



Ur Griffin 1992/93

## **FOSSILA OCH BIOBASERADE MOTORALKOHOLER**

**Statusrapport utarbetad för KFB och NUTEK**

av

Åke Brandberg  
Bengt Sävbark  
ECOTRAFFIC R&D AB

# FOSSILA OCH BIOBASERADE MOTORALKOHOLER

## Statusrapport

<b>INNEHÅLL</b>		Sida
<b>0.</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>1</b>
<b>1.</b>	<b>SAMMANFATTNING OCH RIKTLINJER</b>	<b>3</b>
1.1	Bakgrund	3
1.2	Råvaror	3
1.3	Produktion	4
1.4	Distribution	5
1.5	Användning. Emissioner	6
1.6	Miljö. Hälsa	7
1.7	Systemkostnader	8
1.8	Industrins inställning	9
1.9	Samhällets inställning	10
1.10	Strategiska aspekter	11
<b>2.</b>	<b>STATUS FÖR UTVECKLINGEN UNDER 1986-93</b>	<b>12</b>
2.1	Bakgrund	12
2.2	Råvaror	14
2.3	Produktion	16
2.3.1-5	Metanol	16
2.3.6-.10	Etanol	19
2.3.11	Högre alkoholer	24
2.3.12	Etrar	24
2.4	Formulering av drivmedel	25
2.5	Distribution	28
2.6	Användning. Emissioner	30
2.6.1-.13	Teknik	30
2.6.14-.18	Emissioner	35
2.7	Miljö. Hälsa	39
2.8	Systemkostnader	41
	<b>REFERENSER</b>	<b>46</b>
	<b>TABELLER - FIGURER</b>	<b>52</b>
	<b>BILAGOR (A - C)</b>	
	<b>FÖRKORTNINGAR (bilaga D)</b>	

## FOSSILA OCH BIOBASERADE MOTORALKOHOLER

### 0. SLUTSATSER

#### 0.1. Inledning

År 1985 skrevs IEA-rapporten "Alcohols and Alcohol Blends as Motor Fuels" (STU Information No. 580-1986) inom International Energy Agency's program för motoralkoholer (numera "Program on Alternative Motor Fuels"). 1988 gjordes inom IEA-samarbetet en uppdatering av användningskapitlet och utgavs i form av TRENDS 88:1.

Den första rapporten hade formen av dels en beskrivning i två volymer

-- "State-of-the-Art"

dels en

-- "Executive Summary" including "Conclusions and Guidelines"

"The Executive Summary" uttryckte uppnådd konsensus mellan företrädarna för de då fem deltagande länderna Kanada, Japan, Nya Zeeland, Sverige och USA.

Föreliggande rapport är en ny statusbeskrivning för utvecklingen under perioden 1986-93 i sammanfattad form med tonvikt på motoralkoholer, dvs drivmedel med alkohol som huvudkomponent. Den täcker hela kedjan från råvara till användning inklusive effekter av utsläpp på miljö och hälsa. Skeendet i Sverige har givits en fylligare plats.

Rapporten följer i stort uppläggningsen av den tidigare "Executive Summary". Det innebär att det första kapitlet "Sammanfattning och riktlinjer" utgör en utförlig sammanfattning av det följande mer detaljerade kapitlet "Status för utvecklingen 1986-93".

#### 0.2 Slutsatser

1. Försörjningssäkerhetsskäl talar för utvidgad råvarubas för drivmedel.
2. Råvarubasen måste kunna innefatta förnybara råvaror för att på sikt ge en hållbar utveckling. Tillgången på biomassa (lignocellulosa) kan bli mycket stor både i Sverige och i världen.
3. Miljö- och hälsoskäl talar för införande av kemiskt sett enkla drivmedel (skäl för satsningarna i USA). Högt ställda mål (SNV - upp mot 90% reduktion av NOx och i dag oreglerade genotoxiska ämnen) måste finnas och satsning bör endast ske på tekniker som kan möta sådana mål.

4. Motoralkoholer - metanol och etanol - fyller ovanstående krav och är som flytande drivmedel lätthanterliga och kan få den breda spridning, som är nödvändig på sikt för att få effekt på luftkvaliteten. Båda kan tillverkas ur lignocellulosa, och etanol på socker/stärkelsebas finns redan i dag på marknaden.
5. Alkohol, företrädesvis ingående i etrar, kan blandas in i bensin för befintlig bilpark och har redan bred användning. De är en inkörsport för bioalkoholer med snabbt genomslag och kan därigenom ge en bas för ny produktion. Användningen medverkar till lägre skadliga utsläpp för hälsa och miljö.
6. Drivmedelsflexibla bilar (alkohol-bensin) är tekniskt mogna för kommersiellt införande med några få års ledtid. De representerar övergången till för alkoholerna optimerade bilar, som är energieffektivare än dagens.
7. Alkoholdrivna tunga fordon, i första hand tätortsbussar, är tekniskt mogna för kommersiellt införande. Låginblandning kan ske i befintliga drivmedel.
8. Det synes naturligt att snarast starta utvidgad demonstrationsverksamhet med alkoholer för att få erfarenheter av distribution och som inledning till mer allmän användning. Primär målgrupp bör (förutom vissa nischmarknader) vara personbilar och andra lätta fordon, som står för största andelen av trafikens utsläpp (även i tätorter).
9. Långsiktiga aspekter måste läggas vid val av framtida drivmedel och uppskattning av framtida kostnader. Metanol som vätebärare passar som drivmedel för "framtidens drivkälla", bränslecellen.
10. Naturgasbaserad metanol är ett konkurrenskraftigt alternativ till bensin vid lika storskalig användning men är ej långsiktigt hållbar. Metanol och etanol kan långsiktigt användas med biomassabas.
11. Endast samhällets organ kan ta erforderliga initiativ, skapa incitament och regelverk för att påbörja införande av nya drivmedel.
12. Samhällets kostnader för miljö- och hälsoskador måste kvantifieras bättre och mer fullständigt för att berättiga skillnader i miljöavgifter mellan olika drivmedel.
13. Samhället måste sätta pris på miljön och ge incitament för att tröskelkostnaderna vid införande av nya drivmedel skall kunna överbryggas och motivera berörd industri att införa ur miljö- och hälsosynpunkt bästa teknik.
14. Omfattande upplysnings- och utbildningskampanjer blir nödvändiga vid införande av nya drivmedel.

## 1. SAMMANFATTNING OCH RIKTLINJER

Detta kapitel är en utförlig sammanfattning av statusbeskrivningen i kapitel 2 med mer detaljerad information. Underindelningen överensstämmer med indelningen av detta.

### 1.1 Bakgrund

Väg-, sjö- och lufttransporterna i världens industriländer är fortsatt nästan helt beroende av oljeprodukter, som i ökande grad måste importeras. Mest betydande exportområde är Mellanöstern, där mer än 2/3 av världens oljereserver finns. Trots att ett sådant beroende betecknats som oacceptabelt har produkter av annat ursprung införts endast i mycket ringa omfattning. Oljetillförseln har kunnat upprätthållas även under orosförhållanden (Kuwait-kriget) - men till priset av mycket höga militära kostnader.

Transportsektorns ökande utsläpp av miljö- och hälsofarliga ämnen har lett till att man nu metodiskt arbetar för att införa drivmedel och råvaror som kan leda till lägre utsläpp. Lagstiftningen i USA ("Clean Air Act Amendment 1990") och Kalifornien kan komma att leda till begynnande kommersiell användning i stor skala av alternativa drivmedel - renare än dagens bensin och dieselolja. Utsläpp av växthusgaser, främst fossil koldioxid, med möjlig klimatpåverkan som följd har lett till antagande av en klimatkonvention (Rio 1992) med åtaganden om motåtgärder. I Sverige har en klimatproposition framlagts och en särskild kommitté tillsatts för att ge förslag på åtgärder gällande trafiken.

Den statsstödda satsningen på etanol ur sockerrör fortsätter i Brasilien och i USA fortgår inblandning av etanol i bensin i en del stater med stöd av lägre beskattning. Användningen av högoktaniga bensinkomponenter som oxygenater i form av etrar (MTBE, TAME, ETBE) ökar kraftigt i såväl USA som Västeuropa. Nytt intresse är biobaserade drivmedel/-komponenter.

Genom att använda naturgas som utgångspunkt för drivmedel (naturgas, metanol) kommer man in på en väg, som vare sig kräver råolja, komplex raffinering eller en marknad för tjocka oljor. Mindre kapitalintensiva anläggningar kan då bli möjliga samtidigt som såväl anläggningar som produkter kan uppfylla stränga miljö- och hälsokrav.

### 1.2 Råvaror

Intresset för naturgas som drivmedel eller råvara för drivmedel har ökat betydligt under senare år, medan intresset för kol, oljeskiffer eller extratunga oljor minskat som följd av betänkligheter mot utsläpp av fossil koldioxid och

andra växthusgaser. Istället har intresset ökat för förnybara energikällor, t ex solljus genom direkt konvertering till el/vätgas eller genom fotosyntesen till biomassor.

Naturgasreserverna bedöms vara minst lika stora som de av konventionell råolja men utnyttjas bara i drygt hälften så hög grad. Vid nuvarande konsumtionsnivå motsvarar de kända reserverna nära 60 års förbrukning. Reserverna är jämnare fördelade över världen och mindre koncentrerade till Mellanöstern. Största enskilda innehavare av naturgasreserver är Ryssland, och ur västeuropeisk synpunkt är dessa och fyndigheterna i Barents hav, Norska havet och Nordsjön av särskilt intresse. Gasländerna bedöms ha mindre eller ingen benägenhet till kartellisering än vad som skett mellan de oljeexporterande länderna.

Biomassor är en mycket stor resurs (årligen bildas mer än 10 gånger världens nuvarande energianvändning) men är praktiskt svåra och dyra att använda. Potentialen bedöms i Västeuropa vara 10 % av energianvändningen och i Sverige upp mer än 25 %, vilket ungefär motsvarar bensin användningen.

Användning av bioråvaror är den i dag enda möjligheten att kunna förena fortsatt hög rörlighet med miljökrav och infoga transporsektorn i ett långsiktigt hållbart kretsloppssamhälle.

### 1.3 Produktion

Tillverkning av metanol ur naturgas är väl etablerad och uppgår till över 20 Mt/år. För storskalig användning som drivmedel måste nya anläggningar byggas, som är flera gånger större än nuvarande och som använder modernaste teknik. Denna kan medge både högre energiutbyten av metanol (upp mot 80 % mot dagens drygt 65 %), billigare anläggningar och vara ekonomiska även i mindre skala. Metanolanläggningar bör byggas vid eller nära naturgaskällorna, så att dyrbara transporter av gas undviks.

En ny anläggning för framställning av metanol ur brunkol har tagits i drift i Västtyskland och samma förgasningsteknik har industriellt demonstrerats med torv och biomassa som råvaror i Finland.

Anläggningar för etanol ur sockerrör eller spannmål har också successivt utvecklats till högre utbytestal och minskade kostnader för både råvara och tillverkning. Årligen produceras över 12 Mt etanol för drivmedel i Brasilien och USA.

Utvecklingsarbete med konvertering av biobaserade råvaror har fortsatt men ännu inte resulterat i någon kommersiell anläggning. Integrering med

tillverkning av flera produkter (livsmedel, foder, kemikalier, bränslen) sker för optimering av totalekonomin. Tekniken för framställning av bio-alkoholer ur lignocellulosa (ved), etanol genom hydrolys/jäsning och metanol via förgasning, står inför stadiet demonstration i prototypanläggningar. Ett projekt för etanol har startat i Sverige med statligt stöd. Utomlands (Hawaii) genomförs projekt via förgasning.

Tillverkning av etrar som bensinkomponenter baserade på bio-alkoholer kan vara ett lämpligt användningsområde och inkörsport för produktionsanläggningar på relativt kort sikt.

#### 1.4 Distribution

Inom den kemiska industrin lagras och transporteras metanol och etanol med väl etablerad teknik. Som drivmedel kan alkoholerna hanteras på samma sätt som bensin (tillhör samma riskgrupp). Problemen uppkommer om de skall distribueras inom det befintliga bensinsystemet, då en del material inte är resistent utan måste bytas. Detta inträffar redan vid några få procents inblandning i bensin. Talet om alkoholernas, särskilt metanols, korrosivitet är ogrundat och har ingen relevans för nya, anpassade system.

Hantering av bensin innehållande alkoholer (inblandade efter eventuell bergrumslagring på vattenbädd) har givit erfarenheten att systemen håller sig torra och medför mindre problem vintertid. Inte heller bensin med eter synes kunna lagras i bergrum och har hittills undvikits. Teknik för sådan lagring bör utvecklas och provas.

En förutsättning för rationell distribution av motoralkoholer är att de används i så stor skala att de kan distribueras med motsvarande storskalefördelar som finns för bensin.

Uppbyggda tankningssystem för alkoholer finns idag endast i Brasilien (etanol) och är under uppbyggnad i Kalifornien (metanol; första mål 400 stationer 1997) och lokalt i andra delstater. Det bedöms att minst 10 % av befintliga tankningsstationer, kanske ända upp mot 20-25 %, måste tillhandahålla ett nytt drivmedel för att det skall kunna anses allmänt tillgängligt och kunna vara attraktivt ur användarens synpunkt.

Teknisk etanol måste enligt svensk lag hanteras, vanligtvis i denaturerad form, under kontroll i slutna system med hänsyn till tillgrepps-/missbruksrisken. Motsvarande bestämmelser finns inte för metanol men denna är giftklassad liksom bensin och har inte dispens från giftbestämmelserna som denna. Denaturering och märkning av metanol och utformande av bestämmelser för dess hantering är en nödvändighet för dess användning som drivmedel.

Sammantaget kan sägas att några tekniska hinder för distribution av motoralkoholer inte finns.

## 1.5 Användning. Emissioner

Användning av oxygenater (alkoholer, etrar) som komponenter i bensin för befintlig bilpark är allmänt förekommande och reglerat i standarder och specifikationer. Sådan användning kommer att öka kraftigt genom redan beslutad lagstiftning om obligatorisk användning under vissa förhållanden i USA. Oxygenater är nyckelkomponenter för att reformulera bensin för lägre utsläpp av kolmonoxid (CO), ozonbildande ämnen och genotoxiska ämnen.

Full fördel av låga oönskade utsläpp erhålls först vid drift med enbart alkoholer (M100, E100). Blandningar mellan alkoholer och bensin av typ M85 får ses som en kompromiss och ett övergångsdrivmedel.

Alkoholdrivna lätta fordon står, förutom den stora användningen i Brasilien, inför en allmän kommersiell fas i USA, främst i Kalifornien, i form av drivmedelsflexibla bilar (FFV "Flexible Fuel Vehicles"), som kan använda både alkoholer och bensin i godtycklig blandning i samma tank. Kaliforniska energimyndigheter (California Energy Commission) driver en kampanj "Drive Clean California" med tydlig inriktning på metanol (M85). I de etanolproducerande jordbruksstaterna i Midwest förespråkas etanol som E85. Dedicerade fordon för enbart alkoholdrift måste avvakta uppbyggnaden av tillräckligt stora distributionsnät, innan de kan färdigutvecklas och få allmän användning. Prototyper har dock redan gett värdefulla uppgifter om utsläpp och dessas sammansättning.

Vissa nischmarknader i USA för tunga fordon med egen central tankning har redan börjat använda alkoholmotorer certifierade för låga utsläpp, speciellt kväveoxider och partiklar. Exempel är tätortsbussar, skolbussar, sopfordon och lastbilar med bestämda rutter.

I Europa (Frankrike, Italien, Sverige) och i Japan pågår fältprovningar och demonstrationer av alkoholdrivna tunga och lätta fordon. I Sverige har etanol som drivmedel för tätortsbussar kommit i ett kommersiellt skede. Samma kan sägas om metanolanvändning i USA.

De inlagda bilderna visar några få exempel på fältprovningar och demonstrationer världen runt.

I Brasilien används för närvarande ca 12 miljoner m<sup>3</sup> etanol per år som något vattenhaltig produkt för personbilar och andra lätta bilar (ca 4,5 miljoner) och som vattenfri





'AVOCET'/Methanol in Los Angeles



'AVOCET'/Ethanol in France



produkt blandad i bensinen (22 volym-%) för alla övriga. I USA uppgår etanolanvändningen till 3,0 miljoner m<sup>3</sup> per år som s k Gasohol (bensin med 10 volym-% etanol inblandad).

Eteranvändning, ännu nästan bara MTBE, är allmän i både Europa och USA och uppgår i dag till ca 12 miljoner m<sup>3</sup> per år och är under snabb ökning.

## 1.6 Miljö. Hälsa

Avsaknaden av svavel i alkoholer kombinerat med lägre utsläpp av kväveoxider från framför allt tunga dieselfordon leder till minskad försurning. Detta motverkas i någon mån av att metanol måste fraktas långväga med oceantransporter, varvid bunkeroljor förbrukas.

Alkoholavgasens och då särskilt metanolavgasens lägre atmosfäriska reaktivitet medför lägre potential för oxidant(ozon)-bildning. Den fortsatta tekniska utvecklingen kan leda till att oxidantbildningen kommer ned på en hållbart acceptabel nivå. Modellstudier, som utförts i USA, har visat att vid allmänt införande i hela den lätta fordonsparken kommer dennas bidrag till ozonbildningen inom ett område att kunna reduceras till 5 - 10 %, dvs 90 -95 % har annat ursprung.

Flera av de luftburna genotoxiska ämnena av bränsleorsprung kommer vid alkoholdrift att i det närmaste elimineras (bensin, butadien, PAC; med metanol även propen och acetaldehyd) eller minskas (eten med metanol). Ökade aldehydutsläpp från motorn kan genom förbättrad katalysatorteknik bringas ned till den nivå bensinbilar med katalysator har i dag. Trafikens bidrag till antalet cancerfall genom förorenad luft minskar. Alkoholerna har i sig inga genotoxiska verkningar. Andra eventuella kroniska effekter av alkoholångor på mycket låg nivå i omgivningsluft bedöms som mildare än effekterna av kolväteångor.

Trafikens utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid, är betydande och växande både relativt och absolut. Detta gäller även om drivmedel såsom metanol och MTBE skulle baseras på naturgas (fossilgas) om än i något mindre grad än för oljebaserade drivmedel. Möjligheten att tillverka alkoholer av bioråvaror ger en väg att börja minska de fossila koldioxidutsläppen.

Spill av alkoholer har betydligt mildare och snabbare övergående effekter i både terrestra och akvatiska system än spill av kolväten.

Säkerhets- och toxicitetsriskerna vid hantering/användning av motoralkoholer är inte högre än för bensin. Den enda påtagliga risken med metanol, betingad av metanols speciella giftighet, är om drivmedlet skulle drickas av spritmiss-

brukare. Förväxling av metanol och etanol (dricksprit) måste förhindras genom märkning/denaturering och upplysning.

## 1.7 Systemkostnader

Vid likvärdiga förhållanden bedöms metanol kunna framställas ur naturgas till en kostnad som är något högre än för dagens blyfria bensin och samma som för framtida reformulerad bensin. Vid skärpta miljökrav kan kostnaden för bensin rent av bli högre än för metanol, särskilt om bensin skall framställas i nya raffinaderier. Kostnaden för etanol är väsentligt högre än för bensin eller metanol, men detta beror på att etanol har annan råvara (biomassa). Med samma råvara bedöms skillnaden mot metanol bli liten eller ingen.

Alkoholerna har genom sitt lägre energiinnehåll (metanol knappt hälften och etanol knappa 2/3 jämfört med bensin) något högre distributionskostnader.

Den högre verkningsgraden vid alkoholdrift i ottomotor leder till lägre drivmedelsförbrukning (5-15 % i energitermer) än för bensin och kan i en dieselmotor vara likvärdig med den för dieselolja. Tillsammans med att metanolsyntesen är den effektivaste vägen till flytande drivmedel framstår metanol som en klart energieffektivare väg än att framställa syntetiska kolväte-drivmedel ur andra råvaror än råolja.

Kostnaden för alkoholdrivna fordon vid serietillverkning bedöms vara samma som för bensinfordon eller något högre (0 - 3 %). De högre kostnaderna gäller för t ex drivmedelsflexibla FFV. För motorer/fordon som optimerats fullt ut för alkoholer kan dock kostnadsförhållandet bli det omvända.

Sammantaget för hela systemet i genomfört skick har kostnaderna - miljö/hälsoskador och kostnader för försörjningssäkerhet oräknade - bedömts som långsiktigt konkurrenskraftiga gentemot bensin. För rättvisande jämförelse måste denna göras med framtida reformulerad bensin från nya raffinaderier och med lika omfattning av användningen. Motsvarande kostnadsjämförelser med dieselolja har inte gjorts. Ej heller har de förändrade miljö/hälsa-kostnaderna utvärderats.

En samhällsekonomisk bedömning måste innefatta inte bara dolda kostnader för oljeförsörjningen utan också de skadepåverkningar på miljö och hälsa, som samhället drabbas av. Dessa torde vara lägre för alkoholerna och kan komma att vara avgörande om växthusgasutsläpp prissättes och alkoholerna är framställda av bioråvaror. Alkoholerna är det enda realistiska alternativet för allmän användning och hållbart även i längre perspektiv, då metanol (vätgasbärare) och bränslecell ses som den mest effektiva och miljö-acceptabla kombinationen.



Kostnadsproblemen vid införande av alkoholer ligger främst i hur man skall överbrygga de höga tröskelkostnaderna och kostnadsnackdelarna under införande/uppbyggnads-fasen. Distributionskostnaderna kan reduceras avsevärt vid införandet, om anpassningen påbörjas i förväg genom normal förnyelse och underhåll. De drivmedelsflexibla bilarna (FFV) är ett sätt att lösa "höna/ägg"-problematiken under en införandeperiod.

Någon råvarubegränsning för produktion av drivmedel på alternativa råvaror finns inte. Detta bedöms gälla också för bioråvaror. Den företagekonomisk beräknade kostnaden för bio-drivmedel är av naturliga skäl högre än för råoljbaserade. Bio-metanol kostar med dagens teknik minst dubbelt så mycket per energienhet och bio-etanol sannolikt ändå något mer. Avsevärd utveckling för att både sänka bioråvarukostnaden och tillverkningskostnaderna behövs. Potentialen för sådana förbättringar bedöms som god.

## 1.8 Industrins inställning

Både olje- och bilindustrin har idag helt accepterat oxygenater i form av etrar som komponenter i bensin. Däremot är inställningen till direkt alkohol-inblandning negativ inom oljeindustrin och mestadels negativ även inom bilindustrin. Den negativa attityden beror på att rutiner i distributionen måste ändras, varmed följer ökade kostnader.

Oljeindustrin är fortfarande negativ till planer på att komplettera petroleum-drivmedel med alkoholer. Ett argument är att dessa är onödiga, eftersom det inte föreligger någon fysisk brist på råolja i världen under överskådlig tid. Kostnaderna beskrivs också som prohibitivt höga. Härvid åsyftas i första hand uppbyggnadskostnaderna, medan man bortser från de långsiktiga aspekterna. Oljeindustrin har inte heller velat erkänna att högre miljö- och hälsovinster kan uppnås genom att övergå till att använda alkoholer som drivmedel. Ej heller har man sett som sin uppgift att ta initiativ för att driva en sådan utveckling. Däremot anpassar man sig efter nya regler, t ex gällande emissioner, säkerhet, etc, som olika myndigheter föreskriver, då dessa är lika för alla och inte snedvrider konkurrensen.

Bilindustrin har en mer positiv inställning och ser alkoholer (metanol) som det mest realistiska alternativet för allmän användning (i både lätta och tunga fordon). Till detta bidrar säkerligen att naturgasbaserad metanol bedömts kunna framställas till inte mycket högre kostnad än för bensin. Genom att införa alkoholer öppnas möjligheter för bilindustrin att utveckla motorer med bättre prestanda, vilket i sin tur gör det lättare att möta framtida utsläppskrav. Inte heller bilindustrin ser som sin uppgift att driva den tekniska utvecklingen mot bättre miljö och hälsa. Precis som oljeindustrin rättar sig bilindustrin noga

efter nya regler. Potentialen för renare oljeprodukter, motorer och bättre avgasreningssystem bedöms som mycket stor.

Skulle det bli obligatoriskt (via incitament) med biobaserade drivmedel torde någon skillnad i preferensen mellan etanol eller metanol inte finnas utan då är priset på drivmedlet avgörande.

## 1.9 Samhällets inställning

Regeringar och myndigheter har i ökande grad insett att transportsektorns negativa inverkan på miljö och hälsa snarast måste minskas och att detta inte kommer att ske utan deras styrning.

Även om problemen med försörjningstryggheten vad gäller oljeprodukter är uppenbara, så är inte kostnaderna för att säkerställa oljetillförseln klarlagda, vilket bidrar till en tvehågsen inställning till alternativen.

Forskarvärldens samstämmiga uppfattningar i många miljö- och hälsofrågor har svårt att få acceptans och därmed leda till åtgärder. Till detta bidrar industrins motstånd mot förändringar.

Insikten har ökat om att samhällsåtgärder behövs för att minska transportsektorns miljö- och hälsoskador. Exempel på detta är den nya lagstiftningen i USA och EG-parlamentets påskyndande av införande av oblyad bensin och katalytisk avgasrening (15-20 år efter Japan och USA!).

Ledande för utvecklingen i världen i dag är de kaliforniska myndigheterna, som genom innovativ lagstiftning söker driva fram avancerad teknikutveckling inom transportsektorn för att få radikalt förbättrad miljö och hälsa.

## 1.10 Strategiska aspekter

Transportsektorn är en strategisk sektor av vital betydelse för samhället.

Att göra drivmedlen långsiktigt acceptabla ur miljö- och hälsosynpunkt är en **nödvändighet**. Alkoholer ger liksom metan möjlighet att komma längre än vad som är möjligt med kolväte-drivmedel.

För att öka säkerheten i försörjningen av drivmedel måste en utvidgad råvarubas sökas. I första hand kommer då naturgas i fråga. Användning av naturgas ger samtidigt möjlighet att reducera miljö- och hälsoskador. På sikt måste förnybara råvaror kunna användas för samma drivmedel.

Genom att motoralkoholer är flytande drivmedel och kan distribueras på

samma sätt som bensin och dieselolja, öppnar de möjlighet till allmän användning och på lång sikt stort genomslag till låg kostnad. Införande bör förutom vissa nischmarknader (flottor av bussar, distributionsfordon, etc) sikta mot användning i personbilar och lätta lastbilar. Dessa står för en övervägande del av de flesta skadliga ämnen i trafikens utsläpp genom sitt stora antal. Ett undantag är de tunga dieseloljedrivna fordonens utsläpp, inklusive arbetsfordon, som står för de stora partikelutsläppen och en stor andel av kväveoxiderna.

Förändringar inom transportsektorn kräver flera års ledtider och lång omställningsperiod (= förnyelsetiden för vagnparken) för att kunna ske till lägsta kostnad. Låginblandning i befintliga drivmedel för befintlig vagnpark är en väg att relativt snabbt skapa en begynnande marknad.

Lång förändringstid gör det angeläget att få en snar start, men innebär också att gjorda investeringar kan utnyttjas under sin livslängd och att nya investeringar kan göras successivt.

Val av framtida drivmedelsalternativ får inte göras så att vidare utvecklingsvägar hindras/stängs. Bl a måste möjligheter finnas att utnyttja förnybara energikällor och användning av alternativa energiomvandlare. Motoralkoholer kan uppfylla dessa villkor och är även väl användbara för turbiner och bränsleceller.



*An 83-ton gross weight triple bottom Scania T112 E, 6x4 truck with a DS11 E01 ethanol engine, operating in sugar cane transportation.*





## 2. STATUS FÖR UTVECKLINGEN UNDER PERIODEN 1986-93

### 2.1 Bakgrund

#### 2.1.1 MINSKAD OLJEUTVINNING I USA OCH F D SOVJET

De flesta OECD-länderna är fortsatt kraftigt beroende av importerad råolja för transportsektorns drivmedelsförsörjning. Endast Norge har under senare år kunnat öka den egna oljeutvinningen, medan den är på väg att kulminera i Storbritannien. I USA fortsätter den inhemska oljeutvinningen att minska till följd av de relativt låga oljeprisernas inverkan på marknadskrafterna men också av miljöskäl. Dessa har medfört återhållsamhet i tillståndsgivningen för oljeutvinning till havs och i arktiska områden. I det forna Sovjetunionen har oljeutvinningen till följd av de politiska omvälvningarna minskat liksom exportförmågan. Figur 2.1 illustrerar de olika OECD-regionernas import-oljeberoende (IEA/OECD 1992).

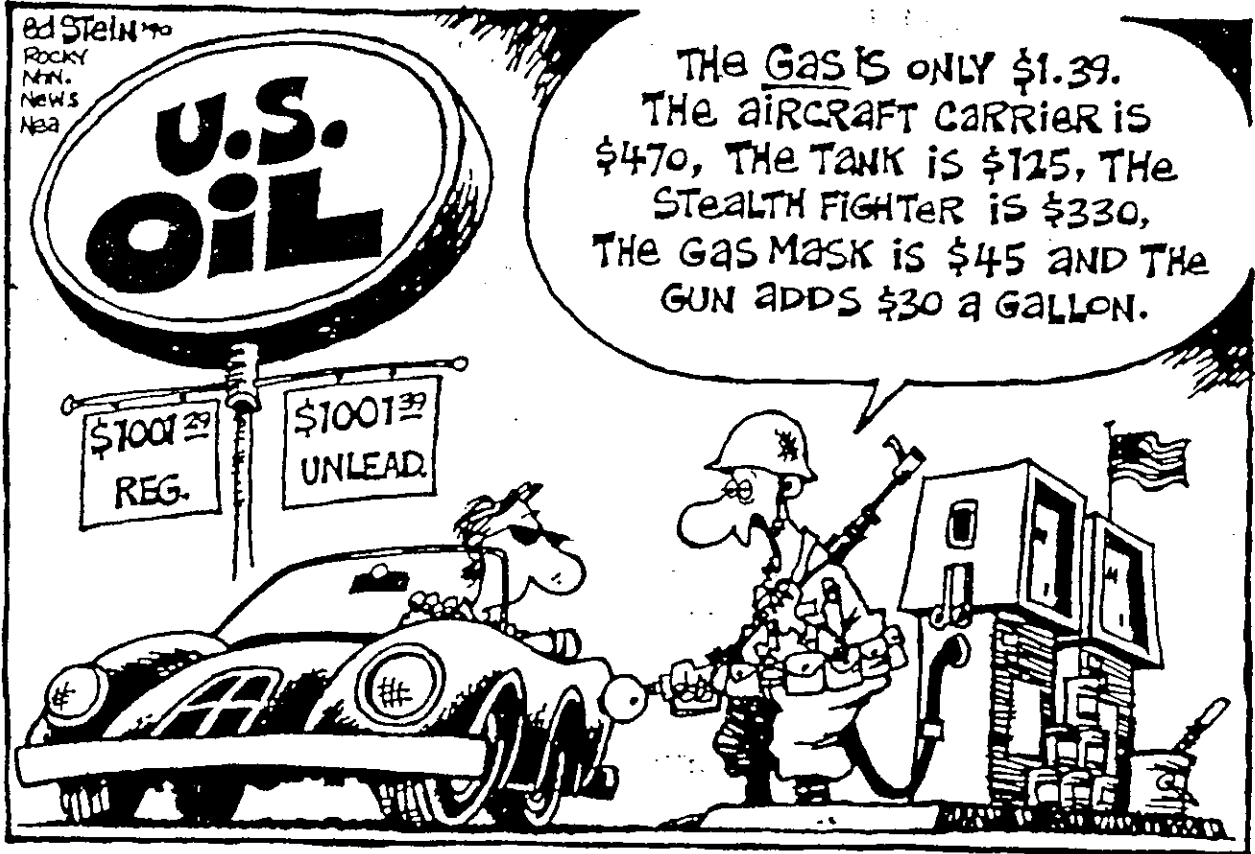
Importberoendet - med Mellanöstern som huvudsakligt exportområde - har därför ökat och förväntas fortsätta att öka. 2/3 av råoljereserverna finns i detta område (< 1/3 av naturgasreserverna). I en störningsfri värld vore detta ingen nackdel eftersom utvinningskostnaderna där är låga och även mycket långväga oceantransporter är billiga. Ökande miljökrav medför dock även här högre kostnader.

#### 2.1.2 ÖKAD EXPORTANDEL FRÅN MELLANÖSTERN

Försörjningssäkerheten blir dock lidande av ett så stort beroende av ett politiskt labilt område, vilket inte minst det senaste Irak-Kuwait-kriget visat. Samtidigt har kriget demonstrerat att oljeutvinningen och exporten kunnat upprätthållas genom att det funnits kapacitetsmarginaler i andra länder i området och genom stora militära insatser. Denna typ av kostnader (bilden) för att säkerställa tillförseln även under mer normala förhållanden är en stor oredovisad samhällskostnad för oljetillförseln, som inte syns i oljepriset annat än tillfälligt. Försörjningssäkerheten har varit och är, i ökande omfattning, ett av de viktigaste skälen för att söka alternativa energiråvaror. Detta gäller i synnerhet transportsektorn, som är nästan helt oljeberoende - till skillnad från andra sektorer (elgenerering, industribränsle, lokaluppvärmning/-konditionering), vilka har en bredare råvarubas, inklusive biobränslen. Kapacitetsmarginalerna krymper och nyinvesteringar i ökad oljeutvinning i Mellanöstern står för dörren liksom investeringar i nya raffinaderier för att möta den ökande efterfrågan på drivmedel framför allt i utvecklingsländerna.

#### 2.1.3 MILJÖ OCH HÄLSA ÖKAR KRAVEN PÅ DRIVMEDLEN

Kunskaperna om miljö- och hälsokonsekvenser vid hantering och användning



Scientific American

av oljebaserade drivmedel har vuxit påtagligt under senare år. Hälsan och miljön har blivit de kanske starkaste argumenten för att söka få renare drivmedel. Kraven på de befintliga drivmedlens kvalitet har ökat, vilket lett till begynnande reformulering av bensin (främst i USA) och dieselolja (Sverige), men diskussionen har startat även inom EG. I Sverige har lagts förslag (SNV 1993) om bensin med bättre miljöegenskaper. I denna reformulering har oxygenater i form av alkoholer och etrar kommit att spela en nyckelroll. Ännu i slutet av 80-talet var tendensen till försämrad kvalitet (sett ur användarsynpunkt) tydlig. Det fanns då ett ökat behov av konvertering genom krackning av tunga oljor till lätta på grund av förändrad efterfrågan. Utvecklingen mot ökad konvertering har påskyndats genom en policy att minska oljeberoendet, vilken varit framgångsrik, inte minst i Sverige, inom alla sektorer utom transportsektorn, utan snarast varit negativ för denna.

#### 2.1.4 TRAFIK OCH KLIMATKOMMITÉ I SVERIGE

Under senare delen av 80-talet har tillkommit en ny faktor, nämligen växthuseffekten och dess eventuella inverkan på klimatet. Ökningen i atmosfären av växthusgaser genom människans aktiviteter är obestridlig, men effekterna på klimatet är ännu inte väl belagda. Bland klimatforskare anser majoriteten att risker för en klimatpåverkan med allvarliga konsekvenser är för stor för att vara acceptabel (IPCC 1992) även om motsatta uppfattningar också kommit till uttryck (Karlén et al 1993). I Sverige har SNV lagt fram förslag till åtgärder mot klimatförändringar (SNV 1992), vari även bilavgaserna tas upp.

Användningen av fossila energiråvaror, i transportsektorn nästan enbart olja, har blivit ifrågasatt och lett till utveckling och viss användning av förnybara källor även för drivmedel. Utvecklingen härvidlag, bortsett från politiska faktorer, kommer att bero av hur säkert klimatmodellberäkningar kan förutsäga skeendet och få bred acceptans världen över. Tills vidare synes, med hänsyn till det möjliga allvaret i konsekvenserna, en "no regrets policy" råda, d v s tag med aspekten att minska fossilbränsleanvändningen genom effektivisering eller ersättning när detta kan ingå i andra åtgärder utan orimliga kostnader. Rio-konferensens klimatkonvention och försiktighetsprincip är ett annat uttryck för detta. Ett stort antal länder (156), däribland Sverige, undertecknade konventionen och när 50 länder ratificerat den träder den i kraft., vilket förväntas ske vid/efter årsskiftet 93/94. Undertecknarna har utfäst sig att i första hand stabilisera utsläppen av växthusgaser till år 2000 och därefter minska dem. I den senaste svenska klimatpropositionen (Regeringens prop. 1993) utpekas transportsektorn som den enda sektor, som förutspås komma att öka sina utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid, under resten av decenniet och detta måste föranleda åtgärder. En särskild Trafik och klimatkommité har tillsatts för att komma med förslag (Kommunikationsdep. 1993).

## 2.2 Råvaror

### 2.2.1 FOSSIL METANOL ÖKAR

Motoralkoholer kan framställas från alla kol-innehållande råvaror. I teorin kan de syntetiseras också från koldioxid och vätgas av helt oorganiskt ursprung. För metanol är i dag fossilgas (naturgas) den dominerande råvaran, men industriell produktion sker även från tunga restoljor, stenkol och brunkol. Etanol framställs petrokemiskt ur nafta via eten eller biologiskt genom jäsning av socker (sockerbeter, sockerrör, sulfitol) eller stärkelse i spannmål (majs, vete).

Naturgas är råvara för alla nu pågående utbyggnader av metanolproduktion och för de flesta planerade på längre sikt. Tidigare hade kol, som är den största fossila resursen, en stor plats i planerna för metanolproduktion, men ses nu med större tveksamhet genom att utsläppen av växthusgasen koldioxid då blir högre än för andra råvaror. Naturgas har börjat användas som råvara även för tyngre kolväten dels i en anläggning på Nya Zeeland för bensin via metanol enligt den s k Mobil-processen, dels i en anläggning i Malaysia för mellandestillat (jetbränsle, dieseloiljor, kemisk råvara) enligt Shells process.

Användningen av tjärsand och andra extratunga oljor, som fordrar annan utvinningsteknik än för konventionell råolja och viss förbehandling före raffinering, sker i ökande utsträckning i Kanada och planeras i Venezuela.

### 2.2.2 NATURGAS POTENTIELL KÄLLA FÖR DRIVMEDEL

Råvarupotentialen har varken för råolja eller naturgas undergått några större förändringar under senare år, då inga nya, stora olje- eller gasfyndigheter har upptäckts med undantag för betydande naturgasfält i den ryska delen av Barents hav. De redovisade, tekniskt och ekonomiskt utvinnbara reserverna motsvarar för råolja ca 43 gånger nuvarande årsförbrukning och för naturgas ca 59 år. Ur västeuropeisk synvinkel är det värt att notera att regionen sannolikt har större reserver av naturgas (Nordsjön, Norska havet) än av råolja. Men dessa utnyttjas i avsevärt mindre grad – och praktiskt taget inte alls inom transportsektorn. Vidare finns större delen (ca 38 %) av världens naturgasreserver i Ryssland och stora fyndigheter i Nordafrika förbundna med rörledningar till Västeuropa från båda regionerna. Naturgas är således en stor potentiell källa för drivmedel (direkt som sådan eller indirekt som metanol eller syntetiska kolväten).

Naturgas kan tillföras OECD-länderna på ett mer diversifierat sätt än vad som är möjligt för råolja, och risken för kartellbildning bedöms som mindre eller ingen. Försörjningssäkerheten bedöms därför vara större för naturgas och gasbaserade produkter.

De mångfald större reserverna av extratunga oljor, oljeskiffer och kol finns det i dag större tveksamhet att använda av miljöskäl vid utvinning och med hänsyn till produkternas sammansättning. Det tidigare svenska projektet att använda skiffer som råvara för metanol (och svavel) har t ex skrinlagts.

### 2.2.3 EKONOMISKA HINDER FÖR BIORÅVAROR

Intresset för att använda förnybara råvaror (biomassor) har däremot ökat på grund av att de utgör den enda radikala möjligheten att förena i-världens högs rörlighet med miljökrav och att kraftigt påverka utsläppen av växthusgasen koldioxid och infoga drivmedelsanvändningen i det naturliga kretsloppet för en långsiktigt hållbar utveckling. Även om den årliga produktionen av biomassa genom fotosyntesen är mycket stor (ca 10 gånger världens hela energianvändning i dag) och utnyttjas endast ca 1 % av det infallande solljuset. Tillgängligheten för biomassan är dock på grund av praktiska och ekonomiska skäl starkt begränsad.

Bedömningar för Västeuropa indikerar att ca 5 % (potentiellt 10 %) av den nuvarande totala bränsleförbrukningen skulle kunna täckas av biomassa, främst avfall från jordbruket, senare också odlade energigrödor (Grassi, IX ISAF). Situationen i Sverige är gynnsammare genom den höga tillgången av land per capita. Utnyttjande av rester från jord- och skogsbruk och skogsindustri, avfall och viss energiskogsodling har en råvarupotential av ca 350 PJ per år eller mer enligt **tabell 1** (KFB 1992; Biobränslekommisionen 1992)), enligt vissa beräkningar ända upp till den dubbla. Detta skall jämföras med den totala energianvändningen i Sverige på 1300 PJ per år, varav 250 PJ per år för vägtransporter (Nutek 1992). Större delen av drivmedlen skulle sålunda teoretiskt kunna ersättas med biomassabaserade alternativ.

**Tabell 1. Biomassapotentia i Sverige.**

Avverkningsrester	130 PJ/år
Direktavverknningar	60 "
Rester vid industri	65 "
Återvinningsvirke	15 "
	<hr/>
Summa från skog	270 PJ/år
Energiskog från jordbruket	75 PJ/år

Bedömningar över den globala tillgången på jordbruksareal indikerar att tillgången på biomassa för energiändamål kan vara mycket stor och inte i

konflikt med livsmedelsproduktionen i alla världens regioner med möjligt undantag för Asien (Herland 1993; Hall 1992).

## 2.3 Produktion

### 2.3.1 FOSSIL METANOL

Metanol tillverkas med väl etablerad teknik i en kvantitet av över 20 Mt/år i världen med ökande del nära källorna i naturgasrika länder. Alla nya anläggningar har i dag fossilgas (naturgas) som råvara, men en 1986 startad anläggning i Västtyskland är baserad på brunkol och använder s k HTW-förgasare (High Temperature Winkler). Samma förgasare har kommersiellt demonstrerats i Finland med torv (efter utvecklingsarbete med svenskt deltagande) och biomassa som råvara vid den mycket snarlika processen för ammoniakframställning.

Metanol för etrarna MTBE och TAME som bensinkomponenter är den snabbast växande användningssektorn. De representerar en inkörsport för snabb introduktion av alkoholer med bio-ursprung, varvid även etanol genom etern ETBE kan komma i fråga (Ecotraffic 1993). Eventuell framtida, storskalig användning av metanol som drivmedel gör det önskvärt att ytterligare reducera de redan låga tillverkningskostnaderna för att kunna konkurrera med bensin och dieselolja.

Drivmedel baserade på naturgas som råvara har börjat framhållas (Colitti IX ISAF) som en väg som inte kräver råolja, komplex raffinering och marknad för svarta produkter (tjocka oljor). Mindre kapitalintensiva anläggningar behövs, och såväl anläggningar som produkter uppfyller stränga miljökrav. I första hand kan raffinaderierna kompletteras med gasbaserade produkter (t ex MTBE) utifrån, s k öppna raffinaderier.

### 2.3.2 REAKTORUTVECKLINGEN GER SÄNKTA NO<sub>x</sub>-UTSLÄPP

Omvandlingen av naturgas till syntesgas för efterföljande metanol- (eller ammoniak-) syntes eller för vätgasframställning sker i s k steam-reformer med gaseldning för att täcka värmebehovet. Denna enhet är den största och dyraste delen av anläggningen och kräver omfattande värmeåtervinning i avgasångpannor mm och ger vissa utsläpp av rökgaser med kväveoxider. För att minska kostnaderna kan omvandlingen uppdelas i två steg med en mindre än hälften så stor primär reformer och en sekundär förgasare med syrgas. Detta ger högre termisk verkningsgrad och lägre rökgasutsläpp, men kostnadsbesparingen motverkas av kostnaden för förgasare och syrgasanläggning.

En ny, intressant utveckling är den av ICI (Kitchen, Eurogas'92) utvecklade Gas Heated Reformer (GHR) som primärsteg (**figur 2.2**), som är utformad som en värmeväxlare. Denna värms av syntesgasen från den syrgasdrivna sekundära reformern, varigenom en mindre och på grund av lägre termisk belastning billigare reaktor erhålls utan gasbrännare och efterföljande avgaspannor. Reformerttrycket kan höjas till det tryck, som erfordras för metanol-syntesen, varigenom syntesgaskompressorn bortfaller. Rökgas- och därmed kväveoxidutsläppen reduceras drastiskt. GHR ger fullständigare omvandling till syntesgas och lägre restmetanhalt, dvs högre verkningsgrad, och syntesgas med korrekt väte/kolmonoxid-förhållande kan direkt framställas. GHR används redan vid ICIs ammoniakstillverkning i England och skall nu demonstreras för metanol i en mindre kommersiell anläggning (50 000 t/år) i Australien. GHR-utvecklingen är speciellt intressant genom att den kan leda till att metanolanläggningar baserade på naturgas kan byggas mindre utan att skalfördelar förloras. Därigenom kan även mindre gasförekomster utnyttjas.

### 2.3.3 UTVECKLINGEN GER MÖJLIGHET TILL MINDRE EKONOMISKA ENHETER

En annan utveckling rör metanolsyntessteget med reaktorer av vätsketyp med katalysatorn suspenderad i en olja, som också utgör värmebärare vid den exoterma syntesen. Denna typ av reaktor har provats i pilotskala och väntas bli demonstrerad i kommersiell skala inom de närmaste åren. Fördelarna med vätskefasreaktorn, jämfört med den konventionella gasfasreaktorn, är dels högre omsättning till metanol per passage (mindre gascirkulation), dels att den inte kräver korrigerings av koloxid/vätgas-förhållandet (= ingen shift-reaktor), dels enklare utförande av reaktorn (= billigare reaktor).

En ytterligare utveckling, som ännu inte är kommersiell, rör syntessteget och avser att nå nära fullständig konvertering till metanol i en gaspassage genom reaktorn, så att hela systemet för avskiljning av metanol och recirkulation av icke omsatt syntesgas, och den anrikning av inertgaser detta innebär, kan undvikas (Westerterp, Eurogas'92). Detta kan ske genom användande av en absorbent (en polyglykoleter har använts i utvecklingsarbetet), som mellan stegen i en uppdelad reaktor löser och avlägsnar bildad metanol (**figur 2.3**). Ett sådant system kan använda syntesgas av icke stökiometrisk sammansättning, vilket gör det lättare att använda andra råvaror än naturgas och samtidigt förenklar systemet för syntesgasberedningen. Resultatet blir både billigare anläggning och lägre behov av drivenergi, dvs bättre utbyte av metanol från råvaran.

### 2.3.4 UTVECKLINGEN GYNNAR BIO-METANOL

Ovannämnda utvecklingar leder till att skaleffekten minskar, vilket är av särskild betydelse för anläggningar baserade på spridda råvaror såsom

biomassor med hög andel transportkostnad i råvarukostnaden. Dessa förhållanden är inte väl kartlagda utan bör studeras grundligare.

Nya konventionella, självförsörjande naturgasbaserade metanolanläggningar byggs typiskt för 65 - 70 % metanolutbyte i energitermer. Detta tal kan höjas genom investering i mer utrustning för värmeåtervinning (en optimeringsfråga i förhållande till råvarupriset) eller genom användande av ovan nämnda nya teknik. Mål på 80 % metanolutbyte synes uppnåeliga, samtidigt som investeringskostnaderna kan sänkas betydligt (storleksordningen 50 % vad gäller processdelen).

För biomassabaserad metanoltillverkning är utvecklingen (Katovsky 1993) av tekniken för förgasning under tryck avgörande. Sådan utveckling har bedrivits på flera håll (Finland, Sverige, Frankrike, Canada, USA, Brasilien). Utvecklingen i Finland (delvis med svenskt deltagande) ledde som nämnts till att en kommersiell HTW-förgasare byggdes för 25 t/d torrsubstans (Koljonen 1990). I Sverige startas nu ett litet kraftvärmeverk (Sydkraft 1993) baserat på trycksatt förgasning av ca 3,5 t/h trä (Ahlströms CFB, cirkulerande fluidiserad bädd). Denna typ av kraftverk studeras också inom Vattenfalls VEGA-projekt. Tidigare har omfattande utvecklingsarbete över förgasning av biomassa bedrivits vid KTH/Studsvik med den s k MINO-förgasaren, vilket ledde fram till drift av en pilotanläggning. Vid KTH/Kemisk teknologi finns avsevärt kunnande över biomassa-förgasning samlat, vilket nu kommer till användning genom uppdrag i flera EG-projekt.

Utomlands har pilotanläggningar varit i drift i Frankrike (Creusot-Loire, Clamency), i Kanada (Biosyn) och i USA hos IGT (Institute of Gas Technology; U-Gas-, Renugas-förgasaren), hos NREL (National Renewable Energy Laboratory; f d SERI, Solar Energy Research Institute; medströmsförgasare) och hos Batelle, Columbus (indirekt ångförgasning med cirkulerande sand som värmebärare). U-Gas har valts för demonstrationsprojekt för metanol ur biomassa på Hawaii (under byggnad) men i övrigt har, förutom HTW-förgasaren, ingen kommit till användning i kommersiella anläggningar med biomassa i råvarubasen.

### 2.3.5 METANOLVÄGEN ENERGIEFFEKTIV

Utbytestal i energitermer för metanol i energimässigt självförsörjande anläggningar på biomassabas anges på grundval av tidigare studier (Vattenfall 1991) till ca 50 % (beräknat på lägre värmevärde med potential att nå upp mot 55 % (IEA/EMR 1993; Katovsky 1993). Vattenfall har i sin senaste utvärdering indikerat värdet 56 %. Biprodukt i sådana anläggningar kan vara spillvärme för fjärrvärmeändamål, vilket höjer energiutbytet till över 70 % (Vattenfall 1992).



Eftersom förgasningstekniken är densamma som vid el/värme-produktion har kombinationer med metanoltillverkning varit föremål för studier (Vattenfall 1992) varvid sammanlagringseffekter och säsongutjämnningar inom produkt-mixen kan ge fördelar.

För biomassabaserad framställning av alkoholer (metanol via förgasning, etanol via bioprocesser) gäller inte bara att en fortsatt utveckling av konverteringstekniken behövs för att kunna komma ned i kostnader och kunna konkurrera med bensin utan också att råvaran (restprodukter och energigrödor) kan fås fram till låga kostnader ( $\leq 2$  USD/GJ). Utvecklingsinsatser för att nå sådana mål stöds såväl inom EG (Grassi, DG XII) som i USA (Moorer, DOE). Alternativt måste pris sättas på utsläpp av fossil koldioxid.

Utvecklingsarbete pågår också att direkt oxidera metan till metanol och att framställa olefiner och kolväten ur syntesgas. I förra fallet är selektiviteten ännu för låg och för det senare är selektiviteten till drivmedel sämre än för metanol. Det förtjänar att upprepas att metanolvägen är den ur energisynpunkt effektivaste vägen.

### 2.3.6 STORSKALIG PRODUKTION AV ETANOL

Storskalig produktion av etanol för drivmedelsändamål sker i Brasilien och USA. Produktion förekommer i mindre omfattning även i många andra länder för inblandning i bensin. Tillverkningen i Brasilien baseras praktiskt taget helt på socker från sockerrör och melass och ingen förändring kan härvidlag ses. En långsam utveckling mot högre produktivitet såväl vid odling som vid etanolframställning fortsätter och kommer att leda till lägre tillverkningskostnader.

Tillverkningen i USA är nästan helt baserad på majs, även om det finns anläggningar som också använder spannmål (t ex vete) som råvara. Utvidgad produktion blir på kort sikt också baserad på majs och spannmål. I anläggningarna söker man optimera framställningen av ett flertal produkter (etanol, livsmedels- och foderprodukter, kemikalier) i de *dry-milling* eller *wet-milling* processer som används. I Sverige drevs under några år på 80-talet en demonstrationsanläggning (Agroenergi, Lidköping), baserad på spannmål (vete) och kontinuerlig jäsnings med jästrecirkulation och kontinuerligt avlägsnande av etanolen (Alfa Laval Biostil-process).

Betydande utvecklingsarbete läggs idag ned på processer, som utnyttjar lignocellulosabiomassor som råvara för etanolproduktion. Dessa utgör en större råvarupotential än socker- och stärkelsehaltiga råvaror.

### 2.3.7 CASH - PROCESSEN ETT DELSTEG

Utvecklingscentra är amerikanska DOEs National Renewable Energy Laboratory, NREL (f d Solar Energy Research Institute, SERI) med tonvikt på arbeten med enzymatisk hydrolys och en grupp bestående av Bio-Hol (Canada), Tennessee Valley Authority (TVA, USA) och Stiftelsen Svensk Etanolutveckling (SSEU, Sverige) med tonvikt på syrahydrolys.

Denna grupp har lanserat den s k CASH-processen (**figur 2.4**), baserad på 1- eller 2-stegs svagsyrahydrolys med efterföljande jäsnings till etanol, och utfört projektering av anläggningar i större skala baserade på trädrester (SSEU 1991). Härvid studeras optimala kombinationer ("*biomass refinery*") av produktion av etanol och andra energiprodukter (fastbränsle, elkraft, biogas, fjärrvärme). Endast cellulosan och delar av hemicellulosadelen av råvaran kan nämligen omvandlas till etanol, medan lignin och extraktivämnen och annat inert material blir en restprodukt. Denna kan upparbetas till fast bränsle för avsalu. Proportionen mellan etanol och fastbränsle kan varieras genom olika utformning av hydrolyssteg. Annan biprodukt är metangas, som erhålles genom anaerob jäsnings av i en vattenfas utlöst organiskt material. Den kan användas som internbränsle i anläggningen.

Endast det s k C6-sockret (hexoser) kan förjäsnas med den vanligen använda jästen och C5-sockret (pentoser), härstammande från den lätt hydrolyserbara hemicellulosadelen, omvandlas inte.

En projekterad, energimässigt självförsörjande CASH-anläggning med 2-stegshydrolys gav ca 25 % utbyte av etanol (i energitermer på LHV-bas) och drygt 30 % netto som fastbränsle för avsalu.

### 2.3.8 CHAP - PROCESSEN

Ett annat hydrolysförfarande är baserat på hydrolys med stark saltsyra (CHAP; Concentrated Hydrochloric Acid Process) vid lägre temperaturnivå har också utvecklats. Med denna hydrolysteknik kan något högre etanolutbyte erhållas medan fastbränsledelen minskar (SSEU 1993). Hydrolystekniken lämpar sig bäst för mycket cellulosarika råvaror, t ex pappersavfall.

### 2.3.9 ENZYMATISK HYDROLYS

Utvecklingsarbeten bedrivs, bl a vid LTH (Lund) över enzymatisk hydrolys av cellulosan. Denna biologiska väg innebär en skonsammare men långsammare nedbrytning med mindre risker för sidoreaktioner och sockerförluster och därigenom potentiellt höga sockerutbyten. Vedråvaran måste emellertid förbehandlas för att ge enzymerna stor angreppsytta. Enzymåtgången, som är en viktig ekonomisk faktor, är ännu alltför hög och utvecklingsarbetet inriktas

på att minska denna genom t ex recirkulering. Andra linjer är samtidig hydrolys och jäsnings (SSF) och direkt hydrolys och jäsnings med bakterier. Förfäring av pentoser är ett nödvändigt komplement för att kunna få höga utbyten av etanol. Sökandet efter sådana mikroorganismer pågår liksom efter (genetiskt modifierade) organismer som kan samtidigt förfäsa hexoser och pentoser. Ett alternativ, över vilket forskning bedrivs i Sverige (LTH), är omvandling av pentoser på enzymatisk väg till av jäst förfäsa sockerarter.

Tabellen nedan visar en sammanställning (IEA/EMR 1993) över bedömd potential för utbyten, som kan nås genom de olika utvecklingsstegen. Härvid har förutom själva etanolutbytet, förutsatts att överskottet av fastbränsleprodukten används för elgenerering för avsalu. En avsevärd förbättring från dagens nära kommersiella teknik (syrahydrolys och glukosjäsnings) med 20 % etanolutbyte (i energitermer) till ca 50 % ställs i utsikt åtminstone med cellulosa rik råvara.

	Acid Hydrolysis w/Glucose Fermentation	Enzymatic Hydrolysis w/Glucose Fermentation	Simultaneous Saccharification and Fermentation w/ Xylose Fermentation (Base case)	Simultaneous Saccharification and Fermentation w/ Xylose Fermentation (Advanced Case)
Pre-treatment	None	Auto-hydrolysis	Dilute Acid	Dilute Acid
Hydrolysis Yield C <sub>6</sub> (%) C <sub>5</sub> (%)	55% 63%	- 85%	87 87	87 -
Fermentation Yield C <sub>5</sub> (%) C <sub>6</sub> (%)	0 85	0 95	90 72	95 90
Energy Efficiency Ethanol (%) Ethanol + Electricity (%)	20 31.3	30 34	39 43	50 54
Annual Production liters/yr gallons/yr GJ/yr	109 E6 28.9 E6 2.30 E6	168 E6 44.4 E6 3.55 E6	219 E6 57.9 E6 4.63 E6	280 E6 74.1 E6 5.92 E6

Källa: IEA/EMR 1993.

Pilotanläggningar med enzymatisk hydrolys har drivits bl a i Kanada (loggenprocessen; Canmet 1989) och i Frankrike men övriga utvecklingar befinner sig på bänkskalestadiet på laboratorier och oftast omfattar endast delsteg.

Ännu har inte byggts någon komplett kommersiell anläggning på basis av de nu avslutade arbetena i pilot-skala. I sådana nya anläggningar får inga fossila processbränslen användas, vilket oftast sker idag, för att de skall ge betydande tillskott av solbaserade drivmedel. Betydelsen av detta illustreras

av **figuren** på nästa sida (Ecotraffic 1992) över växthusgasutsläpp i hela kedjan från råvara till och med slutanvändning för ett antal drivmedel. Alternativet etanoltillverkning med fossilt processbränsle finns inte med, då det inte ger nettoproduktion av förnybara produkter och därför befanns ointressant i jämförelse med oljebaserade drivmedel ur denna synvinkel.

Andra väsentliga förbättringar är ny teknik för uppkoncentrering och absolutering av etanol (till nära vattenfri produkt) genom membranteknik, molekylsiktar, extraktion i stället för energikrävande destillation och torkning.

### 2.3.10 FÖRSÖKSANLÄGGNINGAR - CASH OCH CHAP I SVERIGE

Ett flertal projekt för ökad etanolproduktion har presenterats, vilka utnyttjar fiberdelen av växter odlade för stärkelseinnehållet (USA). Andra projekt utgår från billiga, cellulosarika fraktioner, såsom fast kommunalt avfall, avfallspapper, rester vid massafabriker, etc USA, Sverige).

SSEU i Sverige genomför nu med statligt investeringsstöd (45 Mkr) projektering av en hydrolysanläggning enligt CASH-processen i anslutning till sulfitsprittillverkningen vid Domsjö fabriker (SSEU 1993). Dess kapacitet anges motsvara 10.000 m<sup>3</sup> etanol per år. Ett annat projekt som förbereds är en anläggning baserad på CHAP-processen och med ur hushållssopor utsorterat pappersavfall som råvara hos Skafab i Lövsta. Den skulle kunna producera ca 10.000 m<sup>3</sup> etanol per år.

### 2.3.10 BIO-ETANOL ÖKAR I BRASILIEN OCH USA

Den brasilianska produktionen har under de senaste odlingsåren uppgått till drygt 12 milj m<sup>3</sup>/år, medan förbrukningen till följd av hög försäljning av etanoldrivna lätta bilar (nu totalt ca 4,5 milj E100-fordon) vuxit till högre värden. Detta har lett till att etanol och metanol importerats för inblandning i vissa geografiska områden, samtidigt som halten etanol minskats i vanlig bensin. Denna utveckling har skapat oro för försörjningen och lett till brist på några håll. Samtidiga höjningar av etanolpriset under 1990 ledde till en kraftig nedgång i försäljningen av etanoldrivna fordon. Åtgärder har nu vidtagits som avser att få en mer måttfull, stabil utveckling. En produktion om ca 15 milj m<sup>3</sup>/år förutses vid mitten av 90-talet.

Den biokemiskt producerade etanolen i USA var nära 3,5 milj m<sup>3</sup> år 1991, varav drygt 3,0 milj m<sup>3</sup> användes som drivmedel - huvudsakligen som 10 % inblandning i bensin ("Gasohol") och till en liten del som E85 eller E100 i demonstrationsfordon. Marknaden som bensinkomponent kan genom den nya amerikanska lagstiftningen ("Clean Air Act Amendment 1990") komma att öka, då oxygenhaltig bensin krävs i områden som inte uppfyller luftkvalitetskraven för kolmonoxid och ozon. Oxygenaterna kan vara etanol och

Greenhouse gases,  
CO<sub>2</sub> equivalents  
(g/MJ fuel)

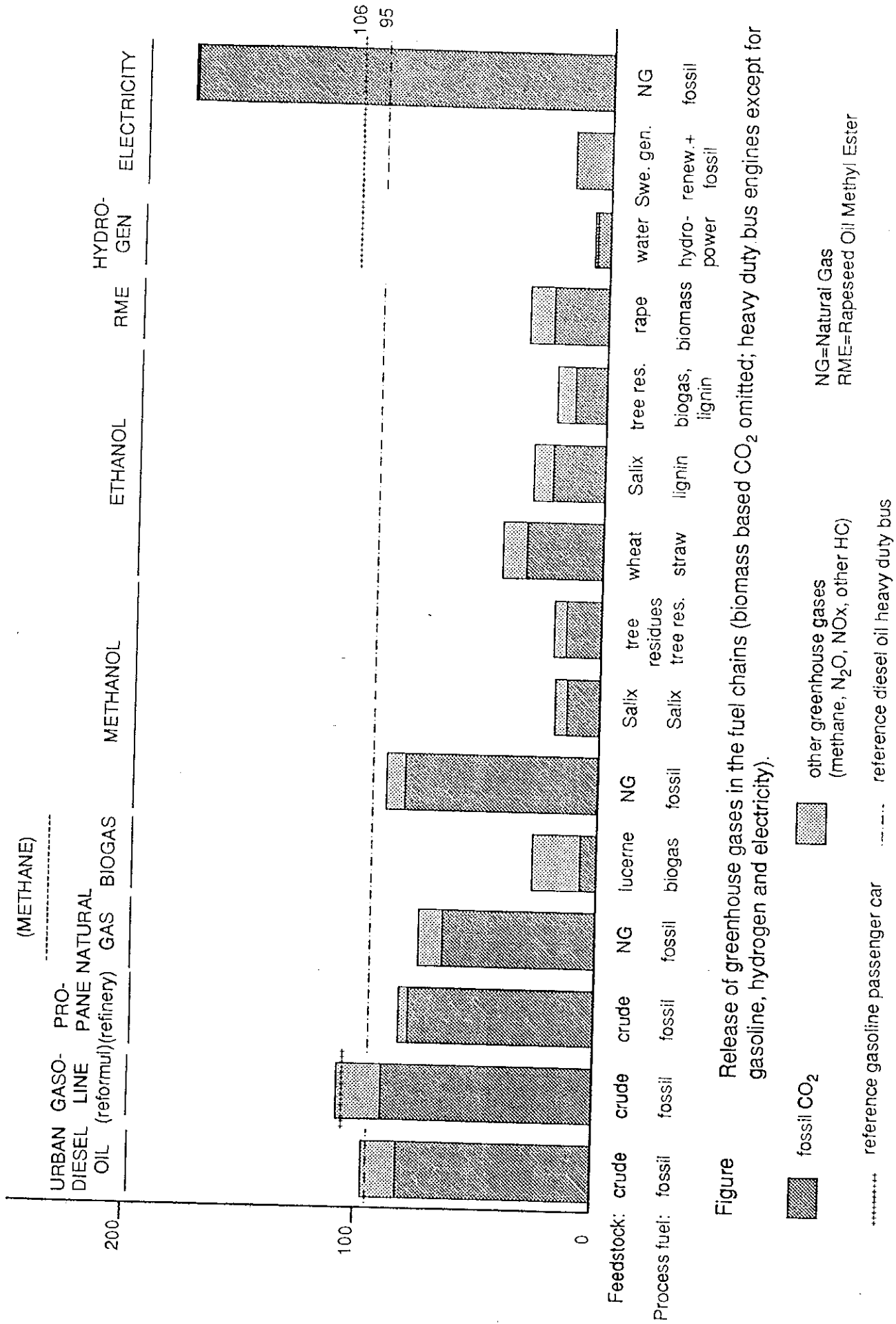


Figure Release of greenhouse gases in the fuel chains (biomass based CO<sub>2</sub> omitted; heavy duty bus engines except for gasoline, hydrogen and electricity).

ETBE (som alternativ till MTBE). Det spekuleras nu i att etanolmarknaden kommer att öka med 2 milj m<sup>3</sup>/år under de närmaste 5 åren. Den biokemiska produktionen möjliggörs genom skattelättnader för sådan etanol vid användning som drivmedel. Den federala skattelättnaden kommer att bestå åtminstone över år 2000, medan de delstatliga lättnaderna är av varierande längd.

I Sverige är den träbaserade etanolproduktionen (ur lutar från sulfitmassa-tillverkningen) ca 10.000 ton per år.

För biomassabaserad etanolframställning behövs såväl fortsatt förbättrad konverterings- och uppberedningsteknik som billigare råvaror ( $\leq 2$  USD/GJ) för att få ned kostnaderna mot nivån för fossilbaserade drivmedel. Alternativt måste pris sättas på utsläpp av fossil koldioxid.

### 2.3.11 HÖGRE ALKOHOLER

Högre alkoholer (med tre till sex kolatomer eller mer) är av intresse som löslighetsförmedlare mellan alkoholer och bensin/dieselolja och för att ge blandningarna acceptabel vattentolerans. Kommersiella syntesprocesser för högre alkoholer ur syntesgas, oberoende av råvara, finns framtagna, men de har inte kommit till någon större användning då intresset för blandbränslen idag är närmast obefintligt. Skall alkoholer syntetiseras bör, som tidigare påpekats, ur energieffektivitetssynpunkt endast den enklaste alkoholen - metanol - tillverkas. Detta gäller både då syntesgasen framställs ur fossila råvara, t ex naturgas, eller biomassa.

### 2.3.12 ETRAR I BENSIN ÖKAR

Etrar utgör en bekväm väg att föra in oxygenater i bensinpoolen (Ecotraffic 1993). Med de begränsningar för direkt alkoholinblandning som finns i Europa (EG-direktiv resp svensk standard) utgör etrarna ett indirekt sätt att tillföra mer alkoholer. Etrar tillverkas nämligen ur alkoholer - vilka har annat ursprung än råolja. Etern MTBE har använts som bensinkomponent i många länder sedan 1973. Användningen av etrar ökar f n kraftigt i samband med dels utfasningen av blytillsatser i bensin i Västeuropa, dels den lagstiftade användningen av oxygenater i USA, samtidigt som även andra etrar som TAME och ETBE kan komma i fråga. Etrar har mycket höga oktantal och goda brinnegenskaper.

Etrar tillverkas genom en enkel och föga energikrävande syntes mellan en alkohol och ett iso-olefinkolväte (iso-buten, iso-penten). Främst används billig metanol men även bio-etanol i de fall den gynnas skattemässigt. Källa för iso-

olefiner är naftakrackers (för eten- och propenframställning), som ger iso-buten som biprodukt, liksom raffinaderiernas krackgaser och krackbensin, vilka innehåller iso-buten och iso-penten. Dessa källor är emellertid inte tillräckliga för de stora behov som nu förutses. Kolvåteråvaran måste därför utökas genom isomerisering av normal-butener och med butaner, som dock behöver en längre och mer energikrävande processväg (isomerisering, dehydrering). Billig butan, som erhålls i samband med olje- och naturgasutvinning, blir då en förutsättning. Stora sådana anläggningar har byggts i Saudiarabien och Venezuela och planeras för närvarande i Norge (projektet är t v uppskjutet).

## 2.4 FORMULERING AV DRIVMEDEL

Oxygenhalten i bensin för befintliga bilar (lågïnblendning) regleras i nationella standarder (Sverige: SS-EN 228 och SS 15 54 21) eller övergripande direktiv (EG). I USA har lagstiftning införts för oxygenhalt i bensin.

För blandbränslen med högre alkoholhalter finns - förutom i Brasilien där all bensin innehåller 22 vol% etanol - inga regler till följd av lågt intresse för dessa drivmedel. Ett tillfälle att införa blandbränslen i Västeuropa, som aldrig utnyttjades, var i samband med införandet av blyfri bensin för nya bilar.

För motoralkoholer (drivmedel med minst 80 vol% alkohol) har nyligen provisorisk ASTM-standard för M85 fastställts (D-2 Proposal P 232; bilaga b)). I Kalifornien har samma skett för M100, E85 och E100 (bilaga B) inför påbörjade demonstrationsförsök och eventuell mer allmän användning av motoralkoholer. I övrigt finns endast tillfälliga formuleringar av motoralkoholer för provändamål (IEA 1988).

### 2.4.1 MAXGRÄNS FÖR SYREHALT

Oxygenhalten måste vara begränsad till låg inblandning för att kunna användas i befintlig bilpark och omväxlande med bensin utan körbarhetsproblem. Den svenska standarden begränsar för lågïnblendning oxygenhalten till motsvarande 2 vikt% syre, dock högst 3 vol% metanol. Detta motsvarar i praktiken 5,5 vol% etanol eller 5,5 vol% metanol/TBA (i blandning 1:1) eller 11 vol% MTBE. Enligt EG-direktiv får blandningar med syrehalt om högst 2,5 vikt% syre inte förbjudas i något medlemsland. Högre inblandningar får tillåtas nationellt, men innehåller de över 3,7 vikt% måste detta utmärkas på tankningspumpen. I Tyskland tillåter DIN-standard 2,7 vikt%, vilket motsvarar 15 vol% MTBE. Högsta metanol- och etanolhalt är begränsad till 3 resp 5 vol% (blandningar av metanol och etanol till högre summahalt synes

tillåtna). I USA är motsvarande gränser 5 resp 10 vol%. Skälet till dessa begränsningar var ursprungligen att plastdetaljer i vissa, då tillverkade bilar kunde angripas. Detta gäller emellertid inte nya bilar, som har anpassade material, och det förefaller därför rimligt att dessa begränsningar kommer att tas bort.

Den nya lagstiftningen i USA ("Clean Air Act Amendments, CAAA 1990") föreskriver för områden, som inte uppfyller luftkvalitetskraven för CO, inblandning av oxygenater, motsvarande 2,7 vikt% syre, vintertid för att minska vissa avgasutsläpp. Kalifornien har dock en högsta halt på 2,2 %. För vissa områden, som inte uppfyller luftkvalitetskraven för ozon, föreskrives året runt en inblandning av oxygenater motsvarande minst 2,0 vikt% syre och i intervallet 2,1-2,7 % får endast etrar användas.

#### 2.4.2 "GASOHOL" - FÖRHÖJT ÅNGTRYCK

Samtidigt gäller dock ett antal äldre dispenser från ASTM-standarderna, som EPA utfärdat, med gränser på 3,5 - 3,7 vikt%. För "Gasohol" (bensin med 10 vol% etanol  $\approx$  3,7 vikt% syre) finns sedan gammalt en dispens som tillåter högre ångtryck för "gasohol" än för vanlig bensin, vilket nu kritiserats då den leder till högre avdunstningsförluster. Gasohol-dispensen är betingad av sättet att marknadsföra Gasohol genom inblandning av etanolen på depå först efter raffinaderiprocessen. Etanol får då roll enbart som volymersättare för bensin och inte som bensinkomponent. Den senare användningen skulle ge etanol ett högre värde. (Det kan noteras att standarder i Västeuropa har samma ångtryckskrav för bensin med och utan alkoholer och att ångtrycksnivån ofta, speciellt i nordliga länder, ligger högre än i USA; därtill kommer att marknadsbensinen oftast har legat i övre delen av tillåtet intervall.)

#### 2.4.3 INBLANDNING AV ETANOL I DIESELolja

Blandningar av alkoholer och dieselolja har använts försöksvis och har föreslagits i Sverige (KFBs motoralkoholprogram). Då de aktuella lägre alkoholerna är dåligt blandbara med dieselolja måste någon form av löslighetsförmedlare användas, vilket kan vara högre alkoholer (8-10 kolatomer) i hög halt, 5-15 % och lägst för vattenfri etanol, eller en emulgator (polymer tensid) som i låg koncentration kan ge en tillräckligt stabil (mikro)emulsion (även med något vattenhaltig etanol) för hantering och förvaring. Effekten av alkoholinblandningen kan leda till minskade skadliga utsläpp men innebär en utspädning av dieseloljan till lägre energiinnehåll och sämre tändegenskaper, som ev måste kompenseras med tillsats av tändförbättrare.

För blandningar av alkoholer och dieselolja finns inga standarder, då de endast använts försöksvis och inte är påtänkta för allmän användning.



#### 2.4.4 MOTORALKOHOLER

Motoralkoholer, d v s drivmedel bestående huvudsakligen av alkoholer, marknadsförs storskaligt ännu så länge endast i Brasilien. Härvid används etanol med viss vattenhalt som bas. Den brasilianska specifikationen för motoralkohol återges i bilaga A. För demonstration av alkoholdrift av ottomotorer har man i USA och Kanada valt M85, försöksvis även E85, dvs metanol/etanol med 15 vol% blyfri bensin. För demonstration av alkohol-drivna dieselmotorer har dock i först hand använts M100 (försöksvis även E100) med eller utan tillsats av tändförbättrare. Den provisoriska ASTM-standarderna för M85 och den kaliforniska för M100 återges i bilaga B.

I det nuvarande svenska programmet för motoralkoholer (SL 1992) används vattenhaltig etanol med tillsats av några få procent denatureringsmedel och tändförbättrare (bilaga C). Vidare har föreslagits att prova metanol M100 med färg-, lukt- och smakmärkning. Detta är likartat med det drivmedel som användes i det tidigare M100-projektet (STU 1987). Arbete med att utarbeta standarder för motoralkoholer pågår i Kanada och Sverige.

#### 2.4.5 ALKOHOLER OCH SÄKERHET

Att M85 valdes i USA berodde på att säkerhetsriskerna i hanteringen betonades och att bilindustrin ställde krav på att hela tiden ha synlig flamma vid brand. Samtidigt underlättas kallstart av ottomotorer med M85/E85 jämfört med M100/E100. Därtill kommer att enklare bränslesystem blir möjliga i fordonen, då särskild hjälp för kallstart ned till måttligt låga temperaturer (-15°C) ej behövs. Start ända ned till -30°C uppges bli möjlig genom att införa mycket stränga krav på kontroll/styrning av bränsletillförseln. Synen på säkerhetskraven är olika på andra håll och t ex i Tyskland formulerades M85 så att kolvätetillsatsen görs enbart för att få acceptabel kallstart (IEA 1988). Det kan noteras att metanol valts som drivmedel i "IndyCar"-tävlingarna av säkerhetsskäl!

För start av dieselmotorer behövs kolvätetillsatsen inte alls, varför man i de flesta fall valt M100/E100 för dieselmotorer. Ur emissionssynpunkt innebär kolvätetillsats högre utsläpp av oönskade ämnen såväl genom avdunstning och som via avgaser. Intresset för utveckling av M100-drift är därför stort hos bl a amerikanska EPA.

I Japan förespråkar MOT (Ministry of Transport) M100 med hänvisning till önskvärdheten av lägsta emissioner, medan MITI (Ministry of International Trade and Industry) med bilindustrin i bakgrunden förespråkar M85.

## 2.4.6 KONTROLLKRAV PÅ URSPRUNG OCH VATTENHALT

Genom att motoralkoholer är fullständigt blandbara med vatten behövs någon form av kvalitetskontroll för att förhindra otillåten utspädning med vatten. I Brasilien används densitetsmätning på pumparna för att indikera oförfalskad vara. I specifikationer anges maximerad vattenhalt och andra tillsatser, vilket tillfredsställande definierar drivmedlet ur energisynpunkt. Ett annat sätt som föreslagits är att ange energiinnehållet.

Det kommer att finnas ett behov att säkert skilja på alkoholer av fossilt och förnybart ursprung. Detta kan ske genom kärnkemiska analyser, t ex kol-14-metoden. Denna lämpar sig inte för frekvent rutinkontroll p g a kostnaden ca 3.000 kr per analys. Möjligen kan någon biprodukt som uppstår vid jäsning kunna tjänstgöra som indikator för etanol av biomassausprung.

## 2.5 DISTRIBUTION

### 2.5.1 ALKOHOLER KRÄVER ANDRA MATERIAL

Motoralkoholer är flytande drivmedel som kan hanteras på samma sätt som bensin och som tillhör samma riskgrupp ur säkerhetssynpunkt. Metanol- och etanolhantering är väl etablerad inom kemisk industri, dock i en skala som är betydligt mindre än vid storskalig drivmedelsdistribution. För att distribuera alkoholer i bensinsystemet krävs större lagringsvolymmer och utbyte av material till sådana som är alkoholresistenta. Lättmetallegeringar liksom vissa plast- och gummikomponenter som normalt används för bensin korroderas ofta av alkoholer - särskilt metanol. Inom kemisk industri används kolstål genomgående som konstruktionsmaterial, då fritt vatten inte förekommer. Vatten ger upphov till korrosion i kolvätesystem och kräver skyddsbeläggningar. Detta kan möjligen vara onödigt vid distribution av motoralkoholer (STU 1987).

I Kalifornien har införts föreskrifter om att vid nyanläggningar av t ex tankningsstationer skall metanolresistenta material väljas. Sådana föreskrifter kan spara stora belopp vid införande av alkoholer som drivmedel i större skala.

### 2.5.2 LÄGRE ENERGIINNEHÅLL - ÖKADE DISTRIBUTIONSKOSTNADER

Alkoholdistribution blir något dyrare än för bensin på grund av det lägre energiinnehållet, vilket ökar den volymberoende delen av kostnaden till ca det dubbla för metanol och drygt 50 % för etanol. Detta har uppskattats leda till 25 - 30 % högre distributionskostnad per liter för etanol resp metanol. Bensinhantering har relativt sett låga kostnader på grund av den stora volymen och

ligger (i Sverige) på nivån 75 öre per liter (raffinaderi/importhamn - tankningspump). I USA är den betydligt lägre. Distribution i mindre skala, t ex under ett införandeskede, innebär högre kostnader.

Distribution av alkoholer för drivmedelsändamål sker ännu så länge småskaligt med tankvagn på järnväg eller landsväg eller sjövägen med små kemikalietankers. Volymerna är helt otillräckliga för pipelinetransporter, även om sådana utförts med satser av alkohol eller alkoholhaltig bensin för provändamål i USA. Pipelineföretagen kommer inte att acceptera dessa produkter och anpassa sina system förrän volymerna blir tillräckligt stora. Kostnadsnackdelarna genom att inte kunna utnyttja billigaste transportsätt till lands och sjöss kommer att bestå till dess volymerna vuxit.

Ingenstans utanför Brasilien finns stationsnät för allmän tankning av motoralkoholer. I samband med den demonstrationsverksamhet som bedrivs i Kalifornien är ett stationsnät under uppbyggnad (44 i juni 1993 och ytterligare 39 kontrakterade). När 20.000 M85-fordon finns (f n drygt 8.000) skall nätet omfatta 400 stationer enligt kalifornisk lag, vilket beräknas ske vid mitten av 90-talet. För att ett drivmedel skall kunna anses som allmänt tillgängligt bedöms att minst 10 %, kanske ända upp till 20 - 25 % av stationerna skall föra det.

Svensk lagsstiftning kräver för hantering av etanol slutna system under lås för att försvåra tillgrepp. För metanol, som klassas som gift, har regler för hantering som drivmedel inte utformats. Bensin, som också är giftklassad, har dispens från gifthanteringsbestämmelserna.

### 2.5.3 ALKOHOLER LÖSLIGA I VATTEN

Lagring av alkoholer eller alkoholhaltig bensin i bergrum på vattenbädd är självklart utesluten. Vattenbäddslagring används inte heller för eterhaltig bensin pga eternas relativt höga löslighet i vatten, utan lagring sker i cisterner. Det synes dock nödvändigt att söka utveckla metoder för bergrumslagring av både eterhaltig bensin (Ecotraffic 1993) och alkoholer.

Erfarenheter från distribution av alkoholhaltig bensin visar att ett sådant system håller sig "torrt", dvs fritt vatten uppträder inte och ackumuleras ej heller. De små mängder som kommer in i hanteringen - t ex genom sjötransporter och kondens - bortförs kontinuerligt med bensin som innehåller alkoholer. Okontrollerat inläckage av flytande vatten kan dock inte tolereras.

## 2.6 ANVÄNDNING. EMISSIONER

I det följande bör noteras att för tester och användning ingen skillnad fins mellan fossil- eller biobaserade alkoholer.

### 2.6.1 ALKOHOLER ÖKAR

Alkoholer som bensinkomponent används för all bensin i Brasilien (22 vol% etanol) - även om volymen minskar i takt med att antalet bilar för drift med enbart etanol ökar. Antalet lätta E95-fordon är nu uppe i ca 4,5 miljoner. Tunga fordon, lastbilar och bussar, för etanoldrift synes uppgå till endast några tusental. Användningen av etanol i bensin ("Gasohol") i USA växte i mitten av 80-talet till en volym av drygt 3 milj m<sup>3</sup> och har sedan förblivit på denna nivå. För närvarande förutses en ökning som följd av ny lagstiftning som påbjuder användning av oxygenater. I Västeuropa har den tidigare under 80-talet utbredda användningen av metanol/TBA i bensin minskat till en obetydlighet till förmån för ökad användning av etrar. Etrar kommer att få en kraftigt ökad användning som högoktaniga bensinkomponenter såväl i Västeuropa och Nordamerika som i Japan (där de tidigare var förbjudna).

### 2.6.2 KRAV I USA PÅ RENARE DRIVMEDEL

Den direkta användningen av enbart alkoholer som drivmedel befinner sig - med undantag för Brasilien - fortfarande på utvecklings- och demonstrationsstadiet. Det största demonstrationsprogrammet är under uppbyggnad i Kalifornien och kommer att under 1993 omfatta närmare 8.000 fordon. I USA och speciellt i Kalifornien kan en storskalig, kommersiell marknad för lätta, drivmedelsflexibla (bensin - metanol/etanol) fordon (FFV) vara i vardande. Detta kan bli följden av de nya omvärldsvillkor, som delstatlig lagstiftning skapat rörande rena drivmedel och successivt skärpta utsläppskrav för en ökande andel av nya fordon från 1994 (**tabell 2.1**) liksom nya federala CAFE-regler (Alternative Motor Fuels Act 1988) för redovisning av bilars drivmedelsförbrukning från 1993, i vilka alkoholdelen i princip inte inräknas. Det kaliforniska programmet, beskrivet som pilotprogram för USA i Clean Air Act Amendment 1990 (New Fuels Report 1993), skall omfatta 150.000 nya fordon per år för alternativa drivmedel från 1996 och 300.000 per år från 1999. Visionen i den nya New Energy Strategy från 1992 kan få vara att konsekvensen av föreslagna åtgärder leder till att motoralkoholer (metanol) och bensin kan bli lika stora drivmedel år 2030. Federalt, och i olika grad delstatligt och privat, ägda bilflottor skall succesivt börja använda fordon för alternativa drivmedel (Energy Policy Act 1992) och av inkomna rekvisitioner dominerar FFV.

Alla de tre stora amerikanska biltillverkarna Chrysler, Ford och GM har certifierat en eller flera motorer för FFV. Tunga dieselmotorer för

metanol/etanol har också certifierats av Detroit Diesel Corp (DDC) och Caterpillar och börjat användas av bussföretag. Dessa eventuellt framväxande kommersiella marknader har föregåtts av utveckling och demonstration i mindre skala från början av 80-talet.

### 2.6.3 ALKOHOLFÄLTPROV I EUROPA

I Västeuropa har man avslutat de fältprov, som bedrevs kring mitten av 80-talet i Tyskland (ett hundratal lätta fordon samt ett tjugotal tunga bussar och lastbilar) och i Sverige (22 personbilar) med metanol som drivmedel. F n finns i Tyskland (Berlin) endast några få bussar i drift, i Italien (Breda) körs en buss på metanol och i Frankrike (Tours) ett antal bussar på etanol. Den mest omfattande verksamheten bedrivs för närvarande av SL i Stockholm med 32 stadsbussar (SL 1992) utrustade med Scantias etanolmotor, vilken kan betraktas som kommersiell. Därutöver drivs sex bussar i Örnsköldsvik med etanol och en flotta av 15 nya och ombyggda bussar i Skövde/Mariestad.

SLs statligt stödda provverksamhet i Stockholm avslutades i juni 1993 och bussarna drivs nu av SL ensamt. SL har uttalat att antalet etanoldrivna bussar skall utökas till flera hundra för trafik företrädesvis i förorterna (för innerstaden förutses på lång sikt hybridbussar, elmotor/förbränningsmotor, nu under utveckling med ev etanoldriven liten motor som drivkälla). Umeå Lokaltrafik har fattat beslut om att under 1994 börja använda etanolbussar.

I Japan pågår sedan 1987 fältprov i olika flottor med otto- eller dieselmotorer för metanol (huvudsakligen M100 men även M85). För närvarande ingår 67 lätta fordon och 6 bussar.

### 2.6.4 OXYGENATER - HÖGVÄRDIGA BENSINKOMPONENTER

Låginblandning av oxygenater i bensin för befintliga bilar görs huvudsakligen för att minska avgasutsläppen av kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska ämnen (VOC) och därigenom förbättra luftkvaliteten i fråga om CO och oxidanter (ozon). Oxygenaterna är därjämte nyckelkomponenter för att minska bensinens olefinhalt och för att med bibehållet oktantal kunna minska bensinens aromathalt och utsläppen av bensen i avgaserna (reformulering av bensin).

Oxygenatinblandning innebär viss minskning av bensinens energiinnehåll, men förbrukningen av drivmedel synes inte öka märkbart vid låg inblandning (motsvarande 2 - 2,5 % syre) ens i fordon med lambda-sond styrda system, utan blir tydlig först vid högre halter. Förklaringen härtill kan vara bättre brinnegenskaper vid oxygenatnärvaro och att lambda-sonden inte är i funktion under den första kalla delen av en körning.

### 2.6.5 MEST POSITIV PÅVERKAN AV UTSLÄPPEN AV OXYGENATER

Ett omfattande underlag för utsläpp genom avdunstning och motordrift har nyligen blivit tillgängligt i de omfattande undersökningar med reformulerad bensin, som utförs i samarbete mellan amerikansk bil- och oljeindustri (Auto/Oil; CRC 1990-92). Härtill kommer tidigare undersökningar av EPA. Effekterna på avgasutsläppen illustreras i **figur 2.5**. Därtill kommer att avgasernas reaktivitet minskat. Effekten kan emellertid motverkas av ökade avdunstningsemissioner, särskilt vid närvaro av alkoholer som har ångtryckshöjande verkan. Resultatet kan därför bli en ökad ozonbildning, vilket visas i en modellstudie med en fordonspark av framtida bilar helt utrustade med katalysatorer (se **figur 2.6**). Motsvarande effekt erhålls däremot ej med etrar. I fallet alkoholer kan dock effekten undvikas om den alkoholhaltiga bensinens ångtryck ej tillåts öka genom att basbensinen formuleras för lägre ångtryck. Effekten får inte heller genomslag i en bilpark utan katalytisk rening, då de ökade avdunstningsförlusterna i stället uppvägs av en kraftigare sänkning av avgasernas CO- och VOC-innehåll.

Utsläppen av luftburna toxiska ämnen (bensen, formaldehyd, acetaldehyd, 1,3-butadien enligt definition i USA-lagstiftningen; i Sverige medtas även eten och propen) påverkas också vid låginblandning av oxygenater. Sålunda ökar formaldehydutsläppen vid MTBE-tillsats, medan utsläppen av bensen och butadien minskar (**figur 2.7**; ej helt entydigt enligt en senare rapport, Auto/Oil no. 6). Även för etanol- och ETBE-haltig bensin minskar de senare utsläppen, medan utsläppen av formaldehyd ökar och utsläppen av acetaldehyd ungefär fördubblas.

### 2.6.6 ÖKADE PRESTANDA I FFV-FORDON MED ALKOHOL

Motorer för motoralkoholer (M85-M100, E85-E100) har utvecklats till första generationen kommersiella motorer i drivmedelsflexibla ottomotorer för lätta fordon (FFV för bensin - M85/E85) och dedicerade, tunga dieselmotorer (M100-M85/E100-E85). Utvecklingsarbete för dedicerade, lätta M100-ottomotorer pågår för att fullt utnyttja motoralkoholernas potential vad avser prestanda och utsläpp.

Erfarenheterna från tidigare utvecklingsarbeten bekräftas av nya, redovisade data från flera motorfabrikanter, nämligen att alkoholdrivna motorer får högre effekt och högre vridmoment än motsvarande bensindrivna modeller. **Figur 2.8** illustrerar detta för Mercedes-Benz' utveckling av metanol-ottomotorer. Hur stor förbättringen blir beror på hur långt optimeringen drivs för en specifik motoralkohol. Även verkningsgraden förbättras med alkoholdrivmedel, bl a genom att högre kompression kan användas. Dessa förhållanden illustreras av mätningar (**tabell 2.2**) från utvecklingen (TNO 1988, 1991) av en Volvo 2,3 liters motor till FFV-motor med kompressionsförhållandet 12,5:1. 10 - 15 %

lägre bränsleförbrukning i energitermer uppmättes. Det är av intresse att notera att denna motor också ger något bättre prestanda med bensin än motsvarande bensinversion.

#### 2.6.7 OPTIMERADE FFV-FORDON - MINSKAD FÖRBRUKNING

En del tillverkare har i första generationen utgått från en för bensin optimerad motor och kan då inte dra full fördel av alkoholernas egenskaper, varför förbrukningsminskningen stannar på ca 5 % (i energitermer). En fullständig optimering av hela fordonet anses (US EPA 1989) å andra sidan kunna medge ända upp mot 30 % minskning av drivmedelsförbrukningen.

FFV-bilar är vanligen utrustade sensorer som mäter alkoholhalten i det drivmedel som tillförs motorn och ger signal till det elektroniska styrsystemet att ställa in tillförsel och tändinställning korrekt. Sensorerna baseras på kraftigt olika brytningsindex, elektrisk kapacitans eller ledningsförmåga för alkoholer resp kolväten. Sensorer finns kommersiellt tillgängliga från flera tillverkare. Någon särskild alkoholsensor behöver inte vara nödvändig. Exempelvis använder en biltillverkare (Saab) en bredbands lambda-sond för styrning av bränsletillförseln i kombination med ett förfinat elektroniskt styrsystem.

#### 2.6.8 SERIEPRODUKTION AV FFV-BILAR 1994

I det amerikanska demonstrationsprogrammet för metanoldrift (i några fall etanol) med FFV deltar Chrysler, Ford, GM och Volkswagen med ett större antal bilar och Mercedes, Honda, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Toyota och Volvo med några få eller enstaka bilar. De tre amerikanska tillverkarna förbereder kommersiell serieproduktion av FFV från 1994 års modeller.

#### 2.6.9 KALLSTARTPROBLEM MED DEDICERADE BILAR

Bilföretagens utvecklingsarbete inriktas på att kunna driva ottomotorer med enbart alkohol (M100), då inblandning av kolväten medför betydande nackdelar ur emissionssynpunkt. Problemet är då att kunna starta och varmköra motorn under kalla förhållanden. I de tidigare svenska försöken (STU 1987) med olika prototyper användes bl a ett hjälpsystem med bensin vid kallstart med en genomsnittlig bensinförbrukning på ca 1 % av metanolförbrukningen. Sådana system med två olika drivmedel anses emellertid alltför obekväma och ej heller idealiska ur emissionssynpunkt.

Arbetet har därför inriktats på att utveckla system som enbart använder alkohol med bibehållet krav på start vid -30°C. På grund av alkoholernas låga flyktighet är en överkarburering av bränsle/luft-blandningen (chokning) svårare än med bensin och ger i än högre grad stora utsläpp av bränslerester. Många

andra idéer har provats. Förutom användning av motorvärmare, som är alltför långsamma (1-2 h), har provats saltvärmelager (Saab), kraftigare tändsystem i kombination med avgasåterföring (EGR), bränsle-"atomisering" med ultraljud, förvärmning av bränsle o/e luft, elvärmda tändstift, katalytisk spaltning till gas (CO, vätgas) eller DME (dimetyleter), etc. Hondas FFV-motor kan startas vid -25°C med elvärmda tändstift, och den s k DISC-motorn ("direct injection stratified charge") med tändstift har visats kunna starta vid åtminstone -29°C med ren metanol. Här kommer man dock in på området för dieselmotorer. VW/FEV-Motoren-Technik har lanserat en liten 1,9 liters glödstiftassisterad dieselmotor för metanol (VW IX ISAF). Någon klar preferens för något av systemen finns ännu inte. Komatsu i Japan har utvecklat en liten dieselmotor med tändstiftassistans, som installerats i 20 av de metanolfordon under fältprovning (IEA 1992).

#### 2.6.10 GASTURBINER - BRÄNSLECELLER

En utveckling av stort intresse på längre sikt är utbyte av förbränningsmotorn (kolvmotorn) mot andra energiomvandlare, som kan ge fördelar betr prestanda (lägre drivmedelsförbrukning) och utsläpp. Gasturbinen med kontinuerlig förbränning är ett exempel (Volvos ECC), som dock behöver ett så rent bränsle som möjligt. Störst förhoppningar knyts till utvecklingen av den elektrokemiska bränslecellen med potential till väsentligt högre verkningsgrad och mycket låga skadliga utsläpp, t ex NOx. Dess ideala bränsle är vätgas, som dock är svår att hantera, med metanol såsom lätthanterligt flytande bränsle som andra alternativ (Katovsky 1993).

#### 2.6.11 ALKOHOLDRIVNA TUNGA DIESELMOTORER

Alkoholdrift av tunga dieselmotorer har utvecklats av samtliga stora tillverkare. Av de många olika system som provats för att säkerställa tändning vid kallstart och låg last synes de som använder sig av glödstiftassistans, ibland kombinerat med EGR, ha kommit till störst användning på bekostnad av tändstiftsystemen, som inte tycks ha övervunnit hållbarhetsproblemen. Flera japanska tillverkare (Isuzu, Komatsu, Nissan) arbetar dock med tändstiftsystem.

Det principiellt andra sättet att säkerställa tändning genom att tillsätta alkoholen en tändförbättrare (organiska nitrater) har också vunnit relativt stor användning i demonstrationsverksamheten av tunga fordon (bl a de etanoldrivna bussarna i Stockholm). I kombination med höjd kompression i motorn kan halten tändförbättrare begränsas till ca 2 % i etanol. Nackdelen med tändförbättrare är deras höga kostnad och att de egentligen inte behövs vid god motorbelastning. Sannolikt ger de också något förhöjda utsläpp av NOx och NO<sub>2</sub> i avgaserna.



Verkningsgraden för alkoholdrivna tunga dieselmotorer är i bästa fall likvärdig med den för dieseloljedrivna motorer, men användning av elektriska tändhjälpsystem kan försämra verkningsgraden med någon procent. Tillverkning av tändförbättrare fordrar likaså en viss energiinsats i det totala systemet.

Inga lätta dieselmotorer finns ännu certifierade för drift med enbart alkoholer, medan flera sådana tunga motorer har certifierats både för glödstiftsystem och för alkohol med tändförbättrare (Detroit Diesel Corp., Caterpillar).

#### 2.6.12 DRIFT MED INBLANDNING ALKOHOL I DIESELolja

System för partiell ersättning av dieselolja i en dieselmotor genom inblandning av alkohol i oljan (tillsammans med lösningförmidlare), emulgering i oljan eller genom karburering av insugsluften har inte vunnit någon större acceptans, då vinsterna vad gäller utsläpp visat sig otillräckliga. Blandbränsle lämpar sig inte för befintliga motorer utan omställning eller för alternerande användning med dieselolja. Det torde inte heller kunna få användas i för dieselolja certifierade motorer. Användningssättet kan dock vara en väg att introducera biobaserade alkoholer i dieselmotorparken, om vissa nackdelar accepteras.

#### 2.6.13 SMÖRJOLJEANPASSNING

Vid användning av alkoholer som motordrivmedel fordras reformulering av smörjoljorna för att undvika avsättningar, ge nöjaktig smörjning och förhindra korrosion. Dessa problem synes vara tillfredsställande lösta för normal användning, men knappast för utpräglad korttidskörning under kalla förhållanden.

#### 2.6.14 ALKOHOLER/AVGASRENING - POTENTIAL FÖR LÄGRE UTSLÄPP

Användning av motoralkoholer har potential att ge väsentligt reducerade utsläpp av vissa skadliga ämnen. Bensen (aromater), PAH och partiklar (av bränsleårsprung) elimineras i det närmaste, och stora reduktioner erhålls av olefiner, kväveoxider och reaktiva organiska ämnen. Å andra sidan uppstår ökade utsläpp av oförbrända alkoholer och aldehyder.

Utsläppen från en ottomotor synes inte kunna reduceras till acceptabla nivåer oberoende av vilket drivmedel som används. Ottomotorns framtida användning förutsätter katalytisk efterrening, som måste förbättras ytterligare. Nyare utveckling indikerar att katalytiska system med väsentligt bättre prestanda är möjliga (förvärmning före start med batterielektricitet).

Inte heller dieselmotorn kommer att kunna klara framtida utsläppskrav utan katalytisk rening. Ett problem är dock att motorn måste arbeta så att låg NOx-bildning erhålls, eftersom ingen reningsteknik för kväveoxider finns vid dieseldrift. Alkoholerna ger genom kallare förbränning i sig lägre NOx-bildning. Alkoholerna öppnar möjligheter för katalytisk rening genom att de inte ger upphov till partiklar. Med dieseloljor erhålls annars partiklar, som både stör katalysatorns arbete och försvårar användning av EGR.

#### 2.6.15 AUTO/OIL - PROVPROGRAMMET

Det amerikanska Auto/Oil-programmet har givit den första större jämförelsen mellan bensin och motoralkoholer (M85) i lätta fordon med ottomotorer. 19 st prototyper av FFV från åren före 1990 (6 modeller från 3 tillverkare) har ingått i undersökningen (CRC no. 7). Vissa jämförelser har också gjorts med dedicerade bensinbilar av 1989 års modell, även om sådana jämförelser med fordon på olika utvecklingsnivåer är tveksamma. Tre dedicerade bilar för M85 eller M100 på utvecklingsstadiet har också provats (CRC no.10). Senare, i annan litteratur publicerade resultat för alkoholbilar finns också för belysning av den vidare utvecklingen.

Effekten av drivmedelstyp i Auto/Oil-proven visas i **figur 2.9** vad gäller idag reglerade utsläpp och i **figur 2.10** vad gäller speciella giftiga ämnena i avgaserna. **Figur 2.11** visar resultaten för avdunstningsprov. **Figur 2.12** sammanställer emissionerna med hänsyn tagen också till deras reaktivitet vad gäller potentiell ozonbildning. M85 medför en trend mot lägre utsläpp av CO, reaktiva organiska ämnen och vissa specificerade giftämnen. FFV-prototyperna visade högre NOx-utsläpp. Detta är troligen en följd av kalibreringen av fordonen. Flera andra undersökningar (Ford, GM, VW, Mercedes, BMW) har givit lägre NOx från FFV ju mer metanol drivmedlet innehåller (exempel i **tabell 2.3** och **figur 2.13**). En noggrannare jämförelse (Imbrecht 1992) av bränseleffekten fås om enbart bilar med ungefär lika TLEV-certifieringsdata medtas (på grund av spridningen mellan prototyperna) såsom **figur 2.14** visar.

Kritiken mot Auto/Oil-programmets prover med FFV har lett till att det skall repeteras med modernare prototyper. Resultaten från dessa provningar föreligger dock ännu inte.

Ozon-potentialen minskar med M85 till nära hälften av denna för genomsnittlig bensin (45-65 % i olika studier; officiellt anges i svenska A14-regulation (SNV 1992) 41 % för M85) och skulle ytterligare mer än halveras med M100 (US EPA 1989). Jämförelsen i figur 2.14 visar detta tydligt och indikerar den lägre nivån för de M85-drivna fordonen.

### 2.6.16 M85 OCH M100 MINSKAR CANCERRISKEN

Karaktären av de cancerogena giftämnena ändras som figur 2.10 visar från att vara dominerade av bensen till att nära helt bestå av aldehyder. De aktuella ämnena har olika giftighet och CARB anger följande relativa vägningsfaktorer (något avrundade):

1,3-butadien: 1, bensen: 0,18, formaldehyd: 0,038 och acetaldehyd: 0,014.

Med dessa vägningsfaktorer erhålls som **figur 2.15** visar betydande reduktion av cancerrisken med M85 och än mer med M100. Med M100 kunde bensen, acetaldehyd och butadien inte påvisas i avgaserna. De har sitt ursprung i bensindelen av M85.

De två i Auto/Oil-undersökningarna använda M100-bilarna hade lean burn-kalibrerade motorer, vilket medförde svårigheter att uppnå de lägsta NOx-utsläppen. Utvecklingsarbete med en direktinsprutad dieselmotor med glödstiftassistens för M100 indikerar (VW IX ISAF) mycket låga utsläppsnivåer (inkl aldehyder och - med EGR - NOx) som **tabell 2.4** visar.

Emissionsmätningar i det japanska demonstrationsprogrammet med metanoldrivna (M100) lätta fordon med både otto- och dieselmotorer (med katalysator) har likaledes visat kraftigt sänkta utsläpp av CO och HC samt 25-75 % lägre NOx-utsläpp jämfört med sina bensin- resp dieseloljedrivna motsvarigheter (IEA 1992).

Inga representativa emissionsmätningar finns tillgängliga för drift av FFV med etanolbränsle E85.

### 2.6.17 EMISSIONER OCH KALLSTART

Utsläppen, särskilt av CO och organiska ämnen, sker i mycket hög grad under den kalla delen av körcyklerna, dvs under kallstart och varmkörning. Kraftigt bidragande orsak till detta är att katalysatorn i denna fas inte är i funktion på grund av för låg temperatur. Denna period kan vara längre för alkoholdrivna motorer om inte kompenserande åtgärder vidtas. Olika sätt att förvärma drivmedel/luft (batteriel, saltvärmelager) har provats med goda resultat, som visar att start vid -7°C (nytt krav i USA) kan ge nära samma utsläpp som vid start över 20°C (**figur 2.16**; IEA/VTT 1992).

Allra effektivast är dock att använda en förvärmad (batteriel) förkatalysator ("EHC - Electricly Heated Catalyst"), som minskar utsläppen av CO, organiska ämnen och aldehyder till en bråkdel av vad nuvarande katalytiska system ger, utan att samtidigt NOx-utsläppen ökar. **Figur 2.17** visar detta för ett M85-fordon (ett av fordonen, betecknat 21M i figur 2.14 och 2.15, var utrustat med

EHC). Oförbränd metanol var praktiskt taget noll (0,00 g/km) och formaldehydutsläppet kom ned till nivån 1 mg/km i såväl stads- som landsvägskör-cykler, vilket är lägre än för motsvarande bensindrivna bilar.

Volvos FFV-bilar i Kalifornien är utrustade med EHC och har betecknats som de renaste bilar som hittills provats och som är potentiellt kapabla att uppfylla ULEV-kraven ("Ultra Low Emission Vehicles", tabell 2.1). Dessa system, eller andra likvärdiga, kommer sannolikt att finnas även på framtida bilsinbilar (när utvecklingen för fordon i seriemässig produktion är klar).

### 2.6.18 CERTIFIERADE TUNGA DIESELMOTORER FÖR ALKOHOL

Utveckling/demonstration av tunga alkoholdrivna dieselmotorer har lett fram till ett kommersiellt stadium i och med att motorer börjat certifieras i USA (och i Sverige, där certifieringskravet träder i kraft från 1993 års modeller). Mest känd är DDCs (Detroit Diesel Corporation) metanolmotor (med katalysator), som med olika drivmedel uppnått (1992) följande certifieringsdata (omräknade till g/kWh) enligt den amerikanska transienta provcykeln, inklusive försämringsfaktorer för 240 000 miles körsträcka:

Drivmedel/ g / kWh	CO	HC	NOx	Part.	Formaldehyd
M100	2,8	1,1	2,3	0,035	0,07
M99 + 1% A*	0,74	0,30	5,4	0,053	--
M85	2,2	0,31	5,5	0,035	0,07
E95	2,3	0,99	5,6	0,053	--
Krav, buss 1991(3)	21	1,8	6,8	0,13	0,07
" " 1994	21	1,8	6,8	0,07	0,07
" " 1998	21	1,8	5,4	0,07	0,07

\* A = Avocet tändförbättrare.

Även utan katalysator har motorn kunna uppfylla kraven möjligtvis med undantag för formaldehyd.

För Scantias utveckling av etanolmotorn (drivmedel: etanol plus tändförbättrare) anges följande utsläppsdata med katalysator enligt den europeiska ECE R49-kör-cykeln (konstant-last-faser), vilka kan jämföras med framtida krav (1996):

Drivmedel/ g/kWh	CO	HC	NOx	Part	Formaldehyd
E95	0,1	0,09	4,2	-	-
Krav 1996	4,0	1,0	7,0	0,15	-

Mätningar i samband med fältprovningar av de 32 etanolbussarna i Stockholm visar på partikelutsläpp av blott 0,05 g/km vid körning enligt Braunschweig-cykeln (SL 1992). Av oreglerade föreningar anges utsläppen av formaldehyd vara blott en tiondel av vad en katalysatorförsedd, dieseloljedriven buss emitterar och acetaldehydutsläppen ungefär lika stora. PAH-utsläppen ligger likaledes på en nivå mindre än en tiondel av dieseloljebussars. Vissa luktproblem (oxidationsprodukter av etanol, ättiksyra, aldehyder, estrar) har erfarits men dessa torde tillhöra barnsjukdomarna vid introduktion av ett nytt drivmedel/motor- och katalysatorsystem. Data från mätningar efter provverksamhetens avslutande och från senare utveckling av motorn har ännu inte rapporterats.

Utsläppen av svartrök försvinner helt vid alkoholdrift av dieselmotorer.

## 2.7 MILJÖ. HÄLSA

Drivmedlens direkta inverkan på miljö och hälsa beror bl a på hur stora utsläpp som sker genom avdunstning och spill, utsläppens giftighet och säkerheten vid hanteringen av drivmedel. Alkoholer är sämre ur säkerhetsynpunkt jämfört med dieselolja, men marginellt bättre än bensin. Detta sammanhänger med dieseloljans låga flyktighet (flampunkt >55°C; klass 2) resp, i jämförelse med bensin, alkoholernas högre flampunkt (11 - 13°C), lägre ångdensitet och mindre lättantändliga ångor.

### 2.7.1 AVDUNSTNING - KRAV PÅ BEGRÄNSNING

Användning av motoralkoholer i stället för dieselolja i tunga fordon leder till avdunstningsförluster, över vilka inga data finns redovisade, då provfaciliteter för tunga fordon inte finns. Det torde vara rimligt att förvänta sig att samma krav på avdunstning från tunga fordons bränslesystem som för bensindrivna bilar kommer att ställas.

### 2.7.2 ALKOHOLER OCH SÄKERHET

Bränder av alkoholer kräver alkoholresistent skum, som nu rekommenderas som standardutrustning för räddningskårerna, beroende på att dessa skum är

verksamma även mot petroleumbränder. Rena alkoholer brinner med i dagsljus nästan osynlig flamma, vilket kan uppfattas både som en nackdel och en fördel. Enda metoden att synliggöra flammen är för närvarande att blanda in ej alltför aromatfattig bensin eller speciella kolväten.

Den högre explosionsrisken i slutna tankar för alkoholer har visats kunna elimineras med enkla medel som flamskydd och gnistfri utrustning.

### 2.7.3 ALKOHOLER - HÖG AKUT TOXICITET

Etanol och högre alkoholer är mindre toxiska för människan än metanol. De flesta kända förgiftningsfall med metanol har skett då metanol har förväxlats med etanol och druckits. Anti-siphoning-anordningar, märkning (denaturering) och information är enda sätten att undvika detta. Ingen av alkoholerna har cancerogena egenskaper till skillnad mot bensin och diesellojla. Alkoholernas i jämförelse med bensin låga ångtryck ger dessutom lägre halter i omgivningsluften vid hanteringen. Gränsvärdena för alkoholhalt med hänsyn till akuta toxiska effekter på människa är relativt höga och långt över tänkbara nivåer i omgivningsluft eller på arbetsplatser.

### 2.7.4 SNABBARE NEDBRYTNING AV ALKOHOLER

Bionedbrytning av spill av alkoholer i naturen sker förhållandevis snabbt jämfört med kolväten. Effekterna i både terrestra och akvatiska system har visats vara både mindre och snabbare övergående än för spill av bensin och diesellojla.

### 2.7.5 LÄGRE OZONPOTENTIAL MED ALKOHOLER

Avgaserna från alkoholdrivna motorer domineras av oförbränd alkohol, aldehyder, CO och NO<sub>x</sub>. Alkoholerna är fotokemiskt mycket mindre reaktiva än nästan alla bensin-kolväten. Aldehydernas högre reaktivitet (nivå som för lätta olefiner) förändrar inte det faktum att potentialen för oxidant(ozon)-bildning i atmosfären är betydligt lägre än för bensinavgaser, vartill även de lägre NO<sub>x</sub>-utsläppen bidrar. Amerikanska EPA uppskattar ozonpotentialen för avgaser från M100-drivna fordon till ca en femtedel av bensinbilars (US EPA 1989). För etanol är skillnaden mindre.

Simuleringsberäkningar har gjorts med modeller för spridning och atmosfäriska omvandlingar (Harris 1988, Russel 1989) inom olika områden i USA (New York, Dallas-Fort Worth, Los Angeles). De indikerar att avsevärda minskningar av ozonbildningen kan uppnås genom införande av metanoldrift. Genom samtidig utveckling av motorer och katalytisk rening kan bidragen från utsläppen från lätta fordon minska till 5 - 10 % av den totala ozonbildningen i dessa områden.

## 2.7.6 MINSKAD FÖRSURNING MED ALKOHOLDRIFT

Införande av alkoholdrift skulle kunna bidra avsevärt till minskad försurning dels därför att alkoholer är praktiskt taget fria från svavel, dels därför att låga NO<sub>x</sub>-utsläpp blir möjliga. Utsikter finns att NO<sub>x</sub>-utsläppen från lätta fordon kan komma ned till en nivå av 0,1 - 0,15 g/km och från tunga motorer till ned mot 1 g/kWh, vilket rentav skulle kunna innebära långsiktigt acceptabla utsläpp.

## 2.7.7 KATALYSATOR SÄNKER ALDEHYDUTSLÄPPEN

Utsläppen av toxiska ämnen med hälsopåverkan (genotoxiska effekter) genom långtidsexponering för mycket låga nivåer i omgivningsluften i framför allt tätorter har bedömts behöva minska med storleksordningen 90 % (SNV 1990). Kända sådana ämnen är bensen, gasformiga olefiner (eten, propen), 1,3-butadien, formaldehyd, acetaldehyd och PAC. Användning av alkoholer kan medföra eliminering av bränslerelaterade utsläpp av bensen, butadien och PAC samt lägre utsläpp (gäller metanol) av eten och propen jämfört med bensin/dieseloljedrift. Mot detta står möjliga högre utsläpp av formaldehyd och för etanol även acetaldehyd, särskilt vid kallstart och låga temperaturer (IEA/VT 1993). Det synes emellertid finnas utsikter (2.6.17) att förbättrade katalytiska reningssystem kan minska dessa utsläpp till nivåer, som är lägre än för dagens bensinbilar med katalytisk rening.

## 2.8 SYSTEMKOSTNADER

Kostnaderna för fordonsdrift kan delas upp i tillverknings-, distributions-, marknadsförings- och användningskostnader. Vanligen inkluderas dock inte ett flertal andra kostnader, t ex för miljö- och hälsoskador, vilka drabbar samhället (Hubbard 1991). Jämförelser mellan alkohol- och bensindrift har givit väsentligt olika utfall, beroende på olika förutsättningar. Slutsatserna har varierat från att alkoholdrift blir avsevärt dyrare både på kort och lång sikt, till att åtminstone metanol kan konkurrera med bensin redan idag (Stokes IX ISAF).

### 2.8.1 STOR TILLGÅNG OCH LÅGT PRIS GYNNAR FOSSIL METANOL

Det kan vara av intresse att notera att relationen mellan metanol- och bensinpris på världsmarknaden sedan mitten av 70-talet varit i medeltal ca 0,55 - 0,60 på viktbas, dvs 1,15 - 1,25 på energibas. Det kan finnas en viss logik i denna relation då naturgasen, efter transport i rör eller som LNG, till konsumtionsmarknaden konkurrerar med lågsvavliga eldningolja, dvs andra oljeprodukter, och en relation mellan bensinpris och naturgaspris kan då erhållas.

Tillverkning av metanol till lägsta kostnad sker med naturgas som råvara vid fyndigheter med lågt alternativpris för gasen och i stora anläggningar. Dagens anläggningar med en storlek om 2 500 t/d är små även i förhållande till mindre raffinaderier. Framtida anläggningar för drivmedelsmetanol beräknas för 10 000 t/d (4 linjer) och på sikt med förbilligad teknik och större linjestorlekar. Med gynnsammaste gaspriser på 0,5 - 1,5 USD/GJ på kort sikt (1,25 - 2,25 på medellång och lång sikt; vid tillverkning i konsumtionsland blir gaspriserna högre, drygt 2 resp 3 - 4 USD/GJ) beräknas metanolkostnaden vid fabriksgrind till 9-10 USD/GJ (vid 10 års avskrivningstid och och avkastningskrav på ca 10 % efter 35 % skatt). På lång sikt stannar uppskattningarna på 7 - 8 USD/GJ metanol. (Som jämförelse kan nämnas att dagens bensinpriser i bulk omkring 4 USD/GJ.)

Till detta kommer transportkostnad till konsumtionslandet, då transporten kan ske med oceangående tankfartyg av samma typ som används för vita oljeprodukter (bensin, dieselolja, jetbränsle, etc). Kostnaden kan variera mellan 0,1 och 1,5 USD/GJ beroende av distans och tankerstorlek. Vid en framtida användning av metanol av samma storleksordning som för oljeprodukter blir kostnaden inte över 0,5 USD/GJ. Den blir oundvikligen nära dubbelt så hög som för bensin på grund av metanols lägre energiinnehåll.

Distributions- och marknadsföringskostnaden är för bensin i USA exkl skatter 0,035 - 0,050 USD/liter (2,2 - 3,2 USD/GJ), vilket är nära hälften jämfört med Sverige och Europa och speglar ett rationellare system (med pipelines) och de större volymerna i USA.

Det synes oklart hur distributionskostnaden för metanol kan komma att ändras. Olika studier ger olika resultat beroende på hur en introduktion genomförs. I flera fall anges att metanoldistribution skulle innebära högre kostnad per volymsenhet än för bensin. Detta synes dock mindre sannolikt och förefaller vara en sammanblandning med tröskelkostnader och behövliga investeringar vid ett införande. I vissa fall har samma pålägg för marknadsföring/detaljförsäljning som för bensin använts, vilket skulle leda till nära fördubblad vinstmarginal. I en rättvisande jämförelse måste vinstdelen och andra fasta kostnader hållas oförändrade, medan den högre kostnaden för hantering (transport, lagring) av den större metanolvolymen täcks på normalt sätt. Detta torde leda fram till en på sikt ca 30 % högre distributions-/marknadsföringskostnad per energienhet metanol jämfört med bensin. Under ett uppbyggnads-skede blir denna kostnad högre genom de mindre volymerna.

## 2.8.2 HÖGRE VERKNINGSGRAD - LÄGRE FÖRBRUKNING MED ALKOHOL

Användarkostnaden påverkas förutom av drivmedelskostnaden (pumppriset) av eventuella skillnader i verkningsgrad och i fordonskostnad (anskaffning, underhåll). Det måste vid jämförelser förutsättas att skatter och andra avgifter



är neutrala avseende drivmedelstyp. Det råder enighet om att alkoholdrift medger högre verkningsgrad och därmed lägre förbrukning av drivmedel i energitermer räknat. För den första generationen motorer, som i FFV-utförande är optimerade för bensin, är förbrukningen ca 5 % lägre medan den för metanol-optimerade motorer kan vara 10 - 15 % lägre. Det finns bedömningar (US EPA 1989) som för metanol-optimerade fordon anger ända upp till 30 % lägre förbrukning.

### 2.8.3 LÅG MERKOSTNAD FÖR FFV-FORDON

Merkostnaden för ett nytt, serietillverkat, alkoholdrivet fordon (FFV) har angivits till 100-500 USD på grund av tillkommande drivmedelssensor, större tank för oförändrad körsträcka, utökad mikrodator, andra materialval, etc. Vid en merkostnad av 200 USD motsvarar detta drygt 2 cent/l (0,7 USD/GJ) om fordonet körs 16 000 km per år under 10 år vid en förbrukning av 0,85 l/10 km (bensinekvivalent). Åsikterna om hur stor merkostnaden blir går vitt isär och dess genomslag i marknadspriset kan bli noll (såsom Chrysler indikerat). Dedicerade alkoholfordon får lägre eller ingen merkostnad i förhållande till bensinfordon med samma (eller något sämre) prestanda vad gäller acceleration och avgasutsläpp.

### 2.8.4 KRITERIA FÖR JÄMFÖRELSE METANOL - BENSIN

Jämförelser metanol - bensin görs ofta med marknadspriser för bensin av dagens genomsnittliga kvalitet, framställd och distribuerad i befintliga raffinaderier och infrastruktur. Som påpekats från flera håll är en sådan jämförelse inte rättvisande och möjlig att lägga till grund för långsiktiga beslut, då den snarast speglar situationen under en övergångsperiod. I jämförelserna måste hänsyn tas till följande förhållanden.

- Framtida bensin kommer att reformuleras, vilket enligt oljeindustrin innebär en merkostnad i storleksordningen 1 USD/GJ (10 - 15 cent/gallon) motsvarande 15 % av bulkpriset vid depå. En ökad merkostnad anges också uppstå genom att utsläppskraven på raffinaderierna skärpts,
- Bensinkostnaden måste anges vid framställning i nya raffinaderier (återanskaffade) och med samma kapitalavkastningskrav som användes för metanolanläggningarna. Det kan påpekas att historiskt sett har avkastningen inom oljeindustrin varit lägre än vad man räknar med i kalkyler för metanol.
- Metanol skall i första hand jämföras med premiumbensin (reformulerad) då denna kvalitet kommer närmast metanols (eller M85s) prestanda, och är den marknad som metanol i första hand konkurrerar med (och har möjlighet att ersätta).

- Bensinbilars utsläpp måste sänkas för att möta redan beslutade krav. Detta innebär att prisskillnaden mot metanoldilar minskar eller upphör, i synnerhet om samma utsläppsprestanda avseende ozonpotential och air toxics skall mötas.

- Oljeimport är förknippad med kostnader för att säkerställa tillförseln (exempel Kuwait-kriget) och hålla buffertlager (strategiska reserver).

### 2.8.5. VARIERANDE SLUTSATSER OM TOTALA KOSTNADER

Beroende på förutsättningarna kan således omdömena bli så vitt skilda som att metanoldrift (fossil M85 i USA) på kort sikt blir ca 80 % dyrare än bensindrift och på längre sikt ca 25 - 40 % dyrare (oljeindustrin i USA) till att metanol redan på kort sikt kan konkurrera med reformulerad premiumbensin och på sikt bli billigare än regular- kvaliteten (California Energy Commission), lägre miljö- och hälsoskadekostnader och dolda kostnader oräknade.

Kommissionen anger i sin senaste bedömning (aug 1991) följande kostnader vid årlig körsträcka av 10 000 miles med en privat personbil för olika bensinkvaliteter och fossil metanol (M85), när genomförandet är i full gång ca år 2000 och drivmedlen är allmänt tillgängliga:

Drivmedel	Bensin regular	Bensin premium	Bensin reformul	Metanol M85
Kostnad: Cents(1990)/mile	38,9	39,5	39,9	39,3-40,3

Det är uppenbart att ytterligare överväganden behöver göras för att närma de vitt skilda resultaten till varandra. Om större konsensus kan uppnås om de långsiktiga förhållandena för de båda systemen, så återstår problemen om hur uppbyggnads-perioden för det kompletterande nya systemet skall hanteras.

### 2.8.6 BIO-ETANOL OCH BIO-METANOL MINST DUBBELT SÅ DYRA

Senare tids ökande intresse för drivmedel med bioursprung ställer kunskapen om kostnader för och om tillverkning ur förnybara råvaror i fokus.

Kostnaderna för framställning av etanol ur majs anges idag vara 0,33 - 0,40 USD/liter (15 - 19 USD/GJ). DOE bedömer att etanol kan framställas ur lignocellulosa-råvara för 15 USD/GJ med näraliggande teknik (inkl pentos-förjäsning) och vid en råvarukostnad på 3 - 4 USD/GJ. För metanol via förgasning är motsvarande bedömning 14 USD/GJ. Utvecklingsmålet till år 2010 ligger för båda alkoholerna vid  $\leq 9$  USD/GJ med en råvarukostnad för energigrödor på 2 USD/GJ (Moorer IX ISAF).

Liknande data har presenterats inom IEA-samarbetet (Wright 1991 och EMR 1993). För både metanol och etanol borde genom extrapolation av teknikens utveckling kostnaderna vid produktion från biomassa reduceras från dagens nivå på ca USD 30/GJ till knappa USD 13/GJ (LHV).

Andra beräkningar av kostnader för metanolframställning ur biomassa av DOE (1990) och Katovsky (1993).

Svenska beräkningar har sammanställts av Vattenfall (1991, 1992). För både metanol och etanol indikeras kostnader i intervallet 80 - 160 kr/GJ. I anläggningar kombinerande produktion av metanol, kraft och fjärrvärme kunde i vissa fall kostnadsreduktioner erhållas. Lägsta angiven kostnad för metanol är drygt 1 kr/liter (65 kr/GJ) vid råvarukostnad på 90 kr/MWh (25 kr/GJ).

Vid projekteringen för SSEUs CASH-process har för en självständig anläggning angivits en produktionskostnad för etanol på 3,22 kr/liter E95 (160 kr/GJ) och för en med massafabrik integrerad anläggning 2,54 kr/liter (125 kr/GJ) vid råvarukostnad på 38 kr/MWh (10,5 kr/GJ).

Försiktighet måste iakttas vid värdering av olika källors resultat och vid jämförelser dem emellan, då förutsättningarna kan variera avsevärt vad beträffar råvarukostnad, kreditering för ev biprodukter (fastbränsle, el, fjärrvärme, etc), beräkning av kapitalkostnader (ekonomisk livslängd, avkastningskrav), etc. Dessa förhållanden bör vara föremål för särskild studie.

## REFERENSER

Allmänna och särskilda (\*) i texten utmärkta referenser.

### Allmänt. Övergripande

IEA. Alcohols and alcohol blends as motor fuels. STU-information 580-1986.

VII Int. Symp. on Alcohol Fuels (VII ISAF). Paris, Oct. 20-23, 1986. Proceedings.

VIII ISAF. Tokyo, Nov. 13-16, 1988. Proceedings.

IX ISAF. Firenze, Nov. 12-15, 1991. Proceedings.

Interagency Commission on Alternative Fuels (USA). First Interim Report. Sept.30, 1990

\* Hubbard, H.M. The Real Cost of Energy. Scientific American 264 (1991):4, p.18.

US DOE (Department of Energy). Assessment of Costs and Benefits of Flexible and Alternative Fuel Use in the U.S. Transportation Sector. Techn. Report Two: A Context for Estimating Economic and Energy Security Benefits. Sept. 1989. DOE/PE-0091.

### Råvaror. Produktion.

Biobränslekommissionen. SOU 1992:90.

\* Ecotrafic 1992. The Life of Fuels. Motor fuels from source to end use. Multi-client study. March 1992.

EMR Canada. Alcohols and Other Oxygenates from Fossil Fuels. IEA/Annex IV. Rapport (No.1 May 1987, No.2 November 1987, No.3 May 1988) inom IEAs Program on Alternative Motor Fuels.

\* Draft Final Report incl. Renewables. April 1993.

\* EUROGAS '92. Proceedings from European Applied Research Conference on Natural Gas. Trondheim, June 1-3, 1992.

\* Grassi, G. (EG - DG XII). Biomass for energy, industry, ... IX ISAF, p.21.

- \* Hall, D .O. et al. Biomass for Energy: Supply Prospects. I Renewable Energy for Fuels and Electricity (Ed. T.B. Johansson et al. Wash.,DC. Island Press. 1992).
- \* Herland. E. (LRF). Föredrag vidSalix-seminarium 27 okt. 1993. Nutek.
- IEA/OECD. Quarterly Oil Statistics and Energy Balances. First Quarter 1992. Paris.
- Jensen, J.T. (Jensen Assoc., Inc.). The Availability, Cost, and Priority Use of Natural Gas. IX ISAF, p. 9. samt rapport inom IEAs Program on Alternative Motor Fuels, 1990.
- \* Katovsky, R. Methanol and Hydrogen from Natural Gas, Coal and Biomass. M. Sc. (Eng) thesis at Princeton University, Center for Energy and Environmental Studies. PU/CEES Report No. 279, June 1993.
- \* KFB 1992. Strategisk studie av tillverkning av ..... motoralkoholer. Sammanfattande rapport i utredning för KFB (f d TFB) av Atrax Energi AB. Oktober 1992.
- \* Koljonen, J. (Kemira Oy). Experiences in the operation of the HTW process at the peat ammonia plant. VTT Symposium 107. Low-grade fuels, Vol. 1. Espoo 1990.
- \* Moorer, R. (US DOE - Biofuels Systems Div.). Keynote speech IX ISAF.
- Nutek. Energiläget 1992.
- SSEU 1991. Swedish Ethanol Development Foundation et al. The CASH-process. A Multinational Effort to Design a Process for an Efficient Conversion of Lignocellulosic Materials to Ethanol. Engineering Study. September 15, 1991.
- \* SSEU 1993. Stiftelsen Svensk Etanolutveckling. PM - Potential för tillverkning och förbrukning av bioetanol. 1993-04-05.  
Se även föredrag vid Nutek-seminarium "Etanol - Från råvaran till bränsletanken. 1993-06-22
- Sydskraft AB, utvecklingsstaben. Info om det nya kraftverket i Värnamo 1993 (vid Ecology -93, Svenska Mässan,Göteborg.

U.S. DOE (Department of Energy). Assessment of Costs and Benefits of Flexible and Alternative Fuel Use in the U.S. Transportation Sector. Technical Report Three: Methanol Production and Transportation Costs. November 1989. DOE/PE-0093.

Technical Report Five: Costs of Methanol Production from Biomass. December 1990. DOE/P

Wright, J.D. et al (TDA Research, Wheat Ridge, CO). Production of Methanol and Ethanol from Biomass. Rapport inom IEAs Program on Alcohol Motor Fuels presenterat vid möte i Helsingfors, Juni 1991.

### **Formulering av drivmedel**

CAAA 1990 (Clean Air Act Amendments). Amerikansk lag. Uppdaterat referat i Clean Fuels Report Vol. 5, No. 4, september 1993.

SDAB (Svensk Drivmedelsteknik AB). Fuel Alcohol Formulations. Rapport för IEA/Alcohol motor fuels working group. Sept. 1988. Publ. av US DOE med nr DOE/CE/50181-H1.

### **Distribution. Marknadsföring**

California Advisory Board on Air Quality and Fuels. Economic report Aug.4,1989 by Acurex Corporation.

U.S. Department of Energy (DOE). Assessment of Costs and Benefits of Flexible and Alternative Fuel Use in the U.S. Transportation Sector. Technical Report Four: Vehicle and Fuel Distribution Requirements. August 1990. DOE/PE-0095P.

### **Användning. Emissioner**

\* CRC (Cordinating Research Council, Atlanta, GA). Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program. Technical Bulletins No. 1-10 Dec. 1990 - June 1992.

\* Ecotraffic R&D AB. Oxygenater i motorbensin. Multi-client rapport okt. 1993.

\* Imbrecht, Ch. R. (California Energy Commission). The California Perspective. Fuel Reformulation 2(1992):2, p.38.

- \* IEAs Program on Alternative Motor Fuels. Rapporter från möte i Kyoto, Juni 1992.
  - Kytö, M., Nylund, N-O (VTT Technical Research Centre of Finland). Cold Start and Cold Start Emissions of Alcohol Fueled Light-Duty Engines. Report within Annex V.
  - Nippon Methanol Fueled Vehicles Co (Tokyo). Current Situation of Methanol Vehicles in Japan. Ministry of Transport.
  - Kim, E. (Japan Automobile Research Institute). Current Status of PEC Methanol Vehicle Feasibility Study, MITI.
  
- \* IEAs Program on Alternative Motor Fuels. Annex V. Rapport av Nylund, N-O et al (VTT). March 1993.
  
- \* SL (Storstockholms Lokaltrafik), Rydén, Ch. Flottförsök med 32 etanolbussar. Lägesrapport maj 1992.
  
- \* SL (Storstockholms Lokaltrafik), Egebäck, K-E. Avgasemissioner från etanol-drivna bussar. Motortestcenter rapport MTC 9056S. 1992/05.
  
- \* STU (Styrelsen för teknisk utveckling). Project M 100 - A test with methanol-fueled vehicles in Sweden. STU-information no. 640-1987.
  
- \* TNO 1988, 1991. VIII ISAF, IX ISAF (van der Weide).

## **Miljö. Hälsa**

Eastern Research Group Inc. (Arlington, MA). Summary Report of the Workshop on Methanol Vapors and Health Effects. Washington, DC. June 14-15, 1989. Report prepared for ILSI Risk Science Institute.

Ecotraffic AB. Motoralkoholer - regelverk. Sammanställning för SSEU inom TFBs motoralkoholprogram juni 1992.

- \* Harris, J.N. et al (Carnegie Mellon University). Air Quality Implications of Methanol Fuel Utilization. SAE paper 881198. Also 881687.

Health Effects Institute. Automotive Methanol Vapors and Human Health. Special Report. May 1987.

- \* IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Supplement Report Climate Change 1992.

- \* Karlén, W. et al. Jordens klimat - naturliga variationer och mänsklig påverkan (utgiven av Elforsk AB 1993).

Kommunikationsdepartementet. Direktiv 1993:40 för trafik- och miljökommité  
 Regeringens proposition 1992/93:179. Åtgärder mot klimatpåverkan m m.

- \* Russel, A. et al (Carnegie Mellon University). Quantitative Estimate of the Air Quality Impacts of Methanol Fuel Use. Report prepared for California Air Resources Board. Agreement No. A6-048-32. April 1989.
- \* SNV (Statens naturvårdsverk). LUFT '90 - Aktionsprogram mot luftföroreningar och försurning. 1990.
- \* SNV (Statens naturvårdsverk). Åtgärder mot klimatförändringar. Rapport 4120. Oktober 1992.
- \* SNVS(Statens naturvårdsverk). Kungörelse med föreskrifter om avgasrening ..... A14-regulation. SNFS 1992:4.
- \* U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Office of Mobile Sources. Special Report. Analysis of the Economic and Environmental Effects of Methanol as an Automotive Fuel. September 1989.  
 Analysis of the Economic and Environmental Effects of Ethanol as an Automotive Fuel. April 1990.

### **Systemkostnader**

California Advisory Board on Air Quality and Fuels. Reports to California Legislature. Volume IV. Economics Report. August 4, 1989.

California Energy Commission. AB 234 Report. Cost & Availability of Low-Emission Motor Vehicles and Fuels. August 1989. P500-89-008,-008A.

Ibid. AB 234 Report Update. Draft August 1991.

CRC (Coordinating Research Council, Atlanta, GA). Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program. Economics Bulletin No.1-2. Jan. 1992.

Interagency Commission on Alternative Motor Fuels. First Interim Report Sept.30, 1990.

Jensen Assoc. Economic comparisons of LNG, Methanol & Synthetic Distillate. Rapport inom IEAs Program on Alternative Motor Fuels. Draft August 1991.



Katovsky, R. Se under Råvaror. Produktion

\* SSEU 1991. Se under Råvaror. Produktion.

\* Stokes, Ch. A. et al. Will Methanol Compete with Improved Gasolines? IX ISAF, p.1006.

U.S. DOE (Department of Energy). Assessment of Costs and Benefits of Flexible and Alternative Fuel Use in the U.S. Transportation Sector. Technical Report Five: Costs of Methanol Production from Biomass. December 1990. DOE/PE-0097P.

\* Vattenfall. FUD-rapport Biobränslebaserad metanol och etanol som bränsle - översiktlig studie. 1991-11-25. UB 1991/66.

\* Vattenfall Research. Biobränslebaserat metanol-/ elkombinat - översiktlig studie. 1992-08-31. UB 1992/30.

\* Wright, J.D. et al. Se under Råvaror. Produktion.

Tabell 2.1. Införandetakt av lågmissionsfordon som andelar av försäljningen av nya, lätta bilar i Kalifornien och utsläppskraven för dem

Model Year	0.39 (%)	0.25 (%)	TLEV 0.125 (%)	LEV 0.075 (%)	ULEV 0.040 (%)	ZEV* 0.00 (%)	Fleet Average Standard
1994	10	80	10				0.250
1995		85	15				0.231
1996		80	20				0.225
1997		73		25	2		0.202
1998		48		48	2	2	0.157
1999		23		73	2	2	0.113
2000				96	2	2	0.073
2001				90	5	5	0.070
2002				85	10	5	0.068
2003				75	15	10	0.062

\*The percentage requirements for ZEVs are mandatory.

EMISSION STANDARDS (G/MILE) AT 50,000 MILES\*

Vehicle Category	NMHC **	NO <sub>x</sub>	CO	Benzene	Formaldehyde
TLEV	0.125 (0.155)	0.4 (0.5)	3.4 (4.2)	n/a	0.015
LEV	0.075 (0.09)	0.2 (0.25)	3.4 (4.2)	0.002	0.015
ULEV	0.040 (0.05)	0.2 (0.25)	1.7 (2.1)	0.002	0.008

\*Values in parentheses indicate emission standards at 100,000 miles that are applicable to new vehicles (n/a = not applicable).

\*\*The values shown for the non-methane hydrocarbon (NMHC) standard refer to the mass rate of emissions from a vehicle fueled (certified) with conventional gasoline. The standards for vehicles fueled with other fuels would be numerically different but equivalent in their ozone-producing potential.

källa: CARB

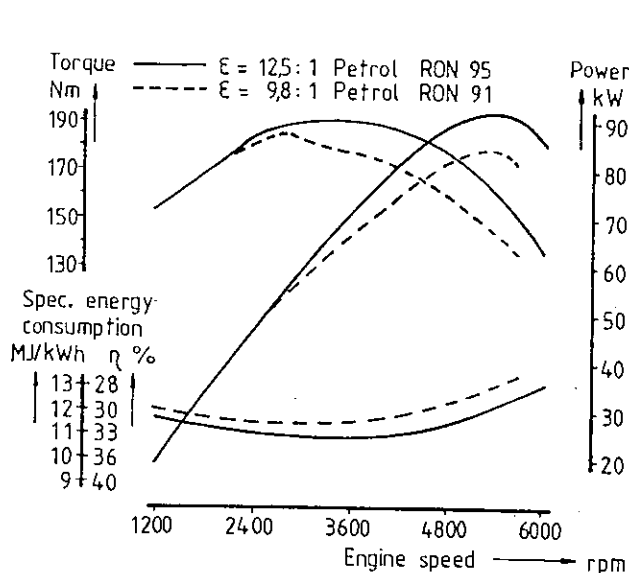
Tabell 2.2. Drivmedelsförbrukning i FFV-bil med bensin resp metanol (M85).  
Källa: TNO, VIII ISAF och IX ISAF.

Bilmodell	FFV-740		Serie-740	
	Kompression	12,5:1	12,5:1	9,8:1
Drivmedel	M85	Bensin	Bensin	
Körcykel				
US-city	17,48	11,01	11,99	liter/100 km
US-highway	12,15	7,08	7,14	"
US CAFE-medel	15,08	9,24	9,81	"
ECE-city	19,39	12,14	12,17	"
ECE 90 km/h	11,35	6,95	7,38	"
ECE 120 "	15,26	9,28	9,74	"

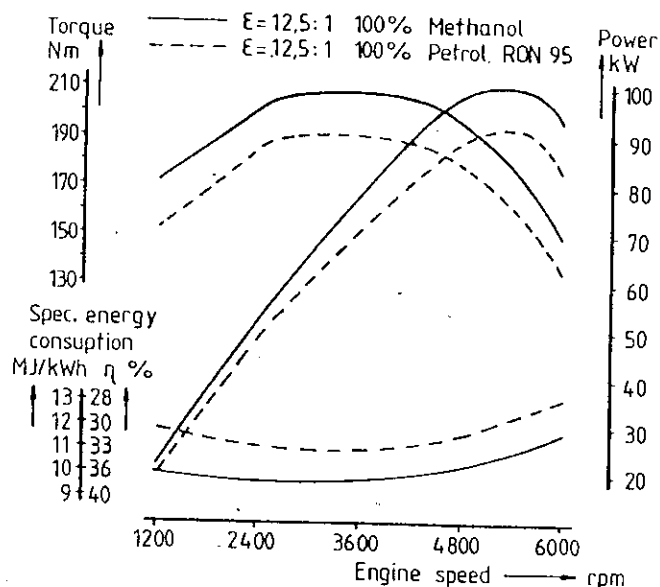
Relativ förbrukning i energitermer (bensin i serie 740 =100)

US-city	81,1	91,8	100
US-highway	94,7	99,2	100
US CAFE-medel	85,5	94,2	100
ECE-city	88,6	99,8	100
ECE 90 km/h	85,6	94,2	100
ECE 120 "	87,2	95,3	100

Not: Upp till 19 % lägre drivmedelsförbrukning (i energitermer) erhöles vid metanoldrift och FFV-versionens förbrukning med bensin var lägre än bensinversionens. Resultaten illustreras i diagrammen nedan.



Full load performance with petrol 95, modified engine and petrol 91, standard engine



Full load performance with 100% methanol and petrol 95, modified engine

Tabell 2.3. Utsläpp från en GM drivmedelsflexibel Chevrolet Lumina bil, M0  
(= bensin) - M85 i FTP-körcykel för lätta fordon

	HC* (g/ml)	CO (g/ml)	NO <sub>x</sub> (g/ml)	CO <sub>2</sub> (g/ml)	Methanol (g/ml)	Formaldehyde (mg/ml)
M0	0.16	0.83	0.38	468.8	0.00	2.03
M25	0.14	0.53	0.27	470.9	0.00	5.37
M50	0.11	0.68	0.20	464.0	0.03	4.88
M85	0.09	1.10	0.15	439.2	0.11	10.47

\* Organic Mass Hydrocarbon Equivalent

Source: Rideout G, et al., "Characterization of Exhaust and Evaporative Emissions from a Variable Fueled Vehicle," Environment Canada Mobile Sources Emissions Division, July, 1991.

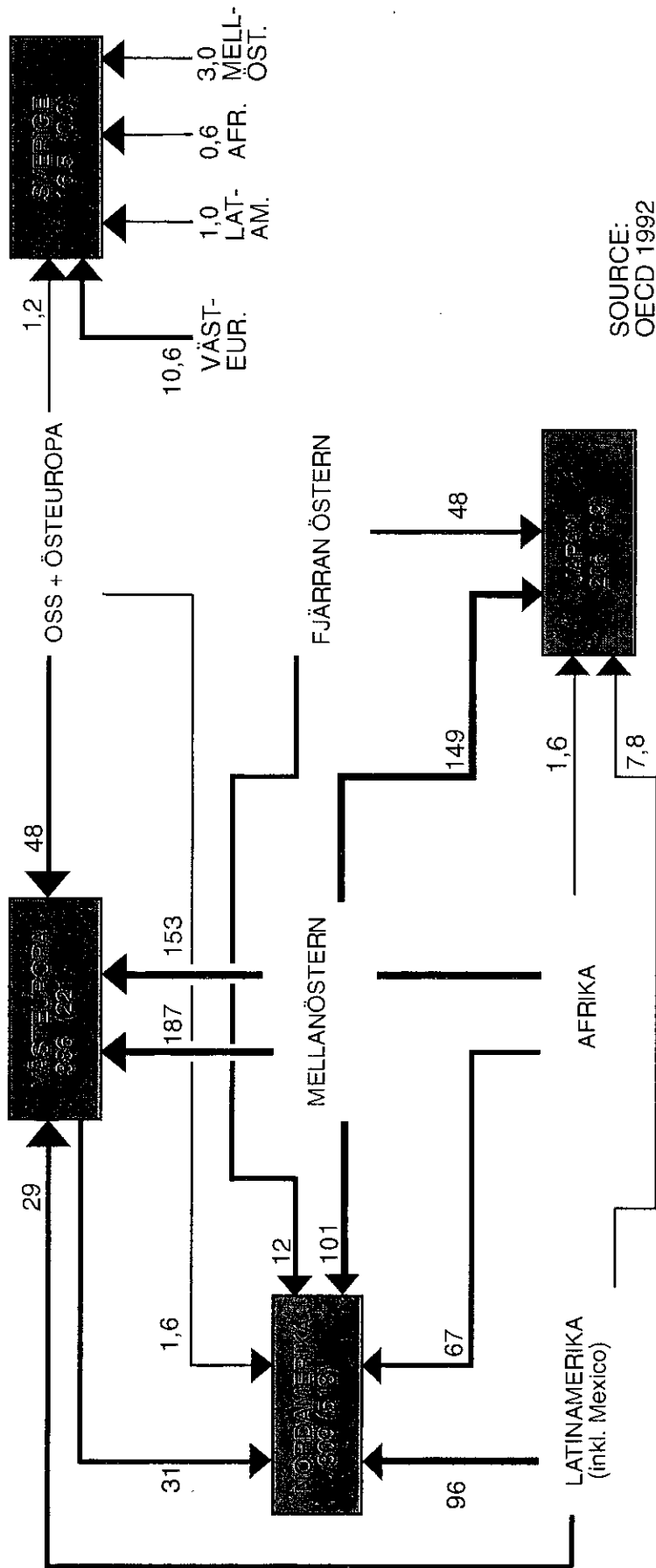
Tabell 2.4. Utsläpp från direktinsprutad metanoldieselmotor  
i FTP-körcykel för lätta fordon

Emissions			
Exhaust Gas Component	1993 Cal. Emission Standard	ULEV	DI Methanol VW Jetta
HC (NMHC) [g/ml]	0.25	0.04	0.10-0.15
CO [g/ml]	3.40	1.70	0.10-0.15
NOx [g/ml]	0.40	0.20	0.16-0.30
Part [g/ml]	0.08	0.04	0.03-0.04
Aldehydes [mg/ml]	15.00	8.00	2.30-2.90

Fuel Economy				
		FTP	HFET	Combined
CO	[g/ml]	250	167	-
FE	[mpg]	38.3	57.5	45.00

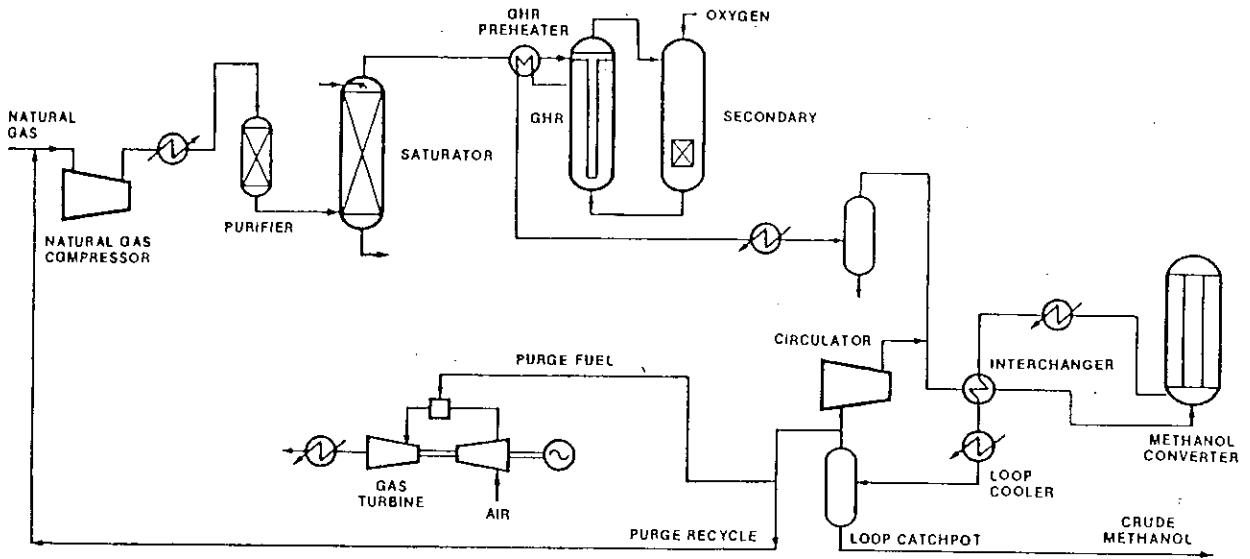
FE: Fuel Economy - Diesel Equivalent

Källa: VW, IX ISAF

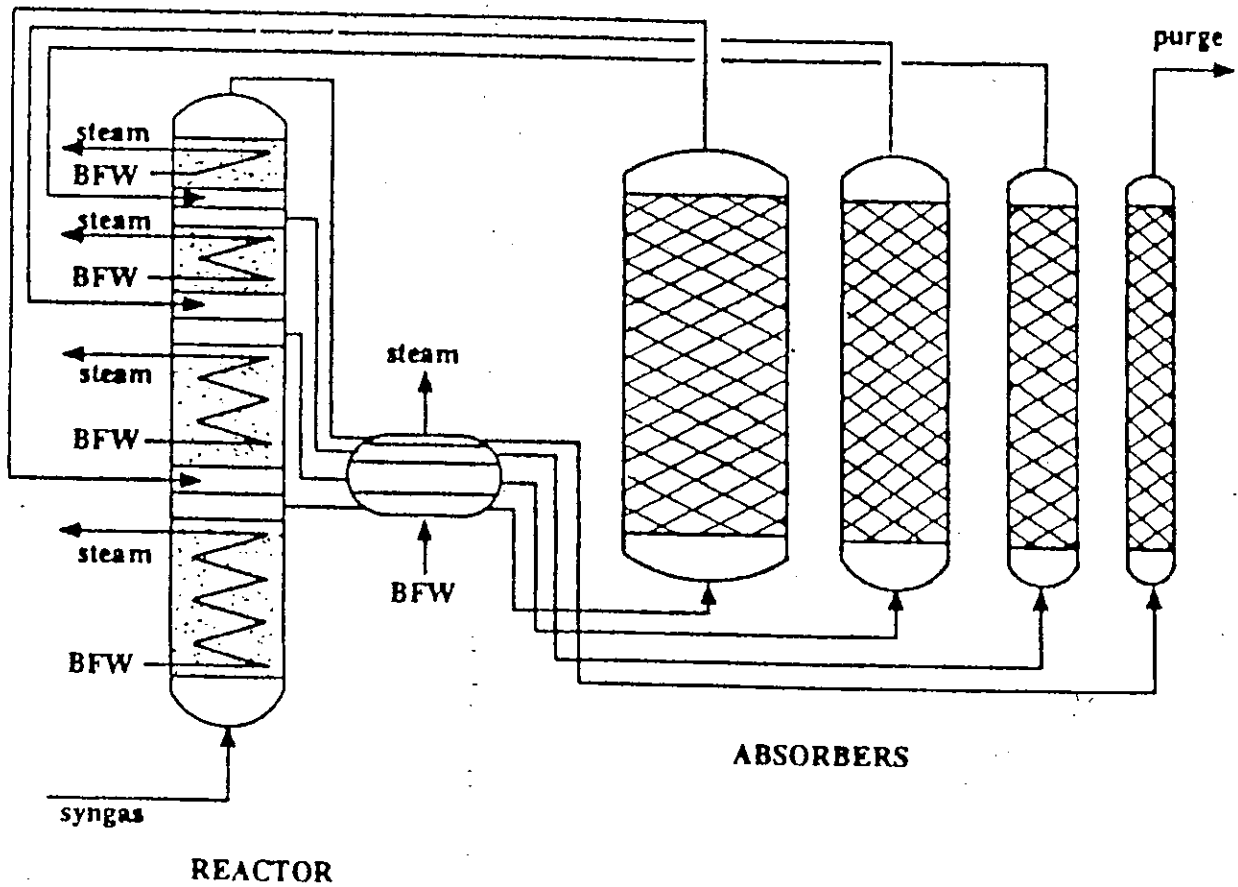


FIGUR 2.1. Regional handel med råolja (inkl. NGL m.m.) år 1991 i Mt/år.

Siffror inom rutorna är total nettoimport och (inom parentes) inhemsk produktion.



Figur 2.2. Flödesschema för syntesgasgenerering ur naturgas med GHR och för metanolsyntes



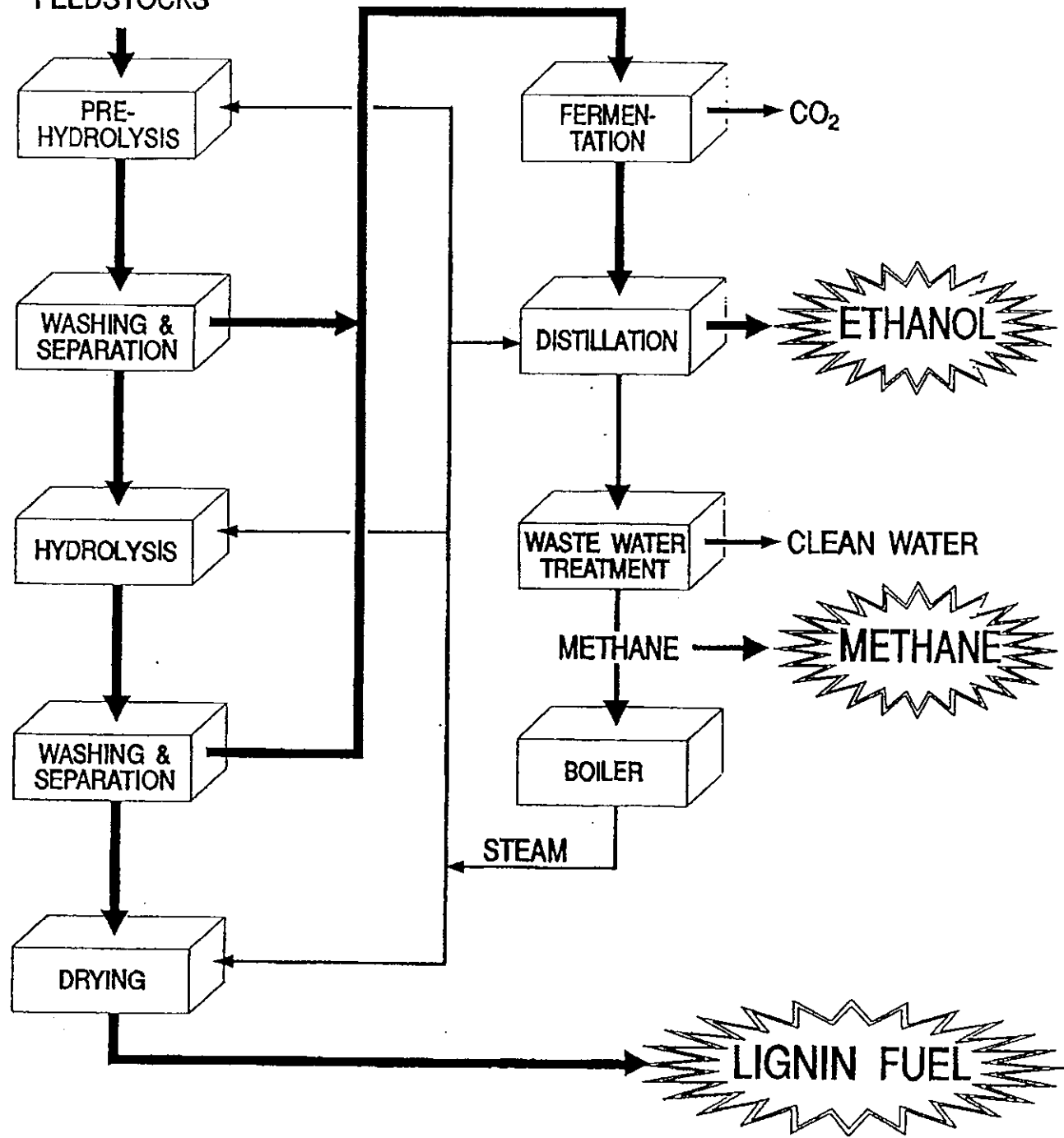
Figur 2.3. Möjligt schema för syntesreaktor med mellanliggande absorptionssteg för bildad metanol

Källa: EUROGAS '92

FIGUR 2.4

# THE CASH PROCESS

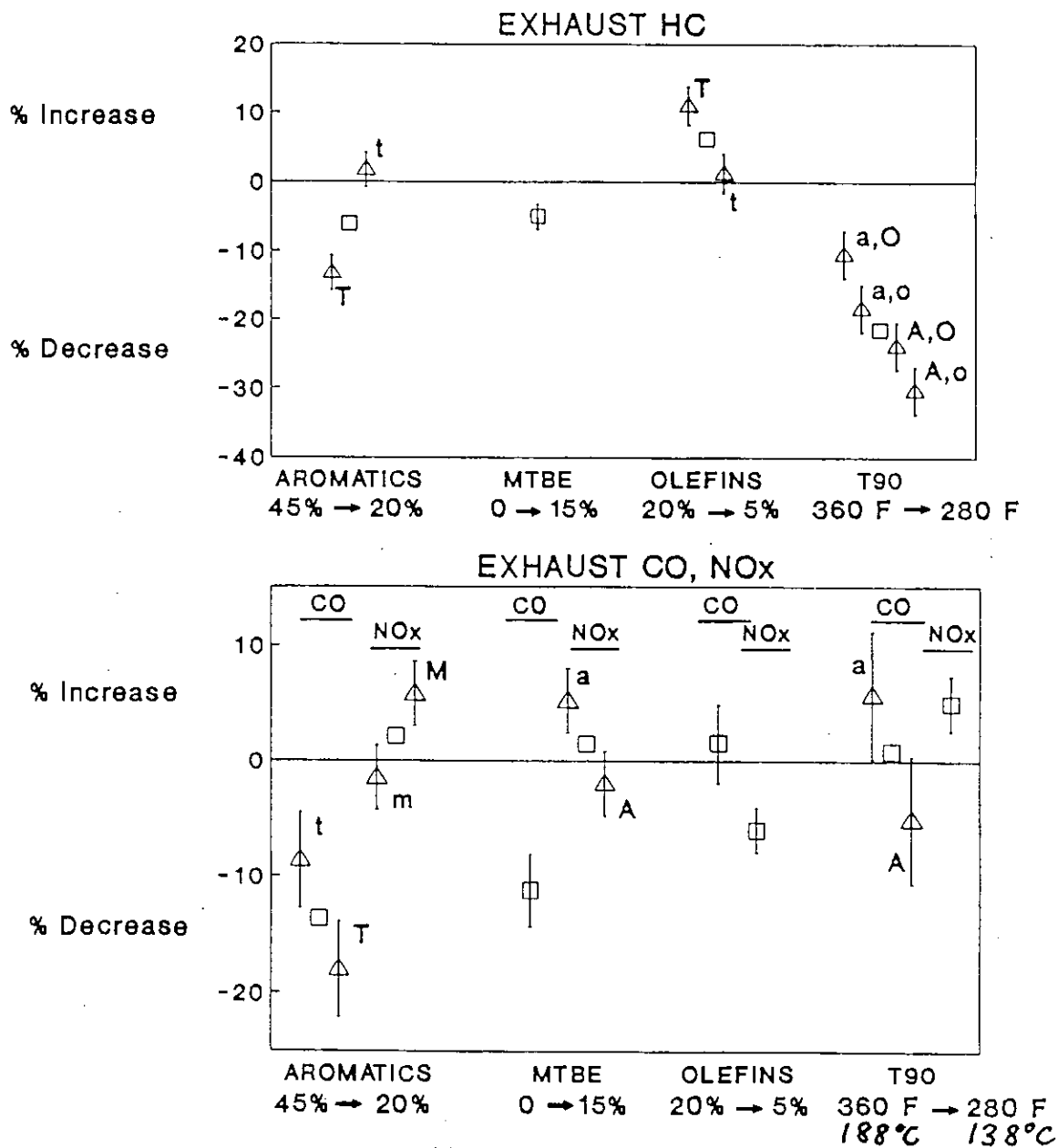
LIGNOCELLULOSIC FEEDSTOCKS



Kalla: SSEU



FIGUR 2.5  
**CHANGES IN MASS EXHAUST EMISSIONS  
 CURRENT FLEET**



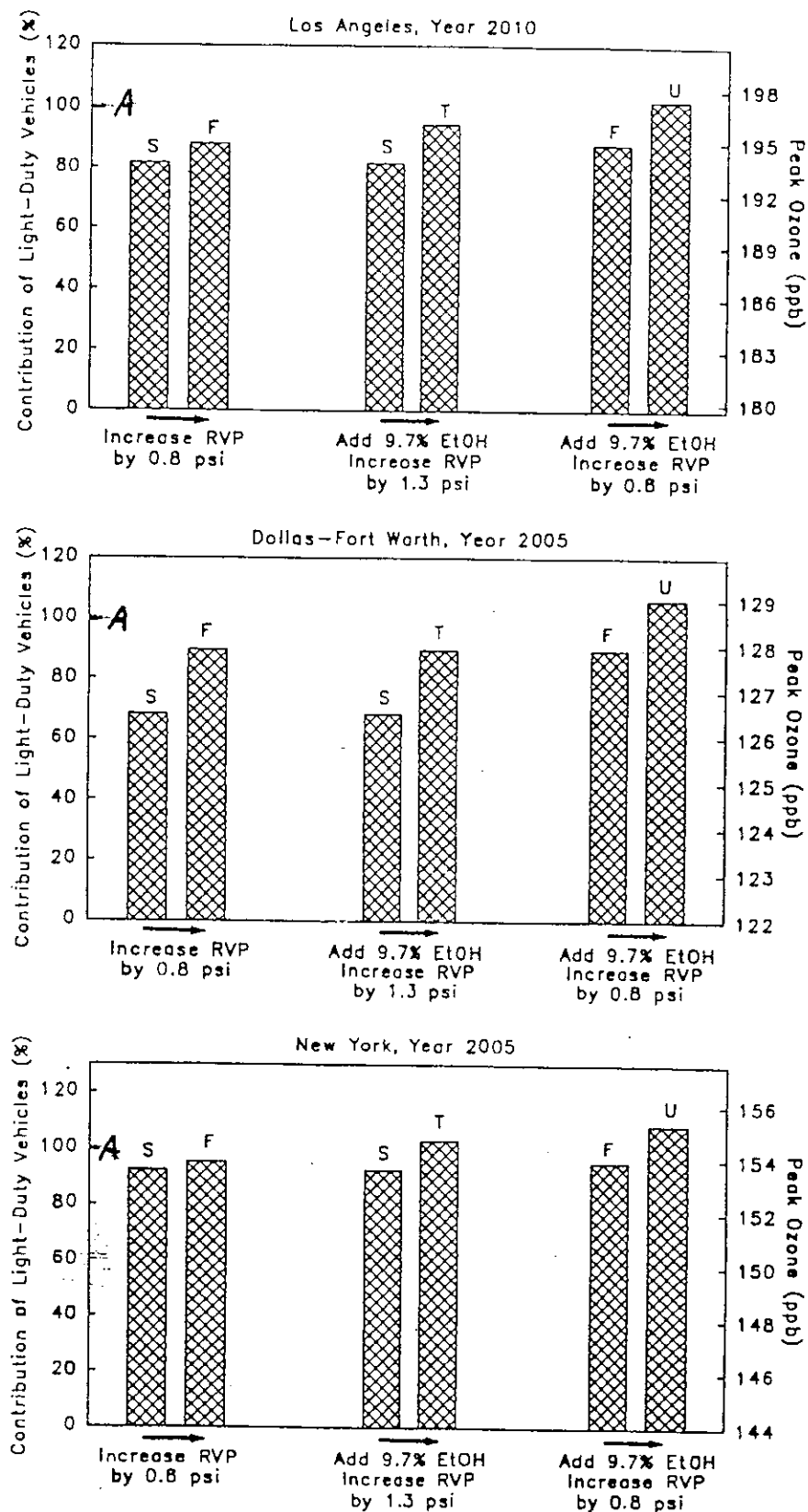
**NOTES:**

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

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

*Source: CRC no. 1*

**FIGUR 2.6**  
Detailed Analysis Using Urban Airshed Model  
Peak Hourly Ozone



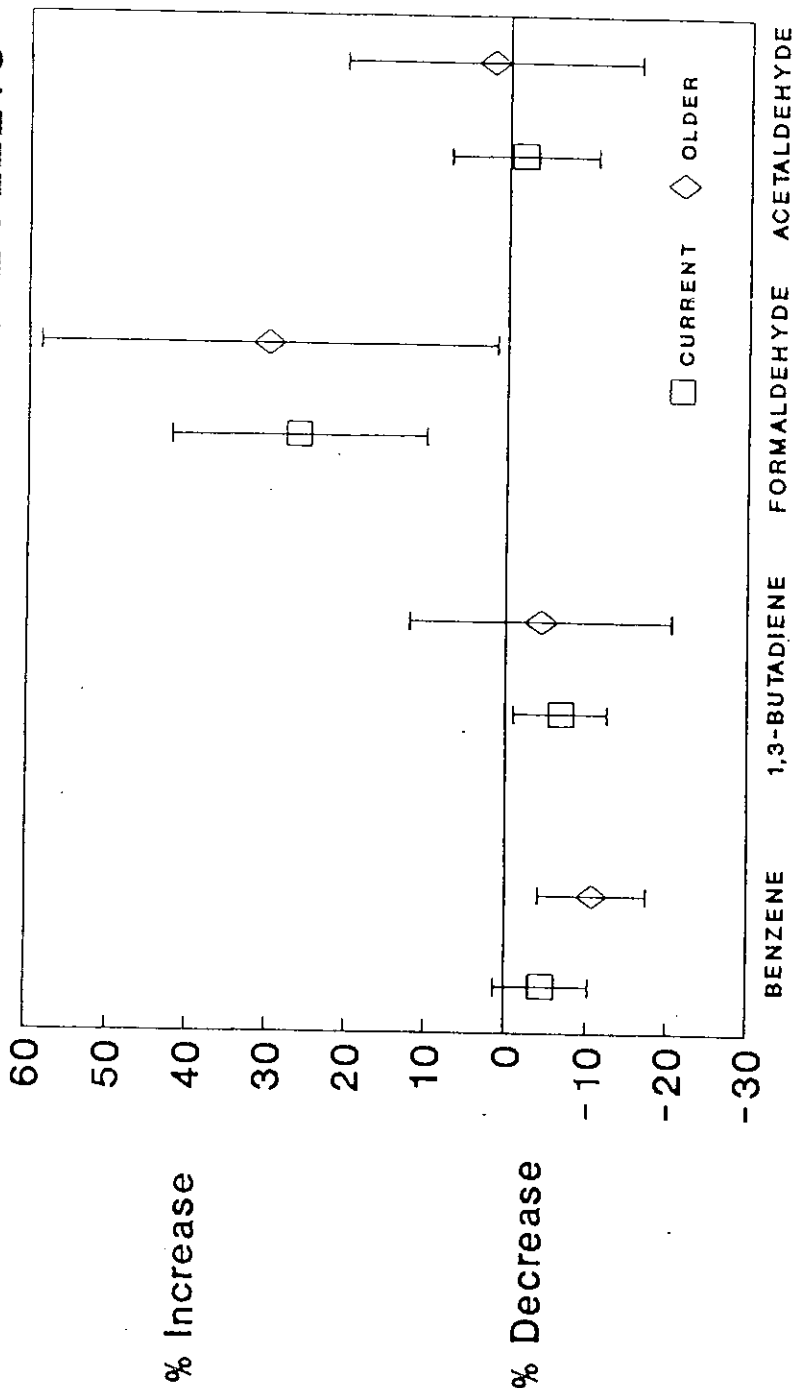
- Notes:
- 0% contribution (the baseline) corresponds to a simulation with no light-duty vehicle emissions. 100% contribution corresponds to a simulation with industry-average gasoline. (A)
  - Results are shown for the last day of the ozone episode.
  - Results for a given test fuel were obtained assuming that all light-duty vehicles use that fuel.

Source: CRC-mail May 26, 1992

FIGUR 2.7

# CHANGES IN EXHAUST MASS TOXIC EMISSIONS DUE TO MTBE ADDITION


## CURRENT AND OLDER VEHICLE FLEETS

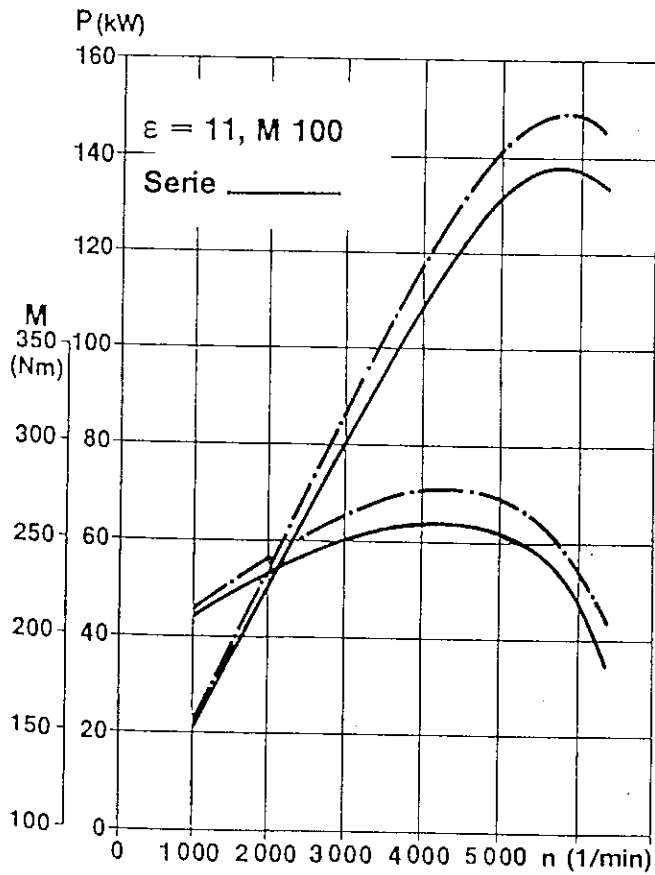



- NOTES:
- 1. Values are result of adding MTBE to gasoline (15%).
  - 2. Bars represent 95% confidence interval for individual effects.

Source: CRC no.5

FIGUR 2.8

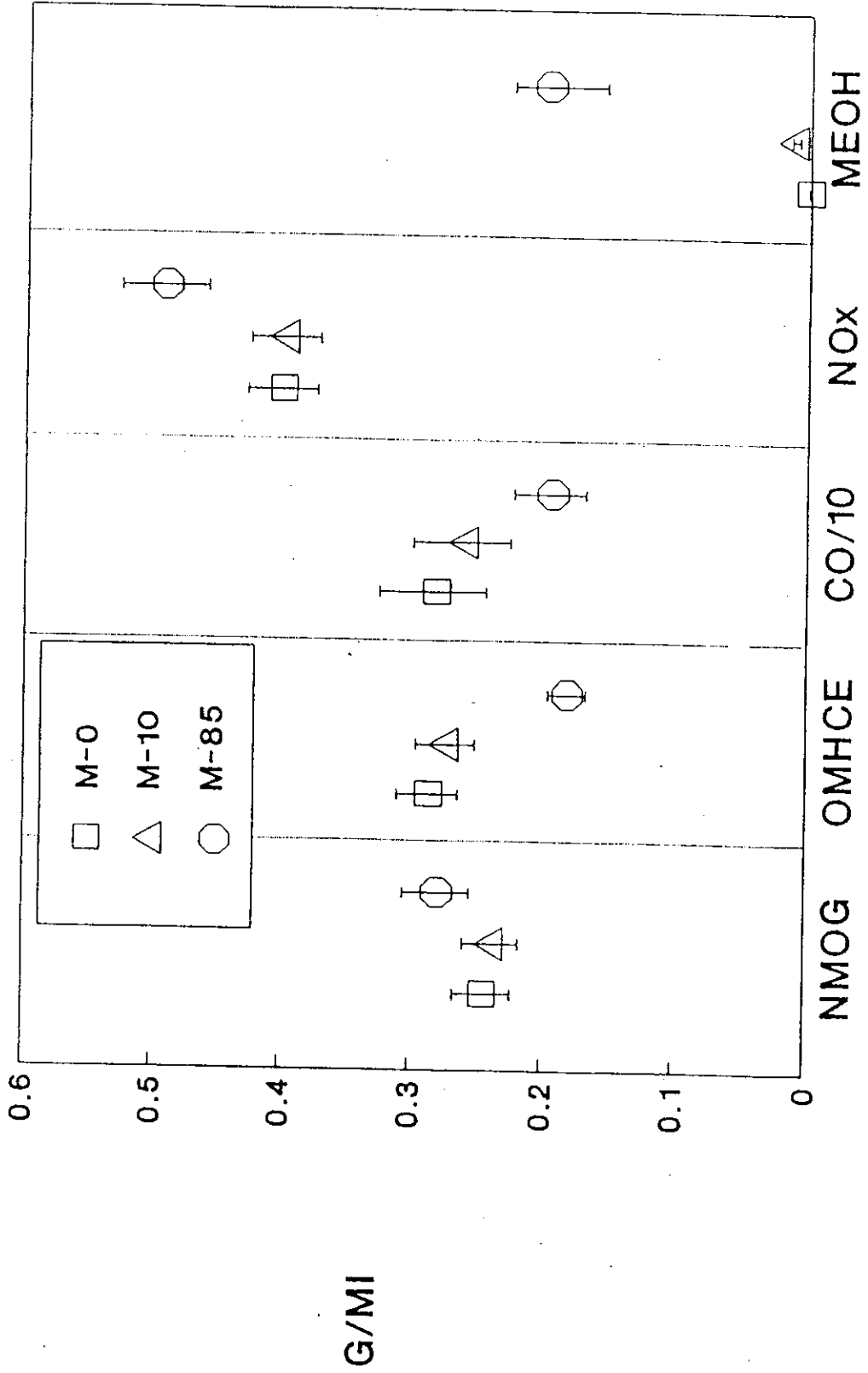

 M 100-Specification (Pilot Programme) 1986
 
 EP/MVOV  
 1290  
 019737/03




 Comparison WOT with gasoline  
 and opt. for methanol  
 (3.0l-injection version)
 
 EP/MVOV  
 1290  
 019737/09

FIGUR 2.9

# EXHAUST MASS EMISSIONS FLEXIBLE/VARIABLE FUEL FLEET

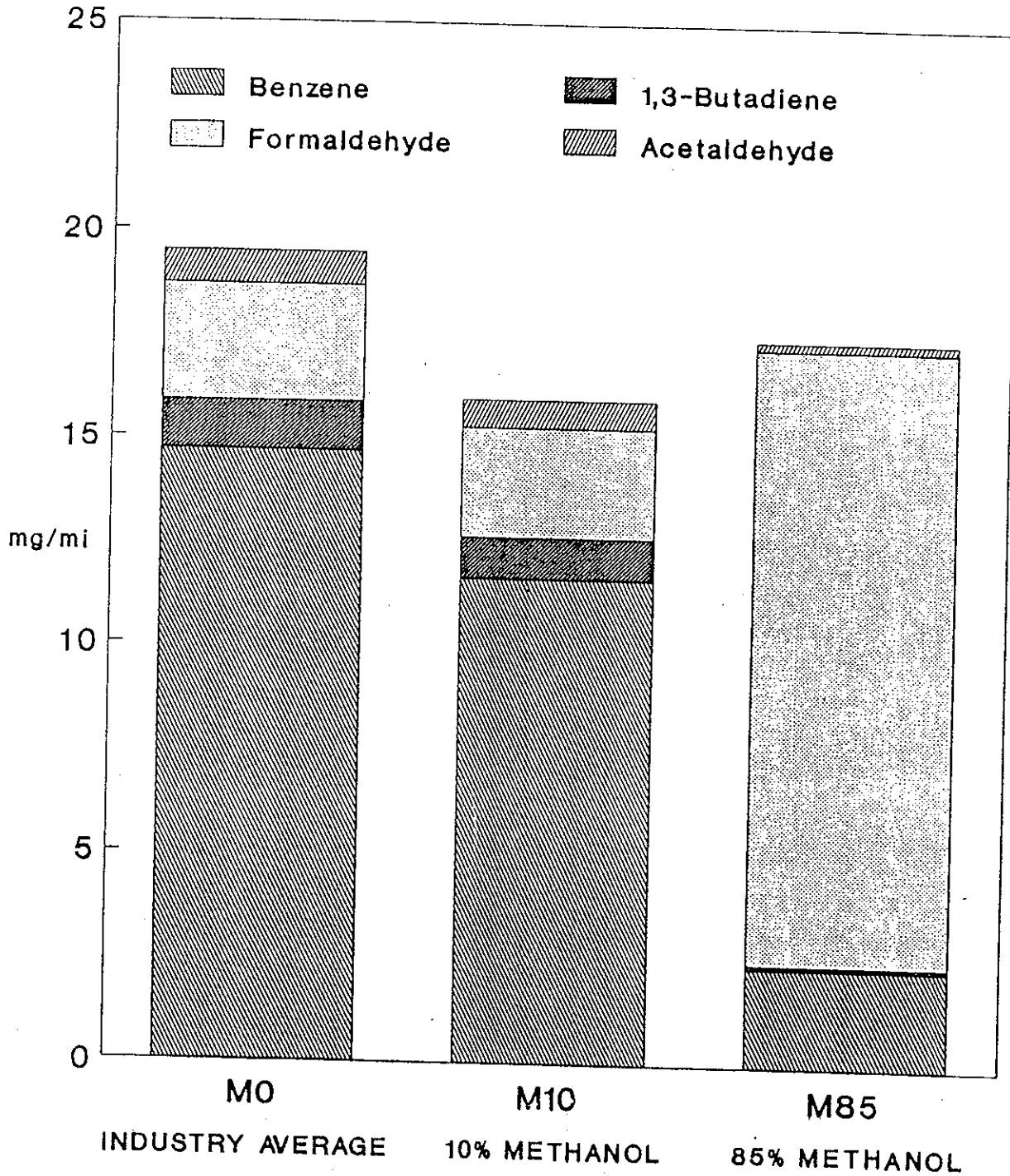


Note: Bars represent 95% confidence intervals.

Source: CRC no. 7.

FIGUR 2.10

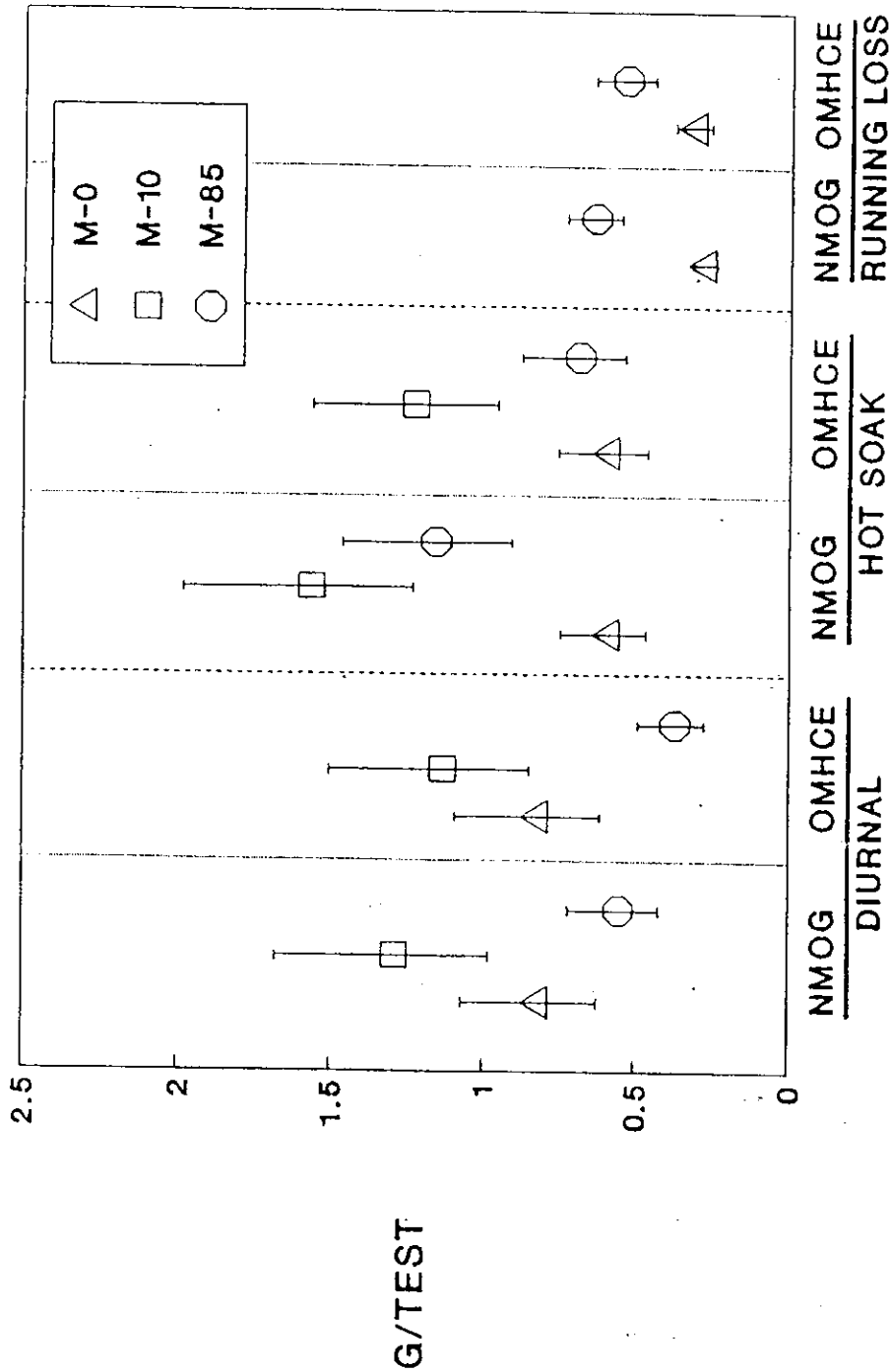
## AGGREGATE TOXIC EMISSIONS



Source: CRC no. 7.

FIGUR 2.11

# EVAPORATIVE AND RUNNING LOSS EMISSIONS FLEXIBLE/VARIABLE FUEL FLEET

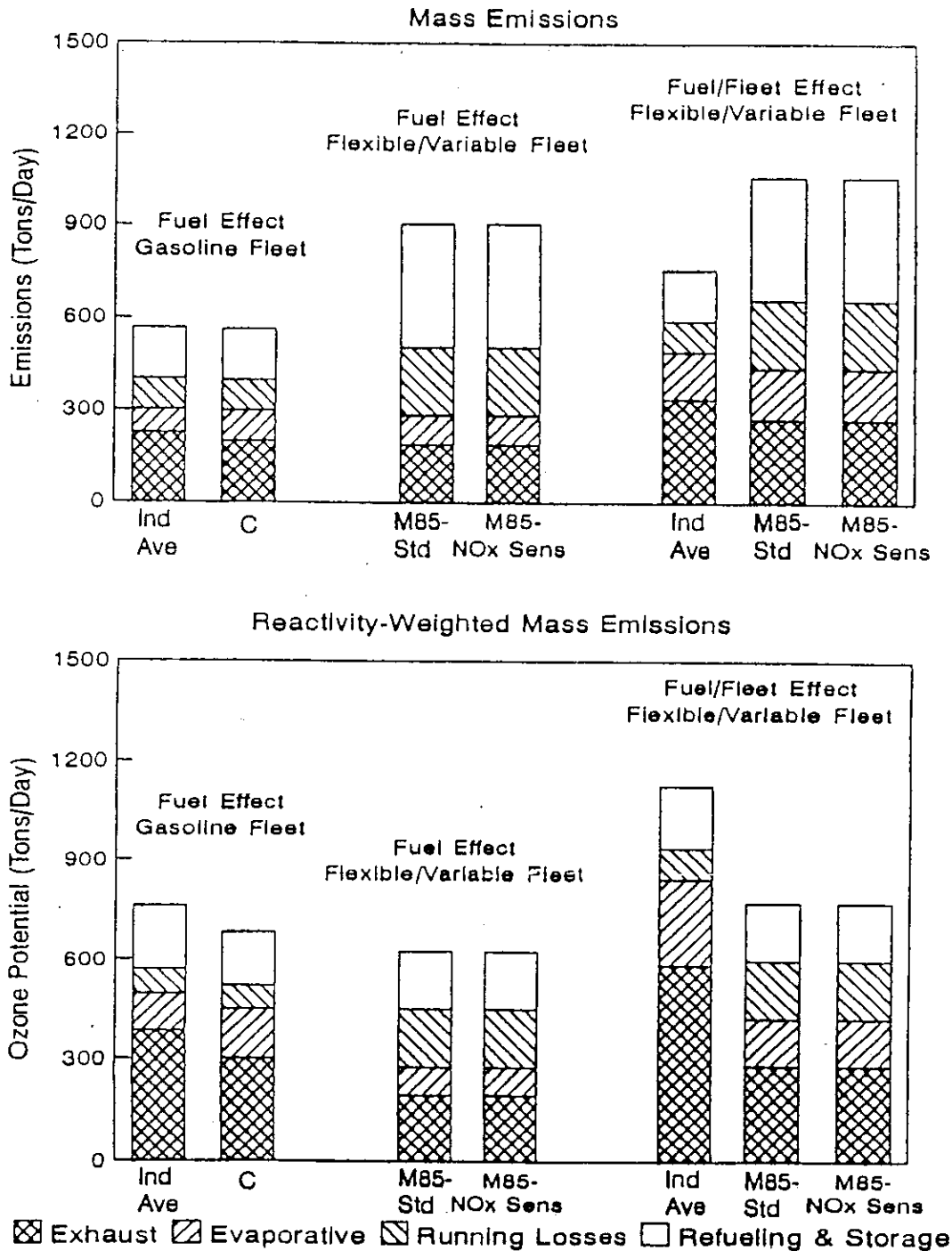


Note: Bars represent 95% confidence intervals.  
Running loss emissions not measured on M10.

Source: CRC no.7.

FIGUR 2.12

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



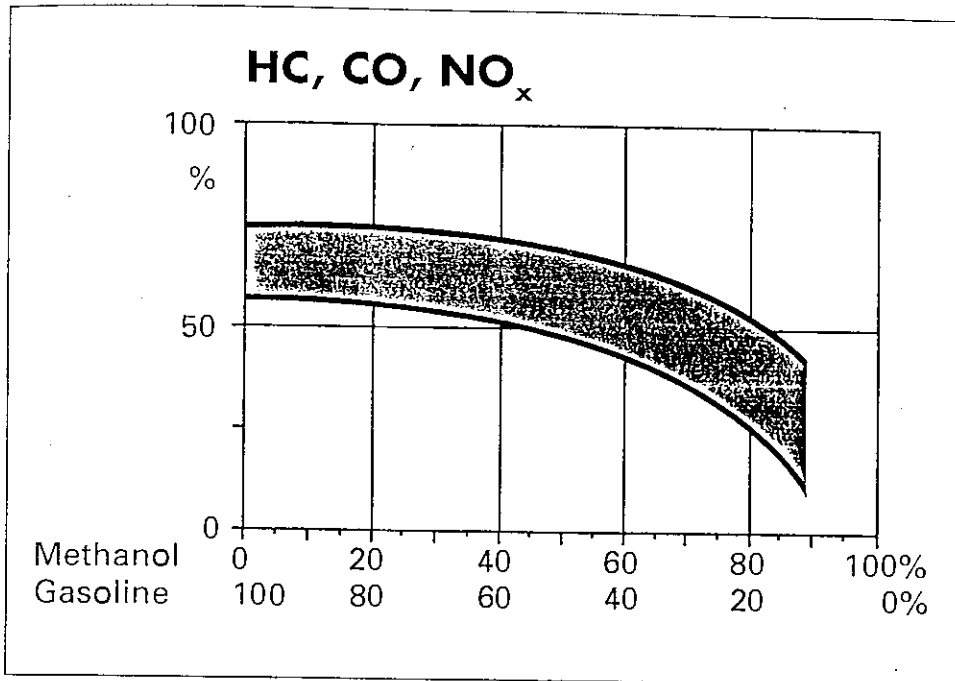
Notes:

1. Results labeled "fuel effect" are based on emission changes within the same fleet from the test fuel to Ind Ave (industry-average gasoline). Results labeled "fuel/fleet effect" are based on emission changes from the test fuel in the flexible/variable fleet to Ind Ave in the current gasoline fleet.
2. M85-NOx sensitivity simulations are the same as M85 standard simulations except that the NOx emissions are set equal to the NOx emissions for Ind Ave in the current gasoline fleet.
3. Total Organic Gases (TOG) is the sum of hydrocarbons and oxygenated compounds with the mass of oxygen included.
4. Ozone potential was calculated using Carter maximum Incremental reactivities (ref. 9).
5. Results for a given test fuel were obtained assuming that all light-duty vehicles use that fuel.

Source: CRC no.7.



Figur 2.13. Utsläpp drivmedelsflexibel bil, M0 (=bensin) - M85 i FTP-környkel för lätta fordon



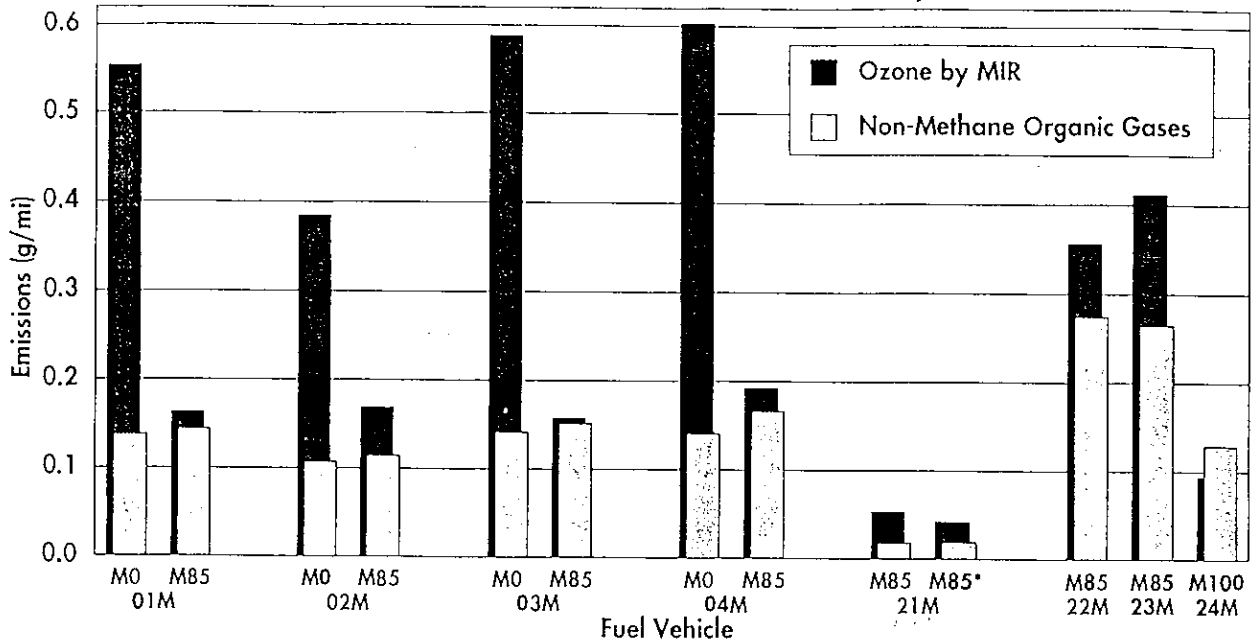
Emissions from Multi Fuel Concept with various methanol/gasoline mixture ratios in comparison with the valid US emission standards for HC, CO, and NO<sub>x</sub>

Not: Volkswagen 1,8 lit. Multifuel Jetta med automatlåda. OMHCE står för organic matter hydrocarbon equivalent.

Källa: VW, IX ISAF

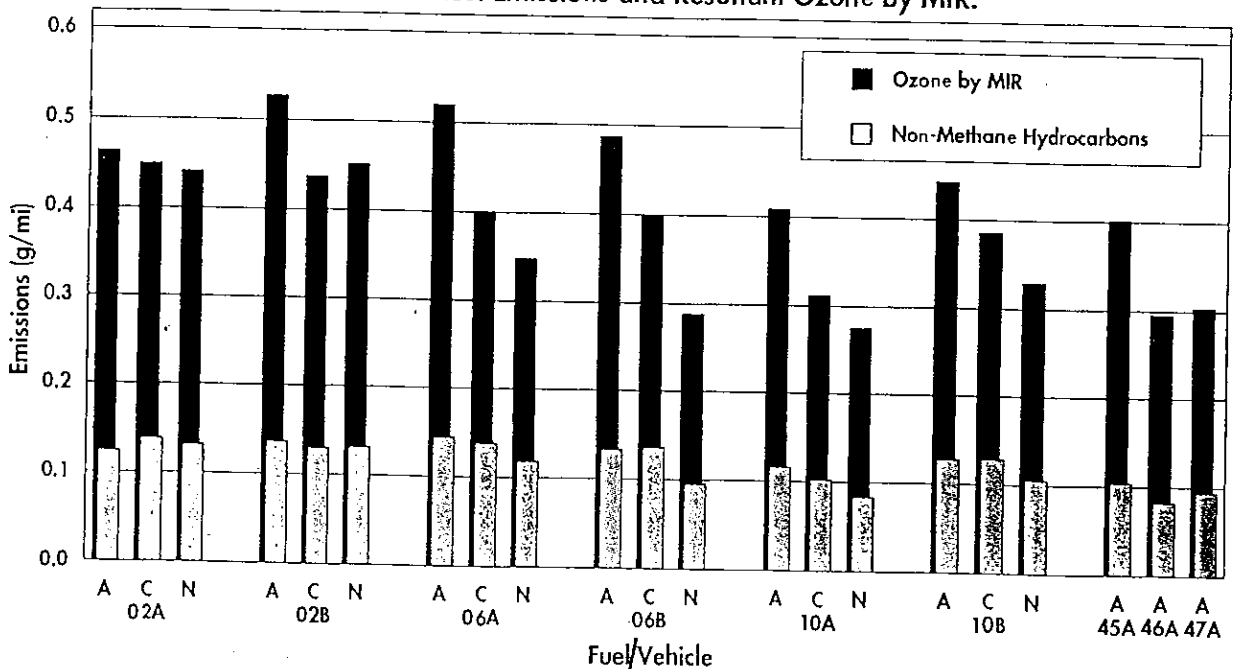
Figur 2.14. Provresultat med FFV och bensindrivna bilar i olika undersökningar - reglerade utsläpp. Källa: Imbrecht 1992.

Oil/Auto and ARB Fuel-Flexible Vehicles  
NMOG Exhaust Emissions and Resultant Ozone by MIR.



\* The second test of vehicle 21M was on M85 with Indolene.

Oil/Auto and CARB Gasoline Vehicles  
NMOG Exhaust Emissions and Resultant Ozone by MIR.

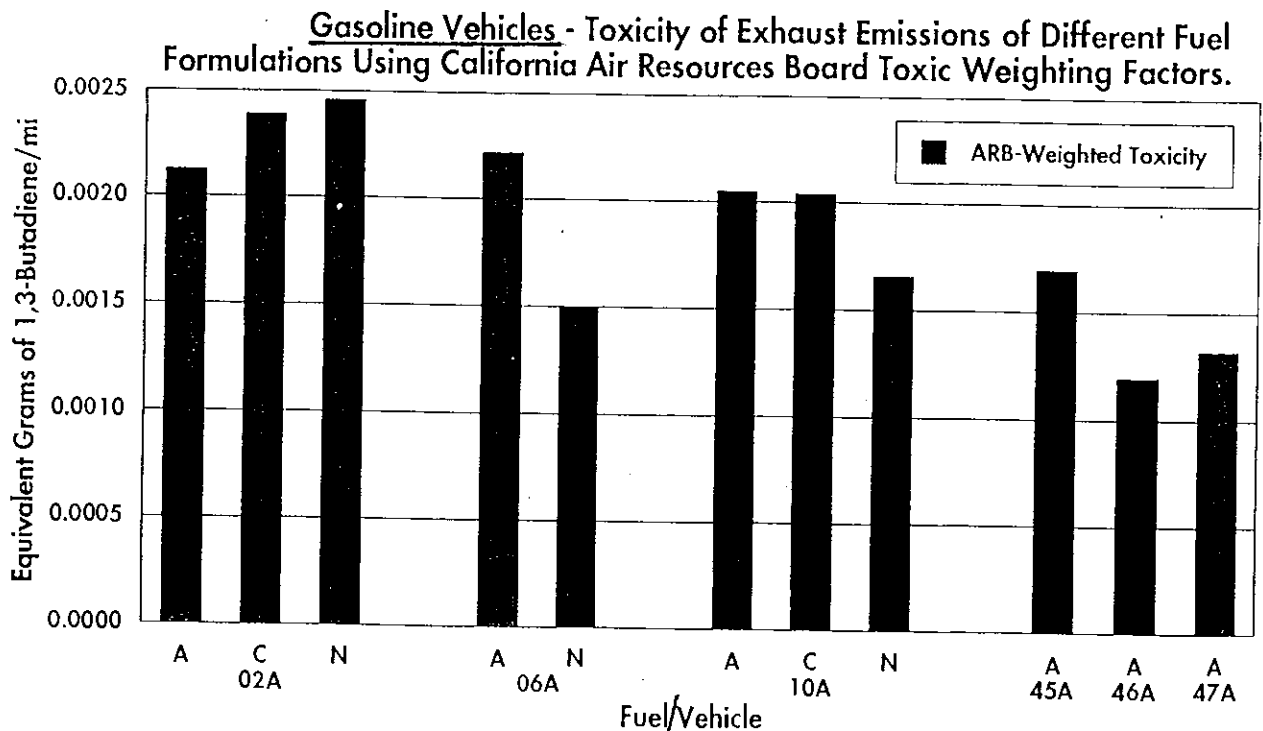
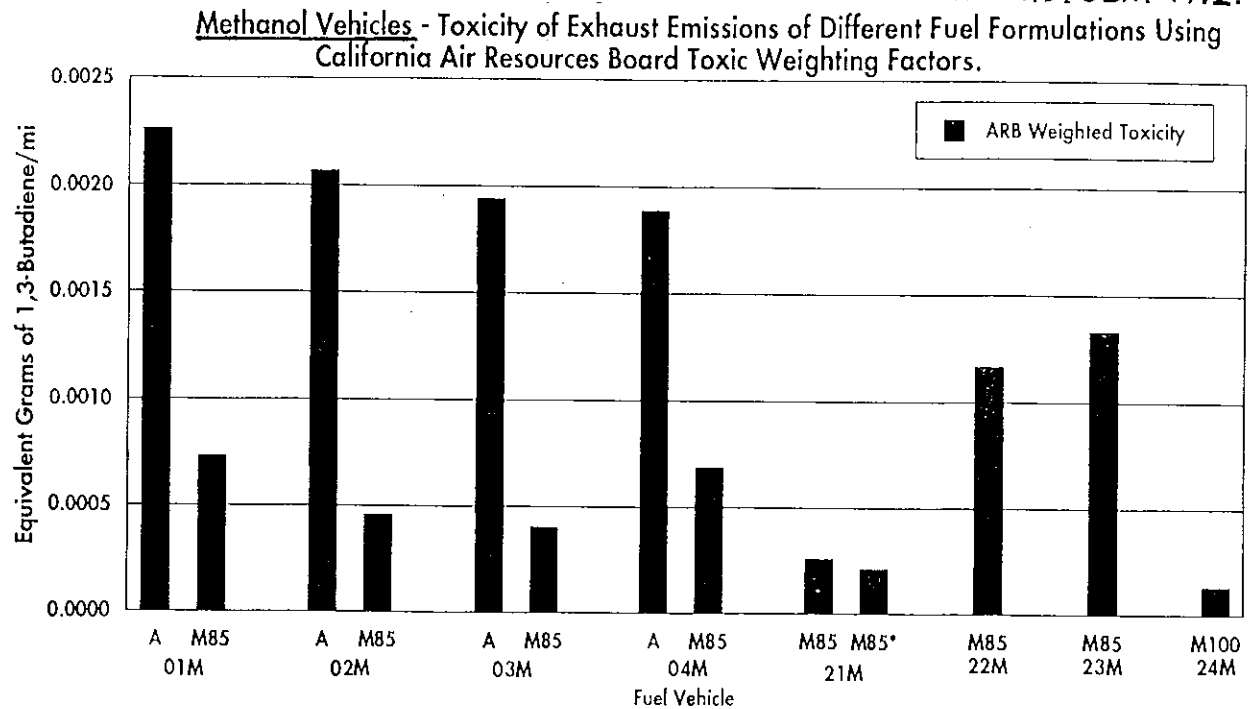


Not: 01M, 02M, etc 02A, 02B, etc betecknar olika metanol- och bensindrivna provfordon, som alla uppfyller TLEV-kraven ("Transitional Low Emission Vehicles"). Fordon 21M var utrustat med elvärmd trevägskatalysator.

M100, M85, M0 (= A), A (genomsnittsbensin), C (certifieringsbensin), och N är olika provdrivmedel.

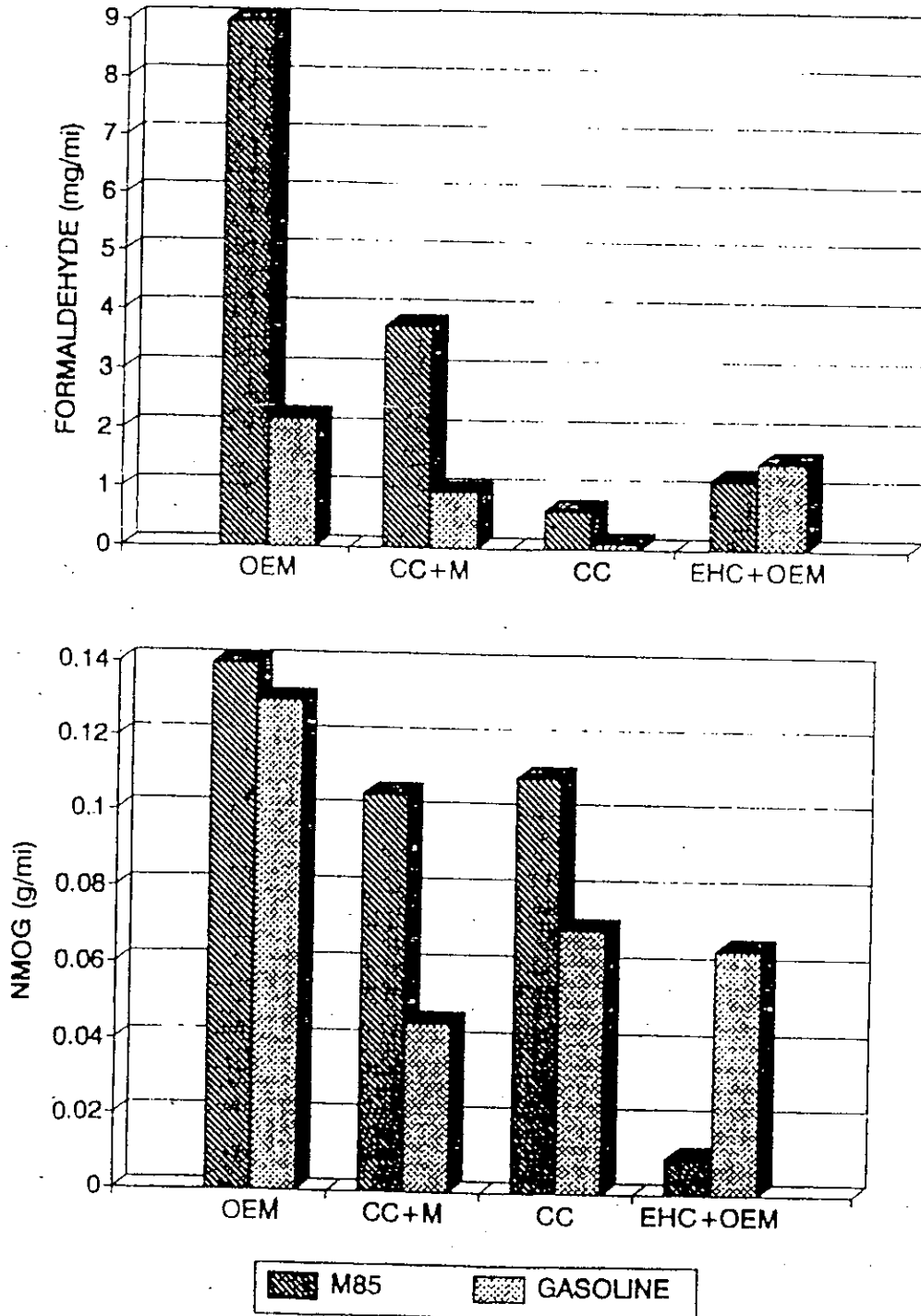
MIR ("Maximum Incremental Reactivity") står för reaktivitetsjusterad ozonpotential.

Figur 2.15. Provresultat med FFV och bensindrivna bilar i olika undersökningar - utsläpp av air toxics (1,3-butadien, bensen, form- och acetaldehyd)  
Källa: Imbrecht 1992.

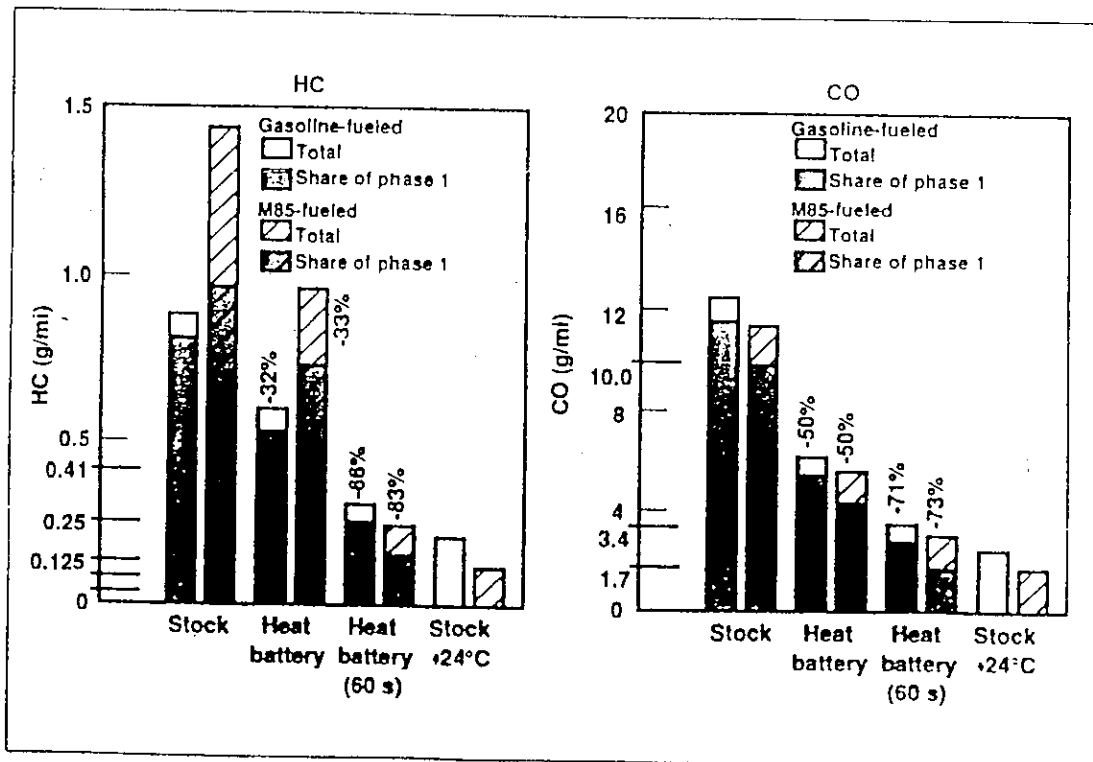


Not: 01M, 02M, etc, 02A, 02B, etc betecknar olika metanol- och bensindrivna fordon, som alla uppfyller TLEV-kraven ("Transitional Low Emission Vehicles"). Fordon 21M var utrustat med elvärmad katalysator.

M100, M85, M0 (= A), A (genomsnittsbensin), C (certifieringsbensin), och N är olika provdrivmedel.



FIGUR 2.16 The formaldehyde and NMOG (non methane organic gases) emissions of the Ford Crown Victoria over the FTP test with different clean-up systems



FIGUR 2.17 Heat battery EPA emissions testing (-7°C, CVS 75, 1.8 L flexible-fuel vehicle).

## BILAGA A


SPECIFICATIONS OF BRAZILIAN COMMERCIAL FUEL ALCOHOL

(CNP - Resolution 01/85 from Jan. 22nd, 1986 - .

CNP - Technical Regulation 17/85.)

CHARACTERISTICS	ANHYDROUS	HYDRATED	METHOD
Specific weight, kg/m <sup>3</sup> at 20°C	790.9±.6	809.4±1.1	NBR-5992
Alcoholic content at 20°C, °INPM	99.5±.2	93.2±.4	Res.87/82 Part.MIC no.174- June 6, 66
Fixed residue, mg/l, max.	50.0	50.0	Resolucao CNP 87/82
Total acidity, mg/l, max.	20.0	20.0	-- " --
Aldehydes, mg/l, max	-	60.0	-- " --
Esters, mg/l, max.	-	80.0	-- " --
High accohols, mg/l	-	60.0	-- " --
Alcalinity	negative	negative	-- " --
Conductivity, μS/m, max.	600	600	Conduktivimetro
Copper, mg/kg, max.	0.03	-	Resolucao CNP87/82
Sodium, mg/kg, max.	2.0	2.0	Fotometro de chana
Sulfate, mg/kg, max.	2.0	2.0	Gravimetrico
Aspect	Clean and exempt of suspended material		Visual

## Utdrag ur provisorisk ASTM-standard

 D-2 Proposal P 232

## 4. M85 Fuel Performance Requirements

4.1 Fuel Methanol (M85) shall conform to the following requirements:

Methanol plus higher alcohols, minimum, volume %	85
Higher alcohols (C2-C8) maximum, volume %	2
Hydrocarbon/aliphatic ether blends containing up to 2.7 weight oxygen, volume %	13-15
Vapor pressure, kPa (psi)	Summer 48-62 (7.0-9.0) Intermediate 62-75 (9.0-11.0) Winter 75-90 (11.0-13.0)
Luminosity	Shall produce a luminous flame throughout the entire burn duration.
Acidity, as acetic acid, maximum, mass %	0.005
Nonvolatile Matter, maximum, mg/100 mL	5
Total Chlorine as Chlorides, maximum, mass %	0.0002
Lead, maximum, grams/litre	0.002
Phosphorus, maximum, grams/litre	0.0002
Appearance	The product shall be visibly free of suspended or precipitated contaminants (clear and bright). This shall be determined at indoor ambient temperatures unless otherwise agreed upon between the supplier and the purchaser.
Water, maximum, mass %	0.5
Sulfur, maximum, mass %	0.01

NOTE 1—Most of the requirements cited are based on the best technical information currently available. Requirements for sulfur, phosphorus, and lead are based on the use of gasoline defined in Specification D 4814 at the 15 volume % level and the understanding that control of these elements will affect catalyst lifetime, especially if base metal catalysts are used with dedicated M85 vehicles. As greater experience is gained from field use of M85 vehicles, it is expected that many of these requirements will change to better reflect performance requirements.

4.1.1 Summer class volatility shall be used in those geographical areas and times indicated for A, A/B, B/A and B volatility class fuels in Table 2 of Specification D 4814. Intermediate class volatility shall be used in those areas and times for B/C, C/B, C, C/D and D/C volatility fuels. Winter class shall be used for those geographical areas and times indicated for D, D/E, E/D and E volatility fuels.

4.1.2 The hydrocarbons used shall have a final maximum boiling point of 225°C by Test Method D 86, oxidation

stability of 240 min minimum by Test Method D 525 r. No. 1 maximum copper strip corrosion by Test Method D 130. The hydrocarbons may contain aliphatic ether blending components as are customarily used for motor fuel.

NOTE 2—Use of gasoline containing 30 volume % aromatic typical carbon number distribution for the non-methanol portion of M85 has been generally demonstrated to meet the luminosity requirement. Some commercially available gasolines at 30 volume % aromatic level have been shown not to meet the luminosity requirement.

## 5. Sampling

5.1 Sample in accordance with Practice D 4057, except that water displacement (10.3.1.8 of Practice D 4057) may not be used.

5.2 Where practical, M85 should be sampled in glass containers. If samples must be collected in metal containers do not use soldered metal containers. This is because the soldering flux in the containers and lead in the solder can contaminate the sample. Plastic containers should be avoided.

5.3 A minimum sample size of about 1 L (1 U.S. qt) is recommended.

## 6. Test Methods

6.1 Determine the requirements enumerated in this proposed specification in accordance with the following test methods:

NOTE 3—The appropriateness of ASTM test methods cited has not been demonstrated for use with M85. In addition, test methods proposed in the annexes and appendixes are in the developmental stage or lack precision and bias determinations.

6.1.1 *Methanol*—See Annex A1. Verification of the appropriateness of this test method is underway. A draft procedure for the test method as proposed for fuel methanol (M85) is attached as Annex A1.

6.1.2 *Hydrocarbon*—Use Test Method D 4815 to determine higher alcohols, methyl tertiary butyl ether (MTBE), and water, if the gas chromatograph is equipped with a thermal conductivity detector. As an alternative, water can be determined by Karl Fischer (see 6.1.10). The concentration of methanol, other alcohols, MTBE and water can be added, and the sum subtracted from 100 to get the percent of hydrocarbons. An alternative test method yields the sum of hydrocarbons and MTBE, and is contained in Annex A2.

6.1.3 *Vapor Pressure*—See Test Methods D 4953, ES 14, or ES 15.

6.1.4 *Luminosity*—Appendix X2 contains a procedure for measuring the luminosity of M85 fuel. However, lack of a suitable criteria for establishing the relevancy of the procedure makes it unusable as the basis of a specification at this time. It is intended that a test be developed that will alleviate the necessity of a compositional criteria in order to meet the luminosity requirement.

6.1.5 *Acidity*—See Test Method D 1613.

6.1.6 *Nonvolatile Matter*—See Test Method D 1353.

## Utdrag ur CARB Regulation

## 2292.1. Specifications for M-100 Fuel Methanol

The following standards apply to M-100 fuel methanol

(The identified test methods are incorporated herein by reference):

## Specifications for M-100 Fuel Methanol

<u>Specification</u>	<u>Value</u>	<u>Test Method</u>
Methanol	96 vol. % (min.)	As determined by the distillation range below
Distillation	4.0 °C (range)	ASTM D 1078-86. At 95% by volume distilled. Must include 64.6 ± 0.1 °C
Other alcohols and ethers	2 mass % (max.)	ASTM D 4815-89
Hydrocarbons, gasoline or diesel fuel derived	2 mass % (max.)	ASTM D 4815-89, and then subtract concentration of alcohols, ethers and water from 100 to obtain percent hydrocarbons
Luminosity		Shall produce a luminous flame, which is visible under maximum daylight conditions, throughout the entire burn duration. Applicable 1/1/94 1/1/95



		throughout the entire burn duration. Applicable 1/1/94 1/1/95
Specific gravity	0.792 ± 0.002 @ 20/20/20°C	ASTM D 891-89
Acidity as acetic acid	0.003 0.01 mass % (max.)	ASTM D 1613-85
Total chlorine as chloride	0.0002 mass % (max.)	ASTM D 2988-86
Lead	2 mg/l (max.) a/	ASTM D 3237-90 3229-88
Phosphorus	0.2 mg/l (max.) b/	ASTM D 3231-89
Sulfur	0.015 0.002 mass % (max.)	ASTM D 3120-87 2622-87
Gum, heptane washed	5 mg/100 ml (max.)	ASTM D 381-86
Total particulates	5 mg/l (max.)	ASTM D 2276-89, <u>modified to replace cellulose acetate filter with a 0.8 micron pore size membrane filter</u>
Water Appearance	0.5 0.3 mass % (max.) Free of turbidity, suspended matter and sediment	ASTM E 203-75 Visually determined at 25°C by proc. A of ASTM D 4176-86
Bitterant	c/	
Odorant	d/	

a/ No added lead.

b/ No added phosphorous.

c/ The M-100 fuel methanol at ambient conditions must have a distinctive and noxious taste, for purposes of preventing purposeful or inadvertent human consumption. Applicable 1/1/95.

d/ The M-100 fuel methanol upon vaporization at ambient conditions must have a distinctive odor potent enough for its presence to be detected down to a concentration in air of not over 1/5 (one-fifth) of the lower limit of flammability. Applicable 1/1/95.

NOTE: Authority cited: sections 39600, 39601, 43013, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).  
Reference: sections 39000, 39001, 39002, 39003, 39010, 39500, 40000, 43000, 43016, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).

2292.2. Specifications for M-85 Fuel Methanol

The following standards apply to M-85 fuel methanol

(The identified test methods are incorporated herein by reference):

Specifications for M-85 Fuel Methanol

<u>Specification</u>	<u>Value</u>	<u>Test Method</u>
Methanol plus higher alcohols	85 <u>84</u> vol. % (min.)	Annex A1 to the ASTM D-2 Proposal P-232, Draft 8-9-91
Gasoline, unleaded <u>a/</u>	14.5 ± .5 vol. %	Must meet local specifications for commercial unleaded gasoline, except for RVP
Higher alcohols (C2 - C8)	2 vol. % (max.)	ASTM D 4815-89
Hydrocarbons + aliphatic ethers <u>a/</u>	13- <del>15</del> <u>16</u> vol. %	ASTM D 4815-89, and then subtract concentration of alcohols, ethers and water from 100 to obtain percent hydrocarbons
Vapor pressure, dry	<u>b/</u> Final blend must meet vapor pressure requirements for commercial unleaded gasoline of the area in which it will be sold, with a minimum RVP of 6.5 psi	Methods contained in Title 13, Section 2262 must be used. ASTM D 4953-90 is an alternative method, however, in case of dispute about the vapor pressure, the value determined by the methods contained in Title 13, Section 2262 shall prevail over the value calculated by ASTM D 4953-90, including its precision statement
Luminosity		Shall produce a luminous flame, <u>which is visible under maximum daylight conditions.</u> throughout the entire burn duration
Acidity as acetic acid	0-003 <u>0.005</u> mass % (max.)	ASTM D 1613-85

Total chlorine as chloride	0.0002 mass % (max.)	ASTM D 3120-87 modified for the det. of organic chlorides, and ASTM D 2988-86
Lead	0.002 g/l 2 mg/l (max.) c/	ASTM D 3237-90 3329-88
Phosphorus	0.0002 g/l 0.2 mg/l (max.) d/	ASTM D 3231-89
Sulfur	0.015 0.004 mass % (max.)	ASTM D 3120-87 2622-87
Gum, heptane washed	5 mg/100 ml (max.)	ASTM D 381-86
Total particulates	6 0.6 mg/l (max.)	ASTM D 2276-89, modified to replace cellulose acetate filter with a 0.8 micron pore size membrane filter
Water Appearance	0.5 mass % (max.) Free of turbidity, suspended matter and sediment	ASTM E 203-75 Visually determined at 25°C by Proc. A of ASTM D 4176-86

a/ Hydrocarbon fraction shall have a final maximum boiling point of 225 degrees C by ASTM method D 86, oxidation stability of 240 minutes by ASTM test method D 525 and No. 1 maximum copper strip corrosion by ASTM method D 130. Ethers must be aliphatic. No manganese added. Adjustment of RVP must be performed using common blending components from the gasoline stream. Starting on 4/1/96, the hydrocarbon fraction must also meet specifications for benzene, olefin content, aromatic hydrocarbon content, maximum T90 and maximum T50 found in California Code of Regulations, Title 13 sections 2262.3, 2262.4, 2262.7 and 2262.6 (T90 & T50), respectively.

{Staff intends to adjust the boundaries of the areas indicated in the ASTM D 4814-91b document referenced in b/ below to match the Air Resources Board's California air basin boundaries.}

b/ RVP range of 7.0 to 9.0 psi for those geographical areas and times indicated for A, A/B, B/A and B volatility class fuels in Table 2 of ASTM D 4814-91b. RVP range of 9.0 to 10.9 psi for those geographical areas and times indicated for B/C, C/B, C, C/D and D/C volatility fuels. RVP range of 10.9 to 13.1 psi for those geographical areas and times indicated for D, D/E, E/D and E volatility fuels.

c/ No added lead.  
d/ No added phosphorus.

NOTE: Authority cited: sections 39600, 39601, 43013, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).

Reference: sections 39000, 39001, 39002, 39003, 39010, 39500, 40000, 43000, 43016, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).

2292.3. Specifications for E-100 Fuel Ethanol

The following standards apply to E-100 fuel ethanol:

(The identified test methods are incorporated herein by reference):

Specifications for E-100 Fuel Ethanol

<u>Specification</u>	<u>Value</u>	<u>Test Method</u>
Ethanol	92 vol. % (min.)	ASTM D 3545-90 <u>a/</u>
Denatured fuel ethanol	98 vol. % (min.)	<u>a/</u>
Other alcohols and ethers	2 mass % (max.)	ASTM D 4815-89
Hydrocarbons, gasoline or diesel fuel derived	5 mass % (max.)	ASTM D 4815-89, and then subtract concentration of alcohols, ethers and water from 100 to obtain percent hydrocarbons
Acidity as acetic acid	0.007 mass % (max.)	ASTM D 1613-85
Total chlorine as chloride	0.0004 mass % (max.)	ASTM D 3120-87 modified for the determination of organic chlorides, and ASTM D 2988-86
Copper	0.07 mg/l (max.)	ASTM D 1688-90 as modified in ASTM D 4806-88
Lead	2 mg/l (max.) <u>b/</u>	ASTM D 3237-90 <u>3229-88</u>
Phosphorus	0.2 mg/l (max.) <u>c/</u>	ASTM D 3231-89
Sulfur	0.015 <u>0.002</u> mass % (max.)	ASTM D 3120-87 <u>2622-87</u>
Gum, heptane washed	5 mg/100 ml <u>l</u> (max.)	ASTM D 381-86
Total particulates	5 mg/l (max.)	ASTM D 2276-89, modified to <u>replace cellulose acetate filter with a 0.8 micron pore size membrane filter</u>

Water Appearance	1.25 mass % (max.) Free of turbidity, suspended matter and sediment	ASTM E 203-75 Visually determined at 25°C by Proc. A of ASTM D 4176-86
---------------------	--	---

- a/ The denaturant must meet the ASTM D 4806-88 specification for denatured fuel ethanol, except the denaturant must be representative of unleaded gasoline that is commercially available cannot be rubber hydrocarbon solvent, blended in a range of 4 to 5 parts by volume gasoline to 100 parts by volume fuel ethanol (including water) to form the denatured fuel ethanol. The final blend specifications for E-100 take precedence over the ASTM D 4806-88 specifications.
- b/ No added lead.
- c/ No added phosphorus.

NOTE: Authority cited: sections 39600, 39601, 43013, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).  
 Reference: sections 39000, 39001, 39002, 39003, 39010, 39500, 40000, 43000, 43016, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).

2292.4. Specifications for E-85 Fuel Ethanol

The following standards apply to E-85 fuel ethanol  
 (The identified test methods are incorporated herein by reference):

Specifications for E-85 Fuel Ethanol

<u>Specification</u>	<u>Value</u>	<u>Test Method</u>
Ethanol	81 <del>79</del> vol. % (min.)	ASTM D 3545-90 a/
Denatured fuel ethanol	85 <del>84</del> vol.-% (min.)	a/
Other alcohols	2 vol. % (max.)	ASTM D 4815-89
Gasoline, unleaded	14.5 ± .5 vol. %	b/
Hydrocarbons + aliphatic ethers	b/ 13-19 15-21 vol. %	ASTM D 4815-89, and then subtract concentration of alcohols, ethers and water from 100 to obtain percent hydrocarbons. The denaturant is included in this percentage.

Vapor pressure, dry	c/ Final blend must meet vapor pressure requirements for commercial unleaded gasoline of the area in which it will be sold, with a minimum RVP of 6.5 psi	Methods contained in Title 13, Section 2262 must be used. ASTM D 4953-90 is an alternative method, however, in case of dispute about the vapor pressure, the value determined by the methods contained in Title 13, Section 2262 shall prevail over the value calculated by ASTM D 4953-90, including its precision statement
Acidity as acetic acid	0.007 mass % (max.)	ASTM D 1613-85
Total chlorine as chloride	0.0004 mass % (max.)	ASTM D 3120-87 modified for the det. of organic chlorides, and ASTM D 2988-86
Copper	0.07 mg/l (max.)	ASTM D 1688-90 as modified in ASTM D 4806-88
Lead	0.002 g/l	
Phosphorus	2 mg/l (max.) d/ 0.0002 g/l	ASTM D 3237-90 3229-88
Sulfur	0.2 mg/l (max.) e/ 0.015 0.004 mass % (max.)	ASTM D 3231-89
Gum, heptane washed	5 mg/100 ml (max.)	ASTM D 3120-87 2622-87
Total particulates	5 mg/l (max.)	ASTM D 381-86 ASTM D 2276-89, modified to replace cellulose acetate filter with a 0.8 micron pore size membrane filter
Water	1.25 mass % (max.)	ASTM E 203-75
Appearance	Free of turbidity, suspended matter and sediment	Visually determined at 25°C by proc. A of ASTM D 4176-86

- a/ The denaturant must meet the ASTM D 4806-88 specification for denatured fuel ethanol, except the denaturant must be commercially available unleaded gasoline, which is then blended in a range of 4 to 5 parts by volume gasoline to 100 parts by volume fuel ethanol (including water) to form the denatured fuel ethanol. cannot be rubber hydrocarbon solvent. The final blend specifications for E-85 take precedence over the ASTM D 4806-88 specifications.
- b/ The denaturant for the denatured fuel ethanol is not included as a part of this percentage, but is included as a part of the total blend volume for percent calculation. The gasoline specified here (not denaturant) must meet local specifications for commercial unleaded gasoline, except for RVP. Hydrocarbon fraction shall have a final maximum boiling point of 225 degrees C by ASTM method D 86. oxidation stability of 240 minutes by ASTM test

method D 525 and No. 1 maximum copper strip corrosion by ASTM method D 130. Ethers must be aliphatic. No manganese added. Adjustment of RVP must be performed using common blending components from the gasoline stream. Starting 4/1/96, the hydrocarbon fraction must also meet specification for benzene, olefin content, aromatic hydrocarbon content, maximum T90 and maximum T50 found in California Code of Regulations, Title 13, sections 2262.3, 2262.4, 2262.7 and 2262.6 (T90 & T50), respectively.

{Staff intends to adjust the boundaries of the areas indicated in the ASTM D 4814-91b document referenced in c/ below to match the Air Resources Board's California air basin boundaries.}

- c/ RVP range of 6.5 to 8.7 for those geographical areas and times indicated for A, A/B, B/A and B volatility class fuels in Table 2 of ASTM D 4814-91b. RVP range of 7.3 to 9.4 for those geographical areas and times indicated for B/C, C/B, C, C/D and D/C volatility fuels. RVP range of 8.7 to 10.2 for those geographical areas and times indicated for D, D/E, E/D and E volatility fuels.
- d/ No added lead.
- e/ No added phosphorus.

---

NOTE: Authority cited: sections 39600, 39601, 43013, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).  
 Reference: sections 39000, 39001, 39002, 39003, 39010, 39500, 40000, 43000, 43016, 43018, and 43101, Health and Safety Code; and Western Oil and Gas Ass'n. v. Orange County Air Pollution Control District, 14 Cal. 3d 411, 121 Cal. Rptr. 249 (1975).

1991-11-30

**PRODUKTSPECIFIKATION****ETANOLBRÄNSLE TILL STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK**

Färg	Hazen	0-15
pH		min 5,2
Surhet (som ättika)	mg/l	max 80
Aldehyder (som acetaldehyd)	mg/l	max 15
Vatten	vikt -%	max 6,20 <i>(ändras till 6,5)</i>
Densitet (D 20/4)	kg/m <sup>3</sup>	805-815

**Bränslesammansättning**

95%-ig etanol	vol. %	95
Tändförbättrare	vol. %	2
MTBE	vol. %	2
Isobutanol	vol. %	1

Beslut om ändring av sammansättningen kan under försökperioden fattas av projektledningen.



## BILAGA D

### FÖRKORTNINGAR

* ASTM	American Society for Testing and Materials
* CAFE	Corporate Average Fuel Economy Biltillverkarens alla modeller genomsnittliga drivmedelsförbrukning (viktade)
* CARB	California Air Resources Board Kaliforniens luftvårdsverk
* CASH	Canada-America-Sweden-Hydrolysis Intressegrupps etanolprocess med vedråvara
* DDC	Detroit Diesel Corporation Amerikansk dieselmotortillverkare
* DG XII	Direction Générale Generaldirektorat inom EG för FoU
* DOE	Department of Energy Amerikanska energidepartementet
* E95	Drivmedel innehållande 95 vol% etanol, som kan vara vattenhaltig
* E100	Drivmedel bestående enbart etanol, som kan vara vattenhaltig
* ECE R49	(UN) Economic Commission for Europe Regulation 49 - Avgasprovmetod för tunga dieselmotorer
* EG	Europeiska Gemenskapen
* EGR	Exhaust Gas Recirculation Avgasåtercirkulation, dvs inblandning av avgaser i bränsle-luftblandningen

* EHC	Electrically Heated Catalyst
* EMR	Energy, Mines & Resources Canada (federalt ministerium)
* EPA	Environmental Protection Agency Amerikanska naturvårdsverket
* ETBE	Etyl-tertiär-butyl-eter
* FFV	Flexible Fuel Vehicle Drivmedelsflexibla fordon för bensin, etanol och metanol
* FTP	Federal Test Procedure (USA) Avgasprovmetod för lätta fordon, tillämpas även i Sverige
* GHR	Gas Heated Reformer Reaktor för framställning av syntesgas ur naturgas
* GM	General Motors
* HTW	High Temperature Winkler Förgasningsprocess
* IEA	International Energy Agency, Paris
* ISAF	International Symposium on Alcohol Fuels
* M85 - M100	Drivmedel innehållande 85 - 100 vol% metanol och resten bensin
* MTBE	Metyl-tertiär-butyl-eter
* NMOG	Non-Methane Organic Gases
* OMHCE	Organic Matter Hydrocarbon Equivalent
* PAC	Polycyclic Aromatic Compounds
* PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
* RVP	Reid Vapour Pressure

* SNV	Statens naturvårdsverk
* SSEU	Stiftelsen Svensk Etanolutveckling
* TBA	Tertiär butylalkohol
* TLEV	Transitional Low Emission Vehicle
* ULEV	Ultra Low Emission Vehicle
* VOC	Volatile Organic Compounds
* VW	Volkswagenwerk AG