hittades om dem. De utvalda ämnena var **Bensen**, **Toluen**, **1,2,4-trimetylbensen**, **Bens(a)pyren**, **Fenantren** och **Krysen**.

Sett till hela Vättern blev resultaten inte alarmerande. Inte ens när man ser det ur ett 60-årsperspektiv (Vätterns omsättningstid), blir det någon verklig effekt på miljön. Dock bör man nog hålla uppsikt över tättrafikerade områden som t ex. hamnar, där koncentrationerna kan bli höga i det grunda vattnet. Av de studerade ämnena skulle Toluen och Fenantren ha de högsta koncentrationerna, speciellt i grunda vatten. Toluen kan även tros påverka miljön i grundare vatten enligt riskanalysen.

Resultaten visade även på den stora skillnaden av emissioner beroende på motortyp. I ett scenario med enbart 4-taktare skulle utsläppen reduceras kraftigt. Samma sak skulle hända om man använde alkylatbensinⁱ. Det finns dock i dag alldeles för få undersökningar av de biologiska effekterna från alkylatbensin. De fysikaliska fakta som finns om varje ämne idag, säger heller inget eller väldigt lite om den biologiska påverkan olika ämnen kan ha tillsammans.

Nyckelord

Alkylatbensin

Kolväten

PAH

Riskanalys

Utombordsmotor

Vättern

ⁱ Alkylatbensin = Raffinaderikomponent vid framställning av standardbensin. Används också som drivmedel men ger mindre utsläpp av kolväten.

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
1.1	Båtsverige	6
1.2	Problem med utsläpp i Vättern	6
1.3	Syfte	7
2	Teoretisk bakgrund	8
2.1	Vättern.....	8
2.1.1	<i>Vätterns Uppkomst.....</i>	<i>8</i>
2.2	Gränsvärden för utsläppta ämnen	9
2.3	Tillförsel och spridning av kolväten i Vättern	9
2.4	Motorer	11
2.4.1	<i>Fyrtaktsmotorn.....</i>	<i>11</i>
2.4.2	<i>Tvåtaktsmotorn</i>	<i>11</i>
2.5	Alkylatbensin	12
2.6	Miljöklassning och skattning av bränslen.....	12
3	Förutsättningar för beräkningar.....	13
3.1	Bakgrund.....	13
3.2	Flödesschema över arbetsgången.....	14
3.3	Uppskattning av antalet båtar.....	15
3.4	Jönköping kommuns strandsträcka	16
3.5	Kvalitativ analys av utsläpp i Vättern.....	17
3.5.1	<i>Kolväten - HC.....</i>	<i>18</i>
3.5.2	<i>Polyaromatiska kolväten - PAH.....</i>	<i>18</i>
3.6	Kvantitativ analys och koncentrationer av utsläpp i Vättern	19
3.6.1	<i>Svensson och Trolling – Två olika körsätt.....</i>	<i>19</i>
3.6.2	<i>Beräkning av snittmotorer</i>	<i>20</i>
3.6.3	<i>Plymmodellen.....</i>	<i>21</i>
3.7	Risakanalys.....	22
3.8	Slutsats	23
4	Resultat	24
4.1	Utsläpp av oförbränt bränsle.....	24
4.2	Case – Scenarier.....	25
4.2.1	<i>Case 1A – ”Alla 2-takt > 10 hk”</i>	<i>25</i>
4.2.2	<i>Case 1B – ”Alla 2-takt < 10 hk”</i>	<i>26</i>
4.2.3	<i>Case 2A – ”Alla 4-takt >10 hk”</i>	<i>27</i>
4.2.4	<i>Case 2B – “Alla 4-takt < 10 hk”</i>	<i>28</i>
4.2.5	<i>Case 3A – “2/3 tvåtakt, 1/3 fyrtakt > 10 hk”.....</i>	<i>29</i>
4.2.6	<i>Case 3B – “2/3 tvåtakt, 1/3 fyrtakt < 10 hk”</i>	<i>30</i>
4.3	Översikt av de kvantitativa utsläppen i casen.....	31
4.4	Koncentration i vattnet av specifika ämnen.....	32
4.4.1	<i>Koncentration av HC efter 1 år</i>	<i>32</i>
4.4.2	<i>Koncentration av HC efter 60 år</i>	<i>33</i>
4.4.3	<i>Koncentration av PAH efter 1 år</i>	<i>34</i>
4.4.4	<i>PAH 60 år</i>	<i>36</i>

Innehållsförteckning

4.5	Risikanalyt	37
4.5.1	<i>PEC/PNEC 1år</i>	37
4.5.2	<i>Risikanalyt (60år)</i>	38
4.6	Utsläpp av HC o PAH för Alkylatbensin	39
4.6.1	<i>Jämförelse av kvantitativa utsläpp mellan standard- och alkylatbensin</i>	40
5	Diskussion	41
6	Tack	44
7	Referenser	45
8	Bilagor	47

1 Inledning

1.1 Båtsverige

Det finns över 1 miljon fritidsbåtar i Sverige. Slår man ut det på den totala befolkningmängden, betyder det att nästan var sjätte svensk har tillgång till en båt.

- En övervägande del av båtbeståndet är motorbåtar.
- Ca 800 000 båtar är utrustade med motor.
- Av de 800 000 motorbåtarna har ca 200 000 en inombordsmotor. De resterande 600 000 är utombordare. Drygt 430 000 av de senare har en motor under 10 hk och 170 000 är på minst 10 hk¹
- Stöldskyddsföreningen administrerar ett frivilligt fritidsbåtsregister, som omfattar över 160 000 båtar. Den används främst vid identifiering av stulna båtar och aktiva sjöräddningsinsatser.

Det finns drygt ca 1000 båtklubbar i Sverige, de har sammanlagt 250 000 medlemmar. Detta visar på att de flesta som äger en fritidsbåt inte är medlem i någon båtklubb.

En mindre fritidsbåt med en utombordsmotor kan i princip användas året runt, förutsatt att det inte är fruset på sjön. Ser man däremot till verkligheten så är det nästan enbart yrkes- och sportfiskarna som använder båtarna i den utsträckningen. Vanligare är det att man nyttjar båten i snitt 3 månader om året, under sommarmånaderna juni, juli och augusti.

1.2 Problem med utsläpp i Vättern

De flesta båtägare anser sig förstå att deras hobby påverkar miljön, men är ändå av uppfattningen att ”det lilla jag åker kan inte vara så farligt”. Problemet med utombordsmotorer är dock större än vad gemene man anar. Trots att de inte körs mer än några få timmar varje år släpper de ut 15 000 ton kolväten totalt i Sverige varje år². En av de bidragande orsakerna är maskinparkens ålder. Trots att de nyare modellerna av både 2-takt- och 4-taktsmotorer är miljövänligare, så har de flesta båtägare en motor som har ett antal år på nacken.

Utsläppen från motorerna kan skada växt och djurlivet i vattnet. En studie gjord av forskaren Lennart Balk på uppdrag av Sjöfartsverket och Naturvårdsverket visar på detta³. I studien undersöktes hur avgaserna från båtmotorerna påverkar fiskägg. Sju olika båtmotorer, både tvåtaktare och 4-taktare, av olika effekt och ålder testkördes. Extraktet från testvattnet injicerades sedan i olika koncentrationer i fiskäggen och dess utveckling studerades. Dödlighet och grava deformationer blev resultatet. Motorer med störst utsläpp av PAH orsakade högst dödlighet. Studien visar alltså på hur giftiga utsläppen är.

Vättern som är Sveriges näst största sjö, kan antas husera för en stor del av landets alla fritidsbåtar. Då sjön har en omsättningstid på hela 60 år⁴ är den mycket känslig för miljöpåverkan då föroreningarna förs bort väldigt långsamt. Den långa omsättningstiden gör även att sjön blir näringsfattig och får därigenom en låg biomassa. Biomassan av organismer i sjön är alltså ganska lågt, vilket medför en sämre bioutspädning. Detta medför att även små utsläpp kan ge höga koncentrationer i toppkonsumenter.

1.3 Syfte

Sverige är ett av världens båtätaste länder. Var sjätte svensk har tillgång till en fritidsbåt och antalet båtar ökar. Användandet av fritidsbåtar skapar proportionellt stora utsläpp av oförbrända kolväten till miljön⁵. Eftersom utsläppet sker i vatten bryts inte kolvätena ner lika fort p.g.a. den otillräckliga solenergin¹. Dessa utsläpp utgör en potentiell risk för växter och djur. Bland fritidsbåtarna är det utombordaren som är den största utsläppskällan.

Vättern, som har stora naturvärden, är mycket känslig för miljöpåverkan. Dess omloppstid är ungefär 60 år och de förhållandevis lilla tillrinningsområdet gör den mycket sårbar. Sjön är också en viktig vattentäkt och försörjer ca 250 000 människor med dagligt dricksvatten⁴. Vätterns vattenkvalitet är därmed mycket viktig både för de som dricker det och för yrkes- och fritidsfiskarna.

Syftet med studien är således att undersöka om utsläppen från utombordarna i Vättern är av sådan grad att de riskerar att påverka sjöns växter och djur samt människors hälsa. Vid ett sådant resultat bör vidare analyser göras i föreslagna områden.

För att få svar på detta måste vi även besvara följande frågor:

- Uppskattningsvis, hur många utombordare finns det i Vättern?
- Vilka är de kvalitativa utsläppen? (Vilka är de utsläppta ämnena?)
- Vilken är kvantiteten av utsläppen?
- Riskanalys - påverkar utsläppen Vättern?
- Vilka är alternativen?

2 Teoretisk bakgrund

2.1 Vättern

2.1.1 Vätterns Uppkomst⁴

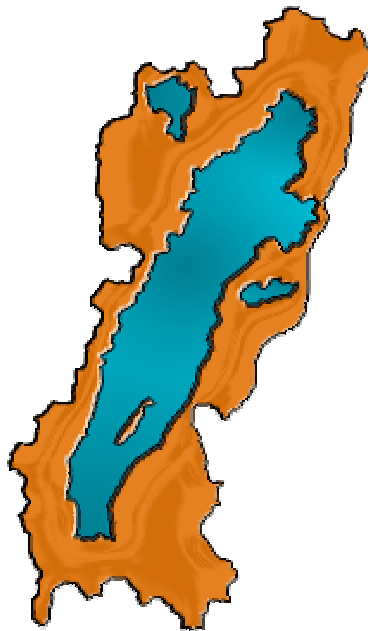
Vättern är Sveriges näst största sjö. Den har uppkommit genom starka jordskorpsrörelser genom tiderna. För 200-400 miljoner år sedan bildades den öst-västliga förkastningen från Bråviken till Vättern. Jönköpingstrakten utsattes för enorma öst-västliga krafter för 40-50 miljoner år sedan som strävade efter att sträcka ut jordytan. Földerna blev en uppsprickning i jordskorpan och flera stora bergblock sjönk ned varefter en gravsänka bildades, i vilken Vättern bildades.

Under årens lopp har landformerna förändrats och omformats av de inlandsisar som täckte stora delar av Skandinavien och Nordeuropa under nära tre miljoner år. För omkring 14 000 år sedan började den senaste landisen förflytta sig tillbaka över Skandinavien.

Vättern var för 11 000 år sedan en vik i den s.k. Baltiska Issjön, som när isranden drog norrut fick kontakt med havet i väster för ca 10 000 år sedan.

Vätterns utseende beror även på den pågående landhöjningen. I och med landhöjningen skars Vättern av från både den s.k. Ancylussjön i öster och havet i väster. Tidigare hade Vättern ett utlopp i sjöns norra del, i närheten av Askersund, som mynnade ut i Östersjön. Men landhöjningen skapade senare ett nytt utlopp vid Motala, via Motala ström.

Idag är landhöjningen 3,5 mm/år vid Motala medan den är 2,6 mm/år i Jönköping. Resultatet är att sjön sakta tippar mot söder.



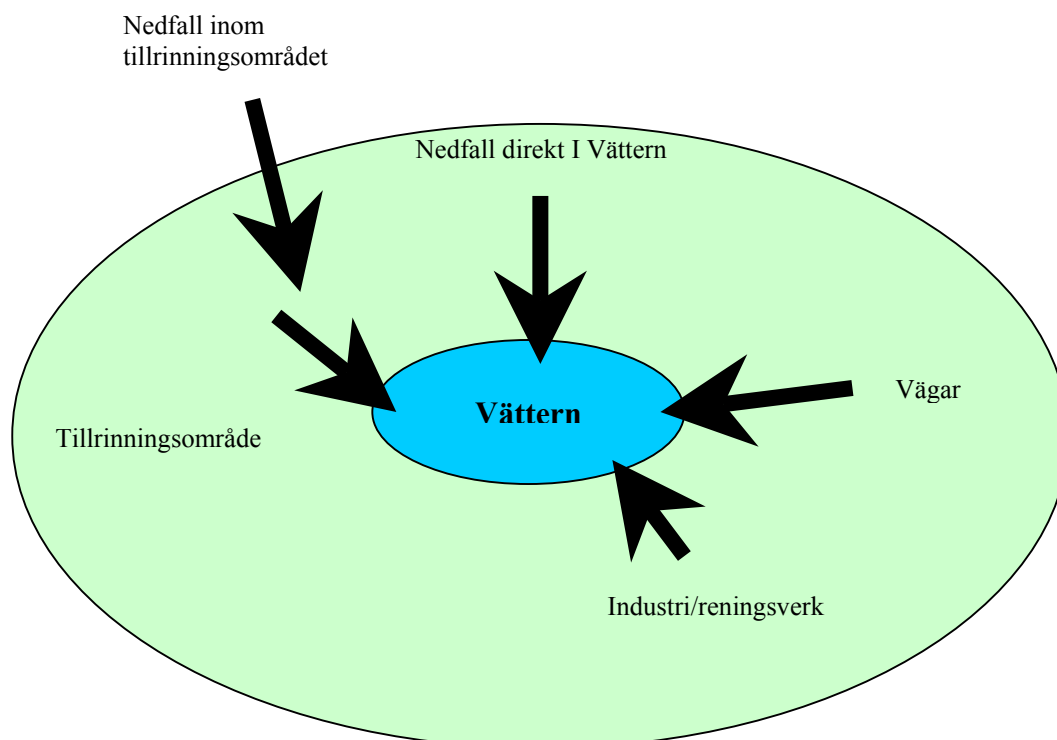
Figur 2.1 Vätterns tillrinningsområden
(Vätternvårdsförbundets hemsida)

2.2 Gränsvärden för utsläppta ämnen

Som i alla undersökningar som innefattar kemiska ämnen, är bristen på konkreta ämnesfakta påtaglig. Det är nästan enbart de mer kända cancerogena ämnena som t.ex. bensen, som det finns fastställda gränsvärden för. Generellt för aromatiska kolväten är att de ger nervskador vid hög exponering samt att de är starkt bidragande till att bilda exempelvis marknära ozon. Kolvätena har en måttlig bioackumulering och nedbrytbarheten ökar ju större molekylen är samt ju fler förgreningar den har. Större påverkan har polyaromatiska kolväten (PAH). De består av två eller flera sammansatta bensenringar. Flera av dessa ämnen är akut skadliga för miljö och hälsa, antingen eko-toxiskt, genotoxiskt eller cancerogent. PAH:er binds ofta i bottensedimentet där de kan bli mycket långlivade. För mer fakta om gränsvärden för de ämnen som behandlas i rapporten, se bilaga 2

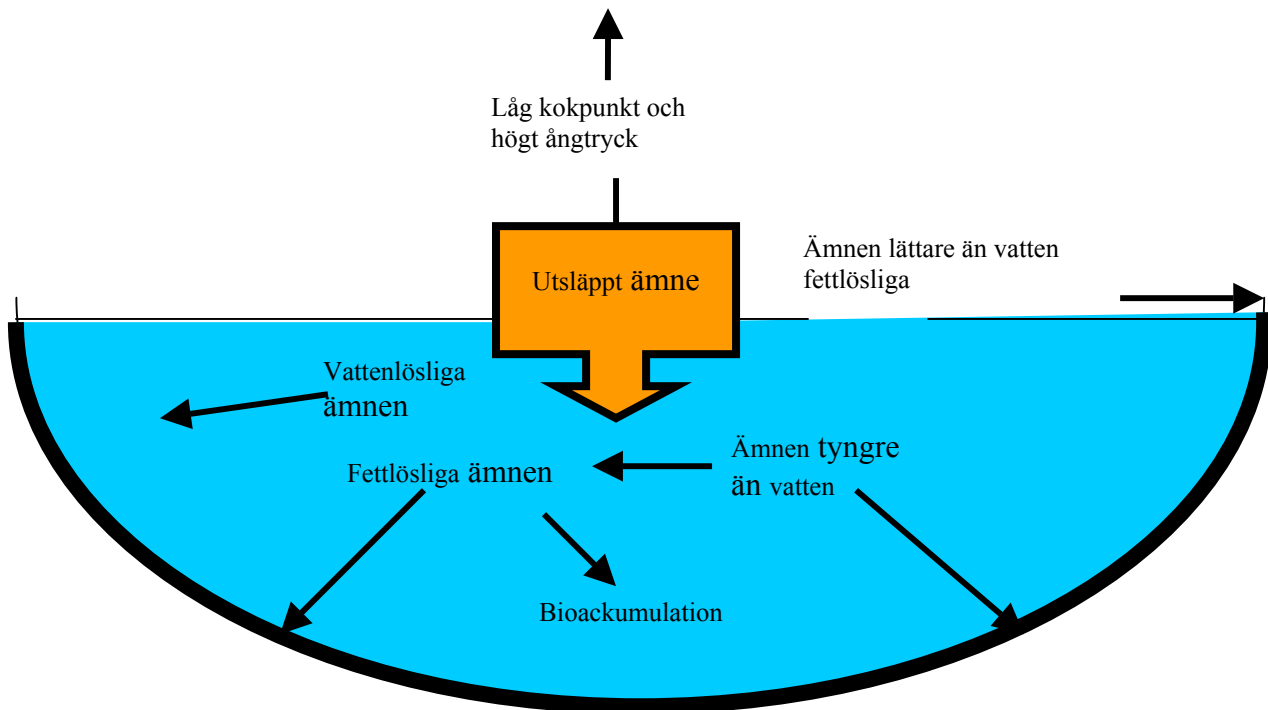
2.3 Tillförsel och spridning av kolväten i Vättern

Den totala mängden kolväten i Vättern kommer inte enbart av utsläpp från utombordsmotorer. Inte heller kommer allt från det totala antalet båtar på Vättern. Vättern har ett litet tillrinningsområde vilket medför att omkringliggande industri och hushåll, slitage på vägar och bilar, utsläpp från bilar samt nedfall över tillrinningsområdet, medverkar till halten av kolväten.



Figur 2.2 Kolvätens transport till Vättern

När kolvätena väl kommit ut i vattnet finns det en rad olika fysikaliska egenskaper som bestämmer vart de olika kolvätena tar vägen. För att lättare kunna påvisa kolvätenas spridning i vattnet illustrerar vi det med ett snitt av Vättern.



Figur 2.3 Figuren visar hur olika ämnen kan sprida sig efter att ha blivit utsläppta i vatten

Förångning av ett ämne är ett av de viktigaste förloppen för att avlägsna mer flyktiga ämnen i vatten. Högre ångtryck medför större chans att ämnet förångas (koka) och transporteras från vattnet till luften. Tiden det tar för ett ämne att förångas beror på temperatur och vind. Hög temperatur och stark vind medför en snabbare förångning. Ämnen som har en låg kokpunkt, strax över 0° C, förångas snabbt när de kommer i kontakt med luft och de sprids således mycket snabbt.

För att ett ämne ska brytas ner snabbt krävs i de flesta fall, tillgång på syre och ljus. Här kommer densiteten på ämnena att spela en stor roll. Har ett ämne en högre densitet än vatten kommer ämnet att sjunka. Vättern är en klar sjö och har ett siktdjup på ungefär 15 meter⁴, men efter det försvinner ljuset gradvis och hastigheten på nedbrytningen av ämnena minskar. Ämnen med en lägre densitet än vatten kommer att hamna på ytan och i det övre vattenskiktet. Där kan de snabbare avdunsta, men de kan också göra mycket skada på de växter och djur som lever vid strandkanten eller strax under vattenytan.

Ämnen som t.ex. bensin eller PAH:er är svårlösliga eller olösliga i vatten. De är istället lösliga i fettvävnader hos djur, men de kan också adsorberas till partiklar i bottensedimentet. Det är detta som kallas för *bioackumulation*. Eftersom ämnena inte löser sig i vatten har Vätterns stora volym ingen betydelse utan ämnet stannar i koncentrerad form. Vättern är en näringsfattig sjö vilket medför att det finns lite biomassa som kan uppta de fettlösliga ämnena och då blir koncentrationerna desto högre i toppkonsumenterna.

2.4 Motorer

I princip finns det två sorters motorer som motorbåtar kan framföras av. Det är inombordsmotorer och utombordsmotorer. Inombordsmotorerna består nästan uteslutande av 4-taktsmotorer, medan utombordsmotorerna nästan enbart består av 2-taktsmotorer⁶.

Fördelningen grundar sig på storleken på båtarna mot vikten och storleken på motorerna. En 4-taktsmotor är betydligt större och tyngre än vad en 2-taktsmotor är samt att den är dyrare i inköp än 2-taktarna i samma effektklass. I längden är 4-taktaren billigare än 2-taktaren för att den är mer bränseffektiv än motsvarande 2-taktsmotor. Den dyrare, tyngre och i längden effektivare 4-taktaren hamnar på större båtar. Större båtar betyder ofta havsgående där köparen har ett intresse av att använda motorn mycket, men det kan även vara professionella fiskare i insjöar. De sistnämnda använder motorn så pass mycket att de tjänar på att införskaffa en 4-taktsmotor. Ser man till en ”vanlig” båtägare, en person som använder motorn några dagar per år, så är det en dyr investering att införskaffa en 4-taktare. Istället köper man en 2-taktsmotor som är pålitlig, enkel och lätt att handha.

2.4.1 Fyrtaktsmotorn

I 4-taktsmotorn sker förbränningen av bränslet i fyra steg. Först trycks kolven uppåt där den tvingar ut avgaserna genom den öppna avgasporten. Sedan stängs avgasporten och intagsporten för bränslet öppnas när kolven rör sig neråt. När kolven rör sig uppåt igen är båda portarna stängda och det insläppta bränslet och luften komprimeras och antänds när kolven nått sin topp. Kolven går ner med båda valven stängda, sedan börjar det om på nytt.

Ventilerna håller avgaserna och det oförbrända bränslet separerade, detta gör att man inte får ett utsläpp av oförbränt bränsle till vattnet.

2.4.2 Tvåtaktsmotorn

I 2-taktsmotorn finns det inga valv. Bränslet och avgaserna kommer och försvinner genom portar som är öppna medan kolven går ner till botten. Avgaserna går ut i slutet av komprimeringstakten och det nya bränslet kommer in i början av komprimeringstakten. Olika placeringar och utformning av in/utgångsportarna, formen på kolven har testats för att minimera utsläppet av oförbränt bränsle, men så länge som båda portarna är öppna samtidigt så kommer det alltid att finnas en liten bränsleförlust. Man räknar man med att hos äldre modeller passerar ca 25 % av det ingående bränslet motorn utan att förbrännas. Nya 2-taktare med bränsleinjektion högt uppe i cylindern och som stänger avgasporten när bränslet injiceras, eliminerar det mesta av bränsleförlusten.

2.5 Alkylatbensin

Alkylatbensin är en raffinaderikomponent, dvs. fossilt bränsle, som används för framställning av bensin. Utvecklingen av alkyleringsanläggningar kom till på 40-talet, när flyget utvecklades. Alkylatbensin har ett högt oktantal – RON – 95, vilket gjorde att man kunde öka flygplanens effektuttag. I och med övergången till jetmotorer inom det civila flyget, har efterfrågan på alkylatbensin minskat. Alkylatbensinens höga oktantal gjorde att den ökade i värde när man minskade användningen av bly som oktanhöjande medel.

Alkylatbensinen har låg densitet vilket medför att energiinnehållet per volymenhet är lägre än för bensin och bränsleförbrukningen högre.

Det första användningsområdet för alkylatbensin är i maskiner med hög exponering för avgaser. Detta gäller t.ex. motorsågar. Alkylatbensinen går att använda till alla motorer med vissa anpassningar, särskilt till 2-taktsmotorer i t.ex. snöskotrar, arbetsmaskiner och utombordsmotorer. Användningen av alkylatbensin i båtmotorer är nästan obefintlig idag. Av arbetsmiljöskäl används den mer frekvent i motorsågar och professionellt använda gräsklippare.

Alkylatbensin innehåller knappt inga aromater och undersökningar visar på en minskning på 80-90 % av PAH-utsläpp vid användandet av alkylatbensin i 2-taktsmotorer. Utsläppen tordes bli ännu mindre i kombination med en miljöanpassad 2-taktsolja.

Tekniska nackdelar är att motorer körda på alkylatbensin får sina packningar, bensinslangar etc. uttorkade, vilket då kan leda till läckage med olycksrisker som följd.

Till sin fördel talar, förutom sina miljö- och hälsovinster, det faktum att avgaserna luktar mindre, motorerna startar lättare och bränslet går till skillnad från standardbensin att lagras i flera år utan försämrad kvalitet.

Enligt SOU 1995:30¹⁹ är den knappa tillgången på alkylatbensin den avgörande faktorn om man ska utöka användningen av densamma. Tillverkningen av alkylatbensin är beroende av tillverkningen av ”vanlig” bensin. Detta medför en begränsning av användandet.

2.6 Miljöklassning och skattning av bränslen

1994 var det år man beslutade om att klassa in olika renheter av bensin. Resultatet blev miljöklass 2 (Mk2) och miljöklass 3 (Mk3). Senare samma år lades det till en miljöklass 1 (Mk1)⁷.

1999 träffades ett avtal mellan Naturvårdsverket och de svenska oljebolagen angående en frivillig introduktion till Mk1. Idag återfinns Mk2 hos bolag som erbjuder s.k. ”röd” bensin, d.v.s. 96 och 98 oktän. Den bensinen innehåller olika substitut till blyet. Substitutet kan t.ex. vara kalium.

Sedan den 1 januari 2000 finns alkylatbensinen med i Mk1. Där återfinns också bränslen som Blyfri 95, Blyfri 98, Premium 98 samt Medium 96. Det är framförallt Blyfri 95 som används till båtmotorer. 1996 föreslog miljövårdsberedningen att en omläggning och differentiering av skatter på bensin och olja genomförs, så att en kraftig skattesänkning på bensin och olja genomförs. Skattesänkningen syftar till att uppmuntra till en övergång mot miljöanpassade bränslen och oljor⁷.

3 Förutsättningar för beräkningar

3.1 Bakgrund

Två undersökningar kom att ligga till grund för projektet. Dels en undersökning i Sveriges Natur⁸ (2001-3-4) gjord av Christer Olofsson, dels ett examensarbete gjort av två studenter vid Chalmers⁷ Tekniska Högskola, Jonas Alin och Tomas Astnäs. Båda rapporterna behandlade utsläpp från utombordsmotorer. Den senare fokuserade på en jämförelse mellan standardbensin och alkylatbensin.

För material till de biologiska aspekterna kontaktades forskaren Lennart Balk vid ITM, Stockholm. Balk har skrivit rapporter om hur utsläppen från tvåtaktare påverkar fisk³.

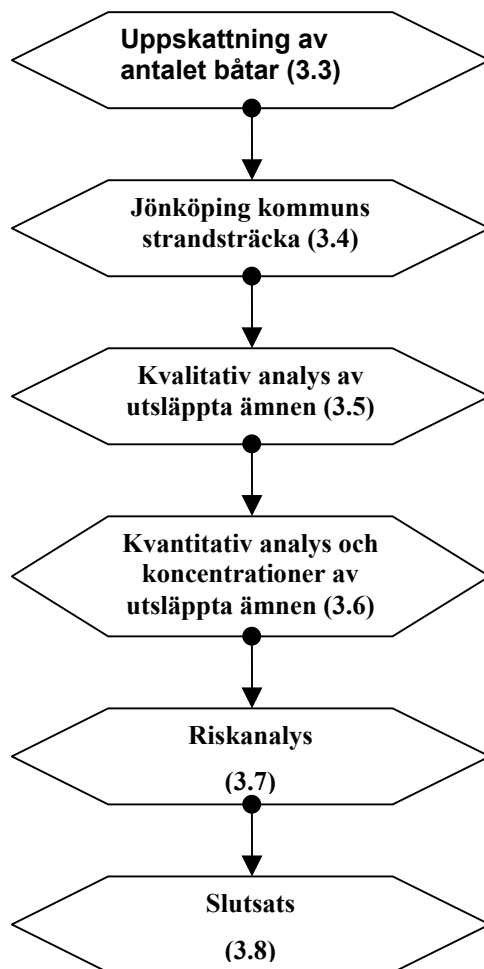
Rapporten baseras på mätvärden av ämnen i vatten. Ingen hänsyn har därmed tagits till avdunstade föreningar som kan komma påverka sjöns miljö via nederbörd och dylikt. Likaså har ingen hänsyn tagits till andra miljöpåverkande föreningar såsom koldioxid och kvävedioxid. Rapporten är fokuserad på kolväten (HC) och polyaromatiska kolväten (PAH).

Antalet båtar i Vättern är en uppskattad siffra så den verkliga siffran kan därmed pendla både uppåt och nedåt. Tillfälliga båtar på trailers har inte räknats med då siffror för dessa saknades.

Då Vätterns omsättningstid, dvs. tiden till allt vatten bytts ut, är så pass lång som 60 år⁴ antas volymen vara konstant utan tillrinning och avrinning.

3.2 Flödesschema över arbetsgången

För att lättare förstå insamlandet av data och arbetsgången i rapporten illustreras detta med hjälp av ett flödesschema. Inom parentes anges hänvisning till stycke där aktuell rubrik behandlas.



Figur 3.1 Flödesschema över arbetsgången i rapporten.
Styckehänvisning inom parentes.

3.3 Uppskattning av antalet båtar

I Sverige finns det omkring 600 000 fritidsbåtar med utombordsmotorer⁹. Man kan då anta att Vättern bör stå för ett stort antal av dessa. Enligt Staffan Höögard på Svenska Båtunionen¹⁰ så är de flesta båtägare inte registrerade in någon båtklubb utan ligger vid privata bryggor. För att få med dessa privata bryggor valde vi att studera antalet båtar per kilometer strandsträcka. Kontakt togs med Lantmäteriet i Jönköping som lät oss få tillgång till kartarkivet där vi kunde räkna antalet strandtomter i Jönköpings kommun.

Varje tomt antogs ha minst 1 båt med utombordare. Antalet båtar relaterades sedan till kommunens strandsträcka. Resultatet skalades sedan upp för hela Vättern.

Just Jönköpings strandsträcka är tämligen gles då den har få men stora strandtomter i jämförelse med Motalas och Askersund. Men på grund av brist på resurser och tid ansåg vi att denna siffra var någorlunda representativ för alla privatägda bryggor.

Summan av båtar med utombordare i hamnar/marinor och vid privata bryggor uppskattas till ca 3000 båtar. Siffran kan mycket väl vara högre. Om man slår ut antalet fritidsbåtar på Sveriges folkmängd och relaterar det till den ungefärliga folkmängden runt Vättern, kan man uppskatta antalet till 8700 båtar. Att den verkliga siffran är betydligt lägre beror bl.a. på sjöns storlek. Generellt kan man säga ju större sjö desto större båtar. I mindre sjöar är motorbåtar med utombordsmotorer betydligt vanligare. I en större sjö som Vättern är segelbåtar och större motorbåtar med inombordare vanligare. Dessa två har vi dock valt att inte studera i denna rapport.

➤ Jönköpings kommuns strandsträcka:	99,432 km
➤ Total strandsträcka Vättern:	516,511 km
➤ Antal strandtomter, Jkp kommun:	ca 350 st.
➤ Uppskattat antal utombordare/tomt:	<u>1 st.</u>
➤ Summa båtar/km:	3,5 st./km
➤ Summa båtar för hela Vättern:	ca 2000 st.
➤ Antal båtar med utombordare i båtklubbar runt Vättern:	<u>ca 1000 st. (troligen fler)</u>
➤ Total summa båtar i Vättern:	ca 3000 st.

3.4 Jönköping kommuns strandsträcka

Jönköpings kommun kan antas ha ett betydligt lägre antal båtar än t.ex. Askersunds kommun. Det stora antalet öar i norra Vättern medför att det är mer attraktivt för mindre båtar. Jönköpings kommun har även stora sträckor med oanvänd strandsträcka t.ex. den del av E4:an som går utefter Vätterns östra strand. Där finns det sträckor på upptill en mil utan någon båt. Resultatet av detta blir att uppskattningen av antalet båtar per km strandsträcka kan vara något lågt för hela Vättern (se bilaga 3). Detta beror dock på huruvida 1 motor/tomt är en över- eller underskattning. Det finns heller ingen statistik för trailersⁱⁱ i Vättern.



Figur 3.1 Jönköpings kommuns strandsträcka.

ⁱⁱ Trailers = Tillfälliga båtar i Vättern transporterade via trailers.

3.5 Kvalitativ analys av utsläpp i Vättern

Innehållet i standardbensin kan variera lite beroende på tillverkaren, men grovt sett så innehåller de samma ämnen^{11, 12, 13}.

Vid studier av ämnens påverkan på miljön blir koncentrationerna mycket små då man har en så stor volym som Vättern. För att göra det mer överskådligt delas ämnena in i två olika grupper: HC och PAH. Av dessa valdes sedan tre föreningar från respektive grupp ut för ytterligare studier. Ämnena valdes ut beroende på hur mycket fakta som hittades om dem.

Ingående ämnen

De ingående ämnena i bränslet är följande⁷:

- Iso-oktan
- Bensen
- Toluén
- Etylbensen
- o/m/p-xylen
- 1,2,3-trimetylbensen
- 1,2,4-trimetylbensen
- 1,3,5-trimetylbensen
- Naftalen
- små mängder PAH:er

Utgående ämnen

Nedan listas de utgående ämnena⁷. Kursiverade ämnen valdes ut för vidare analyser.

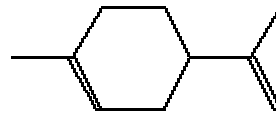
HC (kolväten)		PAH (polyaromatiska kolväten)
○ Iso-oktan	○	Fluoren
○ Bensen	○	Acenaften
○ Toluén	○	Acenaftylen
○ Etylbensen	○	Antracen
○ o/m/p-xylen	○	Fenantren
○ 1,2,3-trimetylbensen	○	Fluoranten
○ 1,2,4-trimetylbensen	○	Pyren
○ 1,3,5-trimetylbensen	○	Benso(ghi)perylen
○ Naftalen	○	Krysen
	○	Bens(a)antracen
	○	Bens(k)fluoranten
	○	Bens(a)pyren
	○	Dibens(ah)antracen
	○	Bens(b)fluoranten
	○	Indeno(123cd)pyren

3.5.1 Kolväten - HC¹⁴

Kolväten eller HC (hydrocarbons) är kemiska föreningar i vilka kol och väte ingår. De klassificeras i acykliska (alifatiska) och cykliska kolväten beroende på kolatomernas sätt att bindas till varandra. Acykliska kolväten indelas efter antalet multipelbindningar i molekylen, alkaner (ingen multipelbindning), alkenar (en dubbelbindning), alkadiener (två dubbelbindningar), alkyner (en trippelbindning) etc. Cykliska kolväten är antingen alicykliska eller aromatiska föreningar, där de senare har minst en ring innehållande ett maximalt antal konjugerade dubbelbindningar. Storleken på molekylerna som de här två atomslagen kan bilda varierar kraftigt. Alltifrån enklaste föreningen metan till mycket långa kedjor i t.ex. plaster. Den främsta källan till kolväten är petroleum.



Figur 3.2 Strukturformel för Hexan, som är ett exempel på acykliska kolväten.



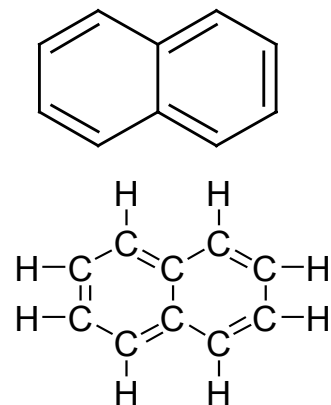
Figur 3.3 Strukturformel för Limonen, som är ett exempel på cykliska kolväten.

3.5.2 Polyaromatiska kolväten - PAH

Polyaromatiska kolväten, PAH, används som råvara vid tillverkningen av PVC, pigment, plaster, färg och pesticider. PAH förekommer också naturligt i petroleum, men bildas även vid ofullständig förbränning av organsikt material, både i motorer och naturligt vid t.ex. skogsbränder. Dess molekyler är uppbyggda av två eller flera sammansatta bensenrings. PAH är en komplex grupp ämnen varav många anses vara tämligen ofarliga ur miljö- och hälsosynvinkel. Men några av dem är mycket giftiga och direkt cancerogena. Dessa kan redan vid låga koncentrationer ge allvarliga konsekvenser då de är svårnedbrytbara och bioackumuleras. I vattenmiljö binds, till stor del, dessa kolväten till sedimenten. Där kan de bli mycket långlivade. Många levande organismer metaboliserar PAH väldigt snabbt medan vissa har en låg metaboliseringsförmåga. De sistnämnda lagrar i stället kolvätena och halten blir snabbt ganska hög i dessa organismer¹⁵.

Tabell 3.1 Fysikaliska egenskaper hos PAH:er i allmänhet

Densitet:	> 1000g/l
Fettlöslighet (log K_{ow}):	ca 6
Smältpunkt:	t ex +164°C
Bioackumulerbarhet:	8,7 – 100 000
Kokpunkt:	t ex +536°C
Nedbrytbarhet (T_{1/2}):	År (fotolys - några dagar)
Ångtryck:	ca
0 mm Hg	
Toxicitet (LC₅₀ el. EC₅₀):	0,001 mg/l



Figur 3.4 Strukturformel för Naftalen, som är ett exempel på en PAH

3.6 Kvantitativ analys och koncentrationer av utsläpp i Vättern

Olika beräkningar har gjorts för de utvalda ämnena samt för de totala mängderna PAH:er och kolväten. Det finns två olika fall, ett för nutida värden och ett för hur det skulle se ut om 60 år. Beräkningarna är grundade på följande fakta: Vättern har en volym på 74 km³ och det cirkulerar 3000 båtar på Vättern⁴.

3.6.1 Svensson och Trolling – Två olika körsätt

Nyttjandet av båt beror mycket på intresse, vilket gör att det inte går att få fram några exakta siffror för körtid och utsläpp. Därför valdes två fall. I det ena undersöktes utsläpp om nyttjandet skulle vara lågt, medan i det andra fallet studerades utsläppen vid extremt bruk.

➤ Svensson

Fallet med litet bruk av båt får representera gemene man, ”Svensson”. Dess körtid per år räknades fram med hjälp av uppskattade försäljningssiffror av bensin (50 000 m³/år)¹⁶. Detta slogs ut på totala antalet fritidsbåtar i Sverige (600 000 st.)². Då erhöles ett värde på den genomsnittliga årsförbrukningen av bensin, 83,3 l/år.

Tabell 3.3 Tabell över nyttjandet av båt varje år för gemene man (”Svensson”). En uppskattad siffra av 50 000 m³ bensin/år utslagen på antalet båtar med utombordsmotorer (600 000), medför en genomsnittlig bensinförbrukning på 83,3 l/år och motor.

Försäljning bensin/år	50000 m ³
Antal fritidsbåtar	600000 st.
Genomsnittlig förbr.	83,3 l/år

➤ Trolling

Det andra fallet, där ett extremt bruk studerades, representerar ett professionellt användande av båt. En enkätundersökning bland Trollingsfiskare i Vättern¹⁷ (därav namnet ”Trolling”) gjord av Länsstyrelsen samt Christer Olofssons studie av båtmotorer, låg till grund för beräkningarna. Enkäten visade på ett nyttjande på ca 12 dagar om året à 5,6 h varje gång. Enligt Olofssons studie skulle en snittmotor (2-takt) ha en förbrukning på 8,17 l/h. Årsförbrukningen för en trollingfiskare blev därmed ca 550 l/år.

Tabell 3.4 Tabell över nyttjandet av båt varje år för ett mer frekvent användande (”Trolling”). En enkätundersökning bland trollingfiskare i Vättern gav siffror på det tidsmässiga nyttjandet av motorerna. Varje motor användes 12 gånger per år och 5,6 h per gång. En snittförbrukning för 2-taktare hamnar på 8,17 l/h. Detta medför en årlig bensinförbrukning på 550 l/år och motor.

Antal hela dagar/år	~12
Antal timmar/gång	5,6 h
Summa timmar	67,2 h/år
Förbrukning/h	8,17 l/h
Summa förbrukning/h	549 l/år

3.6.2 Beräkning av snittmotorer

Två snittmotorer har tagits fram för både 2-taktare och 4-taktare, en som överstiger 10 hk och en som understiger 10 hk. Dessa motorer bygger på statistik ur en rapport från Sveriges Natur⁸ och ur Chalmersrapporten⁷. Motorerna som användes i de två rapporterna var både 2-taktare och 4-taktare. I Sveriges Naturs rapport testades motorer av olika storlek, medan Chalmersrapporten enbart har motorer på under 10 hästkrafter.

Tabell 3.5 **2-taktare över 10 hk**. Motorerna är 2-taktare och har mer än 10 hk. De är av olika modell, konstruktion och ålder. Snittvärdena visar hur stor kvantitet HC/PAH som kommer av 1 kg bränsle samt koncentrationen PAH i 1 liter vatten. Värdena kommer från en artikel i Sveriges Natur⁸.

Motortyp	HC g/kg bränsle	PAH mg/kg bränsle
Johnson 50hk (ny)*	150	22,5
Yamaha 60 hk (beg)	140	8,1
Evinrude 90 hk (ny)**	55	22,5
Snittvärde	115	18

* Ny men gammal konstruktion

** Ny men ny konstruktion

Tabell 3.6 **2-taktare under 10 hk**. Motorerna är 2-taktare och har mindre än 10 hk. De är av olika modell och ålder. Snittvärdena visar hur stor kvantitet HC/PAH som kommer av 1 kg bränsle samt koncentrationen PAH i 1 liter vatten. Värdena kommer från en artikel i Sveriges Natur⁸.

Motortyp	HC g/kg bränsle	PAH mg/kg bränsle
Mariner 4 hk (ny)	112	21
Johnson 4hk (beg)	210	17,1
Snittvärde	161	19,05

Tabell 3.7 **4-taktare**. Motorerna är 4-taktare. De är av olika modell och ålder. Snittvärdena visar hur stor kvantitet HC/PAH som kommer av 1 kg bränsle samt koncentrationen PAH i 1 liter vatten. Intressant är den lilla skillnaden i utsläpp motskillnaden i motorstyrka. Värdena kommer från en artikel i Sveriges Natur⁸.

Motortyp	HC g/kg bränsle	PAH mg/kg bränsle
Honda 50 hk	12	3,6
Yamaha 4 hk	13	4,2
Snittvärde	12,5	3,9

Tabell 3.8 **2-taktare under 10 hk**. Motorerna är 2-taktare och har mindre än 10 hk. De är av olika modell och ålder. Snittvärdena visar hur stor kvantitet HC/PAH som kommer av 1 kg bränsle samt koncentrationen PAH i 1 liter vatten. Värdena kommer från ett examensarbete från Chalmers tekniska högskola⁷.

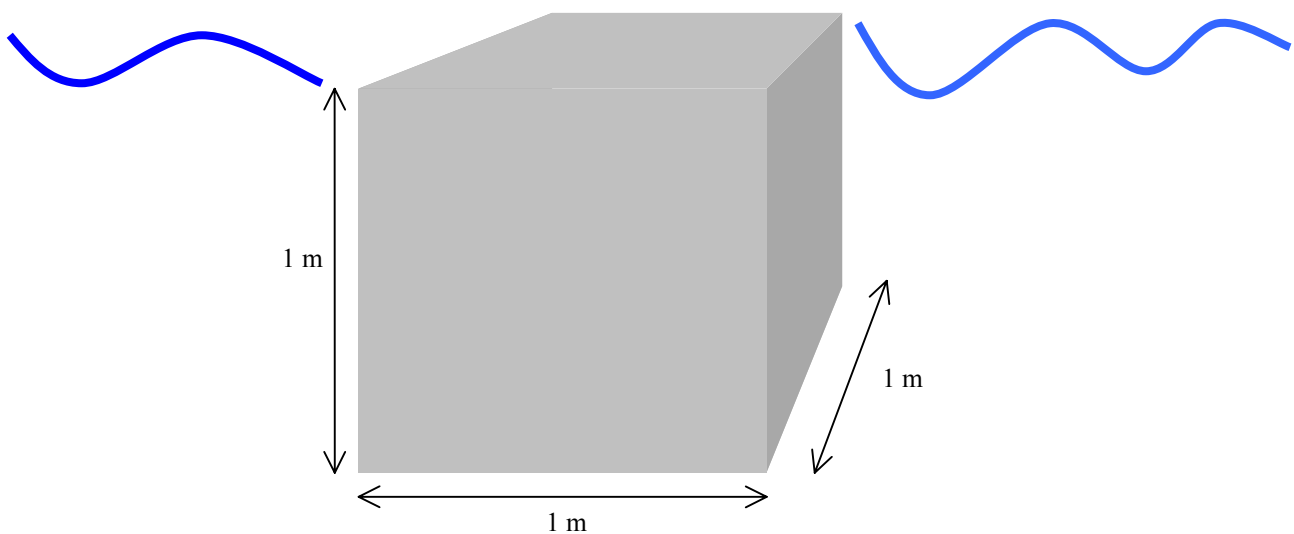
Motortyp	HC g/kg bränsle	PAH mg/kg bränsle
Mercury 4 hk (ny)	41,898	63,05
Yamaha 4 hk (beg)	80,47	68,67
Snittvärde	61,184	65,86

Tabell 3.9 **4-taktare** Motorn är en 4-taktare på mindre än 10 hk. Värdena kommer från ett examensarbete från Chalmers tekniska högskola. Siffror till PAH saknas för de anges vara mindre än $0,03 \mu\text{g}$ och därmed odetekterbara i den analys som utfördes i rapporten från Chalmers⁷.

Motortyp	HC g/kg bränsle	PAH mg/kg bränsle
Mercury 4 hk	4,355	saknas

3.6.3 Plymmodellen

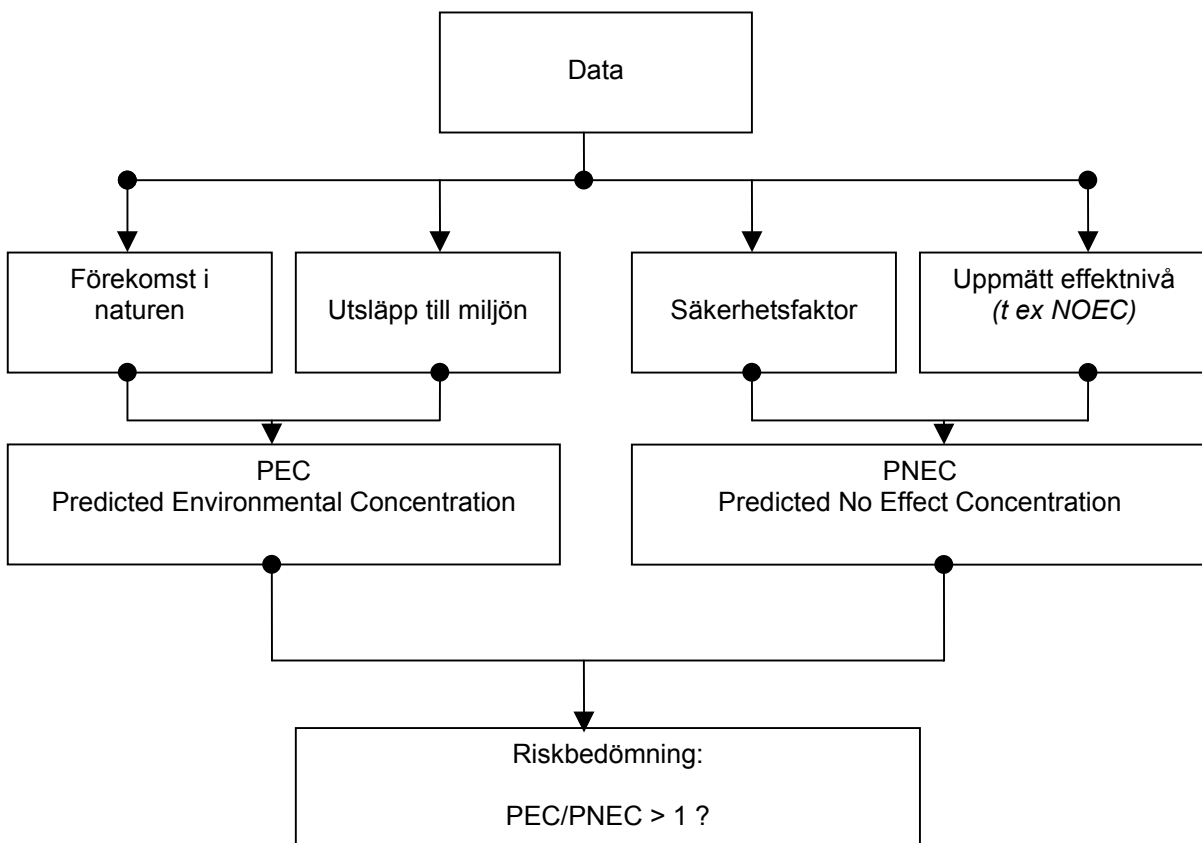
För att studera utsläppen i kölvattnet tillämpas en ”plym”, baserad på Lennart Balks teori om koncentrationer av tvåtaksmotorns utsläpp efter båten³. Balk använder sig av en volym på $1 \times 1 \times 1852 \text{ m}$ (d.v.s. 1 sjömil). Här har den modellen modifierats till en volym av en kubikmeter. Beräkningarna på plymen kan även antas likna den situation som råder i grunda vikar och hamnar runt Vättern. Beräkningarna baserades på ett antagande att motorer över 10 hk (snitt 60 hk) drar $0,5 \text{ l/hk/h}$ och gör $0,5 \text{ knop/hk}^3$. Motorer under 10 hk (snitt 4 hk) antogs dra $0,5 \text{ l/hk/h}$ och göra 1 knop/hk^3 .



Figur 3.5 Plymmodell, har volymen 1 m^3 och illustrerar koncentrationen av utsläpp i båtens kölvatten

3.7 Riskanalys

För att studera ämnets effekter på miljön gjordes en riskanalys enligt nedanstående figur (fig. 3.6). Data samlades in för att erhålla ett PEC-värde (Predicted Environmental Concentration) och ett PNEC-värde (Predicted No Effect Concentration), för varje utvalt ämne. PEC-värdet representerar den väntade koncentrationen i den aktuella miljön, i detta fall Vättern som helhet och plym. PNEC-värdet anger den högsta koncentration som inte ger påverkan på miljön. PNEC-värdet erhöles i denna studie genom LC_{50} ⁱⁱⁱ och EC_{50} -värden^{iv}, och en säkerhetsfaktor^v x1000 respektive x100. Säkerhetsfaktorerna valdes beroende på koncentrationens effekt. LC-värdet innebär en dödlig koncentration och därmed behöver man en högre säkerhetsfaktor, medan EC-värdet visar på en viss effekt och därför valdes en lägre säkerhetsfaktor. Om kvoten PEC/PNEC överstiger 1 så kan man anta att ämnet i fråga utgör en risk för miljön.



Figur 3.6 Flödesschema över arbetsgången vid riskanalys. Blir kvoten PEC/PNEC större än 1 kan man anta att ämnet medför en risk för miljön¹⁸.

ⁱⁱⁱ LC_{50} = Lethal Concentration, dödlig koncentration då 50% av organismerna dör.

^{iv} EC_{50} = 50% Effective Concentration, en 50 procentig effekt fås vid denna koncentration.

^v Säkerhetsfaktor = Enligt försiktighetsprincipen används en säkerhetsfaktor. Storleken beror på databristen om hur ämnet påverkar arter, ekosystem och miljön.

3.8 Slutsats

Erhållna värden av koncentrationsberäkningarna och riskanalyser gav en bild på effekternas omfattning och vilka områden som var speciellt berörda. Av detta drogs sedan en slutsats om huruvida ytterligare studier och provtagningar borde göras inom den närmsta framtiden.

4 Resultat

4.1 Utsläpp av oförbränt bränsle

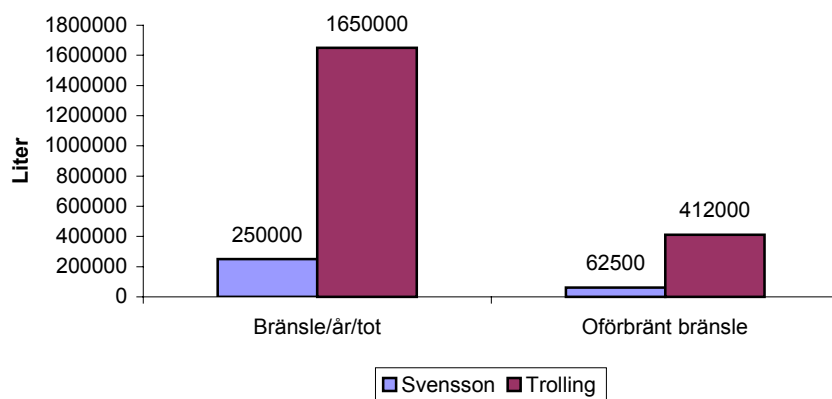
Båttrafiken släpper inte enbart ut kolväten och andra nybildade föreningar i form av avgaser. Den släpper även ut oförbränt bränsle. Det är framförallt tvåtaktarna som står för detta utsläpp. 25 % av bränslet passerar tvåtaktsmotorn oförbränt och rakt ut i kölvattnet⁹. Detta skulle innebära att med ett litet nyttjande skulle mer än 60 m³ bränsle släppas ut i Vättern. Siffran blir nästan sju gånger större för ett mer frekvent användande, över 400 m³ bränsle varje år.

Tabell 4.1 Med siffror på den genomsnittliga bensinförbrukningen för de två modellerna kan man beräkna den totala mängden bränsle som används i motorerna samt den mängd som passerar dessa oförbränt. Även en genomsnittlig körtid för en enskild motor kan beräknas.

Årlig bränsleförbrukning och utsläpp av oförbränt bränsle (2-taktare)

	Bränsle/år/båt (liter)	Bränsle/år/tot (liter)	Oförbränt bränsle (Liter)	Körtid/år (tim)
"Svensson"	83,3	250000	62500	10,2
(best case)				
Trollingbåtar	549	1650000	412000	67,2

Årlig förbrukning och utsläpp av bränsle



Figur 4.1 Diagram över den årliga förbrukningen av bränsle samt utsläpp av oförbränt bränsle. Det är en betydande skillnad i bensinförbrukningen hos de två modellerna.

Ovan värden är extremvärden som visar på hur stora skillnaderna är mellan olika användningsfrekvenser av fritidsbåtar. Ett rimligt värde för verkligheten bör alltså ligga mellan dessa två extremvärden. Då de flesta trollingen brukar båten enligt Svenssonmodellen bör alltså det verkliga värdet ligga närmre det lägre extremvärdet än det högre.

4.2 Case – Scenarier

För att studera utsläppen av HC och PAH samt de koncentrationer de medför i Vättern användes olika scenarier, s.k. Case. I de olika casen undersöktes hur utsläppen skiljde sig beroende på motor och nyttjande.

Det finns inga exakta värden på utsläpp och koncentration, utan nämnda siffror är extremvärden. Det verkliga värdet bör alltså ligga mellan dessa två extremvärden, som benämns ”Svensson” och ”Trolling”.

- **Svensson** representerar det låga extremvärdet och visar resultaten av få körtimmar per år.
- **Trolling** representerar det höga extremvärdet och visar resultat av många körtimmar år.

Värdena baseras på den snittmotor som togs fram med olika undersökningar

4.2.1 Case 1A – ”Alla 2-takt > 10 hk”

Här antas alla båtar ha en 2-taktare med en motorstorlek på över 10 hästkrafter.

Om nyttjandet av båt skulle likna Svenssonfallet blir utsläppen av kolväten varje år 22 ton. Skulle användandet i stället likna Trollingfallet blir utsläppen mer än sex gånger större, 142 ton.

Utsläppen av PAH:er kan tyckas vara tämligen små, 3 kg respektive 22 kg, i jämförelse med kolväten. Men PAH är mycket farligt redan i små mängder och siffrorna bör därför inte jämföras med varandra.

Koncentrationerna av både HC och PAH i de olika fallen är ganska låga. Men redan några mikrogram HC eller några nanogram PAH kan medföra risker för djur och växter.

Tabell 4.2 ”Alla 2-takt >10 hk”. Tabellen visar total volym och kvantitet av bränsleåtgången för 600 000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utslaget på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på ”Case 1” där alla motorer är 2-taktare. I det här fallet är de på över 10 hk.

Case 1A ”Alla 2-takt >10 hk”

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	*Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	**Konc. PAH (ng/l)
Svensson	250 000	187 500	22 000	0,3	3,4	0,05
Trolling	1 650 000	1 237 500	142 000	1,9	22,3	0,3

* Koncentration i Vättern om ämnet fördes jämt i hela Vätterns volym

** Vattenkoncentration om PAH inte skulle sedimenteras

För att studera koncentrationsnivåerna om 60 år (Vätterns omsättningstid), antas att ämnena ackumuleras, dvs. varken avdunstar eller försvinner vid avrinningsområdena och att de inte heller späds ut pga. tillrinning.

Efter 60 år är koncentrationerna av både HC och PAH högre. PAH koncentrationen är dock inte så hög att man pratar om mikrogram/liter. Kolvätena (HC) är däremot så pass höga att det anses vara odrickbart (rek. 10 µg/l)⁷.

Tabell 4.3 "Alla 2-takt >10 hk". Tabell över koncentration av HC och PAH i Vättern efter 60 år enligt Case 1A-modellen

Case 1A "Alla 2-takt >10 hk" 60 år						
	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	Konc. PAH (ng/l)
Svensson	15 000 000	11 250 000	1 300 000	150	200	3
Trolling	99 000 000	74 250 000	8 600 000	1000	1400	18

4.2.2 Case 1B – "Alla 2-takt < 10 hk"

I fallet med enbart 2-taktare blir det årliga utsläppet för Svensson 31 ton HC och 3,6 kg PAH. Redan här kan man se att det finns skillnader i utsläpp mellan motorstorlekarna, men enligt siffrorna är det de mindre motorerna som släpper ut mer HC.

PAH nivåerna ligger förhållandevis lika. Det är en lite större utsläppt mängd för motorer över 10 hk.

Trollingfallet visar betydligt högre siffror. Närmare bestämt sex gånger så höga siffror både för HC och PAH.

Koncentrationerna för båda fallen är mindre än 0,5 ng/l för den totala koncentrationen PAH.

EU:s rekommenderade nivåer för dricksvatten ligger på 0,1 µg/l och det lägsta LC₅₀ värdet man funnit inom det aktuella ämnesområdet är för antracen (Guldfisk, 96 h) 11,9 µg/l.

Tabell 4.4 "Alla 2-takt <10 hk". Tabellen visar total volym och kvantitet av bränsleåtgången för 600 000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utsläppet på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på "Case 1" där alla motorer är 2-taktare. I det här fallet är de på under 10 hk.

Case 1B "Alla 2-takt <10 hk"

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	Konc. PAH (ng/l)
Svensson	250 000	187 500	31 000	0,5	3,6	0,05
Trolling	1 650 000	1 237 500	200 000	2,7	23,6	0,3

Efter 60 år stiger självklart siffrorna enormt vid ackumulering, särskilt för Trollingfallet, men det ger en bra överblick på ett s.k. ”worst case”, ett värsta fall. Här går koncentrationerna upp till 3 respektive 20 ng/l för Svensson och Trolling, men de kommer likväl inte upp i de nivåer där man kan konstatera hälso- eller miljöfara. Biomagnifikation^{vi} skulle dock eventuellt ge högre koncentrationer.

Tabell 4.5 Tabell över koncentration av HC och PAH i Vättern efter 60 år enligt Case 1B-modellen

Case 1B "Alla 2-takt <10 hk" 60 år

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	Konc. PAH (ng/l)
Svensson	15 000 000	11 250 000	1 820 000	25	215	3
Trolling	99 000 000	74 250 000	12 000 000	162	1 420	20

4.2.3 Case 2A – "Alla 4-takt >10 hk"

I det här scenariot studerades hur resultaten skulle skilja sig om alla båtmotorer var 4-taktare. I jämförelse med en 2-taktare släpper 4-taktaren ut avsevärt lägre doser av både HC och PAH, vilket är något som är känt sedan tidigare. Jämför man 2-taktsmotorn med en ny bil, framstår bilen som ett miljövänligt underverk (även om nu fallet inte är så).

En Svensson med 4-taktare släpper ut nästan 12 gånger mindre (!) kolväten än en 2-taktare som körs på samma vis.

Koncentrationen av HC är med en 4-taktare nere på nanogram per liter, 3 ng/l respektive 17 ng/l. Samma värden för 2-taktarna ligger på µg/l.

Koncentrationen av PAH är också lägre för 4-taktaren, 9 pg/l respektive 60 pg/l. Motsvarande siffror för 2-taktarna är 0,05 ng/l respektive 0,3 ng/l.

Tabell 4.6 "Alla 4-takt >10hk". Tabellen visar total volym och kvantitet av bränsleåtgången för 600 000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utslaget på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på "Case 2" där alla motorer är 4-taktare. I det här fallet är de på över 10 hk.

Case 2A "Alla 4-takt >10hk"

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	*Konc. HC (ng/l)	PAH/år (kg)	**Konc. PAH (pg/l)
Svensson	250 000	187 500	1 900	3	1	9
Trolling	1 650 000	1 237 500	13 000	17	5	60

* Koncentration i Vättern

** Vattenkoncentration om PAH inte skulle sedimenteras

^{vi} Biomagnifikation = Anrikning av ett ämne längs näringskedjan

Trots att koncentrationen av PAH efter 60 år i Trollingsfallet är betydligt högre än efter 1 år så är den fortfarande 5 gånger mindre än för samma tidsperiod för 2-taktare.

Tabell 4.7 Tabell över koncentration av HC och PAH i Vättern efter 60 år enligt Case 2A-modellen

Case 2 "Alla 4-takt" >10 hk 60 år						
	Bränsle/år	Bränsle/år	HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	(liter)	(kg)	(kg)	(µg/l)	(kg)	(pg/l)
Svensson	15 000 000	11 250 000	113 000	1,5	40,5	550
Trolling	99 000 000	74 250 000	743 000	10	267	3 700

Resultaten av studien visar alltså på de fördelar en 4-taktsmotor har i jämförelse med en 2-taktsmotor körd på standardbensin.

4.2.4 Case 2B – "Alla 4-takt < 10 hk"

I fallet med enbart 4-taktare mindre än 10 hk, är utsläppen betydligt lägre än i föregående fall. Man räknar med mindre än 0,1 respektive 0,4 µg/l HC för Svensson och Trolling under ett år. Värdena för PAH har också minskat till 12 respektive 76 pg/l.

Svenssonfallet med enbart 4-taktare är det bästa fallet man kan tänka sig, vid användning av vanlig Mk1^{vii} bensin.

Tabell 4.8 "Alla 4-takt" < 10 hk . Tabellen visar total volym och kvantitet av bränsleåtgången för 600.000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utslaget på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på "Case 2" där alla motorer är 4-taktare. I det här fallet är de på under 10 hk.

Case 2B "Alla 4-takt" < 10 hk

	Bränsle/år	Bränsle/år	HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	(liter)	(kg)	(kg)	(µg/l)	(kg)	(pg/l)
Svensson	250 000	187 500	2 500	0,03	1	12
Trolling	1 650 000	1 237 500	16 000	0,3	6	76

^{vii} Mk 1 = Miljöklass 1 bensin

Trots att värdena multiplicerats med 60 är de låga. Det syns särskilt om man jämför koncentrationerna för PAH efter 60 år. Det är 4,5 ng/l för case 2b och motsvarande siffra för case 1b är 20 ng/l.

Tabell 4.9 Tabell över koncentration av HC och PAH i Vättern efter 60 år enligt Case 2B-modellen

Case 2B "Alla 4-takt" < 10 hk 60 år

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	Konc. PAH (pg/l)
Svensson	15 000 000	11 250 000	147 000	2	51	700
Trolling	99 000 000	74 250 000	966 000	13	335	4 500

4.2.5 Case 3A – "2/3 tvåtakt, 1/3 fyrtakt > 10 hk"

I de två föregående casen räknade man enligt principen "antingen eller". I denna studie undersöks en medelväg.

Andelen 2-taktare är fortfarande störst. Då andelen 4-taktare växer årligen⁶ studeras scenariot där 2/3 av båtbeståndet i Vättern har 2-taktsmotorer och 1/3 har 4-taktsmotorer. I siffror räknat blir detta 2000 st. 2-taktare och 1000 st. 4-taktare.

Utsläppen av HC blir ca 1,5 gånger lägre än Case 1. Men de är fortfarande 8 gånger större än Case 2. Skillnaden blir trots allt inte så stor som man kanske skulle tro.

Även utsläppen av PAH är 1,5 gånger lägre än Case 1, medan de är 4 gånger större än Case 2.

Tabell 4.10 "2/3 Tvåtakt -1/3 Fyrtakt > 10 hk". Tabellen visar total volym och kvantitet av bränsleåtgången för 600 000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utslaget på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på "Case 3" där 2/3 är 2-taktare och 1/3 är 4-taktare. I det här fallet är de på över 10 hk.

Case 3A "2/3 Tvåtakt - 1/3 Fyrtakt > 10 hk"

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	*Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	**Konc. PAH (pg/l)
Svensson	250 000	187 500	15 000	0,2	2,5	33
Trolling	1 650 000	1 237 500	98 400	1,3	17	233

* Koncentration i Vättern

** Vattenkoncentration om PAH inte skulle sedimenteras

Vid byte till 4-taktare på 1/3 av båtparken, blir utsläppen inte nämnvärt mindre. Koncentrationen PAH är i Case 3A efter 60 år, 14 ng/l, något att jämföra med Case 1A för samma tidsperiod, 18 ng/l.

Tabell 4.11 Tabell över koncentration av HC och PAH i Vättern efter 60 år enligt Case 3A-modellen

Case 3A		2/3 Tvåtakt - 1/3 Fyrtakt >10 hk		60 år		
	Bränsle/år	Bränsle/år	HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	<i>(liter)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(µg/l)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(ng/l)</i>
Svensson	15 000 000	11 250 000	900 000	13	150	2
Trolling	99 000 000	74 250 000	5 910 000	80	1 030	14

4.2.6 Case 3B – “2/3 tvåtakt, 1/3 fyrtakt < 10 hk”

Skillnaderna till Case 1B är inte så markanta som Case 2B. Det är koncentrationerna av HC som i viss mån skiljer sig åt. Det här fallet påvisar mer hur en långsam övergång till 4-taktsmotorer kan se ut, än en aktuell fördelning på motorerna.

Fördelningen ligger mer åt fall 1 med enbart 2-taktsmotorer.

Tabell 4.12 “2/3 Tvåtakt - 1/3 Fyrtakt <10 hk”. Tabellen visar total volym och kvantitet av bränsleåtgången för 600 000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utslaget på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på “Case 3” där 2/3 är 2-taktare och 1/3 är 4-taktare. I det här fallet är de på under 10 hk.

Case 3B 2/3 Tvåtakt - 1/3 Fyrtakt <10 hk

	Bränsle/år		HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	Bränsle/år	Bränsle/år				
	<i>(liter)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(µg/l)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(ng/l)</i>
Svensson	250 000	187 500	21 000	0,3	3,5	0,05
Trolling	1 650 000	1 237 500	140 000	1,9	23	0,3

Tabell 4.13 Tabell över koncentration av HC och PAH i Vättern efter 60 år enligt Case 3B-modellen

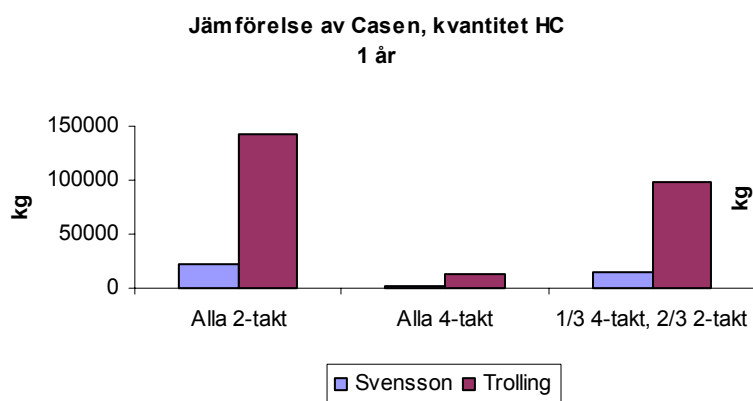
Case 3B		2/3 Tvåtakt - 1/3 Fyrtakt <10 hk		60 år		
	Bränsle/år	Bränsle/år	HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	<i>(liter)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(µg/l)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(ng/l)</i>
Svensson	15 000 000	11 250 000	1 260 000	17	202	3
Trolling	99 000 000	74 250 000	8 300 000	113	1340	18

Resultaten visar att även om en ansenlig del av motorerna byts ut så minskar inte utsläppen avsevärt. 3-4 % av motorerna byts ut varje år, vilket innebär att det skulle ta upp till 30 år innan alla motorer var utbytta. Vad finns då för alternativ? Har man inte råd att byta ut sin gamla tvåtaktare kan man låta köra den på alkylatbensin. Detta tas upp i ett senare kapitel.

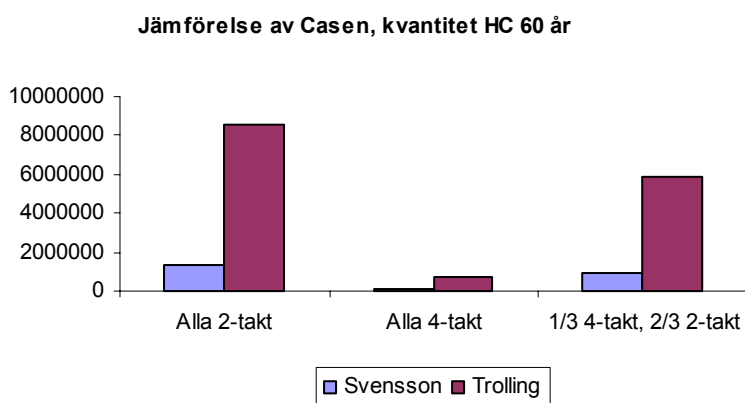
Ovan resultat visar på små skillnader mellan scenariot ”alla 2-taktare” och ”2/3 2-taktare, 1/3 4-taktare”. Samtidigt skiljer sig dessa två markant från fallet med bara 4-taktare. Då andelen 2-taktare i dag är så pass mycket större än 4-taktarna kommer beräkningar på dess miljöpåverkan i fortsättningen baseras på Case 1A och 1B.

4.3 Översikt av de kvantitativa utsläppen i casen

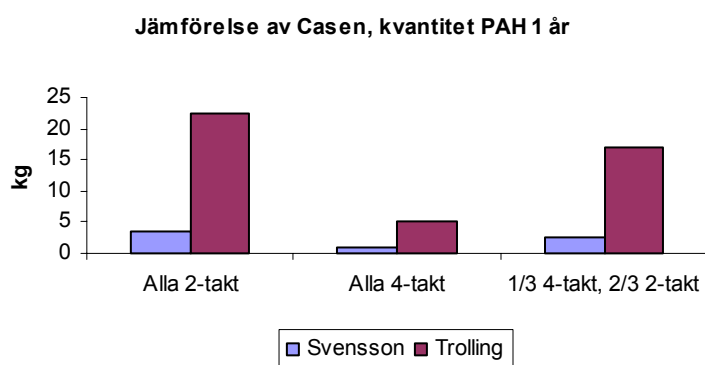
Nedan figurer visualiserar resultaten i kap 4.2 och gör dem mer lättöverskådliga i form av diagram. Diagrammen visar utsläppen för Case 1-3A.



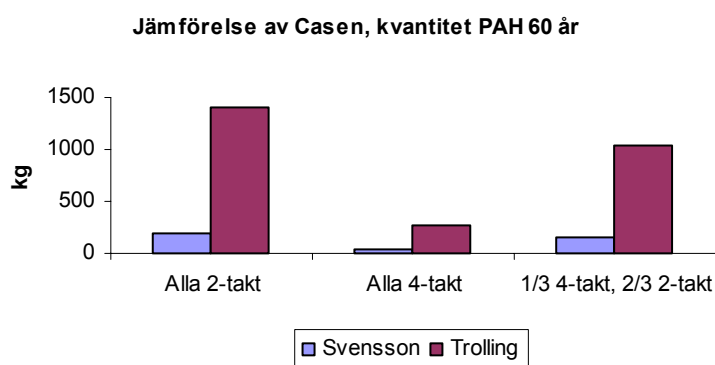
Figur 4.3 Diagram över utsläppskvantitet av HC i Case 1-3A.



Figur 4.2 Diagram över utsläppskvantitet av HC i Case 1-3A.



Figur 4.4 Diagram över utsläppskvantitet av PAH i Case 1-3A.

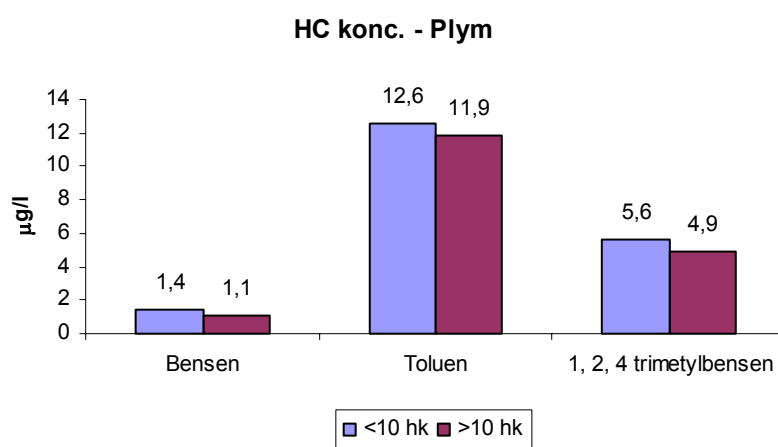


Figur 4.1 Diagram över utsläppskvantitet av PAH i Case 1-3A.

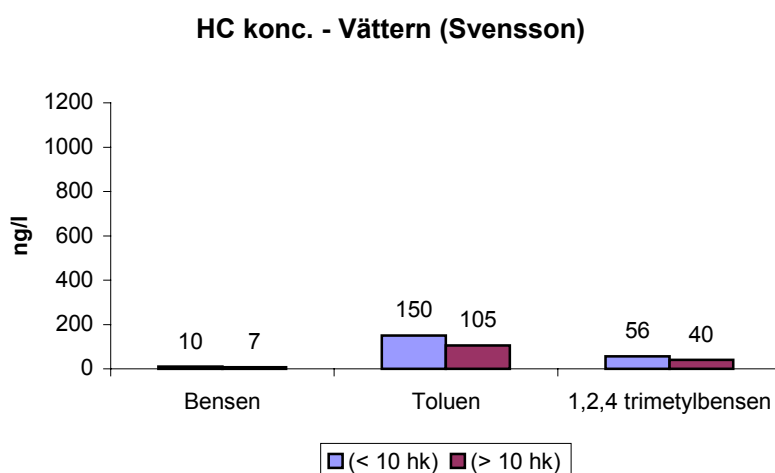
4.4 Koncentration i vattnet av specifika ämnen

4.4.1 Koncentration av HC efter 1 år

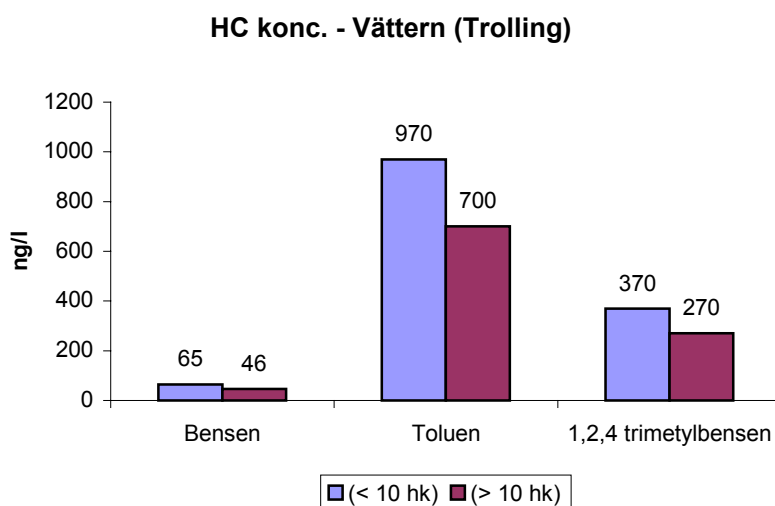
Utsläppen ger en högre koncentration i en mindre volym än om man ser till hela Vättern. Under ett år orsakar inte utsläppen av vare sig HC eller PAH några alarmerande koncentrationer i hela Vättern. Sett till plymen är dock koncentrationen av Toluen så pass hög att man nog bör vara observant.



Figur 4.2 Koncentrationer av specifika kolväten enligt plymmodellen under ett år



Figur 4.3 Koncentrationer av specifika kolväten i hela Vättern under ett år enligt Svenssonmodellen

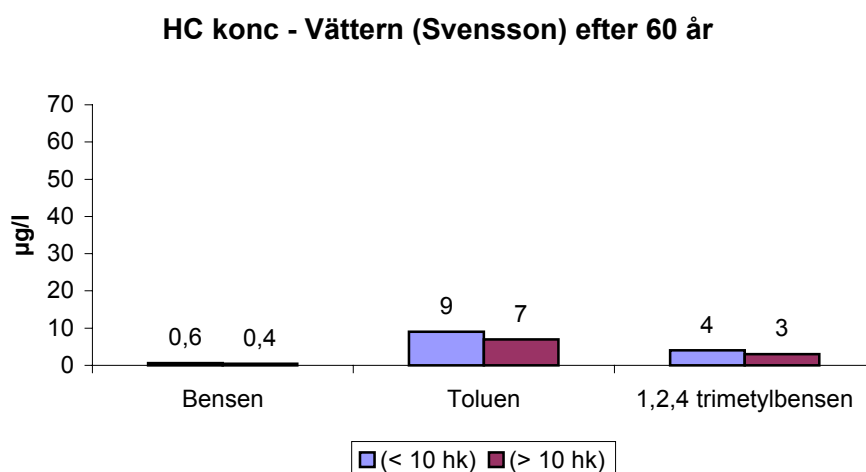


Figur 4.4 Koncentrationer av specifika kolväten i hela Vättern under ett år enligt Trollingmodellen

I plymmodellen är det endast Toluén som kommer upp i en sådan koncentration att det finns risk för olägenhet. En fortsatt jämförelse med Toluén mellan Svensson- och Trollingmodellerna visar att Toluénkoncentrationen stiger med en faktor 7 i Trollingmodellen. Både Bensen och 1,2,4 trimetylbensen har dock låga koncentrationer i Svensson- respektive Trollingmodellen.

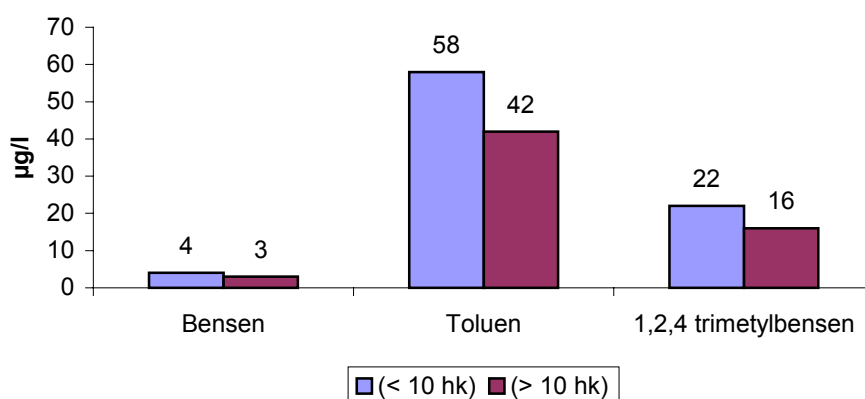
4.4.2 Koncentration av HC efter 60 år

Detta antagande innebär att alla utsläpp ackumuleras i Vättern. Det kan verka något orealistiskt. Men låga värden skulle indikera på väldigt små utsläpp i verkligheten, medan höga värden skulle peka på att det verkliga värdet fortfarande kan vara högt. Här används dock inte plymmodellen då den blir irrelevant i sammanhanget.



Figur 4.5 Koncentration av specifika kolväten i hela Vättern enligt Svenssonmodellen efter 60 år

HC konc - Vättern (Trolling) efter 60 år



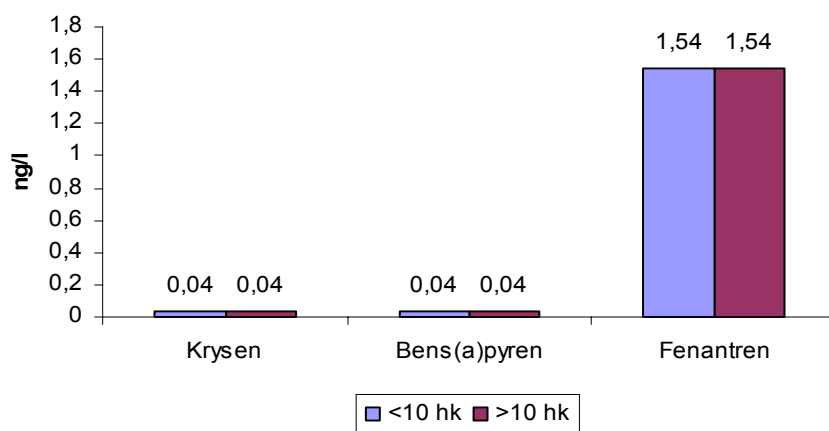
Figur 4.6 Koncentration av specifika kolväten i hela Vättern enligt Trollingmodellen efter 60 år

Liksom i ettårsfallet så är det Toluen som står för den högsta koncentrationen. Toluen bör helst ha en låg koncentration i klassen mikrogram/liter. Redan i Svenssonmodellen börjar Toluen och 1,2,4 trimetylbensenkoncentrationerna bli ganska höga. I trollingfallet är samtliga koncentrationer av kolväten höga. Då antagandet om att "allt stannar kvar" inte helt stämmer överens med verkligheten är det riktiga värdet lägre, men indikerar ändå på att värdet troligen ligger högt.

4.4.3 Koncentration av PAH efter 1 år

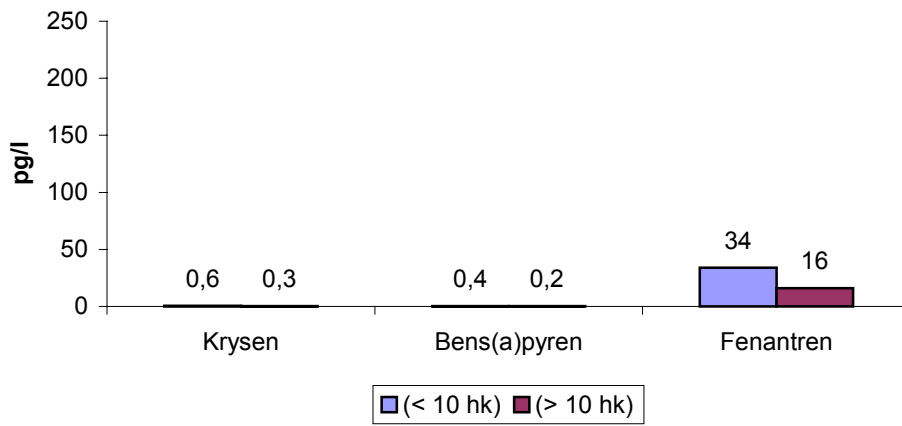
Av de PAH:er som valts att studeras är det enbart Fenantren som står för höga koncentrationer i förhållande till de två övriga (Krysen, Bens(a)pyren). PAH:er är föreningar som är mycket giftiga i låga koncentrationer. I plymmodellen når Fenantren upp till en koncentration på ca 2 ng/l medan Krysen och Bens(a)pyren har en koncentration under 0,5 ng/l. I de två övriga fallen är koncentrationerna betydligt lägre, nanogram/liter.

PAH konc. - Plym



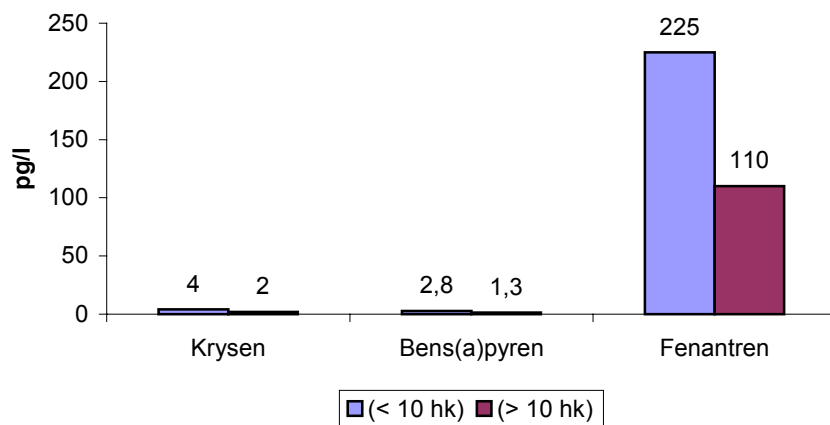
Figur 4.2 Koncentration av specifika PAH:er enligt plymmodellen efter ett år.

PAH. konc - Vättern (Svensson)



Figur 4.3 Koncentration av specifika PAH:er i hela Vättern enligt Svenssonmodellen efter ett år.

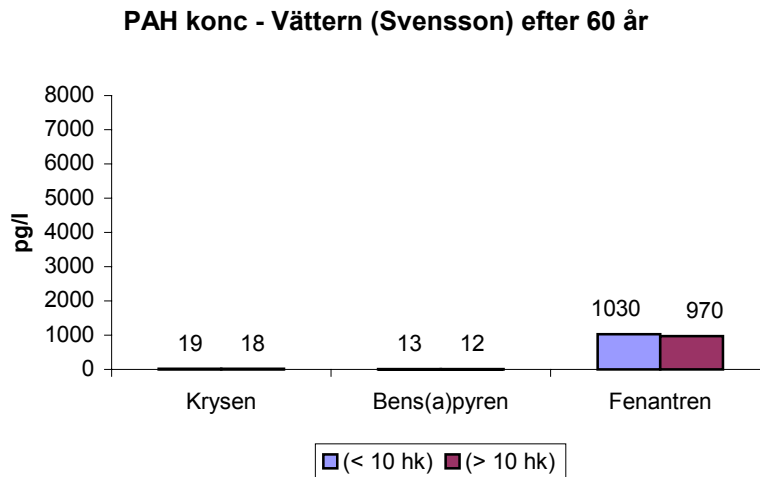
PAH konc. - Vättern (Trolling)



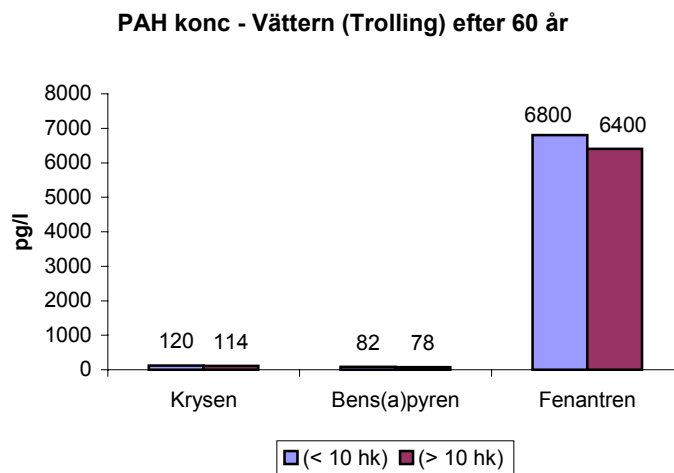
Figur 4.4 Koncentration av specifika PAH:er i hela Vättern enligt Trollingmodellen efter ett år.

4.4.4 PAH 60 år

Efter 60 år har PAH koncentrationen stigit med en faktor 60 i Svensson och Trollingsfallen. I Trollingsmodellen är två av de tre studerade PAH:erna i nanogram/liter. Utsläppen av PAH:er är störst från motorer under 10 hk, men den procentuella skillnaden mellan utsläppen från stora och små motorer är mindre efter 60 år än efter ett år.



Figur 4.10 Koncentration av specifika PAH:er i hela Vättern enligt Svenssonmodellen efter 60 år.



Figur 4.11 Koncentration av specifika PAH:er i hela Vättern enligt Trollingsmodellen efter 60 år

4.5 Riskanalys

4.5.1 PEC/PNEC 1år

Tidigare valda ämnen riskbedömdes med hjälp av PEC/PNEC. Om kvotens värde överstiger ett, kan man anta att ämnet medför en risk i miljön. Utsläppen under ett år understiger dock detta värde ganska kraftigt om man förutsätter att ämnena fördelas jämt i hela Vättern. 1,2,4-trimetylbensen och Toluén ligger i plymmodellen väldigt nära och till och med över 1, vilket innebär att de kan antas medföra en risk för miljön. Inga av de specifika PAH:erna är dock i närheten av risk för påverkan, varken enligt plymmodellen eller i hela Vättern. Beräkningar av PEC/PNEC-kvoter för alla PAH:er som klump ($LC_{50} \sim 0,001 \text{ mg/l}^6$) visar att det föreligger en risk för påverkan i plymen.

Tabell 4.14 Tabellen visar riskbedömning av specifika kolväten (HC) i plym och i hela Vättern. Om kvoten PEC/PNEC är blir större än 1, föreligger en risk för miljöpåverkan.

Tabell 4.2 Tabellen visar riskbedömning av specifika PAH:er i plym och i hela Vättern. Om kvoten PEC/PNEC är blir större än 1, föreligger en risk för miljöpåverkan.

HC - PEC/PNEC

Plym	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Bensen	0,03	0,05
Toluen	0,65	1,3
1,2,4 trimetylbensen	0,42	0,83

Vättern

Svensson	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Bensen	0,0005	0,0004
Toluen	0,02	0,008
1,2,4 trimetylbensen	0,007	0,005

Trolling	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Bensen	0,003	0,002
Toluen	0,08	0,06
1,2,4 trimetylbensen	0,05	0,04

LC₅₀

Bensen	22-36 mg/l	Guldfisk
Toluen	13 mg/l	Solaborre
1,2,4 trimetylbensen	7,72 mg/l	Fisk

LC ₅₀ - Säkerhetsfaktor	x 1000
EC ₅₀ - Säkerhetsfaktor	x 100

PAH - PEC/PNEC

Plym	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Krysen	0,004	0,008
Bens(a)pyren	0,005	0,01
Fenantren	0,04	0,08
PAH (klump)	3,645	7,289

Vättern

Svensson	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Krysen	0,00009	0,00005
Bens(a)pyren	0,00008	0,00004
Fenantren	0,001	0,0005
PAH (klump)	0,00005	0,00005

Trolling	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Krysen	0,0006	0,0003
Bens(a)pyren	0,0006	0,0003
Fenantren	0,0075	0,0035
PAH (klump)	0,0003	0,0003

LC₅₀

Bens(a)pyren	0,005 mg/l	Fisk
Fenantren	0,03 mg/l	Fisk
PAH (klump)	0,001 mg/l	

EC₅₀

Krysen	<0,0007 mg/l	Daphnia
--------	--------------	---------

4.5.2 Riskanalys (60år)

Precis som innan har PEC/PNEC beräknats i de båda modellerna. Plymodellen blev dock irrelevant då ämnen inte stannar kvar i plymen i 60 år. Beräkningarna ger en avsevärd höjning på effektsiffrorna. Utsläppen från tidigare år antas ackumulera i Vättern, vilket medför en förstorad men tänkvärd framtida effektbild. I Svenssonmodellen är värden dock fortfarande ganska låga både för HC och PAH. I Trollingfallet ökar däremot värdena för Toluén och 1,2,4-trimetylbensen till en sådan grad att det föreligger en klar risk för påverkan. PAH värdena i Trollingfallet ligger dock kvar under 0,5.

Tabell 4.3 Tabellen visar riskbedömning av specifika kolväten (HC) i plym och i hela Vättern efter 60 år. Om kvoten PEC/PNEC är blir större än 1, förefaller en risk för miljöpåverkan. Alla utsläpp antas stanna kvar i vattnet.

Tabell 4.4 Tabellen visar riskbedömning av specifika kolväten (HC) i plym och i hela Vättern efter 60 år. Om kvoten PEC/PNEC är blir större än 1, förefaller en risk för miljöpåverkan. Alla utsläpp antas stanna kvar i vattnet.

HC - PEC/PNEC

Vättern

Svensson	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Bensen	0,03	0,02
Toluen	0,7	0,5
1,2,4 trimetylbensen	0,44	0,31

Trolling	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Bensen	0,18	0,13
Toluen	4,5	3,2
1,2,4 trimetylbensen	2,9	2,1

LC₅₀

Bensen	22-36 mg/l	Guldfisk
Toluen	13 mg/l	Solaborre
1,2,4 trimetylbensen	7,72 mg/l	Fisk

LC₅₀ - Säkerhetsfaktor **x 1000**

EC₅₀ - Säkerhetsfaktor **x 100**

PAH - PEC/PNEC

Vättern

Svensson	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Krysen	0,003	0,003
Bens(a)pyren	0,003	0,002
Fenantren	0,03	0,03
PAH (klump)	0,003	0,003

Trolling	(< 10 hk)	(> 10 hk)
Krysen	0,02	0,02
Bens(a)pyren	0,016	0,016
Fenantren	0,23	0,22
PAH (klump)	0,018	0,018

LC₅₀

Bens(a)pyren	0,005 mg/l	Fisk
Fenantren	0,03 mg/l	Fisk
PAH (klump)	0,001 mg/l	

EC₅₀

Krysen 0,0007 mg/l Daphnia

4.6 Utsläpp av HC o PAH för Alkylatbensin

En jämförelse av utsläpp mellan vanlig bensin och alkylatbensin visar sig vara mycket intressant. Tabellerna nedan visar på de stora skillnaderna mellan utsläppen som kommer av vanlig bensin jämfört med alkylatbensinen. Den största skillnaden ligger hos kvantiteten utsläppta kolväten, utsläppet från vanlig bensin är nästan 200 gånger större. Skillnaden vid utsläpp av PAH:er är mindre, ca. 4 gånger mer PAH för vanlig bensin.

Tabell 4.16 **"Alla 2-takt <10 hk"**. Tabellen visar total volym och kvantitet av alkylatbränsleåtgången för 3000 utombordsmotorer. I tabellen finns även kvantitativa siffror för det totala utsläppet av HC och PAH:er, samt koncentrationerna av dessa utslaget på hela Vätterns volym. Tabellen bygger på "Case 1" där alla motorer är 2-taktare. I det här fallet är de på under 10 hk. Värdena kommer från Chalmersrapporten.

"Alla 2-takt <10 hk"
alkylat

	Bränsle/ år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	Konc. HC (ng/l)	PAH/år (kg)	Konc. PAH (pg/l)
Svensson	250 000	187 500	140	2	1	11
Trolling	1 650 000	1 237 500	920	13	6	73

Tabell 4.17 Som en jämförelse till alkylatbensinen visar tabellen utsläppen från vanlig bensin. Värdena kommer från Sveriges Natur

"Alla 2-takt <10 hk"

	Bränsle/år (liter)	Bränsle/år (kg)	HC/år (kg)	Konc. HC (µg/l)	PAH/år (kg)	Konc. PAH (ng/l)
Svensson	250 000	187 500	31 000	0,41	4	0,05
Trolling	1 650 000	1 237 500	200 000	2,7	24	0,32

Precis som innan med Case 1, har statistik för 60 års utsläpp tagits fram. Det totala utsläppet av HC från alkylatbensinen efter 60 år, kommer inte upp i samma volym som vanlig bensin har efter 1 år.

Tabell 4.18 Tabellen visar siffrorna för alkylatbränslet beräknade på 60 år. Värdena kommer från Chalmersrapporten.

"Alla 2-takt <10 hk" **60 år**

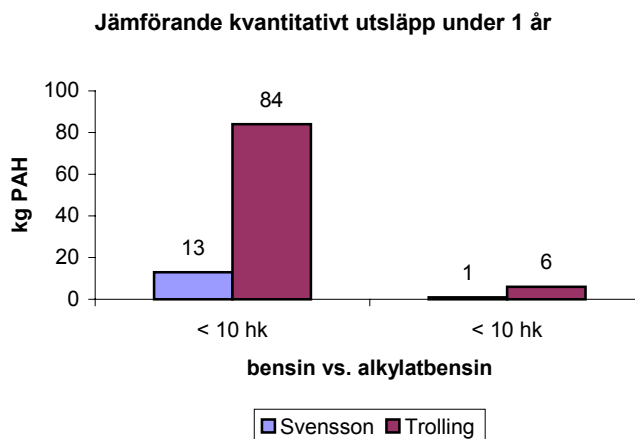
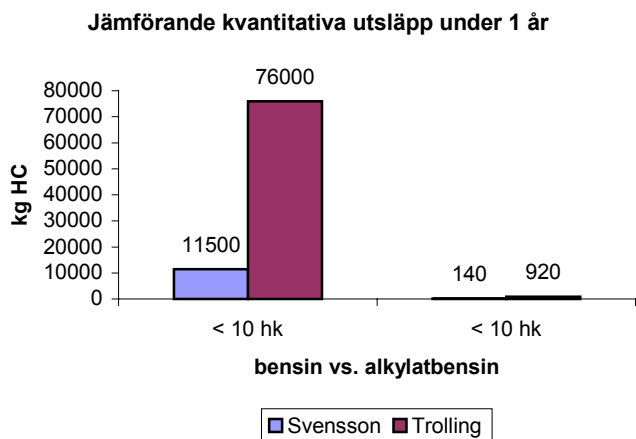
alkylat						
	Bränsle/ år	Bränsle/år	HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	(liter)	(kg)	(kg)	(ng/l)	(kg)	(pg/l)
Svensson	15 000 000	11 250 000	8 400	114	50	665
Trolling	99 000 000	74 250 000	56 000	750	320	4 360

Tabell 4.19 Tabellen visar siffrorna för vanlig bensin beräknade på 60 år

"Alla 2-takt <10 hk" 60 år						
	Bränsle/år	Bränsle/år	HC/år	Konc. HC	PAH/år	Konc. PAH
	(liter)	(kg)	(kg)	(µg/l)	(kg)	(ng/l)
Svensson	15 000 000	11 250 000	1 810 000	25	215	3
Trolling	99 000 000	74 250 000	12 000 000	160	1 420	20

4.6.1 Jämförelse av kvantitativa utsläpp mellan standard- och alkylatbensin

Värdena som framkommit här är onekligen mycket positiva om man ser på mängden föroreningar som släpps ut i miljön. Siffrorna pekar på stora utsläppsminskningar, särskilt för utsläppet av HC. Något mindre reduktion av PAH utsläppet, men det är likväl en rejäl minskning jämfört med utsläpp från vanligt bränsle. För att lättare visa skillnaderna läggs värdena in i två diagram.



Figur 4.1 Diagram över utsläppskvantitet av HC mellan standard och alkylatbensin

Figur 4.5 Diagram över utsläppskvantitet av PAH mellan standard och alkylatbensin

5 Diskussion

Studerar man resultaten ser man att koncentrationerna av både HC och PAH är tämligen låga sett till hela Vättern. Så länge man förutsätter en 100 % omrörning i sjön finns ingen anledning till oro, varken nu eller om 60 år. Tittar man däremot på plymmodellen blir nästan samtliga värden ganska höga. Låter man också plymmodellen representera ytvattnet i sjön, blir läget allvarligare. Redan under ettårsperioden blir koncentrationerna av Toluen och 1,2,4-trimetylbensen så pass höga att vattnet blir otjänligt att dricka. Vidare leder detta till att koncentrationerna av HC och PAH kan bli höga i hamnar och vikar med lågt vattenstånd och dålig omrörning (t o m högre än i plym), speciellt under de tre sommarmånaderna (juni-aug). Situationen blir dock bättre i hamnar och vikar som ligger vid mynningar, då vattnet får en bättre omrörning.

Av de PAH:er vi undersökte är det dock bara Fenantren som får någorlunda hög koncentration i plymen. Som följd av höga koncentrationer i plymmodellen blir även kvoten PEC/PNEC hög. I ettårsfallet blir kvoten för Toluen och 1,2,4-trimetylbensen så pass hög att risk för miljöpåverkan föreligger. Sett till hela Vättern är det inte för om 60 år kvoterna för HC ur Svensson- och Trollingmodellen överstiger ett. 60-årsperspektivet kan tyckas vara en aning orealistiskt. De höga värdena visar dock att även om en del av ämnena försvinner eller bryts ned på olika sätt, är det ändå rimligt att tro att värdena fortfarande kommer att vara alarmerande höga.

Utifrån våra resultat anser vi att analyser bör göras i hamnar och vikar som har lågt vattenstånd och är högrafikerade. Det är speciellt under sommarmånaderna detta blir aktuellt, även om kontroll på vår och höst kan vara att föredra för att kunna studera utvecklingen i vattenmiljön. Generellt kan man säga att provtagning för analys av HC bör tas i form av både vattenprov och sedimentprov (för fettlösliga ämnen), medan prov för PAH analys tas i sedimenten. Analysen kan göras med gaskromatografi, GC, i vilken ämnena separeras i kolonnen. En förutsättning för GC är att ämnena är flyktiga då den mobila fasen är en gas. Ickeflyktiga ämnen bör analyseras med vätskekromatografi, t ex HPLC^{viii}, där mobila fasen är en vätska.

Jämförelsen mellan standard- och alkylatbensin visar på alkylatens fördelar. Kvantiteterna av utsläppt HC och PAH skiljer sig enormt till alkylatens fördel. Ett större användande av alkylatbensin som drivmedel skulle således minska koncentrationerna i både plym och hela Vättern och i sin tur minska PEC/PNEC kvoten. Resultatet blir en mindre påverkan på miljön.

Enligt ovan nämnda resonemang bör alltså trafikerade hamnar och vikar kontrolleras med jämna mellanrum. Ytterligare, mer grundligare och omfattande studier bör göras i ämnet. Likaså bör ytterligare studier göras om alkylatbränslets effekter på miljön, både kemiskt och biologiskt. Detta är något som saknas och bör göras innan något regeringsbeslut tas angående alkylatens framtid. Båtmotorparkens ålder är en annan fråga som bör diskuteras. Hur kan man få folk att byta ut sina motorer? I dag är utbytesfrekvensen av gamla motorer 3-4 % varje år, vilket är mycket långsamt. Sett till Vättern skulle det ta minst 30 år innan alla motorer är utbytta. 4-taktarna som är det miljömässigt bästa alternativet är fortfarande så pass dyra att de inte säljs i stora mängder. Alternativen måste göras attraktiva för allmänheten.

^{viii} HPLC = High Pressure Liquid Chromatography

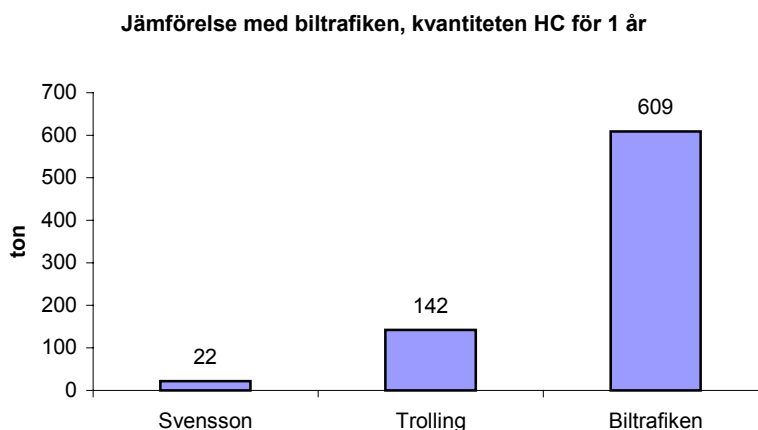
Hur kan man då själv minska sina utsläpp om man inte har råd att byta motor? Bortsett från att byta motor finns det några saker man kan tänka på för att minska miljöpåverkan.

- **Byt till miljöanpassad olja** – Dessa bryts ned snabbare och ger ett mindre utsläpp av PAH:er
- **Kolla motorn** – Se över din motor och serva den. Vissa åtgärder kan minska din bränsleförbrukning
- **Kör snålt** – Planera din båttur och ha den inte i gång i onödan.
- **Byt bränsle** – Alkylatbensin är renare än standardbensinen och studier visar på ett minskat utsläpp av kolväten.

Hur skulle då situationen se ut för en mindre sjö? Man kan anta att antalet utombordare i förhållande till sjöns storlek är större än i Vättern. Således bör också utsläppen vara proportionellt större. Men en mindre sjö kan också antas ha en kortare omsättningstid, vilket innebär att utsläppen sprids och transporters bort från sjön snabbare. Enligt detta resonemang beror en sjös tillstånd mycket på omsättningstid samt till- och avrinningsområden. Detta gör även att en mindre sjö med en lång omsättningstid och få till- och avrinningsområden blir oerhört känslig för utsläpp.

För att i framtiden ha en bättre kontroll över antalet båtmotorer borde någon form av obligatoriskt motorregister upprättas. På så sätt kan teoretiska analyser av miljöpåverkan i större vattendrag runt om i Sverige göras snabbt och effektivt. Hur detta skulle finansieras har vi dock inga konkreta förslag på i denna rapport.

En jämförelse av kvantitativa utsläpp av HC mellan utombordsmotorerna och bilar som cirkulerar runt Vättern ger följande figur.



Figur 5.1 Jämförelse av kvantitativa utsläpp av HC mellan utombordsmotorer och biltrafik²⁰.

Det är viktigt att man förstår att utsläppen gäller för ett helt år. De 3000 utombordsmotorer som man räknar på i den här rapporten ska jämföras med mer än 10 000²⁰ fordon som cirkulerar runt Vättern per dygn. Vidare kör man i regel betydligt mer med en bil än med en båt, vilket medför mer användartimmar per fordon. Utsläppssiffran för biltrafiken, 609 ton, visar dock bara på det totala utsläppet. Allt detta når dock inte ner till Vätterns vatten, vilket gör att det verkliga utsläppet till Vättern är betydligt mindre. Men då Svensson och Trollring visar på utsläpp i Vättern skulle en jämförelse visa på hur mycket större båtrafikens utsläpp är i förhållandet till antalet båtar. Någon siffra på andelen av biltrafikens utsläpp som når Vättern saknas dock.

En sådan här form av rapport innebär en hel del uppskattningar vilket innebär att det sällan finns konkreta värden. I och med detta kan felkällorna bli många.

Uppskattningen av antalet båtar tar inte hänsyn till de tillfälliga båtarna i Vättern som kommer med trailers. Likaså är bedömningen av antalet båtar per kilometer något osäker då den baseras på Jönköpings strandsträcka som är tämligen gles i jämförelse med orter i norra delen. Uppskattningen av den totala förbrukningen av bensin baseras på två olika källor. Den ena en beräkning, den andra en uppskattad försäljningssiffra för bensin till 2-taktare. Den verkliga siffran kan därför ligga betydligt högre.

De två rapporterna (Chalmers och Sveriges Natur) som låg till grund för projektet skiljer sig ganska mycket åt i vissa avseenden. Vi valde senare att använda rapporten ur Sveriges Natur mer frekvent då den visade på högre utsläpp och vi ville vara säkra på att vara i överkant enligt försiktighetsprincipen. Vilken av dessa rapporter som är mest sanningsenlig, då de fått har fått olika resultat, vet vi dock inte med 100 % säkerhet.

6 Tack

Vi vill passa på att tacka några personer för support och stöd i vårt arbete. Gerd Derneborg på lantmäteriafdelningen på tekniska kontoret i Jönköping, för tillgång till kartarkivet. Christer Olofsson, författare till rapporten i Sveriges Natur, för nödvändiga uppgifter och bra tips. Lennart Balk, ITM Stockholms Universitet, för en bra inblick i de biologiska aspekterna. Måns Lindell på Länsstyrelsen i Jönköping, för sina goda råd och sakkunnighet. Bo Nordström, universitetslektor och vår handledare på Ingenjörshögskolan, för goda råd och idéer. Sist men inte minst ett stort tack till vår handledare på Länsstyrelsen i Jönköping, Henrick Blank, för att ha kommit med synpunkter, agerat bollplank och ledsagat oss genom djungeln. Tack!

7 Referenser

- [1] Henrick Blank
Länsstyrelsen i Jönköpings län
- [2] C. Olofsson, 2001
Stora skillnader i giftutsläpp från båtmotorer
tidskriften: Svensk Natur, utgiven 01-06-14
- [3] L. Balk, 1994
Effects of 2-strokes Engines on Fish
Nordiska Ministerrådet, Tema Nord, 1994:528
- [4] Vätternvårdsförbundet
www.vattem.org, (Acc. 2002-02-16)
- [5] C. Olofsson, 2001
Gammal motor är värst
tidskriften: Svensk Natur, utgiven 01-06-14
- [6] SweBoat
www.sweboat.org, (Acc. 2002-03-04)
- [7] J. Alin, T. Astnäs, 2001
Jämförande studie av utombordsmotorernas emissioner till vatten
examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
- [8] C. Olofsson, 2001
Rakt ut i vattnet
tidskriften: Svensk Natur, utgiven 01-04-03
- [9] C. Olofsson, 2001
Rena snurren
tidskriften: Svensk Natur, utgiven 01-04-03
- [10] Svenska Båtunionen
www.batunionen.com, (Acc. 2002-03-02)
- [11] Statoil
www.statoil.se, (Acc. 2002-01-24)
- [12] Shell
www.shell.se, (Acc. 2002-02-25)
- [13] Preem
www.preem.se, (Acc. 2002-03-07)
- [14] Högskolan i Jönköping
Högskolebiblioteket
biblioteksdatabaser, *Nationalencyklopedin*
- [15] Högskolan i Jönköping
Ingenjörshögskolan
databaser, *kemi*

- [16] Naturvårdsverket, 2002
Regeringsuppdrag, Alkylatbensin till 2-taktsmotorer
- [17] U. Hjalte m.fl., 2000
Fritidsfisket i Vättern år 2000
Länsstyrelsen, Jönköping
- [18] B. Johansson m.fl., 2001
Miljöpåverkan av hygienprodukter
Länsstyrelsen, Jönköping
- [19] Statens offentliga utredningar
Alkylat och miljöklassning av bensin
SOU 1995:30
- [20] Vätternvårdsförbundet
Trafikens miljöbelastning på Vättern
Rapport 65 från Vätternvårdsförbundet

8 Bilagor

- Bilaga 1 Vättern i siffror
- Bilaga 2 Förteckning över strukturformler och gränsvärden för samtliga ämnen nämnda i rapporten
- Bilaga 3 Förteckning över studerade ämnen
- Bilaga 4 Förteckning över studerade kartor ur Lantmäteriets kartarkiv
- Bilaga 5 Karta över Vättern med större hamnar

Bilaga 1
Vättern i siffror

Vättern i siffror

Maximal längd	135 km
Maximal bredd	31 km
Medelbredd	13,7 km
Maximalt djup	128 m
Medeldjup	39,8 m
Mediandjup	32,7
Huvudriktning	SSV-NNO
Strandlinje inkl öar	642 km
Sjöarea	1912 km ²
Volym	74 km ³
Högsta resp. lägsta naturliga vattenstånd	88,87/88,0 m ö h
Avrinning (1931-1960)	35 m ³ /sek
Tillrinning med vattendrag	36 m ³ /sek
Nederbörd över sjöytan	ca 500 mm/år eller 30 m ³ /sek
Avdunstning över sjöyta	ca 135 mm/år eller 26 m ³ /sek
Ytavrinning (1858-1936)	6,6 l/sek eller km ²
Vattenvolym mellan högsta och lägsta lågvattenyta	1,6 km ³
Vattnets utbytestid	ca 60 år
Siktdjup	14,0 meter

Bilaga 2

Förteckning över strukturformler och gränsvärden för samtliga ämnen nämnda i rapporten

Strukturformler och Gränsvärden

Bilagan innefattar en strukturformel för varje behandlat ämne samt information om gränsvärden för ämnet¹.

- **Förkortningar**

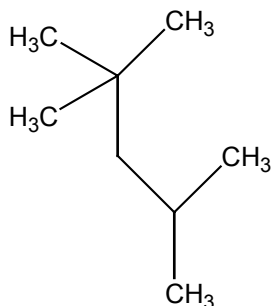
SE-LEVEL : Långtidsgränsvärde i Sverige

SE-STEEL : Korttidsgränsvärde i Sverige

LC₅₀ : Den koncentration där 50 % av populationen avlidit

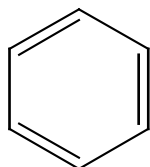
- **HC (kolväten)**

Isooktan



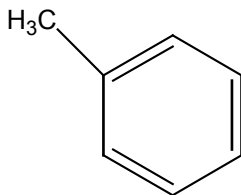
Värden saknas

Bensen



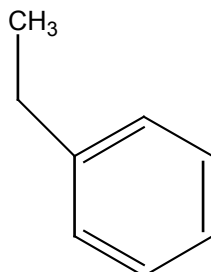
SE-LEVEL 0,5 ppm, SE-STEEL 3 ppm
LC₅₀ (guldfisk, 24-96 h) 22-36 mg/l
WHO rekommenderar max 10 µg/l i dricksvatten.

Toluen



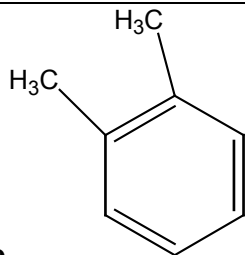
SE-LEVEL 50 ppm, SE-STEEL 100 ppm
LC₅₀ (guldfisk, 48-96 h) 24-58 mg/l

Etylbensen

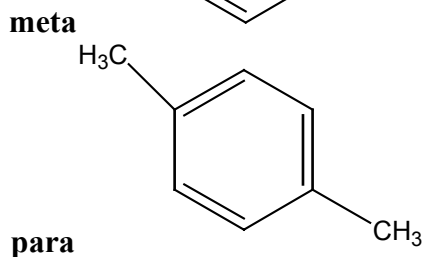
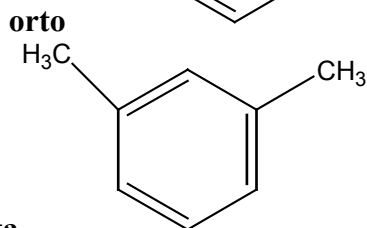


SE-LEVEL 50 ppm, SE-STEEL 100 ppm
LC₅₀ (guldfisk, 96 h) 12-96 mg/l

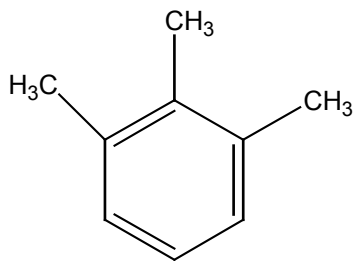
o/m/p-xylen



LC₅₀ (guldfisk, 24 h) 13/16/13 mg/l
WHO rekommenderar max 500 µg/l total
xylenhalt i dricksvatten.

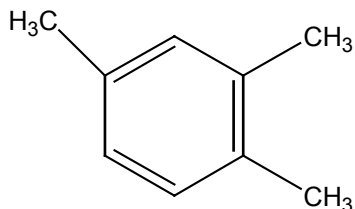


**1, 2, 3
trimetylbensen**



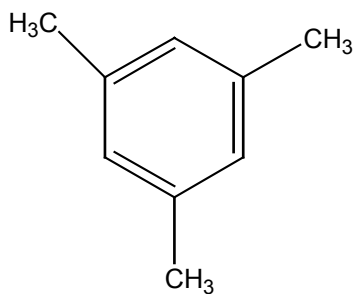
SE-LEVEL 25 ppm, SE-STEL 35 ppm

**1, 2, 4
trimetylbensen**



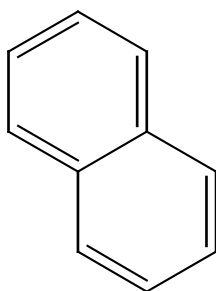
SE-LEVEL 25 ppm, SE-STEL 35 ppm

**1, 3, 5
trimetylbensen**



SE-LEVEL 25 ppm, SE-STEL 35 ppm

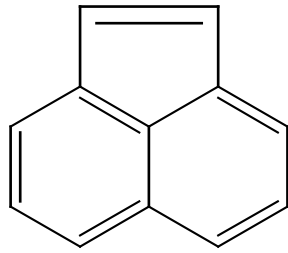
Naftalen



LC₅₀ (guldfisk, 96 h) 1,2-9,4 mg/l
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

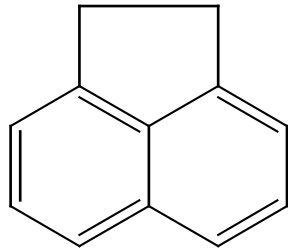
• PAH (poly aromatiska kolväten)

Acenaftylen



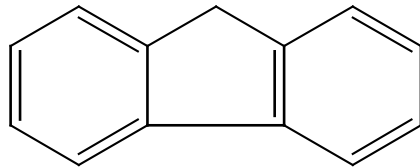
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Acenaften



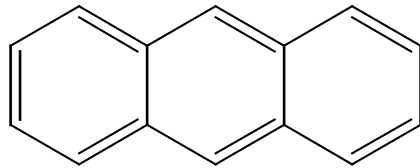
LC₅₀ (guldfisk, 96 h) 0,6-1,7 mg/l
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Fluoren



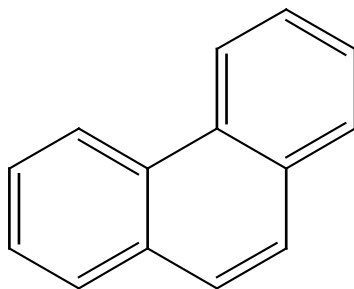
LC₅₀ (guldfisk, 24 h) ~5 mg/l

Antracen



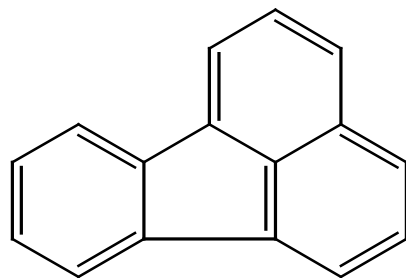
LC₅₀ (guldfisk, 96 h) 11,9 mg/l
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Fenantren



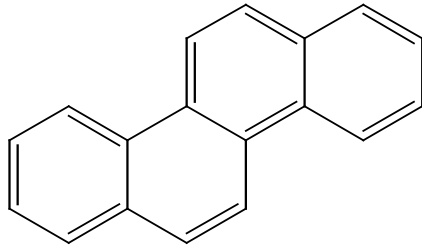
LC₅₀ (yngel regnbågsforell, 96 h)
3,2 mg/l
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Fluoranten



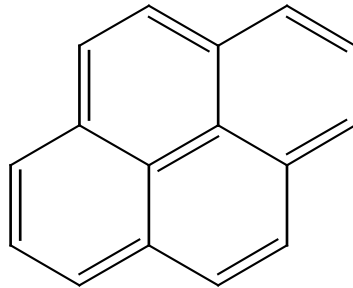
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Krysen



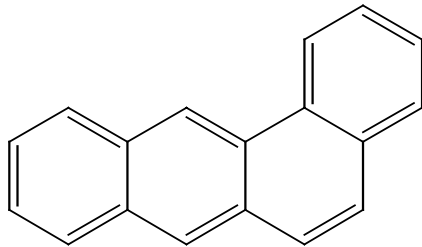
Värden saknas

Pyren



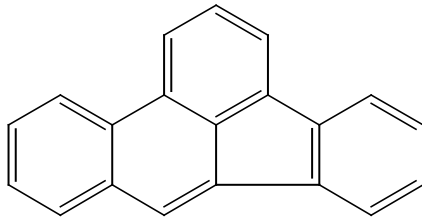
Värden saknas

Bens(a)antracen



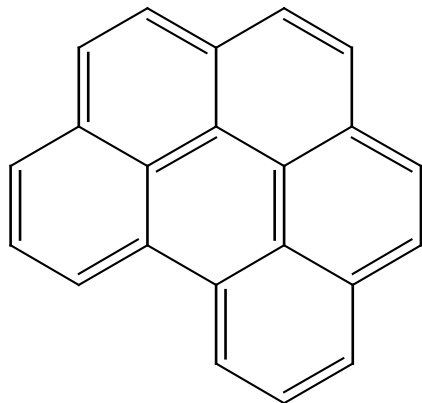
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Bens(b)fluoranten



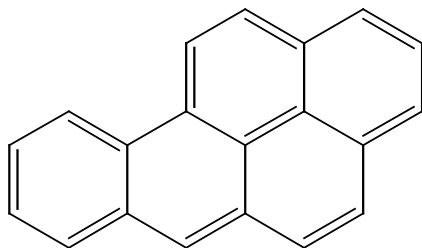
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Bens(ghi)perylen



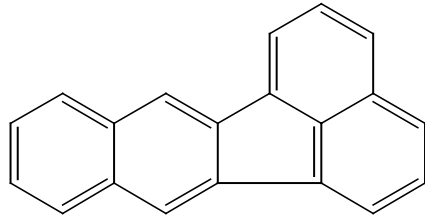
LC₅₀ (guldfisk, 96 h) 400 mg/l
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Bens(a)pyren



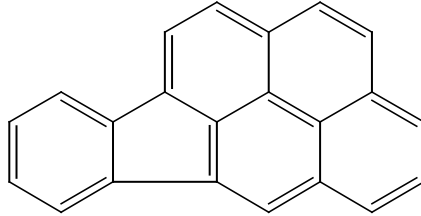
SE-LEVL 0,002 mg/m³
SE-STEL 0,02 mg/m³
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Bens(k)fluoranten



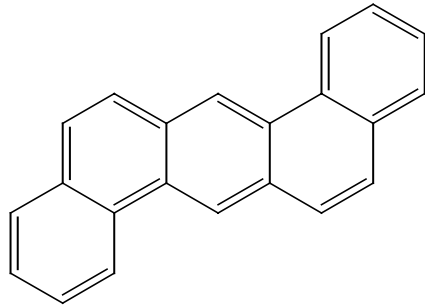
EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Indeno(1, 2, 3-cd)pyren



Värden saknas

Dibens(ah)antracen



EU direktiv rekommenderar max
0,1 µg/l i dricksvatten.

Referenser

- [1] J. Alin, T. Astnäs, 2001
Jämförande studie av utombordsmotorernas emissioner till vatten
examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Bilaga 3
Förteckning över utvalda ämnen

HC

Bensen

Cas nr: 71-43-2

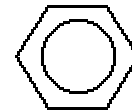
Bensen är en ingående komponent i bl.a. bensin, lim, färg och lacker inom verkstadsindustrin. Bensen förekommer naturligt i förutom olja också i frukt, grönsaker o kött. Mycket små mängder har även uppmätts i Atlanten och Stilla havet. Dessa koncentrationer tros bero på sjöfarten och oljeläckage.

Bensen är en färglös vätska som är tämligen svårlöslig i vatten. Föreningen är cancerogen för människor och djur. Den är även neurotoxisk.

Bensen bryts snabbt ner bakteriellt vid aeroba förhållanden. Nedbrytningen vid anaeroba förhållanden är däremot mycket långsam¹.

Tabell 0.1 Fysikaliska egenskaper för Bensen.

Bruttoformel	C ₆ H ₆
Molvikt	78,11 g/mol
Kokpunkt	80,1 °C
Smältpunkt	5,5 °C
Densitet	880 kg/m ³
Relativ gasdensitet	2,70
Flampunkt	-11.00 °C
Tändpunkt	562 °C
Explosionsområde	1,4 - 6,7 %
Ångtryck	10,1 kPa
Brytningsindex	1,5010
Vattenlöslighet	1770 mg/l



Figur 0.2 Strukturformel

Toluen

Cas nr: 108-88-3

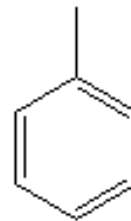
Toluen är en färglös vätska med en distinkt lukt. Den finns naturligt i råolja och i toluträdet. Den bildas även vid framställning av bensin ur råolja.

Toluen används bl.a. vid framställningen av färger, nagellack, gummi och lacker. Det används även som lösningsmedel.

Utsläpp av toluen stannar inte särskilt länge i naturen och ämnet biokoncentreras heller inte till höga halter i djur¹.

Tabell 0.2 Fysikaliska egenskaper hos Toluen

Bruttoformel	C ₇ H ₈
Molvikt	92,14 g/mol
Kokpunkt	110,6 °C
Smältpunkt	-95,0 °C
Densitet	865 kg/m ³
Relativ gasdensitet	3,18
Flampunkt	4.40 °C
Tändpunkt	535 °C
Explosionsområde	1,2 - 7,0 %
Ångtryck	2,89 kPa
Brytningsindex	1,496
Vattenlöslighet	534,3 mg/l



Figur 0.4 Strukturformel för Toluen

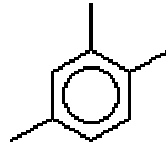
1,2,4-trimetylbensen

Casnr: 95-63-6

Det är ett färglöst vätskeformigt ämne som är olösligt i vatten. 1,2,4 trimetylbensen används som bärare vid tryckning och färgning av textilier. Men även som lösningsmedel i färger i lacker samt hårdare. Ämnet är svårnedbrytbart¹.

Tabell 0.3 Fysikaliska egenskaper hos 1,2,4 trimetylbensen

Bruttoformel	C ₉ H ₁₂
Molvikt	120,19 g/mol
Kokpunkt	169,4 °C
Smältpunkt	-43,8 °C
Densitet	876 kg/m ³
Relativ gasdensitet	4,15
Flampunkt	50.00 °C
Tändpunkt	485 °C
Explosionsområde	0,9 - 7,0 %
Ångtryck	0,210 kPa
Brytningsindex	1,504
Vattenlöslighet	11 mg/l



Figur 0.5 Strukturformel för 1,2,4 trimetylbensen

PAH:er

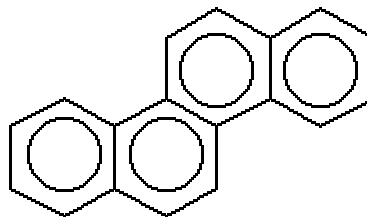
Krysen

Casnr: 218-01-9

Föreningen består av röd blå fluorescerande skivor som är olösliga i vatten. Krysen är ett cancerogent ämne som även är mycket giftigt för vattenorganismer och kan orsaka skadliga långtids effekter i vattenmiljö. Låg biologisk nedbrytning¹.

Tabell 0.4 Fysikaliska egenskaper för Krysen

Bruttoformel	C ₁₈ H ₁₂
Molvikt	228,29 g/mol
Kokpunkt	448 °C
Smältpunkt	255 - 256 °C
Densitet	1274 kg/m ³
Relativ gasdensitet	7,89
Vattenlöslighet	0,017 mg/l



Figur 0.7 Strukturformel för Krysen

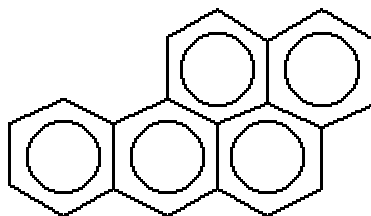
Bens(a)pyren

Casnr: 50-32-8

Ämnet kan beskrivas som ljusgula nålformiga kristaller som är olösliga i vatten. Bens(a)pyren används som komponent i färger och lacker inom verkstadsindustrin. Föreningen är cancerogen och giftig för vattenorganismer. Den kan även orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljö. Bens(a)pyren har en långsam biologisk nedbrytning¹.

Tabell 0.5 Fysikaliska egenskaper för Bens(a)pyren

Bruttoformel	C ₂₀ H ₁₂
Molvikt	252,32 g/mol
Kokpunkt	496 °C
Smältpunkt	178,1 °C
Densitet	1316 kg/m ³
Ångtryck	1,33 (311 °C) kPa
Vattenlöslighet	0,047 mg/l



Figur 0.9 Strukturformel för Bens(a)pyren

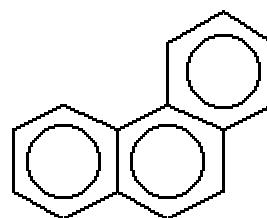
Fenantren

Casnr: 85-01-8

Fenantren är ett polyaromatiskt kolväte (PAH), som bildas vid ofullständig förbränning av bl.a. bensin. Som rent ämne består det av färglösa platta kristaller som är svårslösliga i vatten. Fenantren bryts ned biologiskt, dock mycket långsamt¹.

Tabell 0.6 Fysikaliska egenskaper hos Fenantren

Bruttoformel	C ₁₄ H ₁₀
Molvikt	178,23 g/mol
Kokpunkt	340 °C
Smältpunkt	101 °C
Densitet	1172 kg/m ³
Relativ gasdensitet	6,14
Flampunkt	171,00 °C
Ångtryck	0,000014 kPa
Vattenlöslighet	0,677 mg/l



Figur 0.12 Strukturformel för Fenantren

Referenser

- [1] Högskolan i Jönköping
Ingenjörshögskolan
databaser, *kemi*
-

Bilaga 4
Förteckning över studerade kartor ur Lantmäteriets kartarkiv

Bilaga 4 – Förteckning över studerade kartor ur Lantmäteriets kartarkiv

Siffrorna i tabellen anger de kartor som användes för att räkna antalet strandtomter längs med Vättern i Jönköpings kommun. Kartorna finns hos Lantmäteriet i Jönköping.

Kartnr.	antal strandtomter	detalj kartor	antal strandtomter	platser
7485	6			
7484	34			
7474	17			
		6383	3	Gränna hamn
		6373	5	
		6363	17	Röttle
7453	7			
7452	12			
7442	9			motorvägen
7432	1			
7431	14			
7321	20			
		4297	2	Brandstorp
		4287	3	
		4277		Huskvarna hamn
		4266	12	
		4254	2	Vätterstranden
		4253	2	Jönköpings hamn
		4262	1	Kaptensbon
		4272	10	
		4282	1	
		4292	3	
		5202	7	
		5212	21	
		5222	2	
		5232	3	
		5231	2	
		5241	2	
7483	18			Visingsö
7482	9			
7472	58			
7461	4			
7462	33			
7473	8			
	245		98	tot. 343

Bilaga 5
Karta över Vättern med större hamnar

Här följer en bild på Vättern och de hamnar som finns med i undersökningen. Under en del av namnen på kartan finns det fler mindre hamnar, de är också med inräknade i undersökningen. Bilden kommer från JSS (Jönköpings Segelsällskap) hemsida.

