

# Jämförande studie av utombordsmotorers emissioner till vatten

En sammanfattning av ett examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, Avdelningen för Kemisk Miljövetenskap, 2001

Av Jonas Alin och Tomas Astnäs

1. *I hur olika grad påverkas miljön beroende på vilken sorts motor utombordaren har?*
2. *Hur stor blir miljöpåverkan om man väljer alkylatbensin istället för vanlig bensin?*

Dessa två frågor ville Jonas och Thomas besvara genom sitt examensjobb.

**Utsläppen av kolväten från svenskarnas 600 000 motorbåtar motsvarar 10 % av det sammanlagda utsläppet från yrkestrafik, fritidsbåtar och fordonstrafik. Utsläppen från bilar minskar hela tiden, men arbetet med att minska utsläppen från fritidsbåtar går mycket långsamt. Utsläppen sker under den tid då djurlivet är som mest sårbart och känsliga ekosystem, exempelvis grunda vikar, utsätts i hög grad. Vad kan vi göra för att mildra de negativa effekterna?**

## Lite motorteori

Utombordsmotorer kan vara av fyrtakts- eller tvåtaktsstyp. Namnen kommer sig av hur många slag det tar för motorn att genomföra en arbetscykel: insugning av bensin, kompression, expansion och utblåsning av avgaser. Fyrtaktsmotorn gör således detta arbete i fyra ”takter” medan tvåtaktsmotorn klarar av det på två. Detta beror på att tvåtaktsmotorn komprimerar bensinen i vevhuset och det behövs inga separata arbetsmoment för insugning av bensin och utblåsning av avgaser.

Tvåtaktsmotorn utvecklades för att få en större effekt från en motor med samma cylindervolym som en fyrtaktsmotor. En relativt enkel konstruktion gör den robust och driftsäker. Då den varken har kamaxel eller ventiler är den billigare att tillverka och lättare att sköta. Jämfört med fyrtaktsmotorn är den faktiska effektskillnaden trettio procent till tvåtaktsmotorns fördel.

Till fyrtaktsmotorns fördelar hör en längre livslängd på grund av tvåtaktsmotorns ofullständiga smörjning under drift. I tvåtaktsmotorn späds oljan ut av bensinen och transporters till smörjställen högst slumpmässigt genom ”skvätt och stänk”. Förbrukningen av smörjolja är också högre på grund av en högre arbetstemperatur. I fyrtaktsmotorn fördelas oljan direkt dit den behövs genom pumpning.

Ur miljösynpunkt är det ingen tvekan om att fyrtaktsmotorn vinner med hästlängder. Lillebror tvåtaktsmotorn låter tjugo till trettio procent av bränslet gå rakt ut ur motorn utan att det förbränts. Smörjolerester följer också med, vilket bidrar till den negativa miljöverkan. En annan nackdel med tvåtaktsmotorn är att den inte orkar pressa ut det tillförda bränslets alla avgaser då motorbåten framförs långsamt. Detta leder till ökad nersmutsning av motorn.

Det finns också direktinsprutade tvåtaktsmotorer, där bränslet sprutas in direkt i cylindern. Avgaserna trycks ut av luft, vilket medför att ytterst lite av bränslet försvinner ut oförbränt. Den separata oljetillförseln får den positiva effekten att mindre mängd olja följer med avgaserna. Som enda nackdel är den extra kostnaden som följer av en mer avancerad utrustning för insprutningskontrollen.

### **Vad är bensin?**

Bensin är en blandning av många olika kemiska föreningar, i första hand kolväten med fyra till tolv kolatomer. Den klassas enligt oktantalssystemet, vilket indikerar tendensen att självantända. Ju högre oktantal, desto mindre risk för självantändning. Isooktan är referens med oktantalet 100. I Sverige har vi också ett miljöklassningssystem där vi delar in bensinen i miljöklass 1 och 2.

All bensin produceras genom raffinering av råolja. Det första steget är atmosfärisk destillation där råoljan upphettas och de olika fraktionerna avskiljs efter sin kokpunkt. Produkterna blir gas, råbensin, fotogen, gasolja (villaolja, diesel) och en tung, flytande restprodukt. En tredjedel av all råolja går idag till att producera bensin. För att få bensin måste råbensinen upparbetas på olika sätt. Behovet av bensin är idag större än det vi kan få fram genom destillation, så andra processer med samma syfte, har utvecklats.

Ett sätt att upparbeta exempelvis restolja till mer önskvärda fraktioner är genom katalytisk krackning (FCC). Kolkedjorna bryts upp och en blandning med lätta, omättade kolväten bildas. Denna produkt kallas FCC-nafta och den tillför en betydande andel till det globala bensinbehovet.

Alkylering är en process där de gasformiga alkenerna buten och propen från FCC-enheten avskiljs. Därefter får de reagera med isobutan med vätefluorid eller svavelsyra som katalysator (=ämne som sätter igång en kemisk reaktion utan att själv förbrukas). Slutprodukten blir grenade alkaner, främst olika isomerer av oktan. Det är denna blandning som är huvudkomponenten i alkylatbensin. Till skillnad från vanlig bensin, som kan innehålla hundratals olika kemiska ämnen, innehåller alkylatbensin endast några få olika komponenter.

Den alkylat som framställs globalt används till största delen som en komponent i standardbensin. En del används till att framställa alkylatbensin, men det är i dagsläget en mycket liten del av den totala produktionen. I Sverige finns det inte någon alkyleringsanläggning, så svensk standardbensin innehåller inte alkylat. Företag som Aspen, OK/Q8, Shell, Statoil och Preem, som producerar alkylatbensin, köper sina komponenter främst från länder inom EU.

På grund av att det finns en begränsad mängd alkylat, är det viktigt att alkylatbensin används där den verkligen behövs, som i utombordsmotorer, mopeder, gräsklippare och andra små maskiner, där avgasrening saknas eller är otillräcklig.

## **Avgaser från båtmotorer**

Det har inte utförts så mycket forskning i det här ämnet, men en forskargrupp vid Stockholms universitet med fil. Dr Lennart Balk i spetsen, har utfört några experiment. En liten tvåtaktsmotor kördes på ett realistiskt sätt i en vattentank. Ur avgasvattnet extraherades ett kondensat, som injicerades i fiskars olika organ. Skador på det genetiska materialet och fysiologiska skador i form av störd kolhydratsmetabolism kunde observeras. Man utförde också försök där fiskarna utsattes för avgaskondensatet genom mat och direkt i vattnet. Även i dessa försök observerades negativa effekter.

Forskare i Tyskland och Schweiz har utfört experiment där slutsatsen var att utsläppen av skadliga ämnen är mycket större från en tvåtaktsmotor än från en fyrtaktsmotor. Den akuta giftigheten kunde förklaras av närvaron av aromatiska kolväten. Man kunde konstatera att en tjugo hästkrafters tvåtaktsmotor som körts en timme hade gjort 11 000 kubikmeter vatten odrickbart.

## **Påverkan på miljö och hälsa**

Gruppen aromatiska kolväten (= arener) utgörs av särskilt hälso- och miljöfarliga ämnen, som till exempel bensen. Man vet säkert att bensen kan orsaka cancer hos människor. Bensen bryts ner långsamt och anrikas i organismer. Allmän vet man att aromatiska kolväten kan ge nervskador vid hög exponering och bidra till bildning av ozon.

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) är en stor grupp med ämnen som har tre eller fler sammansatta bensenringar. De flest av dessa ämnen är mycket skadliga för natur och djur genom att verka akut toxiskt, skada generna eller vara cancerogena. Tyvärr bryts de ner mycket långsamt och i vattenmiljöer binds de till sediment och kan vara ytterst långlivade.

Alkener reagerar lätt med andra ämnen. Till de farligaste räknas 1,3-butadien, som anses vara cancerframkallande. Alkaner är den grupp av kolväten som anses minst skadlig för hälsa och miljö och det finns inga belägg för att de är cancerogena.

## **Experiment**

Tre olika motorer användes vid försöken: en tvåtaktsmotor från 1990, en från 2001 samt en fyrtaktsmotor från 2001. Som drivmedel användes en standardbensin, OK blyfri 95 och Aspen alkylat 4-takt. Oljorna som användes var Aspen Outboard (tvåtakts syntetolja) och Shell Nautilus (tvåtakt mineralolja) och Shell Nautilus (fyrtaktolja).

Tre stycken kärl, på en kubikmeter vardera, användes. Förberedande bensinanalyser genomfördes med hjälp av IROX 2000 Gasoline Analyzer. Motorerna testkördes i färskvatten och en halvtimmes körning vid femgradigt vatten bestämdes som rimliga förutsättningar. Femhundra gram bensin per motor antogs vara rimligt, då tanken till motor 3 inte rymde så mycket mer. För att få så realistiska förutsättningar som möjligt beslutade man att experimenten skulle genomföras med sjövattnet, som pumpades upp från Nedsjön i Hindås.

Totalt genomfördes två försök med varje motor. De bränslekombinationer som användes till tvåtakarna var alkylatbensin och Aspen Outboardsolja samt standardbensin och Shell Nautilus (tvåtakts mineralolja). Till fyrtaktsmotorn användes alkylatbensin och standardbensin, båda i kombination med Shell Nautilus fyrtaktsolja. Då denna motor hade oljesump, har avgaserna från oljan inte beaktats. Då motorerna körts i trettio minuter togs prover tjugo centimeter under vattenytan. Proverna skickades till ett laboratorium för analys. Fördjupade analyser utfördes också på avdelningen för Kemisk Miljövetenskap, Chalmers.

## Resultat

Inte oväntat blev det stora skillnader i rökutveckling och i vattnets grumlighet vid de olika motorkörningarna. När den äldre tvåtaktsmotorn kördes med vanlig standardbensin var rökutvecklingen riklig och grumligheten avsevärd. Vid körning av fyrtaktsmotorn med alkylatbensin utvecklades endast lite rök och vattnet blev inte grumligt. Detta var inte så oväntat, då grumligheten i vattnet i första hand beror på oljeutsläpp från motorer, som saknar oljesump.

Resultatet visade helt klart att utsläppen av skadliga ämnen, som bensen och toluen, var störst från den äldre tvåtaktsmotorn, därefter från den nyare tvåtaktsmotorn och minst från fyrtaktsmotorn. Halterna utsläpp från den nyare tvåtaktsmotorn var ungefär tio gånger större än från fyrtaktsmotorn, ett förhållande som är allmänt vedertaget. Undantaget var bensen, som hade ett förhållande på tre gånger mer vid körning av tvåtaktsmotorn.

Vid körning med alkylatbensin var det inge större skillnad mellan utsläppen av de skadliga ämnena från den äldre och yngre tvåtaktern. Detta förklaras med att alkylatbensin innehåller så låga halter av dessa ämnen att utsläppen nästan blir försumbara.

Följande intressanta observation gjordes: för de analyserade ämnena gäller att utsläppen från en fabriksny fyrtaktsmotor, körd på standardbensin, är större än från en tio år gammal tvåtaktsmotor, tankad med alkylatbensin. Det enda undantaget är isooktan, som inte hör till de skadligare ämnena.

För den äldre tvåtaktsmotorn var det mellan 20 och 950 gånger högre koncentration för de analyserade ämnena efter körning med standardbensin jämfört med Aspens alkylatbensin. Det enda undantaget gällde isooktan. För den yngre tvåtaktsmotorn var skillnaden i koncentration mellan 10 och 425 gånger.

Vid körning av fyrtaktsmotorn var resultatet mellan 8 och 110 gånger högre utsläpp vid körning med standardbensin jämfört med alkylatbensin. Isooktan kunde inte uppmätas i något av dessa fall.

Kvoten mellan mängden av ett ämne, som överfört till vattnet, delat med mängden, som tillförts motorn, definieras som faktorn  $\hat{a}$ . Denna faktor uttrycks i procent. Vid analys visade det sig att fyrtaktsmotorns värde för  $\hat{a}$  var försumbart, medan den gamla tvåtaktsmotorn hade värden på ända upp till 70 % för naftalen och 40 % för 1,2,3-trimetyl-bensen. Det är bara den del av ämnet som stannar kvar i vattnet som beräknas, så det som går upp i luften tas inte med i beräkningarna.

En tumregel säger att ungefär hälften av avgaserna som kommer ut i vattnet stannar kvar där. Det är inte ovanligt att 20 % av de ämnen som tillförts motorn kommer ut direkt i vattnet, vilket gällde för den nyare tvåtaktsmotorn i försöket. Man kan då säga att motorn har en spolförlust på 20 %.

### **Slutsatser**

#### *1. I hur olika grad påverkas miljön beroende på vilken sorts motor utombordaren har?*

En fyrtaktsmotor är att föredra framför en tvåtaktsmotor när det gäller miljöpåverkan. Har man en utombordare med tvåtaktsmotor kan man tanka den med alkylatbensin, så blir faktiskt utsläppen av skadliga ämnen mindre än om man tankar en fyrtaktsmotor med vanlig bensin. Det är bättre att köra en gammal tvåtaktsmotor med alkylatbensin än att köpa en ny fyrtaktsmotor och tanka den med vanlig bensin.

#### *2. Hur stor blir miljöpåverkan om man väljer alkylatbensin istället för vanlig bensin?*

Den stora miljövinsten är att alkylatbensin innehåller ytterst små mängder av de skadliga aromatiska kolväten, som finns i standardbensin. Det medför att de kolväten, som vid utsläpp stannar kvar i vattnet, minskar radikalt vid användning av alkylatbensin jämfört med användning av vanlig bensin. De utsläpp som blir kvar i vattnet med alkylatbensin är långa molekyler med låg vattenlöslighet, som har en benägenhet att inom en kort tid avdunsta till luften. Därför är det försumbara mängder kolväten som blir kvar i vattnet.

