

Ur STADSLUFTEN (SNV)

## REFORMULERAD BENSIN

Översiktlig sammanställning för NORDISKA TRAFIKGRUPPEN

(Projekt Bränslefrågor. Id nr 33.04.11.00)

av

Åke Brandberg

Projekt 188

September 1992

ET 92/13

***Ecotrafic AB***

Gamla Brogatan 29 • S-111 20 STOCKHOLM • Tel + 46-8-796 99 95 • Fax + 46-8-796 93 94  
Branch: Odinsgatan 9 • S-411 03 GÖTEBORG • Tel + 46-31-80 52 90 • Fax + 46-31-80 26 20

## REFORMULERAD BENSIN

INNEHÅLL	Sida
0. Sammanfattning	1
1. Inledning	3
2. Vilka ämnen i bensin och avgaser är hälso/miljöskadliga?	3
3. Typiska sammansättningar av marknadsförd bensin	8
4. Lagstiftning och standarder för bensins sammansättning	9
5. Framställning av bensin i raffinaderiet	12
5.1 Råoljans inflytande	12
5.2 Raffineringsprocesser för bensin	12
5.3 Utveckling i Västeuropa	21
5.4 Utveckling i USA	22
6. Framtida bensin - Hur ser den ut?	23
6.1 Bensinsammansättning - utsläpp	25
6.2 Hur framställa reformulerad bensin?	35
6.3 Uppstår överblivna fraktioner?	37
7. Kostnader för reformulering av bensin	37
8. Miljöklassning av bensin?	39
9. Ytterligare FoU och utredningar	40
Ordlista och förkortningar	42

## REFORMULERAD BENSIN

### 0. SAMMANFATTNING

Utsläppen från hanteringskedjan för bensin och från bensindrivna fordon är i dag oacceptabelt höga och leder till oacceptabla hälso- och miljöskador. För att nå det enda möjliga målet - att utsläppen inte skall överskrida naturens förmåga att absorbera dem och därmed påverka den naturliga luftkvaliteten - måste de avsevärt reduceras. Medlen härför är främst mer slutna hanteringssystem, ångfallor på fordonen och förbättrad katalytisk avgasrening. För de oundvikliga, små restutsläppen är emellertid sammansättningen av bensinen också av betydelse för att minimera riskerna. **Reformulering** av dagens bensin med känd teknik ger då vissa möjligheter.

De ämnen som idag är kända för miljö- och hälsovådliga effekter är, utöver CO:

- \* Svavel- och kväveoxider: Försurningseffekter, hälsoeffekter rörande luftvägssjukdomar och misstänkta, men ännu ofullständigt kända genotoxiska verkningar,
- \* Oxidantbildande (ozonbildande) organiska ämnen, huvudsakligen kolväten, med kväveoxider och därigenom också indirekt hälsovådliga,
- \* Ämnen med genotoxiska (cancerogena) effekter (air toxics), såsom bensen, gasformiga olefiner, butadien, aldehyder och PAC.

Härutöver sker utsläpp från hela tillverknings- och användningskedjan av CO<sub>2</sub> med växthuseffekt och eventuella ännu inte fastlagda klimatteffekter.

Raffinadertechniken ger möjlighet att minska bensinens halt av det dominerande giftiga ämnet bensen och i viss mån aromatiska kolväten, som ger upphov till bensen i avgaserna. Vidare kan halten av flyktiga, i atmosfären reaktiva olefiner minskas, varigenom halten butadien i avgaserna sänks. Inblandning av oxygenater, främst etrar såsom MTBE, som kan framställas ur raffinaderikomponenter, ger lägre CO- och kolväteutsläpp i avgaserna men ger högre aldehydutsläpp och kan öka NO<sub>x</sub>-utsläppet något. Lägre andel högkokande bensinkomponenter (lägre T90-temperatur) minskar utsläpp av kolväten men kan öka NO<sub>x</sub>-utsläppet. Den enda åtgärd som minskar alla typer av avgasutsläpp är sänkning av bensinens svavelhalt genom att katalysatorns aktivitet då är högre.

De minskningar som kan nås genom reformulering av bensin är betydande och i USA uppställda mål på 15 - 25 % minskad ozonbildningspotential och minskade utsläpp av air toxics bedöms kunna nås. För enstaka ämnen kan större effekt uppnås. NO<sub>x</sub>-utsläppen kommer man dock inte åt denna väg. För längre gående krav behövs utvecklad motorteknik och katalytisk reningsteknik.

Den tidigare utvecklingen mot en mer flyktig, svavelrikare, aromatrikare och olefinrikare bensin kan brytas genom reformulering av bensinen med föreskrifter om maximerade och sänkta bensen-, aromat- och olefinhalter. Därutöver kan emissionsbilden förbättras

genom lägre flyktighet och användning av oxygenater som komponent. Den mest högkokande delen av bensinen, särskilt krackbensinen, bör avskiljas och efterbehandlas separat. Bilden är dock inte fullständigt klarlagd och ytterligare FoU-insatser behövs beträffande olefinbildningen med reformulerad bensin och rollen för PAH-kolväten i bensin och i avgaser.

Förändringarna behöver inte leda till att icke önskvärda komponenter blir över och hamnar i andra produkter, men gardering härför bör finnas i bestämmelserna. Det kallare klimatet i de nordiska länderna leder till behov av något flyktigare bensin för god körbarhet. Detta behöver inte leda till ökade utsläpp genom avdunstning men leder till marginellt ökade kolvätehalt i avgaserna. Framtida motorteknik kan minska behovet av flyktig bensin.

Kostnaderna för en reformulering av bensinen, som den diskuteras i dag, är betydande och kräver stora investeringar i raffinaderierna, men de är mycket ofullständigt belysta i europeiska studier. De kan mycket väl innebära en fördubbling eller mer av själva raffineringkostnaden för bensin på några tiotal ören per liter och lika mycket för dyrare fordon. Merkostnaden framstår dock som måttlig sedd i relation till råvaru- och distributionskostnaden, som är flera gånger högre, och än mindre sedd i förhållande till bensinpriset inklusive skatter. Kostnaderna måste vägas mot minskningar av samhällets kostnader, som orsakas av utsläppens miljö- och hälsoeffekter.

Miljöklassning av bensin förefaller vara en tveksam åtgärd. Nästan all bensin säljs via bensinstationer och införande av ytterligare kvaliteter vid sidan av befintliga är mycket kostsamt och i många fall ogenomförbart. Fullständig ersättning av dessa, t ex inom tätortsområden, är en möjlig väg, som där lättar en del hälsoproblem. Effekterna av utsläpp från bensinhantering och bensinmotorer är emellertid inte bara ett tätortsproblem utan lika mycket ett regionalt miljöproblem. Det synes då vara riktigare att söka överenskommelse, eller i sista hand lagstifta, om en ny bensinstandard för generell tillämpning.

Internationellt samarbete är väsentligt och information om kunskaperna om bensins och bensinavgasens hälso- och miljöeffekter är en angelägen förutsättning. Kunskaperna om dessa är i Sverige goda och sannolikt större än på många andra håll.

De nordiska länderna, som ligger i förhärskande vindriktningar från kontinentala Europa och Storbritannien och i flera avseenden har känsligare natur, har särskilt stort intresse av att utsläppen minskas internationellt. Det är då viktigt att acceptera strängare krav och kanske också föregå med gott exempel. Nordiska raffinaderier har minst lika förutsättningar till reformulering av bensin som i Europa men har självfallet svårt att genomföra detta om det inte också sker i åtminstone Nordvästeuropa.

## 1. INLEDNING

Uttrycket "reformulated gasoline" dök upp i mitten av 1989, då den amerikanska oljeindustrin lanserade denna som alternativ till de icke-oljebaserade drivmedel, som planerades av administrationen för obligatoriskt införande som rena drivmedel. På skandinaviska rekommenderas att den direkta översättningen "reformulerad bensin" användes. Bensins slutliga sammansättning formuleras i raffinaderiet genom blandning av komponenter, som producerats i olika processenheter. Det ibland använda uttrycket reformerad bensin bör undvikas då det kan leda till sammanblandning med raffinaderi-processen att reformera nafta till högoktaning bensinkomponent, reformat.

En ändrad bensinsammansättning har blivit önskvärd som ett medel för att minska avdunstade ångors och motoravgasens innehåll av hälso- och miljöskadliga ämnen. Kunskapen om vilka åtminstone en del av dessa är och hur de uppkommer har ökat kraftigt under senare år och samtidigt har de analytiska hjälpmedlen att bestämma halter av olika ämnen utvecklats enormt. Bensinens sammansättning har förändrats med tiden och reformuleringar är därför i sig inget nytt, men drivkraften har då varit att effektivisera framställningen och samordna den med utvecklingen av effektivare motorer till en optimal kombination ur prestanda-, energi- och kostnadssynpunkt. Nu kan man säga att drivkraften är optimering med hänsyn till hälso- och miljöeffekter.

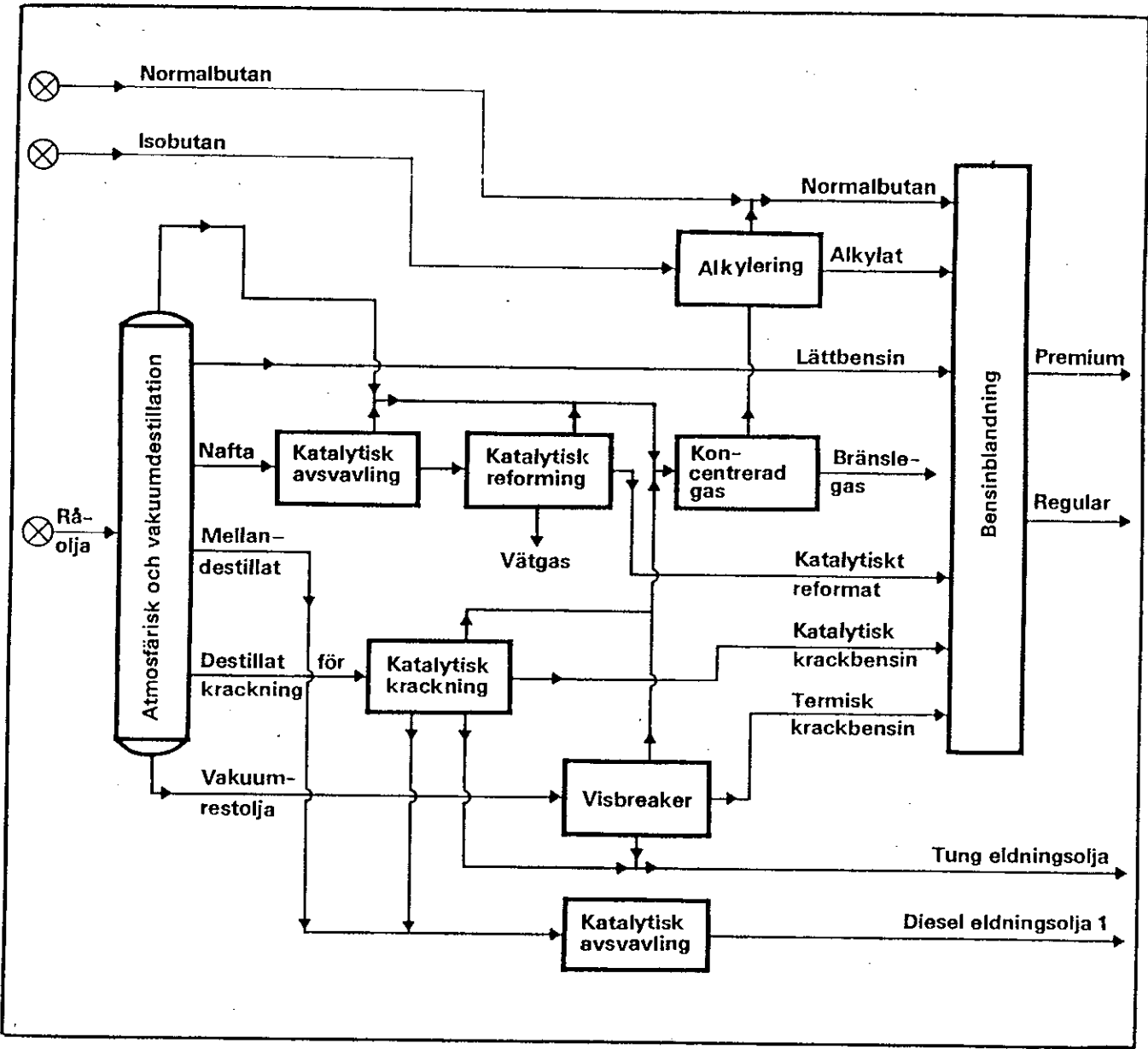
Raffinaderierna använder sig av ett stort antal olika processer för att ur råolja och kompletterande insatsvaror tillverka bensin (figur 1) och har mycket stora möjligheter genomföra förändringar. De nordiska raffinaderierna har minst lika goda förutsättningar härvidlag som på andra håll. Tillverkningen styrs så att kostnaderna minimeras för att göra den produktmix marknaden kräver. Eftersom hälso- och miljöeffekter, som produkterna åstadkommer i omvärlden, inte har något pris kommer de inte med i kalkylerna. I dessa avseenden styrs tillverkningen av lagstiftning, som dock ännu är rudimentär, och av standarder för produkterna. Tillverkarna är inte de som tar initiativ till begränsningar, som påverkar sammansättningen och minskar deras flexibilitet i produktionen. Ett visst inflytande kan dock ses från användarnas, d. v. s. bilindustrins, sida på egenskaper som påverkar deras produkter (motorers, reningssystem) prestanda. Detta sker genom kontakter mellan branschorgan och direkt mellan industrier.

Det tillkommer uppenbarligen myndigheter att lagstifta om begränsningar som rör hälso- och miljöeffekter eller att sätta pris på de utsläpp som ger dessa, och industriernas uppgift är att uppfylla kraven på mest effektiva sätt.

## 2. VILKA ÄMNEN I BENSIN OCH AVGASER ÄR HÄLSO-/MILJÖSKADLIGA?

Bensin är en komplex blandning av kolväten med litet innehåll av svavel- och kvävehaltiga föreningar samt vissa funktionstillägg (oktantalshöjande, motverkande korrosion, oxidation, försmutsning, mm.).

FIGUR 1



Blytillsatsernas farlighet har lett till att de, efter långt utdragen process, är på väg ur systemet i de flesta länder i Västeuropa. Tabell 2.1 visar aktuellt läge för andelen oblyad bensin. Utfasningen har redan skett i Japan och praktiskt taget också i Nordamerika. Vad som gäller för bly borde också gälla alla tungmetaller, som är biologiskt främmande, t. ex. nickel, vanadin, kobolt och mangan. Med blytillsatserna gjordes också tillsatser av s. k. scavengers, klor- och brometan, som i sig är cancerogena ämnen och har påvisats kunna bilda klorerade och bromerade dioxiner och furaner i avgaser. Med blyutfasningen följer även utfasning av scavengers, och det har ifrågasatts om dessa överhuvudtaget behövs vid låga blyhalter (<0,1 g Pb/lit.).

**Tabell 2.1 Andelen av oblyade bensinkvaliteter i Västeuropa i slutet av 1991.**

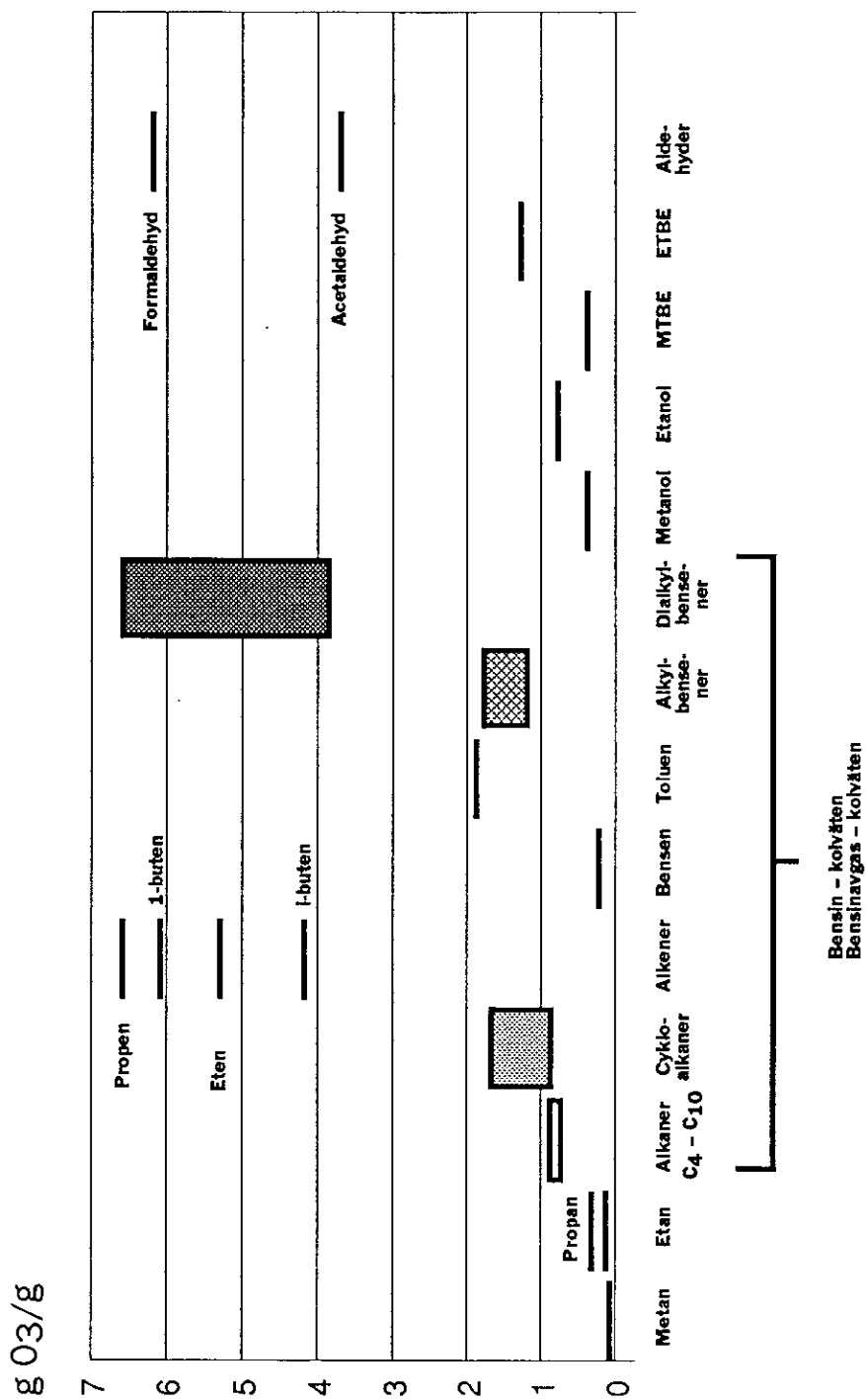
Land	Premium RON 98 %	Eurograde RON 95 %	Regular RON 92 %	Totalt oblyad %
Belgien	9	32	1	42
Danmark	19	38	10	67
Finland	2	62	-	64
Frankrike	24	4	-	28
Grekland	-	1	-	-
Irland	4	30	-	34
Italien	-	7	-	7
Luxemburg	2	33	-	35
Nederländerna	9	40	-	49
Norge	7	44	-	51
Portugal	-	1	1	1
Schweiz	-	58	-	58
Spanien	-	4	-	4
Storbritannien	5	37	-	42
Sverige	4	55	-	59
Västtyskland	6	33	40	79
Österrike	-	23	30	53

Källa: EFOA 1992

Kväve- och svavelhaltiga organiska föreningar har som sådana inga kända direkta vådliga effekter, men åtminstone de senare har en indirekt effekt genom att de sätter ned aktiviteten hos avgasrenande katalysatorer och därigenom höjer utsläpp av icke önskvärda ämnen. Därtill kommer ett mindre bidrag till försurning och bildning av sulfat-partiklar i atmosfären.

Alla kolväten bidrar till bildning i atmosfären av ozon och andra oxidanter, som är skadliga både för människa och växtlighet, men potentialen skiljer mycket mellan olika kolväten. Figur 2.1 visar exempel för det fall halten av dem är styrande för ozon

**Fig. 2.1 MIR: Maximalt möjlig ozonbildning under givna förhållanden**





-bildningen. Av figuren framgår att det är framför allt de lättflyktiga alkenerna som är mest reaktiva och därför inte önskvärda ur denna synpunkt. I avgaserna tillkommer gasformiga alken (eten, propen, butener) och aldehyder som mycket reaktiva ämnen. Kolvätena har lägre potential för ozonbildning då luftens NO<sub>x</sub>-halt är styrande faktor, vilket ofta är fallet regionalt över större områden.

Särskild uppmärksamhet riktas mot innehållet av bensen, som är cancerogen för människa. Andra aromater har inte denna egenskap men är en indirekt källa till bensen förekomst i avgaser. En annan grupp av kolväten med indirekt hälsoskadlig verkan är olefinerna, främst de lätta olefinerna inkl. diolefinen 1,3-butadien, som i kroppen till en liten del metaboliseras till epoxider med fastslagen cancerogen verkan på människa. Andra kolväten, främst alifatiska, blir en indirekt källa för gasformiga olefiner. California Air Resources Board (CARB) anger toxicitetsfaktorer, som är ca 5 gånger högre för 1,3-butadien i förhållande till bensen, som i sin tur har ca 5 gånger högre faktor än för formaldehyd ca 13 gånger än för acetaldehyd.

En annan grupp av kolväten med hälsovådliga egenskaper är de polycykliska aromatiska kolvätena, PAH, och derivat av dem, t. ex. nitro-PAH, som är genotoxiska och relaterade till cancer hos människa. Effekten av PAH förstärks om de är burna av små sotpartiklar. PAH- och partikelutsläpp är mest typiska för dieseloljor och andra tyngre motoroljor, använda i dieselmotorer, men finns också i avgaser från bensinmotorer. Det finns indikationer på att PAH kan bildas vid bensinframställningen i reformatet och att de kan bildas under förbränningen i motorn.

En ytterligare grupp hälsovådliga föreningar är aldehyderna, som inte bara är reaktiva i atmosfären utan också klassade som genotoxiska och misstänkt cancerogena. CARB's toxicitetsfaktorer är dock ca 5 gånger högre för bensen än för formaldehyd och ca 13 gånger högre än för acetaldehyd. Aldehyderna sätts också i samband med ökade allergiska besvär. Aldehyder finns inte i bensinen utan bildas vid förbränningen i motorn och i atmosfären genom oxidation av reaktiva kolväten.

Bensinens kvävehalt är praktiskt betydelselös för motorns kväveoxidutsläpp, som har luftens kväve som källa. Kolvätesammansättningen synes dock kunna ha viss inverkan på kväveoxidbildningen. Kväveoxider är nödvändiga för bildningen av ozon och är i sig som kraftiga oxidationsmedel hälsovådliga med effekter i andningsorganen, och deras roll för uppkomst av cancer är oklar men möjlig. Nitring av kolväten förstärker dessas negativa hälsoeffekter kraftigt.

Det är svårt att göra någon entydig gradering av angelägenheten att minska de olika utsläppen. Tidigare har utsläppen av kolmonoxid, sura gaser och organiska ämnen, som bidrar till ozonbildning, varit i fokus men nu inkluderas också specifika luftburna giftiga ämnen såsom bensen, eten, propen, butadien, aldehyder och PAH, främst partikelbundna sådana, med genotoxiska och misstänkt cancerogena effekter. För den förstnämnda gruppen finns på många håll fastlagda planer på minskningar av både avdunstningsutsläpp och avgasutsläpp men den uppställda kravnivån kan inte sägas leda till det långsiktiga målet att utsläppen inte förorenar luften på något påvisbart sätt. Proceduren med skärpningar av utsläppskraven måste därför fortsätta och är tekniskt möjlig.

Reduktion av kväveoxidutsläppen bör sannolikt placeras högst på listan genom att de både är skadliga i sig och deltar i många atmosfäriska och metaboliska reaktioner. För ännu inte reglerade ämnen har det svenska naturvårdsverket efter värderingar av risknivån för cancer på grund av förorenad luft uttalat att utsläpp av giftiga genotoxiska ämnen bör reduceras med mer än 90 % (SNV i rapporten LUFT'90).

### 3. TYPISKA SAMMANSÄTTNINGAR AV MARKNADSFÖRD BENSIN

Någon säker kunskap över genomsnittlig bensinsammansättning finns inte eftersom den inte är en egenskap som rutinmässigt följes (med undantag för bensenhalt som åtminstone i Sverige skall rapporteras för tillverkad och importerad bensin). Bensinens egenskapskrav är ett antal fysikaliska parametrar som har att göra med prestanda vid hantering och som motordrivmedel. Den kemiska sammansättningen kan variera avsevärt med råoljans ursprung och använd raffinerings teknik och undersöks endast stickprovvis. Detta gör att någon statistiskt säker sammansättning inte kan anges.

Tabell 3.1 visar en sammanställning av beräknad, typisk medelsammansättning av europeisk och amerikansk bensin samt resultat från en svensk undersökning (sammanlagt över 100 prover), som genomförts 1986-87 av naturvårdsverket och kemikalieinspektionen (SNV rapport 3531 och 3758).

**Tabell 3.1. Typiska genomsnittliga sammansättningar av bensin.**

	Amer. medel	Europ. medel	Svensk medel (min. - max.)
RON (utan bly)	93,5	95	95
Bensen, vol%	1,6	2,6	3 (1,2 - 4,3)
Aromater, vol%	30	40	-
vikt%			39,5 (32 - 49)
Olefiner, vol%	10,5	7	-
vikt%			9 (2 - 14)
Syrehalt, vikt%	0,0	0,4	0,5 (0,1 - 1,2)
T90, °C	166	≈160	177
Svavel, vikt-ppm	339	≈150	95 (10-310)

Variationerna mellan olika prover är som indikeras av den svenska undersökningen stora men illustrerar som nämnts de olika förutsättningar som de olika raffinaderierna arbetar under vad beträffar använd råolja, teknik och marknad för produkterna. Minst

lika stora variationer kan ses mellan olika geografiska regioner i Europa. Svavelhalten är förvånansvärt låg i det svenska materialet men har sannolikt stigit sedan provtagningen gjorts på grund av större inslag av krackade komponenter.

Den något lägre oktantsnivån i amerikansk bensin sammanhänger med att när oblyad bensin infördes i USA år 1975 var den beräknade optimala oktantsnivån (med hänsyn till energianvändning/kostnader i det sammantagna systemet raffinaderi-motor) cirka RON 92, som är den amerikanska regularbensinens nivå. Vid senare beräkningar i Europa (Concawe) befanns den optimala nivån vara RON 95. Detta blev riktmärket för den oblyade bensinen i Västeuropa (Eurograde), som nu är under införande. Det är egentligen slöseri med resurser att framställa och använda bensinkvaliteter med både lägre och högre oktantal. Likväl sker detta i viss utsträckning för att tillfredsställa en marknad för motorer/fordon med höga kraftprestanda. I USA har kvaliteter, mid-grade och premium grade, med högre oktantal tagit en betydande del av marknaden (ca 30 %) och medeloktantalet ökar mot den i dag optimala nivån.

Den genomsnittligt högre olefinhalten, högre svavelhalten och lägre aromathalten i amerikansk bensin jämfört med europeisk beror på att mixen av olika oljeprodukter ser olika ut med krav på mer långtgående konvertering genom krackning och koksning i USA än i Europa, där också det högre oktantsbehovet medfört högre andel och aromatrikare reformat i bensinen. Mer omfattande utvinning av bensen ur reformat för användning som kemisk råvara i USA kan också bidra till att förklara skillnader.

Inblandning av oxygenater, främst etern MTBE, med höga oktantal sker ännu i liten omfattning (ca 3 % i i medeltal Europa) men ökar nu snabbt dels till följd av utfasningen av blyadditiv i Europa, dels på grund av lagstiftning i USA. Skälet för denna är att utsläppen av CO och kolväten minskar vid oxygenatinblandningen. Användning av etanol i bensin (Gasohol, 10 vol% etanol) sker i vissa delstater i USA i betydande omfattning (i upp till ca 40 % av marknadsförd bensin) men utgör totalt sett <1 % av bensinen i hela USA.

I Europa var under början av 80-talet inblandning av metanol/TBA vanlig av kostnadsskäl men är nu av blygsam omfattning. Dess roll har övertagits av den mer lätthanterliga MTBE.

#### 4. LAGSTIFTNING OCH STANDARDER FÖR BENSINS SAMMANSÄTTNING

Lagstiftning gällande bensins sammansättning finns i Sverige endast för blyhalt, svavelhalt och bensenhalt (max. 5 vol%). Svensk standard för bensin begränsar dessutom halt av oxygenater till motsvarande max. 2 vikt% syre, dock högst 3 vol% metanol. EG-direktiv begränsar i Europa också blyhalt och bensenhalt (5 vol%) och innehåller regler för oxygenatinblandning. Dessa senare anger att marknadsföring av oxygenathaltig bensin motsvarande högst 2,5 vikt% syre (dock högst 3 vol% metanol resp. 5 vol% etanol) inte får förbjudas (i nationella standarder får upp till 3,7 vikt% syre tillåtas) och vid halt över 3,7 vikt% syre måste pumparna märkas med information om detta.

Från den 1/7 1993 skall alla nya bilar i Europa vara försedda med katalysatorer och måste drivas med oblyad bensin. Vidare överväges en lägre halt bensen (2 vol% ?) och lägre flyktighet i framtida bensin.

I USA har ny lagstiftning (CAA, Clean Air Act Amendments 1990) införts som påverkar bensinens sammansättning och utgår från önskan att börja minska utsläpp av organiska föreningar, som bidrar till ozonbildning, och av luftburna giftiga ämnen (air toxics; bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, acetaldehyd och PAH). I Kalifornien finns separat lagstiftning som går något snabbare fram och mer långtgående reduktioner.

I områden som ej uppfyller federala riktvärden för luftkvalitet betr. CO föreskriver CAA att under vintersäsongen (4 månader) från november 1992 skall bensinen innehålla oxygenater motsvarande 2,7 vikt% syre och ångtrycket (RVP) begränsas till lägre regionspecifika värden. Dessutom maximeras bensenhalten till 1,0 vol% och olefiner, svavel och T90-punkt får inte överskrida de värden raffinaderierna hade i medeltal under 1990.

I områden som inte uppfyller federala riktvärden för luftkvalitet betr. ozon föreskrives användning av en reformulerad bensin (RFG). Denna definieras genom allmänna krav på oxygenathalt motsvarande minst 2,0 vikt% syre, max. 1 vol% bensen, inga tungmetalltillsatser och tillsats av renhållande detergent-additiv och den får inte medföra någon ökning av kväveoxidutsläpp. Övre gräns för oxygenatinblandningen har i olika dispenser (waivers) av EPA bestämts till 3,5-3,7 vikt% syre. Vidare krävs att RFG skall medföra sänkning av utsläpp (emission performance standard) av ozonbildande flyktiga organiska ämnen (VOC) och ovannämnda luftburna giftiga ämnen. Från 1995-01-01 skall RFG kunna medföra minst 15 % minskning (på massbas) av dels av VOC under hög-ozonsäsong, dels av air toxics under hela året och från år 2000 minst 25 % minskning. Som jämförelse tas då utsläppen från 1990 års fordon drivna med 1990 års genomsnittliga bensin, som definieras i Tabell 4.1.

**Tabell 4.1. 1990 års basbensin.**

Bensinparameter	Sommar	Vinter
RVP, psi (kPa)	8.7 (60)	11,5 (79)
Bensen, vol%	1,53	1,64
Tot.aromater, vol%	32	26,4
Olefiner, vol%	9,2	11,9
Syrehalt, vikt%	0,0	0,0
T90, °F (°C)	330 (166)	331 (166)
Svavel, vikt-ppm	339	338

Reformulerade bränslen certifieras för tiden 1995-01-01 - 1997-03-01 av US EPA för fordon som med ovanstående bensin uppfyller emissionskraven om drivmedlet tillverkas enligt följande specifikation:

bensen: max. 1 vol%  
 syrehalt: min. 2,0 vikt%  
 ångtryck (RVP), sommar: områdesspecifikt lägre värde än f. n.  
 svavel, T90, olefiner: ej högre än raffinaderiets medelvärden 1990.

(T90 är den tempertur vid vilken 90 vol% förångats vid destillation enligt standardiserad metod.)

I beräkning enligt en förenklad emissionsmodell erhålles då den önskade reduktionen av VOC-utsläpp. EPAs data indikerar exempelvis att oxygenattillsats motsvarande 2 vikt% syre och sänkning av RVP med 0,6 psi (4 kPa) ger 15 % lägre massutsläpp av VOC. NO<sub>x</sub>-utsläppen är oförändrade vid tillsats av oxygenater av alla slag upp till 2,1 vikt% syre men endast av MTBE vid halter i området 2,1-2,7 vikt%. För beräkning av utsläpp av air toxics, som domineras av bensen (73 %), anger EPA andra ekvationer. Reduktion av bensenhalten i bensinen är enligt dessa en effektiv väg och 15-17 gånger mer effektiv än minskning av totalaromathalten.

För tiden efter 1997-03-01 skall en mer komplex emissionsmodell användas för certifieringen och förväntas innefatta också svavel, T90, aromat- och olefinhalt som parametrar. Olika raffinaderier kan då välja att ändra parametrarna på sitt eget sätt men ändå få samma effekt på utsläpp av VOC eller air toxics. EPA har givit preliminära resultat på sådana beräkningar som exemplifieras i tabell 4.2.

**Tabell 4.2. Minskade VOC-utsläpp enligt US EPAs preliminära komplexa modell.**

Parameter	Basbensin	RFG	Ändring	VOC-reduktion, %
RVP, psi (kPa)	8,7 (60)	8,1 (56)	0,6 (4)	8,9
Aromater, vol%	32	28	4	1,1
MTBE, vol%	0	11	11	1,0
T90, °F (°C)	330 (166)	320 (160)	10 (6)	1,8
Svavel, vikt-ppm	339	239	100	2,0

## 5. FRAMSTÄLLNING AV BENSIN I RAFFINADERIET

Framställningsprocessen för bensin och raffinaderiets struktur beror av de råoljor, som skall upparbetas, och den marknadsmix av oljeprodukter, som raffinaderiet skall tillgodose. Flexibiliteten är vid en viss uppbyggnad begränsad men urvalet av upparbetningsprocesser är mycket stort och det finns ur teknisk synpunkt få begränsningar för omstrukturering. Sådan sker kontinuerligt för att möta förändrad produktmix och ändrade kvalitetskrav. Reformulering av bensin som nu diskuteras får dock betecknas som ett rätt stort steg, som kräver tid och betydande investeringar. Raffineringsprocesserna är desamma världen över och de nordiska raffinaderierna har samma möjligheter som alla andra att genomföra en reformulering av bensinen. De större enheterna (Neste-Borgå, Scanraff-Lysekil, Statoil-Mongstad) har redan ett flertal olika processer för framställning av bensinkomponenter.

### 5.1 Råoljans inflytande

Råoljor i olika fyndigheter är ofta av skiljaktig karaktär beroende på ursprung och förhistoria. De karakteriseras efter densitet, svavelhalt, flytegenskap (pour point) och dominerande kolvätetyp (paraffiniska, nafteniska, aromatiska och mellantyper). Olefinhalten i råoljor är mycket låg och även aromathalten är i de flesta oljor låg. Paraffiniska oljor är gynnsamma för framställning av petrokemisk nafta som råvara för polyeten, polypropen, etc och ger dieseloljor med höga cetantal. Nafteniska oljor ger en naftafraktion som är utgångspunkt för reformat som bensinkomponent med höga oktantal (genom hög aromathalt) och för bensen som petrokemisk råvara.

Trenden för världens råoljor är att de succesivt blir tyngre och svavelrikare. Undantaget är Västeuropa, där trenden inte får genomslag förrän mot sekelskiftet genom det höga utnyttjandet inom regionen av lätta, lågsvavliga råoljor från Nordsjö-området och Afrika. Trenden mot tyngre oljor, samtidigt som marknaden behöver en lättare produktmix (bensin, dieselolja, petrokemisk råvara), leder till ökade behov av konvertering (krackning) av tunga fraktioner till lättare. Därtill kommer att miljökraven på raffinaderierna skärps med krav på lägre utsläpp.

Förutom råolja användes som råvara i raffinaderiet kondensat (NGL, natural gas liquids) från utvinningen av naturgas. Genom ökad användning av naturgas ökar tillgången på denna råvara. På senare tid har också andra insatsvaror såsom metanol av naturgasursprung börjat användas för MTBE-produktion i raffinaderier.

Exempel på publicerade data som hjälp vid inköp av råoljor ges i tabell 5.1 för rikt-råoljan från Brent-fältet i Nordsjön.

### 5.2 Raffineringsprocesser för bensin

Nedan beskrivs kortfattat karakteristika för de olika raffineringsprocesser som används vid framställning av bensin till slutlig specifikation. De två huvudströmmar, som konstituerar bensinen, är dels de naftafraktioner som erhålles vid primära destillationen

# TABELL 5.1 Brent blend, North Sea U.K., Norway,

Sullom Voe Terminal,  
Shetland Islands

## Whole crude:

Gravity, °API: 37.88  
Sulfur, wt %: 0.37  
Pour pt., °C.: -9  
Viscosity @ 20° C., cSt: 6.14  
Conradson carbon, wt %: 2.0  
Water by dist., vol %: 0.30  
Salt as NaCl, ppm: 24  
Total acid no., mg KOH/g:  
0.06  
V/Ni/Na, ppm: 6/ <2/6

## Straight-run gasoline

Range, (C<sub>5</sub>-85° C.)  
Yield on crude, wt %: 6.51  
Yield on crude, vol %: 8.03  
Density @ 15° C., kg/l: 0.674  
Rvp, psi: 12.2  
Sulfur, wt %: <0.01  
Paraffins, vol %: 79.2  
Naphthenes, vol %: 17.4  
Aromatics, vol %: 3.4  
Benzene, vol %: 3.3  
Benzene, wt %: 4.3

## Light naphtha

Range, (C<sub>5</sub>-90° C.)  
Yield on crude, wt %: 7.22  
Yield on crude, vol %: 8.83  
Density @ 15° C., kg/l: 0.688  
Rvp, psi: 11.1  
Mercaptan sulfur, ppm: <2  
Sulfur, wt %: <0.01  
RON: 70.8  
MON: 69.5  
Paraffins, vol %: 76.3  
Naphthenes, vol %: 20.0  
Aromatics, vol %: 3.7  
Benzene, vol %: 3.5  
Benzene, wt %: 4.6  
Nitrogen, ppm: <2

## Light naphtha

Range, (C<sub>5</sub>-165° C.)  
Yield on crude, wt %: 21.67  
Yield on crude, vol %: 24.64  
Density @ 15° C., kg/l: 0.731  
Rvp, psi: 5.1  
Mercaptan sulfur, ppm: <2  
Sulfur, wt %: <0.01  
Paraffins, vol %: 56.3  
Naphthenes, vol %: 32.5  
Aromatics, vol %: 11.2

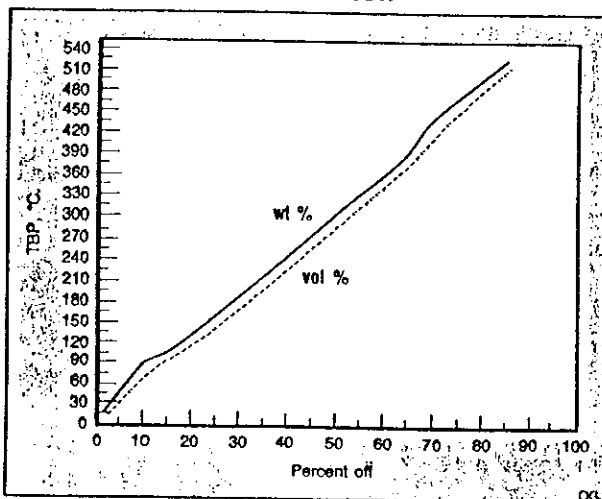
## Naphtha

Range, (90-155° C.)  
Yield on crude, wt %: 12.85  
Yield on crude, vol %: 14.11  
Density @ 15° C., kg/l: 0.757  
Rvp, psi: 1.2  
Sulfur, wt %: <0.01  
Paraffins, vol %: 45.8  
Naphthenes, vol %: 38.9  
Aromatics, vol %: 15.3

## Naphtha

Range, (85-165° C.)  
Yield on crude, wt %: 15.15  
Yield on crude, vol %: 16.61  
Density @ 15° C., kg/l:  
0.758  
Rvp, psi: 1.0  
Mercaptan sulfur, ppm: <3  
Sulfur, wt %: <0.01  
RON: 51.7  
MON: 50.5  
Paraffins, vol %: 45.8  
Naphthenes, vol %: 39.0  
Aromatics, vol %: 15.2

## Brent Blend TBP distillation



## Naphtha

Range, (155-175° C.)  
Yield on crude, wt %: 3.56  
Yield on crude, vol %: 3.77  
Density @ 15° C., kg/l: 0.784  
Sulfur, wt %: <0.01  
Aromatics, vol %: 18.3  
Smoke pt., mm: 25  
Freeze pt., °C.: <-60

## Heavy naphtha

Range, (165-190° C.)  
Yield on crude, wt %: 4.19  
Yield on crude, vol %: 4.42  
Density @ 15° C., kg/l: 0.788  
Mercaptan sulfur, ppm: 3  
Sulfur, wt %: <0.01  
Aromatics, vol %: 17.2  
Smoke pt., mm: 24  
Freeze pt., °C.: <-60

## Heavy naphtha

Range, (175-235° C.)  
Yield on crude, wt %: 9.64  
Yield on crude, vol %: 9.93  
Density @ 15° C., kg/l: 0.807  
Sulfur, wt %: 0.02  
Smoke pt., mm: 22  
Freeze pt., °C.: -47  
Flash pt., °C.: 66  
Cetane index: 42.5  
Cloud pt., °C.: <-30  
Pour pt., °C.: <-30  
Viscosity @ 20° C., cSt: 1.84  
Viscosity @ 50° C., cSt: 1.15

## Gas oil

Range, (190-250° C.)  
Yield on crude, wt %: 10.11  
Yield on crude, vol %: 10.3  
Density @ 15° C., kg/l: 0.816  
Sulfur, wt %: 0.03  
Aromatics, vol %: 18.3  
Smoke pt., mm: 21  
Freeze pt., °C.: -42  
Flash pt., °C.: 77  
Cetane index: 44.6  
Cloud pt., °C.: <-30  
Pour pt., °C.: <-30  
Viscosity @ 20° C., cSt: 2.1  
Viscosity @ 50° C., cSt: 1.32  
Neut. No., mg KOH/g: 0.04

## Gas oil

Range, (235-320° C.)  
Yield on crude, wt %: 16.16  
Yield on crude, vol %: 15.99  
Density @ 15° C., kg/l: 0.839  
Sulfur, wt %: 0.15  
Cetane index: 51.0  
Cloud pt., °C.: -18  
Pour pt., °C.: -21  
Viscosity @ 20° C., cSt: 4.59  
Viscosity @ 50° C., cSt: 2.42  
Basic nitrogen, wt %: 0.001  
Aniline pt., °C.: 70.3  
Neut. No., mg KOH/g: 0.05

## Gas oil

Range, (250-310° C.)  
Yield on crude, wt %: 11.57  
Yield on crude, vol %: 11.42  
Density @ 15° C., kg/l: 0.842  
Sulfur, wt %: 0.15  
Cetane index: 51.2  
Cloud pt., °C.: -19  
Pour pt., °C.: -21  
Viscosity @ 20° C., cSt: 4.89  
Viscosity @ 50° C., cSt: 2.50  
Basic nitrogen, wt %: 0.001  
Aniline pt., °C.: 69.2  
Neut. No., mg KOH/g: 0.05

## Gas oil

Range, (310-375° C.)  
Yield on crude, wt %: 11.49  
Yield on crude, vol %: 11.04  
Density @ 15° C., kg/l: 0.865  
Sulfur, wt %: 0.36  
Viscosity @ 50° C., cSt: 5.58  
Viscosity @ 100° C., cSt: 2.10  
Cetane index: 51.9  
Cloud pt., °C.: 8  
Pour pt., °C.: 7  
Refractive index @ 30° C.: 1.476  
Neut. No., mg KOH/g: 0.06

## Heavy gas oil

Range, (320-375° C.)  
Yield on crude, wt %: 9.6  
Yield on crude, vol %: 9.2  
Density @ 15° C., kg/l: 0.868  
Sulfur, wt %: 0.41  
Viscosity @ 50° C., cSt: 6.2  
Viscosity @ 100° C., cSt: 2.26

Cetane index: 51.6

Cloud pt., °C.: 9  
Pour pt., °C.: 9  
Basic nitrogen, wt %: 0.008  
Aniline pt., °C.: 78.8  
Ramsbottom carbon, wt %: 0.06  
Concarbon residue, wt %: <0.01  
Refractive index @ 30° C.: 1.478  
Neut. No., mg KOH/g: 0.06

## Heavy gas oil

Range, (375-420° C.)  
Yield on crude, wt %: 5.03  
Yield on crude, vol %: 4.73  
Density @ 15° C., kg/l: 0.883  
Sulfur, wt %: 0.44  
Viscosity @ 50° C., cSt: 13.3  
Viscosity @ 100° C., cSt: 3.8  
Pour pt., °C.: 27  
Basic nitrogen, wt %: 0.019  
Aniline pt., °C.: 86.1  
Ramsbottom carbon, wt %: 0.07  
Concarbon residue, wt %: 0.01  
V/Ni/Fe, ppm: <3/ <3/ <3  
Refractive index @ 30° C.: 1.478  
Hydrogen content, wt %: 13.0

## Heavy gas oil

Range, (420-525° C.)  
Yield on crude, wt %: 17.7  
Yield on crude, vol %: 16.22  
Density @ 15° C., kg/l: 0.906  
Sulfur, wt %: 0.59  
Viscosity @ 50° C., cSt: 44.89  
Viscosity @ 100° C., cSt: 8.44  
Pour pt., °C.: 39  
Basic nitrogen, wt %: 0.039  
Aniline pt., °C.: 93.6  
Ramsbottom carbon, wt %: 0.16  
Concarbon residue, wt %: 0.12  
V/Ni, ppm: <3/ <3  
Refractive index @ 30° C.: 1.491  
Hydrogen content, wt %: 12.65

## Residuum

Range, (375° C. +)  
Yield on crude, wt %: 38.2  
Yield on crude, vol %: 34.05  
Density @ 15° C., kg/l: 0.932  
Sulfur, wt %: 0.79  
Viscosity @ 50° C., cSt: 184.5  
Viscosity @ 100° C., cSt: 22.29  
Pour pt., °C.: 39  
Ramsbottom carbon, wt %: 4.3  
Concarbon residue, wt %: 5.5  
V/Ni/Na/K, ppm: <4/ <3/ <3  
Asphaltenes, wt %: 0.6  
N-pentane isolubles, wt %: 0.06  
Penetration @ 25° C.: >300  
Hydrogen content, wt %: 12.16

## Residuum

Range, (525° C. +)  
Yield on crude, wt %: 15.47  
Yield on crude, vol %: 13.09  
Density @ 15° C., kg/l: 0.981  
Sulfur, wt %: 1.13  
Viscosity @ 50° C., cSt: 5838.0  
Viscosity @ 100° C., cSt: 213.7  
Viscosity @ 135° C., cSt: 52.86  
Pour pt., °C.: 33  
Ramsbottom carbon, wt %: 12.3  
Concarbon residue, wt %: 13.3  
V/Ni/Na/K, ppm: 34/7/23/ <3  
Asphaltenes, wt %: 2.5  
N-pentane isolubles, wt %: 1.2  
Penetration @ 25° C.: >300  
Hydrogen content, wt %: 11.4

av råoljan vid atmosfärstryck (nativ, virgin, straight-run nafta), dels naftafraktionerna som erhålles vid destillation av krackade tyngre oljefraktioner (främst vakuumgasolja men även atmosfärisk restolja) och av koksad tung restolja (vakuumrestolja). Ökande betydelse har upparbetningen av gasformiga kolväten till flytande bensinkomponenter fått.

## Reformering

Den nativa naftan har lågt oktantal (55-75) och underkastas därför s.k. katalytisk reformering, vilket bl.a. innebär (figur 5.1) att raka kolkedjor isomeriseras till grenade och cyklopentaner till cyklohexaner, naftener dehydreras till aromater, alkaner till alkenar (olefiner), alkaner dehydrocykliseras till aromater. Alla dessa produkter har högre oktantal än utgångsparaffinerna och naftenerna. Vid reformeringen bildas vätgas och reformern är den viktigaste källan till den vätgas, som behövs för hydrering av andra produkter. Genom dealkyleringar och hydrokrackning bildas lätta alkaner (metan, etan, propan, butaner) som biprodukt. Genom polymeriseringsreaktioner sker en viss koks bildning, som gör att katalysatorn måste regenereras för att bibehålla sin aktivitet och ha acceptabel livslängd.

Som katalysator används ädelmetaller som platina. Denna är känslig för förgiftning av svavel, kväve och syre varför naftan före reformering måste hydreras för att nära fullständigt ta bort dessa. Genom kontroll av katalysator, temperatur, tryck och vätpartialtryck kan graden (severity) av reformeringen och därmed oktantalet styras till önskat värde (RON 90 - 104), men med högre oktantal sjunker utbytet av flytande fraktion (C5+). Utbytetal i området 75-90 vol% är typiska. Aromathalten ökar med stigande oktantal. Bensenhalten kan i viss mån styras genom att välja en nafta med högre startkokpunkt så att halten C6-kolväten blir lägre. Typiska sammansättningar av reformat ges i tabell 5.2. I den högkokande delen av reformatet är som synes aromathalten mycket hög och det finns indikationer på att polyaromatiska kolväten med tre eller fler bensenringar har bildats (Westerholm, ES&T 1988, p.925).

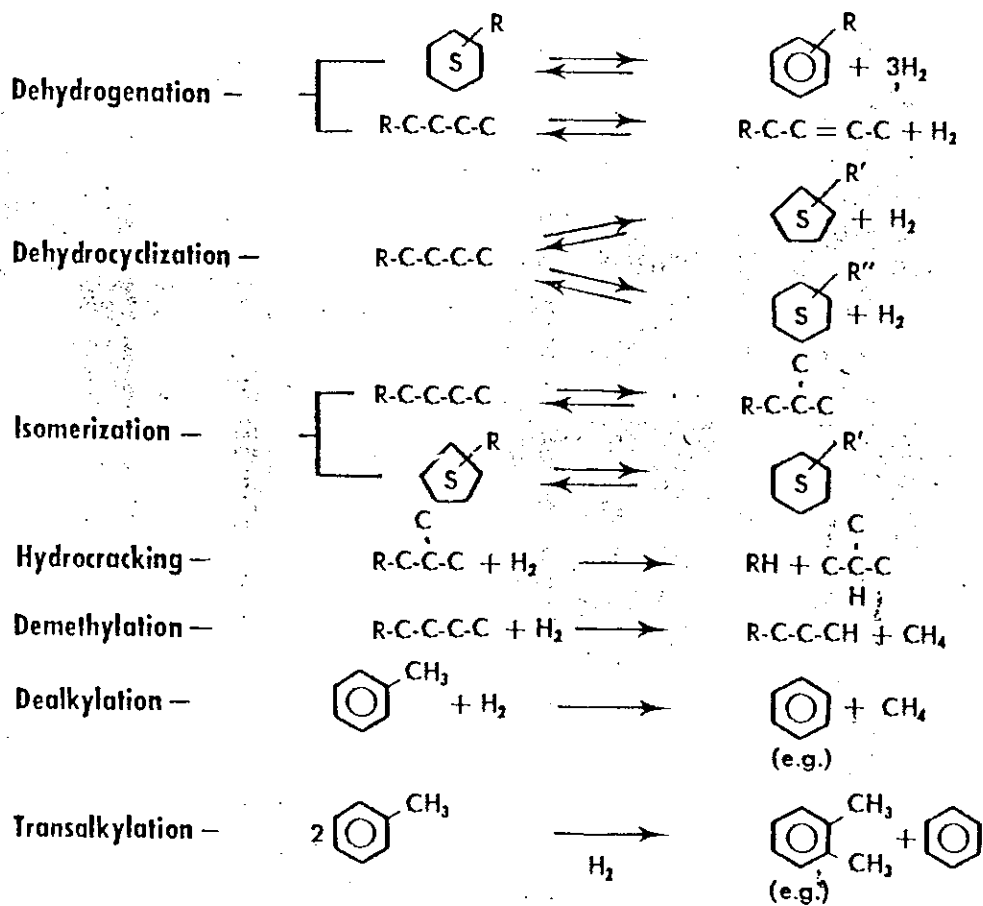
## Isomerisering

Den lätta naftafraktionen, som kan ingå i bensin som s.k. LSRG (light straight-run gasoline) och huvudsakligen består av pentaner och hexaner, har lågt oktantal. Detta kan höjas genom isomerisering, varigenom raka kolkedjor (n-paraffiner) görs om till grenade, isoparaffiner, med betydligt högre oktantal. Den kan kombineras med fraktionerad destillation av produkten för att skilja isoparaffin- och normalparaffindelen och använda dessa för olika bensinkvaliteter eller återföra n-paraffinerna till isomeriseringssteget och öka utbytet av iso-paraffiner. Typiska data för isomerisat ges i tabell 5.2.



FIGUR 5.1

## Platforming reactions



061

**Tabell 5.2. Typiska data för olika komponenter för blandning till motorbensin.**

Komponent	Bland- RON	Bland- MON	Bland- (R+M)/2	Bland-RVP kPa	Aromat.Olef. %	Olef. %
n-butan	92	87		400	-	-
iso-butan	102	94			-	-
iso-pentan	92	87		145	-	-
LSRG	63-70	65-73	55-75	80-110	0-4	0-2
isomerisat, TIP	90	88	90	100-140	0	
alkylat, C7-C8	94	92	93	45		
polymerbensin, C7	93	89	91	45		
reformat 90	90			18	47	
reformat 95	95			21	55	
reformat 98	98	88	93	40	70	
reformat 102	102	90	96	40	75	
reformat 104	104	92	98	40	80	
bensen	106	88	97	20	100	-
toluen	114	93	104	3	100	-
xylen,p-,m-	120	98	109	2	100	-
xylen, o-	105	87	96		100	-
etylbenzen	114	91	103		100	-
C9-aromater	117	98	108			
C10-aromater	110	92	101			
lätt ref.high sever.		76		90	14	
tungt ref.high sever.		95		0	86	
FCC-bensin	92-94	79-81	84-89	50	27-35	25-33
lätt FCC-bensin	93-94	80-81		90	13-18	40
mellan-FCC- "		78		10	14	
tung FCC- "	92	82		0	56-60	16
pyrolysbensin		89		5	50-90	
hydrokrack. nafta			85-87		2-6	
MTBE	118	100	109	60	-	-
ETBE	119	102	110	30	-	-
TAME	111	98	105	15	-	-
metanol	133	99	116	500	-	-
metanol/TBA 1:1	115	95		240	-	-
etanol	130	96	113	140	-	-
iso-propanol	122	96	109	70	-	-
TBA	109	93	101	55	-	-

## Krackning

Krackning är den gemensamma benämningen på termisk eller termisk/katalytisk nedbrytning av tyngre kolväten till mindre molekyllstorlekar för att öka utbytet av främst drivmedel (bensin). Den katalytiska krackningen har kommit att dominera över termisk krackning, då den ger högre konvertering och högre utbyten av önskade lätta produkter. En särskild form av termisk krackning är s.k. visbreaking, som användes för att minska viskositeten hos tunga vakuumrestoljor för att kunna blanda in dem i tjocka eldningsoljor. Därvid erhålles som biprodukt viss mängd lätta produkter för upparbetning till bensin. Koksning är så en långt driven termisk krackning att återstoden är en fast koks (petroleumkoks). Vid närvaro av vätgas under högt tryck talar man om hydrerande krackning (hydrocracking) och används för att få mellandestillat (jetbränsle, dieselolja) av bättre kvalitet.

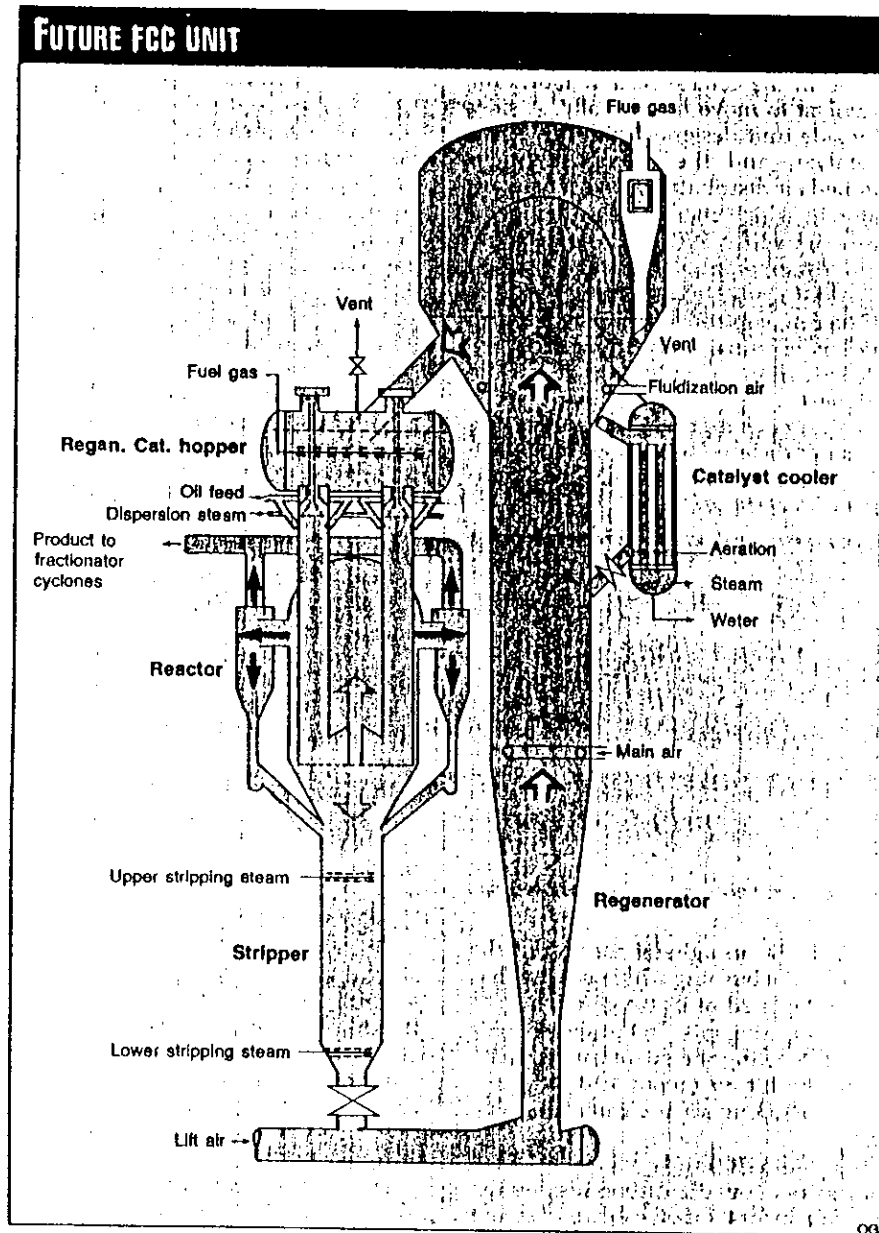
Konverteringsgraden till lätta produkter definieras som utbytet av bensinfraktioner och lättare kolväten ända ned till metan. Typiska konverteringsgrader vid katalytisk krackning är 50 - 75 vol%. Resten utgörs av mellandestillat (LCO, light cycle oil) och tung olja (decant oil) och koks som bildas på katalysatorn. Denna måste därför kontinuerligt regenereras. Figur 5.2 visar schematiskt en katalytisk kracker (reaktor och regenerator) med fluidiserad katalysator (FCC, fluid catalytic cracking) och kontinuerligt flöde av katalysator som värmebärare mellan stegen.

Karakteristiskt för produkter från krackningen är hög halt av omättade kolväten, olefiner, men också rätt höga aromathalter. Detta ger krackbensinen (även benämnd kracknafta) relativt högt research-oktanttal (RON) men lågt motor-oktanttal (MON), som är viktigt vid hög motorbelastning och i verkligheten styrande för bensintillverkningen i de flesta fall. Typiska data ges i tabell 5.2. I den lätta (lågkokande) delen av krackbensinen är aromathalten måttlig och olefinhalten mycket hög, medan förhållandena är de omvända i den tunga fraktionen.

Hög konverteringsgrad leder till högre oktantal genom ökad halt aromater och mer grenade och kortare kolkedjor, vilket ger bensinen högre MON. Alltför hög (75-80 %) konvertering leder till minskat utbyte av bensinfraktion genom överkrackning till gasformiga kolväten, vilket dock kan vara önskvärt. Krackningsförloppen kan i viss utsträckning styras genom val av kontakttid, temperaturnivå, hastighet för recirkulation av katalysator, kolhalt på katalysator och dennas sammansättning och aktivitet och av vattenångans partialtryck. Krackningen är en endoterm reaktion, men värmebehovet täcks genom avbränning av koks vid regenereringen av katalysatorn och återföring av den heta katalysatorn till krackningsreaktorn.

Krackbensinen, särskilt den tyngsta delen, karakteriseras också av relativt höga halter av svavel och kväve, och är huvudkällan till bensinens svavelhalt. Ökande inslag av krackbensin har lett till ökande svavelhalter i bensin. Den höga halten omättade kolväten (och svavel-, kväve- och syrehaltiga föreningar) gör krackbensinen mindre stabil än andra bensinkomponenter och är orsak till problem med beläggningar som uppstått i motorernas bränslesystem och förbränningsrum. Detta har nödvändiggjort tillsatser av renhållande detergentadditiv till bensinen.

FIGUR 5.2



Mellandestillatet (LCO) har även det hög aromat- och olefinhalt och är därför olämpligt som dieselbränsle (lågt cetantal). För att få bättre egenskaper härvidlag kan vakuumbgasoljan före den katalytiska krackningen underkastas relativt kraftig hydrering (mild hydrocracking). Därvid blir även krackbensinen stabilare och får lägre svavelhalt.

Det direkta utbytet av krackbensin är vanligtvis inte över ca 50 % och för höja detta kompletteras krackningen med utvinning av gasformiga kolväten, som domineras av olefiner, och vidareprocessande av dem genom oligomerisering (dimerisering, polymerisering), alkylering och eterifiering. Detta är nödvändigt också för att kompensera krackbensinens låga MON. Det kan finnas anledning att förbättra även själva krackbensinens egenskaper, särskilt för fraktionen 75-125°C (heart cut) med låga oktantal, genom reformering (vilket leder till ökad aromathalt). Den måste då först hydreras för att ta bort svavel, m.m., och omvandla olefinerna till paraffiner.

### **Oligomerisering**

Ett relativt enkelt sätt att upparbeta gasformiga olefiner från krackningsoperationer till flytande bensinkomponent är att polymerisera dem. Detta kan utföras både med fraktionerade C3- och C4-olefinströmmar, propen resp. butener, eller blandade sådana. Polymerbensin utgående från propen innehåller huvudsakligen isohexen och mindre mängd nonener och än mindre mängder dodekener. Är butener utgångsmaterial blir huvudkomponenten oktener med grenade kedjor och mindre mängder dodekener. Polymerbensinen består nästan helt av monoolefiner och har högt RON (96-97) men lågt MON (tabell 5.2) om än något högre än för krackbensin.

Det är därför fördelaktigt att komplettera polymerisering med alkylering, som ger produkter med högre MON.

### **Alkylering**

Alkylering innebär att två gasformiga kolväten, isobutan och C3-C4-C5-olefiner, kombineras till mättade isoparaffiner, som har höga såväl RON som MON (tabell 5.2). En del av olefinerna, motsvarande tillgången på isobutan, kan då dras undan polymeriseringssteget. Alkyleringen är en väl etablerad, men svårare och mer energikrävande process, som utföres med svavelsyra eller fluorväte som katalysator. Utveckling av process med fast katalysator pågår dock. Alkylering är betydligt vanligare i USA, där konverteringen till bensin ur råolja drivs betydligt längre, än i Europa, och ingen anläggning finns ännu i Norden.

Isobutankällorna vid raffinaderiet är råoljan själv (primärdestillationen med tillhörande utvinning av lätta kolväten), reformern och den katalytiska krackern. Dessutom kan isobutan köpas från anläggningar för våtgasupparbetning vid naturgasutvinning.

## Eterifiering

Etrar är utmärkta, mycket högoktaniga bensinkomponenter, som framställs ur iso-olefiner och någon alkohol, som kan vara metanol (enda hittills använda kommersiellt), etanol eller propanol. Den vanligaste, sedan 1973 använda etern är MTBE, metyl-tertiär-butyl-eter, men även anläggningar för TAME, terciär-amyl-metyl-eter, har börjat byggas och övervägs för ETBE, etyl-tertiär-butyl-eter, i områden där subsiderad etanol är tillräckligt billig för att konkurrera med metanol. Data för dessa etrar och andra ges i tabell 5.2. Användning av oxygenater (alkoholer, etrar) i bensin som högoktan-komponent görs i samband med sänkning av tillåten blyhalt (Västeuropa). Den har vidare visat sig gynnsam för att få lägre utsläpp av koloxid och kolväten och har som nämnts (avsnitt 4.) gjorts obligatorisk i områden med luftkvalitetsproblem i USA.

Många, men inte alla iso-olefiner kan fås att reagera med alkoholer till etrar med hjälp av katalysatorer. Gynnsammaste källa för iso-buten (synonym iso-butylen) är C4-strömmen (ca 45 % iso-butenhalt) från krackning av nafta för petrokemiska ändamål. De flesta hittills byggda anläggningar utnyttjar denna råvara. Anläggning finns i Norden hos Neste i Finland och en anläggning håller på att byggas vid Statoils naftakracker i Stenungsund. Vid raffinaderier med krackningsanläggningar finns isoolefiner dels i C4-strömmen, dels i krackbensinen (huvudsakligen isopentener, synonym isoamylener) och många anläggningar för produktion finns eller håller på att byggas vid raffinaderierna.

Utnyttjandet av olefiner i krackbensin är också ett sätt att minska halten av reaktiva, lättflyktiga olefiner i bensinen. Kombination av eterifiering och alkylering synes i många raffinaderier vara gynnsam och kan ge bättre utbyten av högoktaniga komponenter och lägre kostnader.

Källorna för iso-olefiner är emellertid inte tillräckliga för att täcka förväntade behov av etrar och andra källor måste utnyttjas. Isomerisering av normal-butener (raka kolkedjor) är en väg och dehydrering/isomerisering av normal-butan en annan, som börjat användas där billiga butaner är tillgängliga och kan uppväga de högre tillverkningskostnaderna. Detta är fallet i samband med olje-och naturgasutvinning. Flera stora MTBE-anläggningar har byggts (Saudiarabien, Venezuela) på denna bas och fler planeras, bl.a. i Norge där naturgas landas.

Alkoholråvaran köps tills vidare utifrån men raffinaderierna skulle kunna producera denna inom anläggningen genom förgasning av tunga restoljor, vilket kan vara gynnsamt i kombination med produktion av mer vätgas. Sannolikt kommer mer hydreringar att behövas i framtiden och problem med avsättning av de sämsta oljeprodukterna att öka. För närvarande är metanol framställd ur naturgas den billigaste alkoholkällan. Både metanol och etanol kan framställas ur bioråvaror om detta skulle krävas, om än till högre kostnad.

## Övriga bensinkomponenter

Det finns ytterligare komponenter i bensin som inte berörts ovan. Den volymmässigt

största är butaner, som fås vid destillationen av råolja och från naftareformering och krackning och kan utvinnas till låg kostnad. De har goda oktantalsegenskaper (tabell 5.2) men är flyktiga och används för att ställa in bensinens slutliga ångtryck med de gränser som standard eller specifikation sätter. Tendensen har tidigare varit att blanda in ökande mängder butaner och marknadsford bensins ångtryck har stigit, långt över det certifieringsbensinen vid emissionsprovning har, med ökande avdunstnings-emissioner som följd. Denna utveckling har stoppats genom kraven på minskade sådana utsläpp genom mer slutna distributionssystem även om dessa ger ökade marginaler för högre ångtryck. Krav på att bensins flyktighet skall sänkas finns och kommer att ha till följd att möjligheterna till inblandning av butaner minskas.

En annan komponent som användes på en del håll är s.k. pyrolysbensin, som är en biprodukt från naftakrackers. Pyrolysbensinen har emellertid mycket hög aromathalt (tabell 5.2) och kan ha mycket hög bensenhalt.

### 5.3 Utveckling i Västeuropa

Utvecklingen i Västeuropa bestäms av att avvecklingen av blyade bensinkvaliteter nu är beslutad och förloppet kan relativt säkert kvantitativt förutsägas. Vidare kommer en minskning av användningen av tjocka oljor att fortsätta med ökad konvertering av dessa till lätta produkter och ökande andel krackbensin som följd. Sänkt svavelhalt i dieseloljor (till 0,05 %) förväntas bli beslutad och en ökad andel dieseloljedrivna fordon har länge förutspått. Ökad andel dieselolja motverkas av mindre annan användning av mellandestillat i form av lätt eldningsolja. Dieseloljan förutsägs också bli något tyngre (högre slutkokpunkt).

Dessa båda senare utvecklingar kan ifrågasättas med hänsyn till att avgaskraven även för dieselfordon med all sannolikhet kommer att skärpas med högre krav på dieseloljans kvalitet som följd. Ökad miljömedvetenhet hos allmänheten om skadligheten av dieselmotorns avgaser, och mer likställd beskattning av bensin och dieselolja, som försämrar det dyrare dieselfordonets drifekonomi, talar snarast för minskad användning av dieselolja.

Andra kvalitetskrav på bensin och dieselolja synes inte vara näraliggande och någon reformulering av bensin av miljö- eller hälsoskäl diskuteras knappast utöver viss minskning av bensenhalt och någon sänkning av flyktigheten. Blyhaltssänkningen kommer att leda till succesiv anpassning i raffinaderierna till produktion av högoktanigare och aromatrikare reformat, ökad isomerisering och alkylering, uppgradering av krackbensin och ökad användning av etrar. Då möjligheterna till kombinationer är många och raffinaderierna varandra olika kommer varje raffinaderi välja den för sig optimala lösningen. Redan befintliga kvalitetskrav kommer att kräva ökad andel hydrokrackning i Västeuropa. Ökning av aromathalten i bensin är emellertid inte en önskvärd utveckling, då aromaten bensen är främsta måltavlan för att minska bensinens och avgasernas hälsovådlighet.

Oljeindustrins synpunkt synes vara att reformulering av bensinen inte är en relevant

fråga, eftersom luftkvalitetsproblem som i USA inte anses föreligga i Västeuropa med de riktvärden för luftkvalitet som finns. Skillnader i användningen av olika drivmedel (den höga andelen dieseloilja i Europa), annan sammansättning på europeisk bensin (lägre olefinhalt, lägre T90-punkt) och andra (mindre) bilar och körmönster och större betoning av koldioxidutsläppen skulle göra problemen mindre än i USA. Slutning av systemen för minska avdunstningsförluster och införande av avgaskatalysatorer generellt skulle vara tillräckliga och göra reformulering av bensinen onödig. Formulering av miljö- och hälsostandarder anser man vara myndigheters ansvar och inte industrins. Alternativa drivmedel anses inte kunna konkurrera på en fri marknad med stora reserver av råolja till låga utvinningskostnader (betydligt under nuvarande marknadspriser).

Mot dessa åsikter kan ställas uttalanden från AgipPetroli att framställning ur en allt tyngre råolja av drivmedel med förutsedda framtida kvalitetskrav och miljökrav på framställningsprocessen kommer att bli dyrare än framställning av drivmedel baserade på naturgas.

Det finns ett oljeföretag i Europa som tagit ett första steg mot reformulerad bensin, nämligen NESTE i Finland. I juni 1991 infördes en kvalitet, CityFutura, som har

bensenhalt maximerad till 2 vol%  
 11 vol% MTBE inblandad (~2,0 vikt% syre)  
 svavelhalt på max. 200 ppm  
 ångtryck 70-90 kPa beroende på säsong  
 lägre slutkokpunkt.

Reformuleringen gäller alla kvaliteter med olika oktantal och både blyad och oblyad bensin och marknadsförs i södra Finland med ca 60 % av hela marknaden. MTBE tas från egen anläggning.

Bensin med hög MTBE-halt (10-15 vol%) har tidvis marknadsförts även på andra håll såsom Tyskland, Sverige och Norge.

#### 5.4. Utveckling i USA

Utvecklingen i USA präglas framför allt av att lagstiftning (Clean Air Act Amendment 1990) nu införts för styra sammansättningen av motorbensin i vissa avseenden och införa renare alternativa drivmedel. Vidare har relativt långsiktiga mål för skärpning av utsläppskrav ställts upp och nya ämnen (air toxics) regleras. För både bil- och oljeindustri medför detta stora insatser för utveckling och investeringar för omställningar. Inblandning av oxygenater blir obligatorisk inom vissa områden redan under vintern 92/93 och 1995 vidgas den obligatoriska användningen av oxygenater i bensin och bensenhalt och flyktighet begränsas. I Kalifornien skärps avgasbestämmelserna avsevärt mot slutet av 90-talet och början av 2000-talet (low-emission och ultra low-emission vehicles) liksom specifikationen för en reformulerad bensin (begränsningar också för halt av olefiner och totala aromater). Andra stater kan begära



att få införa samma program och andelen reformulerad bensin i USA bedöms, även av logistiska skäl, kunna bli upp mot 80 % omkring år 2000.

Amerikansk olje- och bilindustri har således fått klara, långsiktiga mål och acceptabla ledtider för att genomföra förändringar som befunnits nödvändiga. De detaljerade reglerna för genomförandet av CAA ligger på EPA att utforma, men deras tillkomst har föregåtts av förhandlingar med deltagare för myndigheter, industri och andra intressegrupper så att åtminstone ett visst mått av konsensus har uppnåtts. Med få undantag (bensenhalt, oxygenatinblandning) har inte specifika tekniska lösningar föreskrivits utan målen för reformulering av bensinen har beskrivits som emissionsprestanda, vilket ger raffinaderierna och biltillverkarna flexibilitet att finna kostnadseffektiva lösningar.

USAs raffinaderier står inför stora investeringar för att bygga ut kapacitet för framställning av etrar och alkylat (båda i det närmaste fria från olefiner och aromater). Hydrocrackning måste tillgripas oftare. Den katalytiska krackningen kan komma att något minska genom utspädningseffekten av oxygenaterna, men konverteringen kan komma att drivas längre för att producera mer gasformiga olefiner för etrar och alkylat. Intaget av råolja kan minska något. Reformeringen måste drivas mindre långt för att minska produktionen av aromater (något som kan ge problem med vätetillgången i raffinaderiet). Hur dessa åtgärder kombineras i de enskilda raffinaderierna beror på hur de är uppbyggda, vilken råoljemix de bearbetar och hur hela produktmixen är sammansatt. Flera oljeföretag har redan börjat marknadsföra interimskvaliteter av reformulerad bensin, som exemplifieras i tabell 5.3, inom begränsade områden och i begränsade volymer.

## 6. FRAMTIDA BENSIN - HUR SER DEN UT?

Transportsektorn står för en stor och växande del av föroreningen av luften, särskilt i tätorter, och indirekt av mark och vatten. Föroreningsnivån ligger oacceptabelt högt och utvecklas fortfarande i flera avseenden åt fel håll. Det är ofrånkomligt att ytterligare åtgärder för att minska antropogena utsläpp genomföres för att vända utvecklingen och att transportsektorn tar sin del. Det står alldeles klart att mycket höga krav måste ställas på utsläppen från drivmedelshanteringen och fordonen genom den stora omfattningen av användningen och om en fortsatt ökning av denna skall kunna accepteras.

Införande av katalytisk avgasrening är utan tvekan den mest verksamma åtgärden som genomförts. Med den potential som förbättrade sådana system har, kan ytterligare väsentliga utsläppsreduktioner uppnås. Detta åstadkommes genom skärpta avgaskrav för fordonen (inklusive för dieselfordon) och långsiktiga mål bör snarast ställas upp. Genomslaget för sådana åtgärder är emellertid långsamt, då den enda kostnads-mässigt rimliga vägen är via förnyelsen av fordonsparken.

**TABELL 5.3 — Interim reformulated gasolines in U.S. markets**

Company	Name	Markets	Max. Summer Rvp	Max. Aromatics (vol.)	Max. Benzene (wt.)	Max. Sulfur (ppm)	Typical Oxygen (wt.)
ARCO	EC-1	Southern California	8.0	20%	1%	300	1.0%
ARCO	EC-Premium	" "	8.0	25%	1%	300ppm	1.5%
Diamond Shamrock	RG-87	Colorado	8.5	20%	1%	300	2.0%
Conoco	RXL	Colorado	8.5	25%	2%	300	2.5% <sup>1</sup>
Conoco	Regular Unleaded	Montana	8.5	25%	2% <sup>2</sup>	450 <sup>3</sup>	0%
Phillips	Super Clean Unleaded Plus	St. Louis	9	20%	1%	300	1.0%
	" " "	Colorado	8.5	20%	1%	300	2.0% <sup>2</sup>
Marathon	Amaroclean <sup>4</sup>	Southeastern Michigan	9.5	25% <sup>5</sup>	2% <sup>6</sup>	450 <sup>7</sup>	1.8%
Chevron	Supreme	Los Angeles, San Diego, Calif. Santa Barbara, Calif.		40-45% <sup>2</sup>	2% <sup>2</sup>	450 <sup>7</sup>	1.0%
Shell	SU 2000E	Nine Severe Ozone Manattainment Cities Plus Washington, D.C.	8.5 <sup>8</sup>	40-45% <sup>2</sup>	2% <sup>2</sup>	450 <sup>7</sup>	1.0%
Exxon	Supreme, Plus, Extra	40 Gulf Coast and East Coast Markets	8.5	30-45% <sup>2</sup>	2% <sup>2</sup>	450	1.0%
Amoco	Regular, Silver, Ultimate	Washington, DC, Baltimore, Richmond, Roanoke, Va.	9.0	30%	0.8%	300	2.7%
Sun	Sunoco-CL	Baltimore-Washington	9.0	30-45% <sup>2</sup>	2%	450 <sup>7</sup>	1.5%

<sup>1</sup>RXL in Colorado is oxygenated in winter only, as required by state oxy-fuel program.

<sup>2</sup>Estimated.

<sup>3</sup>Typical oxygen content is 2.0% in winter only, as required by state oxy-fuel program. In other months, it is 1.0% (vol.).

<sup>4</sup>Product lineup includes 87-octane (R+M)/2 "Milemaker Unleaded," 89-octane "Extra-M Plus" and 92-octane "Super-M Premium."

<sup>5</sup>Average, varies by grade.

<sup>6</sup>Varies by market, between 8.0 psi and 8.5 psi.

<sup>7</sup>Oxygenated in New York and Los Angeles metropolitan regions year-round; Virginia, Baltimore, Boston, Washington, D.C. and Spokane, Wash., region in winter.

Source: *Octane Week* and Information Resources, Inc., Washington, D.C.

Med höga krav på utsläppen blir emellertid även ofrånkomliga restutsläpp av betydelse och då spelar sammansättningen av dessa stor roll. Sammansättningen kan påverkas via bränsleformuleringen och denna får direkt genomslag på utsläppen via avdunstning i hanteringskedjan inklusive fordonet. En omformulering av bensinen får effekter snabbare än vad åtgärder på nya bilar kan medföra. Även om effekterna blir mindre, kan en rimlig omformulering inte ses som en ersättning för de senare utan en åtgärd som bör genomföras separat som komplement. Den får dessutom genomslag på utsläppen genom avdunstning i hanteringskedjan inklusive fordonet. Dessa är vad avser kolväteutsläpp av samma storleksordning som avgasutsläppen och skulle komma att dominera, när de senare sänks.

## 6.1 Bensinsammansättning - utsläpp

Kunskaperna om samband mellan bensinens sammansättning och avgasutsläppen har vuxit kraftigt under senare år och i hög grad genom det omfattande program som genomförts i samarbete mellan amerikansk bil- och oljeindustri, the Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program (AQIRP). I detta program har bensinsammansättningen varierats (tabell 6.1) avseende halter av aromater, olefiner, MTBE (med jämförelse med TAME) och svavel samt inflytandet av T90-punkten och jämförts med certifieringsbensin och genomsnittlig marknadsbensin. Utsläppen har analyserats med avseende på reglerade föreningar (CO, HC, NOx) och air toxics (bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, acetaldehyd). Provade bilar var dels en flotta av 20 representativa nyare bilar (varmed avses 1989 års modeller) och en flotta av 1983-85 års bilar. Alla bilar var utrustade med katalytiska avgasreningssystem och kolkonstruktörer för kontroll av emissiner genom avdunstning.

Ett liknande undersökningsprogram för Europa diskuteras mellan olje- och bilindustri på EGs uppmaning men har ännu inte kommit till stånd.

Responser på ändringar av sammansättningen var för olefin- och MTBE-halter lika i både nyare och äldre men olika för aromathalter och T90-nivå och i vissa fall i motsatt riktning, som framgår av tabell 6.2. Ser man på resultaten för de nyare bilarna, som mer representerar framtida bilar och gjorda tekniska framsteg, kan följande slutsatser noteras (figur 6.1):

CO-utsläppen med avgaserna minskas genom tillsats av MTBE eller TAME och reduktion av aromathalten men ingen statistiskt säkerställd effekt kunde ses för ändrad olefinhalt eller T90.

Totala kolväte(HC)-utsläppen med avgaserna minskades av lägre ångtryck (RVP), genom MTBE-, ETBE- eller TAME-tillsats, genom lägre T90 eller genom lägre aromathalt, men högre utsläpp erhöles vid lägre olefinhalt. Utsläpp av HC genom avdunstning på massbas påverkas i någon mån av olika sammansättning för bensinen. Skillnaderna ökar och rangordningen ändras, när hänsyn tas till olika kolvätens reaktivitet vad gäller ozonbildning (figur 6.2). Lägre halt av olefiner, av vilka de med låg molekylvikt är lättflyktiga, minskar påtagligt effekten av utsläppen genom

avdunstning. Dessa är, som framgår av figur 6.2, av samma storleksordning som med avgaserna. Lägre ångtryck (RVP) minskar diurnal-delen av avdunstningsutsläppen men inte hot soak-delen.

NO<sub>x</sub>-utsläppen sänktes vid den lägre olefinhalten, medan höjning erhöles vid lägre T90. Vid lägre aromathalt och vid MTBE-tillsats erhöles en marginell men inte signifikant ökning. Ändrat ångtryck (RVP) påverkade inte NO<sub>x</sub>-utsläppet.

Det fanns ibland betydande interaktioner mellan parametrarna. Så t.ex. reducerades CO mer genom sänkt aromathalt när T90 var hög än när den var låg. HC-utsläppen påverkades inte av aromat- eller olefinhalten när T90 var låg men av båda parametrarna när den var hög. Lägre T90 minskar HC-utsläppen men olika mycket beroende på nivån för olefiner och aromater. NO<sub>x</sub>-utsläppen ökade, ehuru inte signifikant, genom MTBE-tillsats vid låg aromatnivå men inte vid hög och, omvänt, lägre aromathalt medförde ökade NO<sub>x</sub>-utsläpp bara vid närvaro av MTBE.

Air toxics domineras (figur 6.3) av bensen (60-85 %; i äldre bilar var även formaldehydutsläppen betydande och totalnivån mer än dubbelt så hög; ändringen speglar troligen tekniska framsteg). Lägre ångtryck (RVP) genom lägre butaninnehåll påverkar inte utsläppen av air toxics. Bensenutsläpp minskas kraftigt genom sänkt aromathalt och marginellt (ej signifikant) av lägre T90. Kraftigt butadien-reduktion erhöles vid lägre olefinhalt och T90. Formaldehyd-utsläpp ökade genom MTBE-tillsats (än mer med TAME) dock ej entydigt, och genom sänkt aromathalt. Vid lägre T90-nivå var formaldehydutsläppen lägre medan ändrad olefinhalt inte hade någon inverkan. Acetaldehyd-utsläpp ökade vid lägre aromathalt och minskade vid lägre T90. Några 2-faktor interaktioner noterades för bensen, butadien och acetaldehyd. Så t.ex. reducerades bensenutsläppen genom sänkt aromathalt olika vid skilda olefinhalter. -- Kolväten av PAH-typ mättes inte i AQIRP-programmets första fas, och inga data finns redovisade för utsläpp av andra gasformiga olefiner (eten, propen, butener) än butadien även om de finns med i underlagsmaterialet.

Drivmedlets svavelhalt har befunnits ha stor inverkan på reduktion av nästan alla typer av utsläpp med avgaserna genom att svavelföreningarna sätter ned katalysatorns aktivitet proportionellt mot svavelhalten (figur 6.4). Utsläppen från själva motorn påverkas inte av svavelhalten. Minskningen av de reglerade utsläppen (8-18 %) med minskande svavelhalt gäller också för bensenutsläpp och totala air toxics, men av dessa ökar formaldehydutsläppen överraskande med sjunkande svavelhalt (figur 6.5).

Förståelsen av sambanden mellan sammansättning och utsläpp är ännu ofullständigt kända, och det är sannolikt så att använda parametrar för att karakterisera sammansättningen inte är helt adekvat. Så t.ex. förmodas att det är framför allt den tunga aromatfraktionen, och inte den totala, som ökar utsläpp av HC. Sänkningen av T90, som visats ge lägre HC-utsläpp med avgaserna, reducerar de tunga aromaterna.

COMPOSITIONAL MATRIX  
FUEL PROPERTIES - ACTUAL

TABELL 6.1

CODE	ID	AROMATICS		MTBE		OLEFINS		T <sub>90</sub>		RVP		SULFUR		BENZENE	
		%		%		%		°C	°F	PSI		PPMW		%	
A	AVG	32.0		0		9.2		166	330	8.7		339		1.5	
B	CERT	29.9		0		4.6		154	309	8.7		119		0.5	
C	AMot	43.8		15.4		3.3		142	288	8.7		284		1.3	
D	amOT	20.7		0		22.3		181	357	8.5		316		1.5	
E	AMOT	43.7		14.8		17.2		181	357	8.7		267		1.4	
F	amot	20.0		0		3.2		137	279	8.8		290		1.5	
G	AmOI	44.3		0		17.4		141	286	8.8		317		1.4	
H	aMOT	20.2		14.6		20.2		141	286	8.5		312		1.5	
I	ArnoT	42.9		0		4.1		178	353	8.9		261		1.3	
J	aMoT	21.4		14.9		4.0		180	356	8.6		297		1.3	
K	Amot	45.7		0		4.9		146	294	8.8		318		1.5	
L	AmOT	47.8		0		17.7		181	357	8.5		266		1.4	
M	aMOT	18.0		14.5		21.8		180	356	8.7		301		1.5	
N	aMot	21.4		13.9		5.7		144	292	8.8		294		1.4	
O	AMOI	46.7		14.6		19.3		139	283	8.6		288		1.4	
P	amOI	20.3		0		18.3		140	284	8.5		333		1.5	
Q	amOT	21.5		0		4.8		181	357	8.6		310		1.5	
R	AMoT	46.0		15.2		4.0		179	354	8.4		279		1.4	

- A/a - HIGH/LOW AROMATICS
- M/m - HIGH/LOW MTBE
- O/o - HIGH/LOW OLEFINS
- T/t - HIGH/LOW T<sub>90</sub>

SEE SAE 902098 FOR MORE DETAILS

TABELL 6.2

Comparison Of Main Effects  
 Older Vs. Current Vehicle Fleet, (Percent Change)

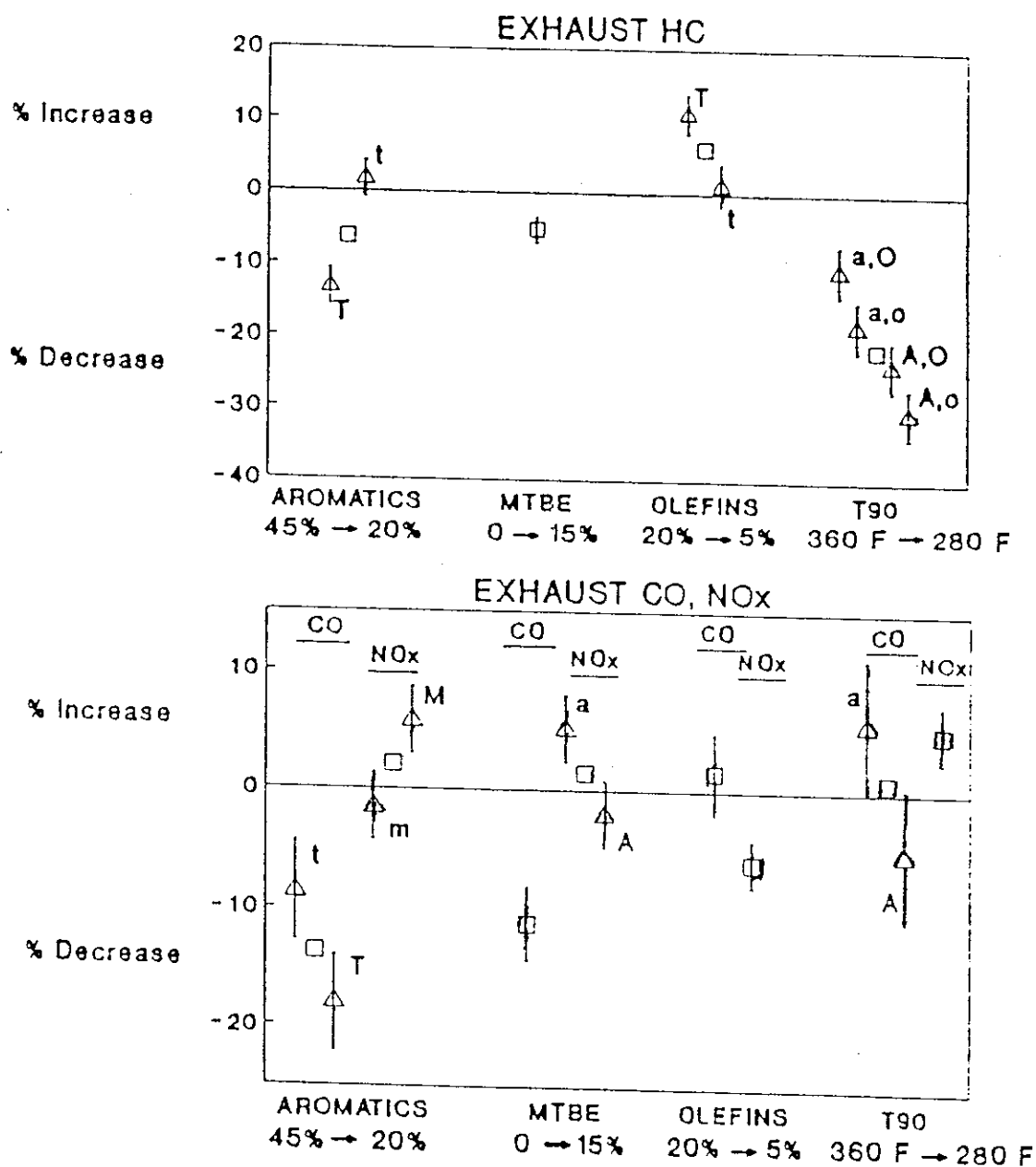
Emission Constituant	CHANGE IN FUEL VARIABLE			
	AROMATICS 45% -> 20%	MTBE 0% -> 15%	OLEFINS 20% -> 5%	T <sub>90</sub> 360°F -> 280°F
<b>TOTAL HC</b>				
Current Fleet	-6.3 ± 1.8	-5.1 ± 1.8	6.1 ± 2.0	-21.6 ± 1.7
Older Fleet	13.6 ± 3.4	-9.1 ± 2.8	5.7 ± 3.1	-5.8 ± 3.2
<b>NMHC</b>				
Current Fleet	-11.4 ± 1.8	-6.0 ± 1.9	7.4 ± 2.1	-22.6 ± 1.8
Older Fleet	10.5 ± 3.8	-9.0 ± 3.2	6.9 ± 3.6	-4.3 ± 3.8
<b>CO</b>				
Current Fleet	-13.6 ± 2.9	-11.2 ± 3.1	1.5 ± 3.4	0.8 ± 3.9
Older Fleet	-2.5 ± 4.2	-14.1 ± 3.7	-1.8 ± 4.1	13.6 ± 5.5
<b>NOx</b>				
Current Fleet	2.1 ± 2.0	1.4 ± 2.0	-6.0 ± 1.9	5.0 ± 2.4
Older Fleet	-11.0 ± 1.8	-1.3 ± 2.0	-6.7 ± 1.8	2.2 ± 2.3

Note: Values are shown with 95% confidence intervals. Changes less than the confidence interval are not significant.

Note: An 'effect' is the difference in a response (THC, NMHC, CO, NOx) between the two levels of the fuel variables computed using actual properties for the 16 fuels of the factorial design matrix.

FIGUR 6.1

# CHANGES IN MASS EXHAUST EMISSIONS CURRENT FLEET

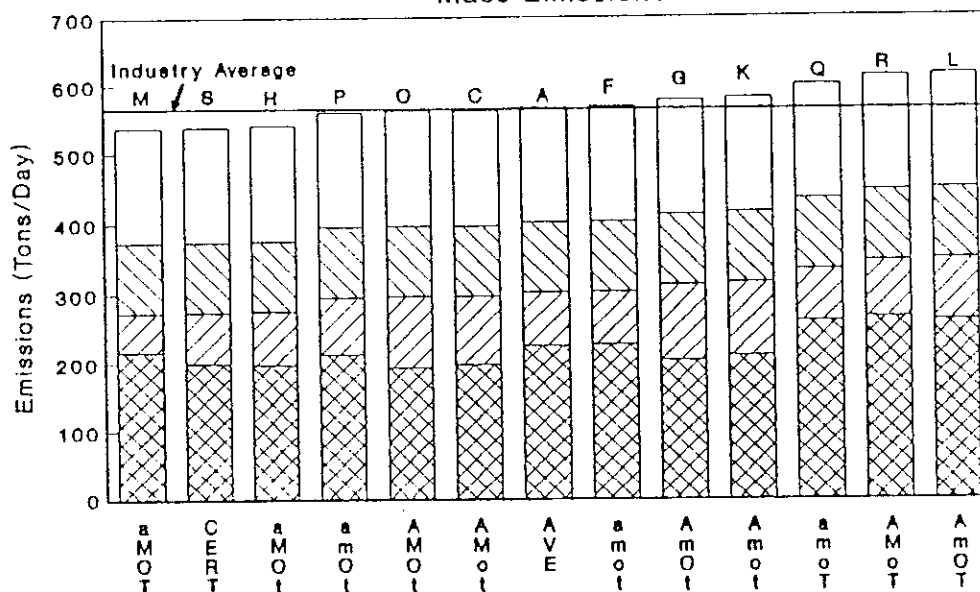


A/a - High/Low Aromatics  
O/o - High/Low Olefins  
T/t - High/Low T90

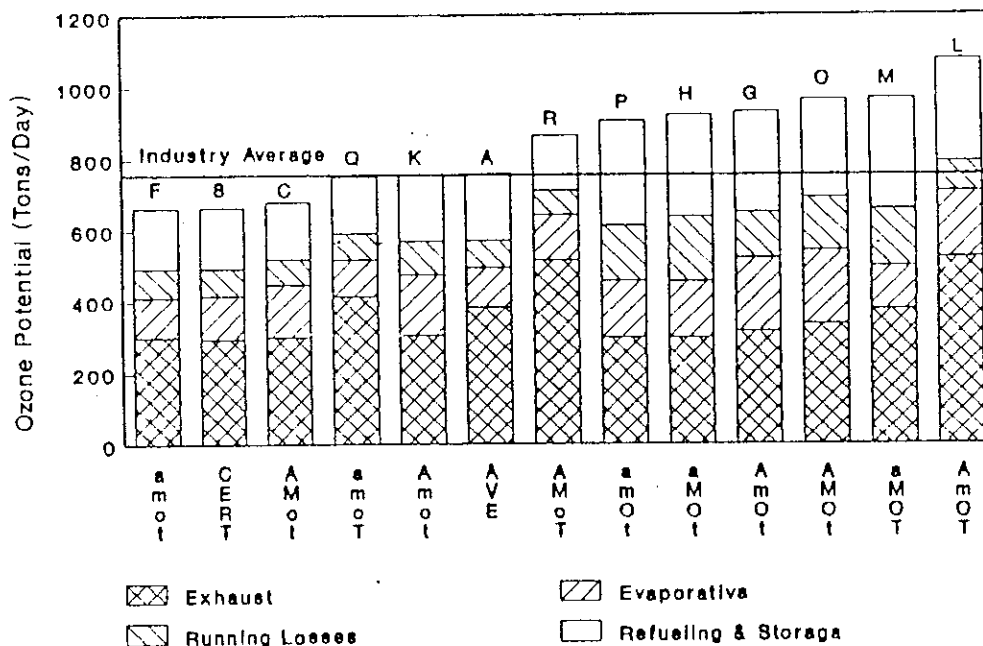
- Squares represent average effects for all fuels
- Effects for Aromatics, Olefins, T90 depend on levels of other parameters, as shown
- Bars represent 95% confidence intervals

FIGUR 6.2

Total Organic Gas Emissions  
Light-Duty Vehicles  
New York, Year 2005  
Mass Emissions



Reactivity-Weighted Mass Emissions



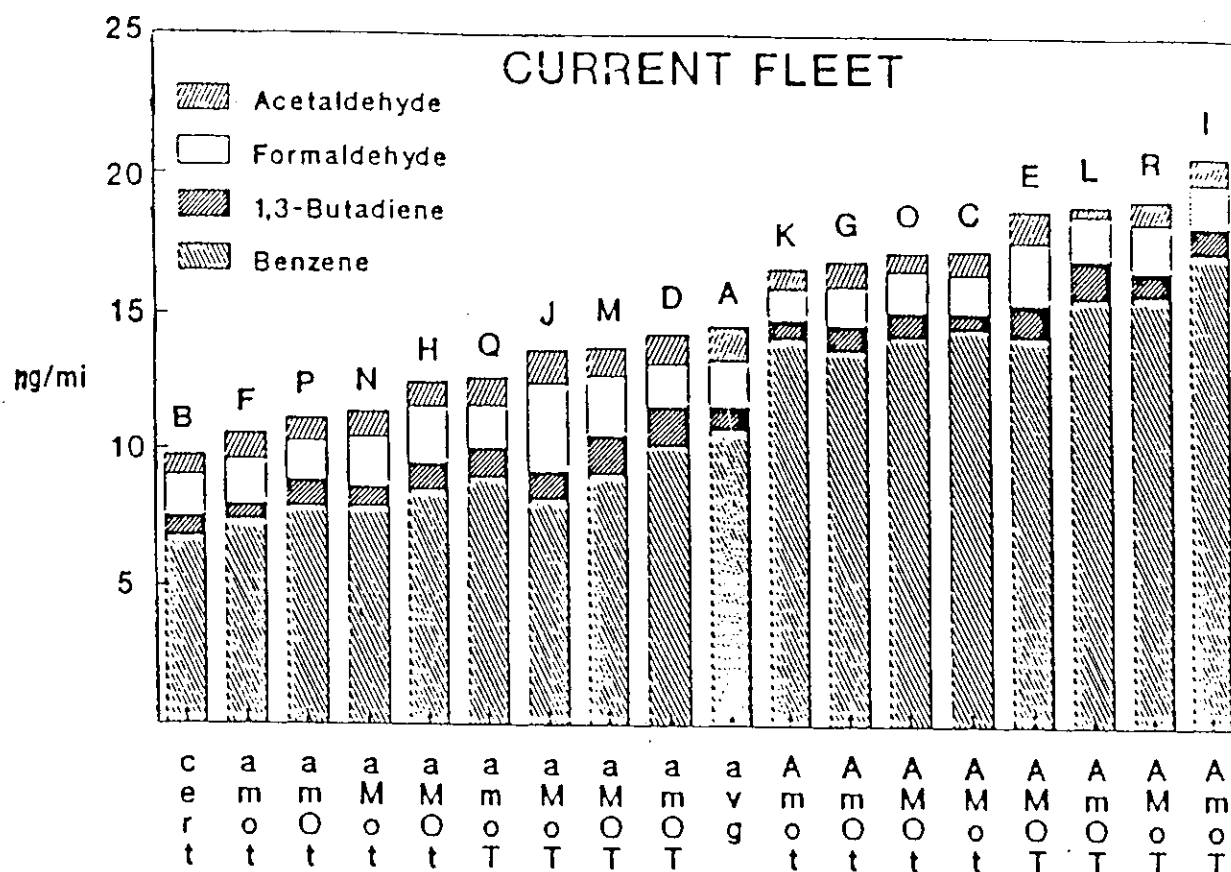
Notes:

1. Total Organic Gases (TOG) is the sum of hydrocarbons and oxygenated compounds.
2. Ozone potential calculated using Carter maximum incremental reactivities.



FIGUR 6.3

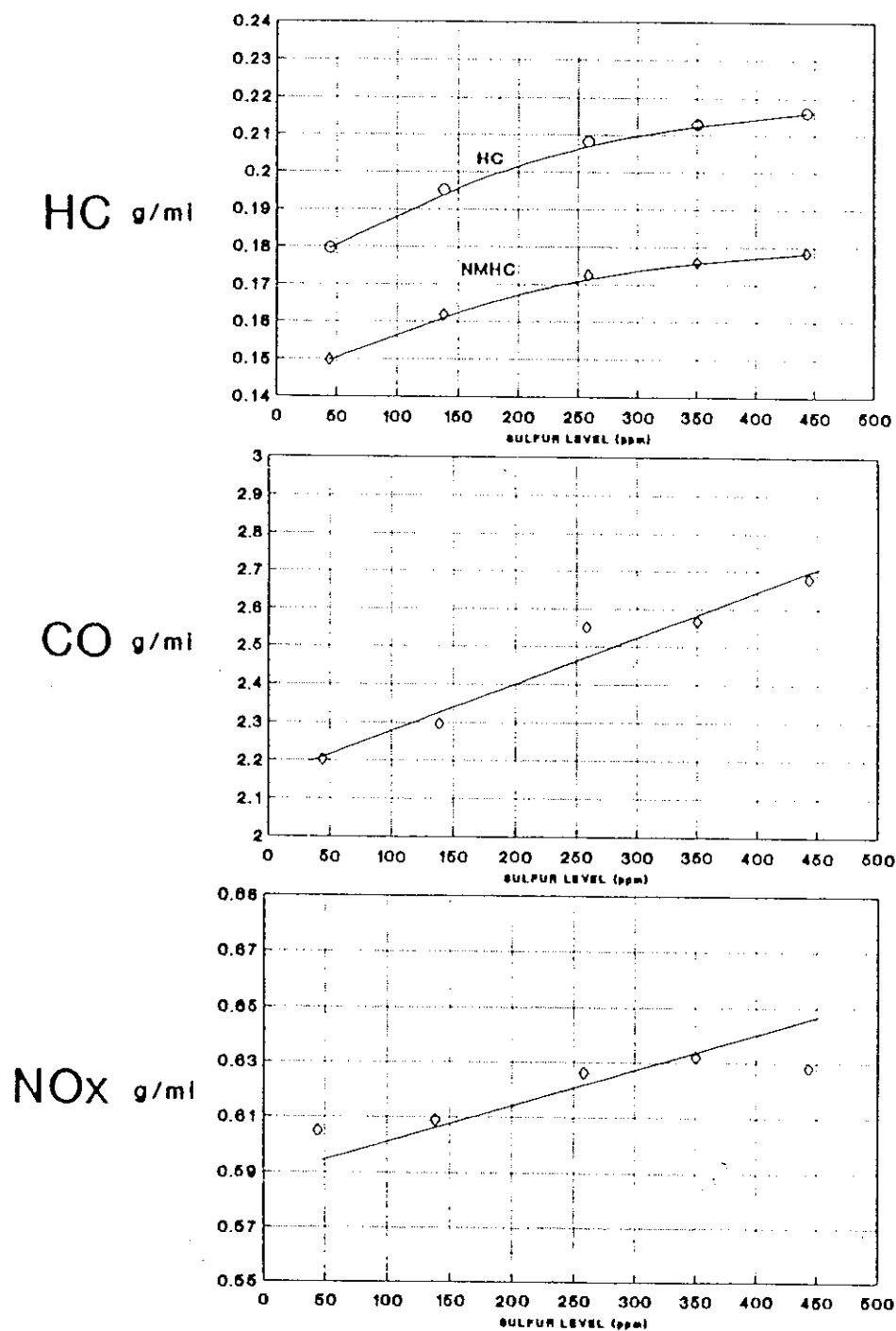
## AGGREGATE TOXIC POLLUTANTS



FIGUR 6.4

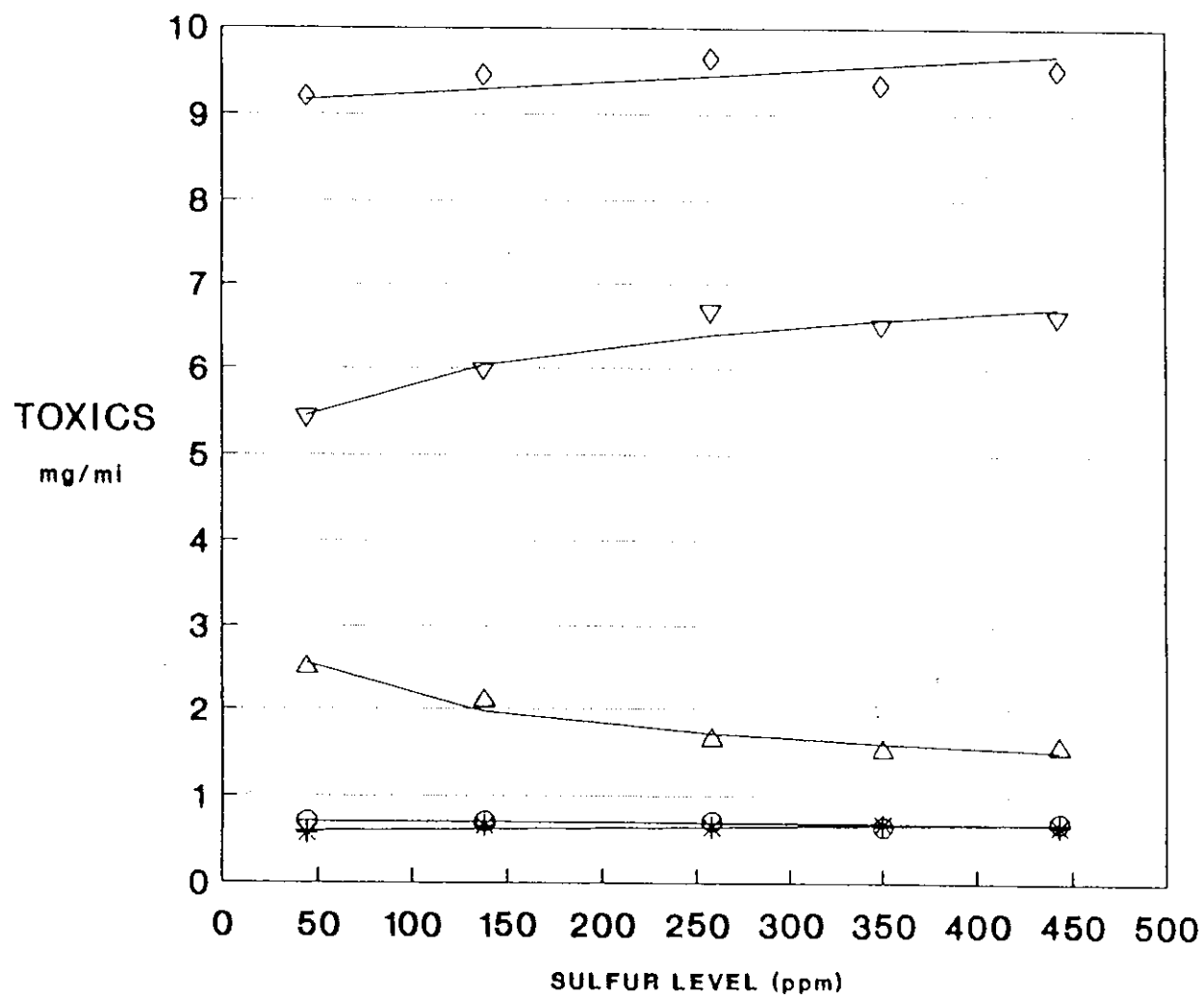
# TAILPIPE EMISSIONS vs. SULFUR LEVEL

## AQIRP PHASE II - CURRENT FLEET



FIGUR 6.5

FLEET AVERAGE AIR TOXICS vs. SULFUR LEVEL  
AQIRP PHASE II - CURRENT FLEET



* Acetaldehyde	▽ Benzene	○ Butadiene
△ Formaldehyde	◇ Totals	— Series 8

Sammanfattningsvis kan sägas att effekterna av en reformulering av bensinen kan ge betydande minskningar. I USA för år 2000 uppställda mål på 25 % minskning av ozonpotential och utsläpp av air toxics bör kunna uppnås men till priset av stora omställningar i raffinaderierna. Längre gående minskningar (som ställts upp som mål i Kalifornien) fordrar dock även utveckling av den katalytiska avgasreningen och användning av kemiskt sett enklare alternativa drivmedel som metan och metanol. Bensin (och dieselolja) är trots allt en komplex blandning, som det finns gränser för hur långt den kan modifieras med nuvarande krav på egenskaper och andel av råoljan.

En reformulerad bensin bör ha

- \* så lågt åntryck som möjligt (begränsat av att god körbarhet vid kall start och under uppvärmningen) i resp. klimatzon för låg avdunstning i hela kedjan,
- \* låg olefinhalt och låg bensenhalt för att avdunstade ångors oxidantbildningspotential och giftighet skall vara låg,
- \* mycket låg svavelhalt för att ej minska katalysatorns aktivitet och inte få utsläpp av svaveldioxidutsläpp som är av samma storleksordning som de framtida utsläppen av NO<sub>x</sub>,
- \* begränsad aromathalt för att minska bensenhalten i avgaserna men med oktantalsskrav på bensinen kan aromatbildande reformering och krackning ej undvaras vid framställningen men de tyngsta, mest högkokande aromaterna bör undvikas,
- \* innehåll av högoktaniga oxygenater, främst etterna MTBE och TAME, är väsentlig för att bensinens oktantal skall kunna upprätthållas och för att minska CO- och HC-utsläppen med avgaserna (priset kan vara någon ökning av NO<sub>x</sub>-utsläppet),
- \* lågt innehåll av additiv, som motverkar avsättningar på insprutare och ventiler och i förbränningsrum.

En sådan reformulerad bensin kommer att bli rikare på framför allt iso-paraffiner, vilket kan leda till högre halt gasformiga olefiner och möjligen även aldehyder. Det är dock ur hälsosynpunkt viktigare att minska utsläppen av bensen. Det katalytiska systemet kan lättare ta om olefiner och aldehyder än den stabilare bensenen.

Några speciella krav på bensin i de nordiska länderna kan inte ses. Ett genomsnittligt kallare klimat leder till behov av något flyktigare (rikare på butaner m.m.) bensin för god kallstart och körbarhet i fordon av dagens teknik. Detta leder dock inte till högre utsläpp genom avdunstning men marginellt högre HC-halt i avgaserna. I framtiden är fordon kan teknik (förvärmning, ev. genom återvunnen avgasvärme) komma att användas som inte behöver så flyktig bensin.

## 6.2 Hur framställa reformulerad bensin?

För att framställa bensin med ovan antydda krav behövs i princip ingen ny eller okänd teknik men väl förändrat utnyttjande av olika processer. Utveckling och modifiering av befintlig teknik för att möta nya krav är något som sker kontinuerligt i raffinaderierna. Reformulering av bensen som nu diskuteras anses dock innebära ett stort steg med nödvändiga stegvisa förändringar och utökade/nya enheter. Hur detta genomföres är emellertid specifikt för de olika raffinaderierna, då ett inte är ett annat helt likt och mixen av deras marknadsprodukter också skiljer. Diskussionen nedan är därför mer generell och lösningen i varje enskilt raffinaderi görs på grundval av datorbaserade simuleringsberäkningar för att finna optimala lösningar. En utveckling mot mer öppna raffinaderier, som tar mer komponenter från andra källor (etrar) och i högre grad byter komponenter med andra raffinaderier, förefaller rationell och förutspås.

Minskat ångtryck (RVP) i framtida bensin kan åstadkommas genom lägre inblandning av butaner men också av kolväten med 5 kolatomer. Mer sofistikerade sätt att genomföra detta kan vara att fraktionera butanerna och använda isobutan, som har högre ångtryck än n-butan, för alkylering av lätta, flyktiga olefiner till C7-C9-isoparaffiner med höga oktantal och lägre reaktivitet och flyktighet. Likaså kan reaktiva och lättflyktiga isobutener och isopentener isoleras ur strömmar av krackade produkter och eterifieras med metanol till etrar med mycket höga oktantal, låg reaktivitet och lägre flyktighet. Eventuellt överbliven n-butan kan säljas som petrokemisk råvara eller omvandlas till isobuten genom dehydrering/isomerisering.

Lägre reaktivitet för avdunstade ångor åstadkoms genom ovan behandlade sätt att utnyttja de lättflyktiga olefinerna.

Minskning av bensen- och aromathalt kan ske framför allt genom att ändra reformerns arbetssätt. Den är huvudkällan för bensen och aromater men också för oktantal. Genom att avskilja den lättaste delen av naftan med C6-kolväten före reformeringen minskas bensenbildningen i detta steg och genom att minska intensiteten (severity) reduceras också aromatbildningen. Förlusten av oktantal genom dessa åtgärder kompenseras delvis genom att isomerisera den avskiljda, lågoktaniga naftan. Användes utifrån kommande oxygenater i höga halter minskas också volymbehovet av reformat. Mindre intensiv reformering ger högre utbyte flytande produkt med lägre oktantal. Denna förlust kompenseras genom högre halter av alkylat och etrar förutom av isomerisatet. För mycket låg bensenhalt, < 1 vol%, kan ovan nämnda åtgärder vara otillräckliga och då måste den lätta delen av reformatet efterbehandlas genom hydrering, alkylering eller extraktion av bensen. Detta senare förutsätter att det finns utrymme på marknaden för bensen som kemisk råvara.

Den troligen allvarligaste konsekvensen av minskad reformering är minskad vätebildning, för vilken reformern är den viktigaste källan i raffinaderiet, samtidigt som behoven av väte för hydreringar ökar. Utvinning av vätgas, som i dag går till raffinaderibränsle, ur strömmar från krackningsoperationer är då ett komplement, och kan reformern tillåtas arbeta vid lägre tryck ökar dess vätgasproduktion. Slutligen finns möjligheten att producera vätgas via förgasning av tunga restoljor. Därigenom kan också miljöproblem från eldning av dessa både som raffinaderibränsle och bränsle för

industripannor lättas.

Minskning av aromathalten i bensin kan ske också genom att lägre intensitet vid konverteringen genom krackning av tunga oljor, då aromathalten är proportionell mot konverteringsgraden. Denna väg synes dock mindre användbar. Krackningsbehovet bestäms av förhållandet mellan tunga och lätta produkter detta utvecklas snarast mot ökat krackningsbehov även om detta något modereras av ökad andel bensinkomponenter (oxygenater) från andra källor. Ökade behov av lätta olefiner för alkylering och eterifiering ger också behov av längre gående konvertering i stället för mindre. En lösning på detta problem kan vara att genom destillation avskilja den tyngsta, mycket aromatrika delen av krackbensinen och hydrera den. Denna innehåller också hög svavelhalt och är huvudkällan till hög och stigande svavelhalt i bensinen. Både utbytet av olefiner och förhållandet mellan iso- och n-olefiner kan i viss mån styras av katalysatorval och driftbetingelser.

Reduktion av svavelhalten sker som nämnts ovan bäst genom hydrering av den tyngsta fraktionen av krackbensinen. Behövs större reduktion måste en större fraktion behandlas genom lägre cut-point (begynnelsekokpunkt), men nackdelen med detta är att olefinhalten stiger och mer väte förbrukas för mättning av olefiner och oktantal förloras. Som tidigare nämnts (5. Krackning) hydreras och reformeras ibland 75-125°-fraktionen av FCC-naftan (heart cut) för att få högre oktantal, och då sker även minskning av svavelhalten. Lägre svavelhalt och aromathalt erhålles om vakuumgasoljan före krackningen kraftigt hydreras (mild hydrocracking), vilket sker på en del håll. Denna behandling görs dock för att förbättra dieseloiljas och jetbränsles egenskaper men leder till att FCC-naftan får lägre oktantal och måste uppgraderas genom reformering.

Sänkning av T90, d.v.s. minskning av andelen av den mest högkokande fraktionen av bensinen, vilket visat sig medföra lägre avgasutsläpp (6.1), kan bara ske genom förändrade brytpunkter vid destillationen av olika produktströmmar. För att inte dessa skall hamna i andra produkter och kanske försämra (tung krackbensin) dessas egenskaper bör återföring ske till krackningsteget i raffinaderiet för förnyad konvertering. Sänkning av T90 medför minskat bensinutbyte och är därför ett steg med stora konsekvenser.

En övergripande synpunkt på reformulering av bensinen är att den innebär ökad fraktionering av olika produktströmmar och mer omfattande behandlingar i flera processteg, vilket sannolikt leder till ökad åtgång av hjälpenergi med lägre verkningsgrad i raffinaderiet och ökade koldioxidutsläpp som följd.

Det ligger utanför ramen för denna översiktliga genomgång att exemplifiera hur reformuleringen kan gå till vid specifika raffinaderier. Studier för sådana genom simuleringsberäkningar har inte publicerats varken i USA eller Europa. Däremot kan utfallet exemplifieras genom beräkningar för hela den aggregerade amerikanska raffineringsindustrin eller för regioner av densamma. Riktningen för förändringar går i båda fallen mot minskade andelar butaner, reformat och krackbensin och ökade andelar alkylat och etrar.

### 6.3 Uppstår överblivna fraktioner?

Som framgår av ovan sker framställning av reformulerad bensin oftast genom att befintliga processer modifieras och nya tas i bruk för att ge produkterna bättre egenskaper. Vissa komponenter, t.ex. lätta olefiner, tas i ökad omfattning i anspråk och kan minska deras halter i andra produkter som LPG och raffinaderibränsle och därigenom ge lägre oönskade utsläpp vid deras användning. Endast i få fall betyder reformuleringen att delprodukter isoleras, som skulle få annan användning än som bensinkomponent, i eller utanför raffinaderierna, eller blandas in i andra bensinkvaliteter.

Ett exempel är om bensen extraheras och hamnar i produkter som flygbensin eller lösningsmedel, vilket dock kan kollidera med kvalitetskrav för dem. Ett annat är den tyngsta fraktionen av bensinen som kan bli över. För det fall denna kommer från direktdestillerade nativa straight-run naftan kan den utan invändning få ingå i t.ex. jetbränslen (förutsatt specifikationerna för dessa fortfarande innehålls), som är en expanderande produkt. I fallet tung FCC-nafta är denna genom mycket hög aromathalt inte användbar för inblandning vare sig i jetbränslen eller i dieseloljor. Lätta eldningsoljor, för vilka det inte finns någon begränsning genom specifikationer, skulle kunna vara mottagare för den överblivna fraktionen om den inte återföres till krackningssteget. I detta kan dock finnas kapacitetsbegränsningar. Inblandning kan däremot ske om fraktionen dessförinnan underkastas kraftig hydrering. Krav på brinnegenskaper i pannor kan också sätta gränser för en överföring till eldningoljor av de i bensinen icke önskvärda fraktionerna.

En sådan icke önskvärd användning bör förhindras. Den amerikanska lagstiftningen för reformulering av bensin innehåller en bestämmelse att den inte får ske genom omfördelning av icke önskvärda strömmar till andra produkter (anti-dumping).

## 7. KOSTNADER FÖR REFORMULERING AV BENSIN

Då reformulerad bensin inte är någon kommersiell etablerad produkt eller ens allmänt accepterad av oljeföretagen finns inte heller konkreta data över merkostnader i förhållande till dagens oblyade bensin (Eurograde). Neste i Finland är ännu enda företag som lanserat en första reformulerad kvalitet (5.3) och uppger att produktionskostnaden för den är 5-7 öre/liter. Andra uppgifter talar om ett ca. 10 öre/liter högre pumppris skulle behövas. Produkten såldes emellertid, trots lika beskattning, initialt till samma pris som den konventionella bensinen och nu gör en differentierad beskattning att den reformulerade kvaliteten inte blir dyrare för kunden.

För att få rätt perspektiv på kostnader vid raffinering måste storlekordningarna på dessa vara kända. Hela den genomsnittliga raffineringarkostnaden i Sverige för alla produkter sammantaget är ca 100 kr/m<sup>3</sup> (2/3 driftskostnad, 1/3 kapitalkostnad, den senare sannolikt på delvis redan avskrivna anläggningar; SPK - Energiaktuell 1991).

Siffran skall jämföras med att inköpskostnaden för råoljan är på nivån 800 kr/m<sup>3</sup> (USD 21/fat vid SEK 6/USD 1). Kostnaden för raffinering av bensin är betydligt högre än för mellandestillat och tjocka oljor genom nödvändiga mer omfattande konverteringar och upparbetningar, men uppgår ändå inte till mer än storleksordningen några hundra kr/m<sup>3</sup>. För raffinaderiet är intäkterna för hela produktmixen det väsentliga och de olika produkternas priser bestäms av tillgång och efterfrågan på marknaden. Tjocka oljor får ofta säljas under anskaffningskostnaden per energienhet för råoljan medan lätta produkter typiskt ligger 30-50 % över.

Inga studier avseende kostnader för reformulering (på sätt som diskuteras i USA) för europeiska förhållanden har publicerats även om sådana studier sannolikt pågår inom många oljeföretag och inom samarbetsorganisationen CONCAWE. För att få någon ledning får man gå till vad som publicerats i USA. Som jämförelse kan nämnas att utfasningen av bly och sänkning av svavelhalten i dieselloja beräknas medföra kostnadsökningar på upp mot 50 kr/m<sup>3</sup>.

Det första oljeföretag som marknadsförde en första generation (EC-1) av reformulerad bensin var ARCO i södra Kalifornien i sept. 1989. Den ersatte blyad bensin och såldes till samma kostnad som denna men uppgavs kosta 2 cents/gallon mer att tillverka och marknadsföra. Som jämförelse kan nämnas att depåpriset ligger på ca 70 cents/gallon. För en framtida kvalitet (EC-X), motsvarande kommande krav i Kalifornien, har en merkostnad på 16 cents/gall. uppgivits (1 cent/gall.  $\approx$  1,6 öre/lit. då SEK 6/USD 1).

Beräkningar av US DOE, EPA och API indikerar merkostnader på 10-25 cents/gallon med en effekt av ändrad förbrukning genom lägre energiinnehåll på 1-2 cents/gallon inräknad. Inom det pågående undersökningsprogrammet av amerikansk bil- och oljeindustri har också kostnaderna att modifiera bensinen studerats för rådande förhållanden år 2005 med användande av simuleringsmodeller för raffinaderidriften. För ändring av fyra variabler (aromathalt, olefinhalt, oxygenhalt och T90-punkt) var kostnaden 7-16 cents/gallon (beroende på geografiskt distrikt; 1989 års penningvärde) vid 9 % real kapitalavkastning efter skatt. Till detta kommer en bränsleförbruknings-effekt på 3-5 cents/gallon. Minskning av svavelhalten från basnivån 340 ppm till 160, 50 resp. 20 ppm beräknades till 0,4, 2,1-2,9 resp. 4,6-5,9 cents/gallon.

Den mest kostnadskrävande enskilda åtgärden synes vara sänkning av T90-punkten följt av reduktion av aromathalten medan minskning av olefinhalt visade lägsta kostnadseffekt. Vid fastställd halt av oxygenat (MTBE) är tillkommande kostnad för ytterligare minskning av aromathalten relativt liten. Högsta investeringskostnad krävs likaledes för reduktion av T90 följt av densamma för minskning av aromathalten.

De givna kostnadsindikationerna visar att reformulering av bensin kan leda till mycket betydande merkostnader i raffinaderiledet med ända upp till en fördubbling av själva raffineringkostnaden. Denna måste dock ses i perspektivet av den totala kostnad en för bensin (råvara, raffinering, distribution) för kunden vid tankstället och då synes förändringen redan före beskattning måttlig. Med skatter ligger förändringen inom ett intervall som lätt kan rymmas inom en differentierad beskattning, om kostnaden bedöms som rimlig med hänsyn till vinster som görs genom minskade hälso- och miljöeffekter och -kostnader.



## 8. MILJÖKLASSNING AV BENSIN ?

Av vad som ovan redovisats kan betydande minskningar av icke önskvärda utsläpp från hantering och användning av bensin som motordrivmedel göras genom reformulering åstadkommen genom förändrade raffineringmetoder. Som enskild åtgärd måste den dock bedömas som klart otillräcklig för att lösa hälso- och miljöproblem orsakade av bensinanvändningen och det synes svårt att genom reformulering åstadkomma minskning av alla icke önskvärda emissioner samtidigt. Svårast att påverka genom ändrad bensinsammansättning är NO<sub>x</sub>-utsläppen, som är de som måste prioriteras högst vad gäller reduktion. Utsläpp av luftburna gifter (air toxics; bensen, eten, propen, butadien, formaldehyd, acetaldehyd, PAC), som nu inte är reglerade, står näst på listan och därefter utsläpp av organiska ämnen som deltar i ozon-bildningen med effekter framför allt nära tätorter. Ozonbildningen över Europa som region styrs dock av NO<sub>x</sub>-utsläppen, medan mer lokalt hög bildning orsakas av utsläpp av organiska ämnen.

Den enskilda ändring av bensinen med verkningar för alla typer av utsläpp är minskning av svavelhalten till låga värden, <<50 ppm, som gör att katalysatorns aktivitet blir högre och sannolikt även förlänger dess livslängd. För minskning av bensenutsläpp är begränsning av bensinens bensenhalt mest verksamt men även begränsning av den totala aromathalten bidrar avsevärt. Begränsning av bensinens halt av framför allt lätta olefiner är verksamt för minskade utsläpp av butadien (och troligen även eten och propen) och atmosfäriskt reaktiva kolväten. Minskad aromathalt och användning av oxygenater (MTBE för att minska utsläpp av CO och reaktiva organiska ämnen) kan dock leda till ökade aldehydutsläpp. Sänkning av T90, d.v.s. minskning av den högkokande fraktionen av bensinen, som ger minskade totala avgasutsläpp av organiska ämnen kan leda till ökade butadien- och NO<sub>x</sub>-utsläpp.

En viss reformulering av bensinen måste ses som nödvändig, men det synes tveksamt om en miljöklassning av en ny bensinkvalitet är en praktiskt riktig väg på samma sätt som skett för dieselolja i Sverige. Bensinen säljs nästan helt och hållet via bensinstationer till skillnad från dieselolja som till övervägande del säljs direkt till kunder med egna tankningsanläggningar.

Redan införande av en ny bensinkvalitet vid sidan av de befintliga är en svår och kostsam väg, då separata system på stationerna måste finnas, och införande av flera nya kvaliteter framstår som inte möjlig. På de flesta stationer är detta inte praktiskt genomförbart. En ny bensinkvalitet införes lämpligen som ersättning för en befintlig som då succesivt fasas ut. Ett sådant förfarande skulle kunna användas om den nya kvaliteten skulle användas som enda kvalitet inom begränsade områden, t.ex. större tätorter.

I dag tillverkas och marknadsföres i huvudsak två bensinkvaliteter blyfri 95 (RON) och blyad (eller alternativt additiv) 98 (RON) och användes som sådana eller i blandning som 96-oktanig. Blyfri 98 finns dessutom i begränsad omfattning. Marknadsandelarna var våren 1992 ca 55 % för blyfri 95, 41 % för blyad 98 och 4 % för blyfri 98. Siffran för blyad 98 inrymmer också volymerna med OKPs natriumadditiv och minskas nu snabbt ner mot 35 % medan den för oblyad 98 ökar till över 10 %.

Problemen med utsläpp av bensinångor och avgaser är som ovan påpekats inte enbart ett tätortsproblem utan lika mycket ett regionalt problem genom NO<sub>x</sub>-utsläppen och ozonbildningen. Lösningen bör därför vara att generellt förändra bensinsammansättningen genom ändrad standard och lagstiftning så att den tillsammans med förbättrad katalytisk avgasrening ger minskade utsläpp av alla oönskade ämnen.

Det är vår övertygelse att blott genom så högt ställda mål kan en fortsatt bensin- och fordonsanvändning vara acceptabel. Tekniskt sett finns inga hinder och kostnaden är måttlig, av storleksordningen några tiotal öre/liter bensin och lika mycket för mer avancerat utrustade fordon. Nettokostnaden för samhället är självfallet lägre genom lägre antal sjukdoms- och dösfall och minskade miljöskador genom mindre korrosion, förstöring av byggnader och monument, minskad försurning av mark och vatten, mindre inverkan på tillväxten inom jord- och skogsbruk och minskad påverkan av flora och fauna. Summaeffekten kan vara en samhällelig vinst!

## 9. YTTERLIGARE FoU OCH UTREDNINGAR

Alla samband mellan bensinens sammansättning och utsläpp av icke önskvärda ämnen är förvisso inte kända eller väl belysta. I Sverige har utsläpp av gasformiga olefiner bedömts som kraftigt bidragande till genotoxiska risker, medan betoningen i hittills gjorda reformuleringar av bensin ligger på reduktion av bensenutsläpp. Detta är i sig motiverat men leder till reformulering till mer paraffinisk bensin, som kan ge högre olefinutsläpp. Dessa förhållanden är inte väl undersökta och dokumenterade utan behöver kompletteras genom ytterligare undersökningar eller utvärderingar av ev. befintliga resultat.

Frågan om bildning av PAH vid framställning av bensin bör ytterligare undersökas liksom bildning av PAH i motorn. Det finns en indikation på att PAH finns i den tunga reformatfraktionen, men underlaget är litet, och intet synes känt om förekomst av PAH i krackbensin.

Utsläppen bestäms till stor och ökande del av funktionen av katalytiska reningssystem och det synes då önskvärt att bättre belysa vad denna teknik och förbättrad bränsleteknik på fordonet kan åstadkomma med i dag överskådbar utveckling. Som exempel kan nämnas förbättrad beredning av luft/drivmedelsblandningen med hjälpenergi vid kallstart och tidigare och förbättrad funktion av katalysatorn genom förvärmning med hjälpenergi vid kallstart, uppvärmning och låg belastning. Föreliggande resultat från utvecklingsarbetet visar att drastiska reduktioner kan åstadkommas.

Ett stort antal ämnen har identifierats som vådliga ur hälsosynpunkt men en del är ännu ofullständigt kända till sin verkan. Som exempel kan här tas gruppen aldehyder och kvävedioxid, NO<sub>2</sub>. Det finns med all sannolikhet också ämnen som ännu inte har identifierade samband med hälsorisker. Det är därför angeläget att sökandet efter sådana ämnen och samband fortsättes liksom efter metoder att mäta dessa.

En förutsättning för att åtgärder för att minska risker med utsläpp från transportsektorn

får effekt är att de får generell tillämpning, även ur internationell synpunkt. Information om befintlig kunskap och samarbete för att öka kunskapsbasen och utarbeta gemensamma åtgärder är en oundgänglig del i arbetet för att minska utsläppen till en acceptabel nivå, som är väsentligt lägre än dagens godtagna.

## ORDLISTA OCH FÖRKORTNINGAR

Air toxics	Samlingsbeteckning på luftburna giftiga ämnen som bensen, butadien, aldehyder, m fl
Alifat	Synonym till alkan
Alkan	Mättade (=maximalt väteinnehåll) kolväten med rak eller grenad kolkedja
Alken	Enkelomättat kolväte
API	American Petroleum Institute
Aromat	Kolväten med bensenkärna (omättat kolväte med 6 kolatomer i ringform)
Butan, -en	Alkan resp. alken med 4 kolatomer
C3,C4,C5..	Kolväten med 3, 4, 5 .... kolatomer
CAA	Clean Air Act (i USA)
CARB	California Air Resources Board
Cetantal	Mått på drivmedels förmåga att självantända vid insprutning i en kompressionsmotor av standardiserat laboratorieutförande
CO	Kolmonoxid
CONCAWE	The oil companies' European organization for environmental and health protection
Dehydrera	Minska väteinnehållet
Diurnal	Del av prov att bestämma avdunstning från fordon vid temperatursvängning över dygnet
DOE	Department of Energy (USA)
EFOA	European Fuel Oxygenates Association
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
Eter	Ämne innehållande syrebrygga mellan två kolatomer
ETBE	Etyl-tertiär-butyl-eter
FCC	Fluid Catalytic Cracking (katalysatorn i fluidiserat tillstånd)
HC	Samlingsakronym för kolväten av många slag
Hexan, -en	Alkan resp. alken med 6 kolatomer
Hot soak	Del av prov att bestämma avdunstning från fordon då det lämnas med varmkörd motor
Hydrera	Höja väteinnehållet
Iso-	Betecknar grenad kolkedja hos kolväten
Isomerisering	Katalytisk behandling för att få grenade kolkedjor av raka
Koksning	Krackningsproces som lämnar återstoden som fast koks (petroleumkoks)
Krackning	Termisk eller termisk/katalytisk behandling för att bryta ned stora molekyler till mindre
LCO	Light cycle oil (mellandestillat utvunnet efter krackning)
MON	Motor Octane Number (mått på motstånd mot knackning i motor vid hög belastning)
MTBE	Metyl-tertiär-butyl-eter
Nafta	Del av råolja med kokpunkter ungefärligen mellan 25 och 225 °C
Naften	Mättat kolväte med 6 kolatomer i ringform
NMHC	Non-methane-HC, samlingsakronym innefattande alla kolväten utom metan
Normal, n-	Betecknar rak kolkedja hos kolväten
NOx	Kväveoxiderna kvävemonoxid, NO, och kvävedioxid, NO <sub>2</sub>
Oktantal	Mått på förmåga att i tändstiftsmotor motstå spontan tändning (ledande till s.k. knackning) före gnistan i en standardiserad laboratoriemotor

Olefin	Synonym till alken (enkelomättat kolväte)
Oxidant	Starkt oxiderande ämne såsom ozon och peroxider
Oxygenat	Generell beteckning för syreinhållande ämnen, vanligen använd för alkoholer och etrar
PAH, PAC	Polycyclic aromatic hydrocarbons (compounds), kolväten med flera bensenkärnor sammanbundna
Paraffin	Synonym till alkan (mättat kolväte med kolatomerna i kedja)
Pentan,-en	Kolväte med 5 kolatomer
RFG	Reformulated Gasoline
RON	Research Octane Number (mått på motstånd mot knackning i motor vid lättare belastning)
RVP	Reid Vapor Pressure (ångtryck vid 100°F, 37,8°C, enligt standardmetod)
SNV	Statens naturvårdsverk (Sverige)
TAME	Tertiär-amyl-metyl-eter
TBA	Tertiär-butyl-alkohol
T90	Tempertur vid vilken 90 % av bensinen förångats vid destillation enligt standardiserad metod
VOC	Volatile organic compounds