

METANOL SOM ALTERNATIVT DRIVMEDEL

SAMMANSTÄLLNING

för

ALTERNATIVBRÄNSLEUTREDNINGEN

av

ECOTRAFFIC R&D AB

Åke Brandberg

December 1995

METANOL SOM ALTERNATIVT DRIVMEDEL

INNEHÅLL	Sid.
1. SAMMANFATTNING	1
2. METANOL - EGENSKAPER SOM DRIVMEDEL	2
2.1 Allmänt	2
2.2 Ottomotorbränsle	2
2.3 Dieselmotorbränsle	4
3. PRODUKTIONSVÄGAR FÖR METANOL	4
3.1 Råvara - produktionsprocess, allmänt	4
3.2 Naturgasbas	6
3.3 Olje- och kolbas	8
3.4 Biomassa/torvbass	8
3.5 Kostnader	9
3.6 Utsläpp vid tillverkningen	9
4. ANVÄNDNINGSSÄTT FÖR MOTORALKOHOLER	11
4.1 Ottomotorn	12
4.1.1 I befintlig bilpark	11
4.1.2 Alkoholmotor - FFV	12
4.2 Dieselmotor	16
4.2.1 Teknik	16
4.2.2 Utsläpp	16
4.3 Gasturbin, bränslecell	17
5. BRÄNSLEKEDJAN RÅVARA - SLUTANVÄNDNING	19
6. PÅVERKAN PÅ HÄLSA OCH MILJÖ	19
7. INTRODUKTION - FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GENOMFÖRANDE	22
7.1 Introduktionsvägar	22
7.2 Lagstiftning - ekonomiska incitament	23
7.3 Grunder för differentierade skatter	24
8. REFERENSER	27

METANOL SOM ALTERNATIVT DRIVMEDEL

1. SAMMANFATTNING

- Metanol är flytande drivmedel som hanteras som bensin och kan användas både för ottomotorer och dieselmotorer och för framtida hybridbilar med gasturbin eller bränslecell.
- Metanols problem är giftigheten om den drickes men ger i övrigt mindre risker än bensin. En andra nackdel är det lägre energiinnehållet.
- Vid förbränning är dess egenskaper sotfrihet och låg flamtemperatur värdefulla för avgaser utan partiklar och låg kväveoxidhalt.
- Metanol kan användas som komponent i bensin, helst i form av etrar, och ger då lägre hälsovådliga utsläpp från befintlig bilpark. Om detta har lagstiftning införts i USA (reformulerad bensin).
- Med metanol som ottomotorbränsle får motorn högre effekt och verkningsgrad än med bensin och med katalytisk rening ger avgaserna lägre utsläpp av ozonbildande, cancerframkallande och försurande ämnen.
- Bränsleflexibla fordon (FFV) med ottomotorer kan köras på godtyckliga blandningar av bensin och alkohol och erbjuder en väg att starta alkohol-användning utan att den från början är allmänt tillgänglig.
- Med metanol som dieselmotorbränsle kan motorn höga verkningsgrad nära nog behållas och avgaserna har mycket låg halt av kväveoxider och partiklar, varigenom katalytisk rening och avgasåterföring görs möjlig.
- Metanol kan framställas från alla kolhaltiga råvaror, inkl. biomassa, och är med naturgas som råvara nära konkurrenskraftig mot bensin medan biometanol är minst dubbelt så kostsam.
- Slutsatser om minskade skadliga utsläpp vid metanolanvändning förändras inte då hela produktionskedjan beaktas.
- Merkostnaden för alkoholdrivna fordon är lägst av alla alternativ, mycket låg eller ingen för FFV och 5-10 % högre för tunga dieselmotorfordon.
- Alternativa drivmedel behöver ekonomiska incitament för att kunna börja användas, särskilt om de är biobaserade, och differentierade skatter, som tar hänsyn till fossilresursförbrukning och skilda utsläpp av hälso- och miljövådliga ämnen bör då kunna tillämpas.
- För blandbränslen måste alkoholdelen ha den lägre skatten, även om den är kemiskt bunden (som i etrar) i proportion till dess andel för att undvika diskriminerande effekt.

2. METANOL - EGENSKAPER SOM DRIVMEDEL

2.1 Allmänt

Egenskaper av betydelse för motordrift för några drivmedel återges i *tabell 1*. Alkoholerna är kemiskt sett enkla och enhetliga, svavel- och kvävefria ämnen, vilket minskar komplexiteten av ämnen i avgaserna och möjliggör, i varje fall för metanol, sotfri förbränning (inga kol-kol-bindningar). Metanol är (liksom bensin) klassat som gift på grund av den höga giftigheten om metanol drickes. I övrigt är metanol snarast mindre hälsovådlig än bensin. Metanol är ej klassad som cancerogen.

Alkoholerna är relativt väterika bränslen och kan ses som lätthanterliga, kemiska vätebärare, då det är rätt enkelt att frigöra vätgas för användning i framtida bränslecell. Därigenom kringgås de svårigheter med direkt distribution i rör och lagring av vätgas, som i praktiken hindrar dess allmänna användning (liksom för naturgas).

Nackdel för alkoholerna är deras lägre energiinnehåll, vilket gör att större volymer måste hanteras jämfört med bensin och dieselolja.

Motoralkoholerna (metanol och etanol) är flytande drivmedel, som ur säkerhetssynvinkel måste hanteras på samma sätt som bensin (Ecotraffic 1992). I slutna tankar bildar metanolångor vid sommartemperaturer explosiv blandning med luft, vilket nödvändiggjort eliminering av alla tändanledningar (bensin bildar vid de flesta förhållanden ej explosiva blandningar). Vid öppna spill ger metanol däremot mindre risker jämfört med bensin genom att vara mindre flyktig, ha lägre ångdensitet och vara mer svårantändlig. Metanolbränder är inte så våldsamma som bensinbränder.

2.2 Ottomotorbränsle

Alkoholerna har högt motstånd mot självantändning, d v s höga oktantal och i verkligheten än bättre egenskap i detta avseende än vad den för bensin utvecklade oktantalsbestämningen anger, då den undertrycker den gynnsamma effekten av höga avdunstningsvärmen. Dessa ger också effekten att kyla förbränningsluften och få bättre fyllning i motorns cylindrar och därmed möjlighet till högre effekt (IEA/STU).

Högre tillåten kompression ger motorn högre verkningsgrad och minskar bränsleörbrukningen jämfört med bensindrif, till vilket också något högre flammhastighet och bättre magerbrinnegenskaper (luftöverskott) ytterligare bidrar. Alkoholer är således goda ottomotorbränslen med något försteg för metanol.

Alkoholerna kan användas både som sådana eller som komponent i bensin. Deras höga oktantal är då värdefull egenskap. Låg inblandning i bensin (ca 5 vol-%) är möjlig för användning för hela den befintliga bilparken (SDAB 1986). Annat sätt att använda alkoholerna är att i raffinaderiet använda dem för framställning etrar med än bättre egenskaper som bensinkomponenter (NUTEK a och b). Eterframställning har blivit ett verksamt medel i reformu-

Tabell 1. Kemiska och fysikaliska egenskaper

	Bensin Eurograde	Diesellolja	IPG (motorgas)	CNG (naturgas)	Metanol	Etanol	Väte
Sammansättning	C ₄ -C ₁₂ -kolväten	C ₁₂ -C ₂₄ -kolväten	Propan (95%)	Metan(etan)	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	H ₂
Syrehalt, vikt %	max 2,5 (-3,7)	--	--	--	49,9	34,7	2,008
Svavelhalt, vikt %	0,02-0,03	< 0,3	> 0,0003	> 0,0003	--	--	--
Kvävehalt, vikt %	--	--	0,51	0,128 (165 bar 25°C)	0,795	0,789	0,07 (vätvaka)
Densitet, g/ml	~ 0,75	~ 0,84	--	-162	65	78	-253
Kokpunkt, °C	30-200	150-350	-42	--	-94	-115	--
Frys punkt (grumlings-, stelnings-) °C	< -40	-9 --- -45	-190	--	4	--	--
Ångtryck vid 0°C, kPa	25	--	460	--	12	--	--
	45	--	810	--	31	--	--
	80	0,07	1350	--	77	--	--
	130	--	2080	--	165	--	--
	220	--	3100	0,55	1,11	1,59	13
Angdensitet relativt luft	3-4	--	1,57	-185	11	--	--
Flampunkt °C	-15 --- -40	> 40	-100	5,3-14,0	6,7-3 6	3,3-19	2-80
Brännbarhetsgränser i luft, vol %	1,4-7,6	0,7-5,0	2,4-9,6	0,43	0,55	0,52	3,5
Flamhastighet, m/s i luft, °C	0,50	--	0,47	735	470	425	--
Självantändningstemp	240-480	~ 230	460	--	> 700	--	--
D:o på het yta: gjutjärn °C rostfritt °C	< 700	< 700	--	--	> 700	--	--
	> 700	> 700	--	--	620	--	--
Ångbildningsvärme vid 20°C (vid kp) MJ/kg	0,35 (0,30)	0,25	(0,47)	(0,43)	1,18	0,79	8,4
Förbränningsvärme, MJ/lit (lägre)	-- 32,5	~ 35,5	23,6	~ 6,35	15,8(M100)	21,1(E100)	--
Stökiometriskt luftbehov, kg/kg	--	--	15,7	17,2	6,45	9,0	7,2
CO ₂ /MJ bränsle, g	~ 14,6	~ 14,8	64,6 (propan)	54,8(metan)	68,9	71,6	0
	~ 75	~ 75	112	130	109	109	--
Oktantal RON	≥ 95	--	97	120	89	90	--
MON	≥ 85	--	--	--	--	--	--
Cetantal	< 25	> 45	--	--	3	8	--

lering av bensin för minskade hälso- och miljöeffekter. Genom etrarna kan bensinens innehåll av lätta olefiner och aromater minskas, och, då de kan ha bioursprung, erbjuder de en väg att börja införa sådana i de annars helt fossilbaserade drivmedlen och så få avsättning för inledande nyproduktion.

2.3 Dieselmotorbränsle

God förmåga att motstå självantändning betyder låg tändvillighet (låga cetantal), och alkoholerna är därför egentligen dåliga bränslen för dieselmotorn. Svårigheten kan kringgåas (Nutek/KFB 1995) så att de kan användas även som dieselmotorbränslen och ge möjlighet till förbränning med låg eller ingen sotbildning. Det senare är ett av dieseloljedriftens stora problem.

Låg sotbildning är en värdefull egenskap för att kunna använda katalytisk avgasrening för att minska utsläpp av oförbränt och avgasåterföring (EGR) för att minska bildning av kväveoxider. Alkoholförbränningen ger i sig lägre lägre kväveoxidbildning genom lägre flamtemperatur jämfört med dieselolja.

Ett derivat av metanol är dimetyleter (DME), som har god tändvillighet i dieselmotorn och fördelen av kemiskt enkel uppbyggnad och sotfri förbränning (inga kol-kol-bindningar) men något högre tendens för kväveoxidbildning (Topsö). DME är emellertid en gas vid normal omgivningstemperatur (kokpunkt -25°C) och kan därigenom inte hanteras som bensin utan kräver helt separat distribution och lagring (i trycktank som för motorgas, propan). Ett bättre alternativ hade kanske DMM (dimetoxymetan; inga kol-kol-bindningar) varit, då den är en vätska men kokpunkten, $+45^{\circ}\text{C}$, är i lägsta laget.

3. PRODUKTIONSVÄGAR FÖR METANOL

3.1 Råvara - produktionsprocess, allmänt

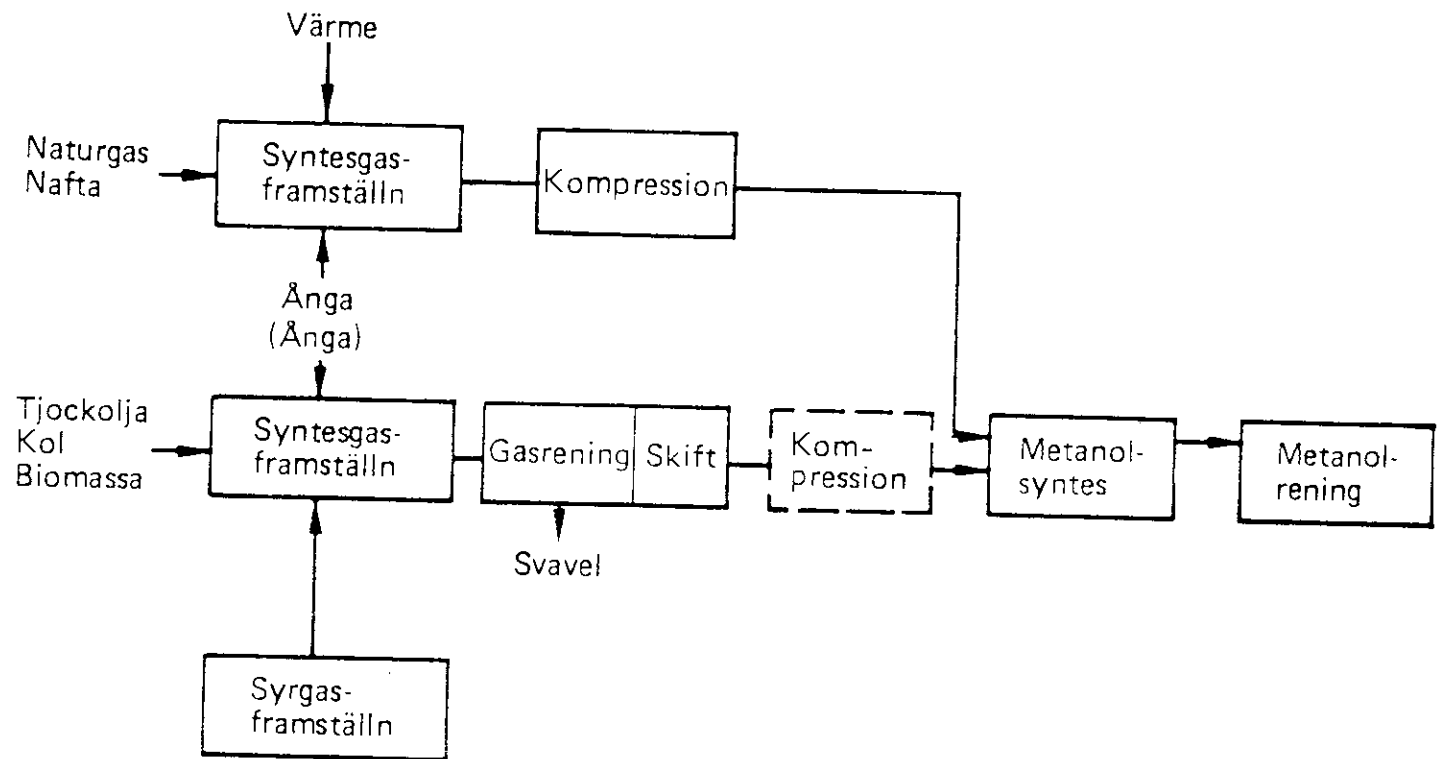
Metanol är en av de volymmässigt största kemikalierna på marknaden och noteras på börserna i bl a Rotterdam och Houston. Metanol är den snabbast växande produkten genom ökande användning som drivmedel, främst som ingående i etern MTBE. Produktionskapaciten är f n ca 25 Mt/år.

Dominerande **råvara** för metanol är naturgas men viss produktion sker från restolja, stenkol och brunkol. En liten tillverkning sker från metangas från avfallsdeponi. Omfattande utvecklingsarbeten har utförts med torv och biomassa (trä) som råvara för metanoltillverkning och tekniken kan betecknas som beredd för kommersiell demonstration.

Produktions**processen** (*figur 1*) börjar alltid med omvandling av råvaran till syntesgas (förgasning), som är en blandning av huvudsakligen kolmonoxid och väte, och följes av rening av gasen och inställning av förhållandet mellan väte och koloxider (skiftreaktion) för efterföljande katalytisk syntes, som sker vid förhöjt tryck och temperatur. Slutligen renas råmetanolen genom destillation till att ge en nästan vattenfri produkt ($<0,15\%$ vatten). Genom att syntesen sker under tryck är det förmånligt att även förgasningen sker under tryck för att minska energianvändningen i hela processkedjan.

FIGUR 1

Huvudstegen i processkedjan råvara - metanol



Renhetskraven på syntesgasen är höga m h t till katalysatorn men kan med väletablerad teknik väl uppfyllas utan hög kostnad genom att gasvolymen (utan kväveballast och trycksatt) att behandla är liten. Själva syntesen är mycket selektiv till metanol och ger endast ett par tiondels procent biprodukter (högre alkoholer, aldehyder, ketoner, etrar, estrar). Vid framställning av metanol som kemisk råvara (*tabell 2*) tas dessa bort vid destillationen, vilket knappast är nödvändigt för bränslemetanol.

Avsevärt utvecklingsarbete har lagts ned på reaktor- och processutformning för att minimera energianvändningen.

Syntesen kan styras till att producera också högre andel högre alkoholer (isobutanol av särskilt intresse) genom ändrat katalysatorsystem och ändrade driftbetingelser. Likaså kan DME (dimetyleter) direkt vara slutprodukt utan att metanol syns som mellanprodukt (Topsö).

Vattenhalten i råmetanol är 3 - 20 % (beroende på råvara) och energianvändningen för destillationen är därför måttlig. Metanol bildar inte azeotrop med vatten (vilket etanol gör) och komplicering av destillationen undgås.

Metanolkvaliteten är densamma oberoende av råvara.

3.2 Naturgasbas

Metanol har sedan 20-talet producerats ur naturgas, som är en okomplicerad och ren råvara. Förgasning kan utföras genom omsättning med ånga (steam reforming) över katalysator i indirekt värmda tuber. I nyare teknik har även syrgasförgasning börjat användas då den leder till lägre totala kostnader. Genom råvarans renhet är gasreningen enkel och den väterika råvaran (huvudsakligen metan) gör skiftning av syntesgasen obehövlig. Med metan som råvara blir investeringskostnaden lägst och tekniken lämpar sig väl för storskalig produktion. Utvecklingen har också medfört att kostnaden för processutrustning kunnat minskas (Kitchen 1992).

Moderna, energimässigt självförsörjande anläggningar byggs för ca 70 % utbyte av energiinnehåll i insatt råvara med potential till ca 80 %. Optimalt värde beror på avvägning mellan råvarukostnad och kapitalkostnad. DME-produktion anges kunna ge minst samma utbytestal, medan samproduktion av högre alkoholer medför något lägre utbytestal. Samma gäller för fortsatt syntes till kolväten (Mobil-processen). Det finns därför ingen anledning att producera något annat än metanol. Överföringen av kolinnehållet i gasen till slutprodukten ligger över 90 % och icke omsatt syntesgas, som används som processbränsle, är väterik.

Naturgasbaserad metanoltillverkning förläggs i ökande grad till närheten av gaskällorna med lågt alternativt gasvärde, då det är dyrare att transportera gas än den flytande produkten. Närmaste produktionsställen är Holland och England och ny anläggning byggs i Norge. Stora anläggningar finns i Ryssland.

TABELL 2

Metanolspesifikation (US federal)

Requirements for Grade A and Grade AA Methanol

Characteristics	Grade A	Grade AA
Acetone & Aldehydes %		
Max	0,003	0,003
Acetone % Max	-	0,001
Ethanol % Max	-	0,001
Acidity as Acetic Acid		
% Max	0,003	0,003
Alkalinity as NH ₃ %Max	0,003	0,003
Appearance	Clear & Colorless	Same
Carbonizable Substances	No discoloration	Same
Color	Not darker than color standard No.5 of ASTM Platinum cobalt scale	Same
Distillation Range	Not more than 1°C and shall include 64.6°C ± 0.10°C at 760 MM	Same
Hydrocarbons	No cloudiness or opalescence	Same
Specific Gravity Max	0,7928; 20°/20°	Same
Percent Methanol by wt		
Min	99,85	99,85
Non Volatile Content %		
Max	0,001	0,001
Odor	Characteristic, non-residual	Same
Permanganate Test	No discharge of color in 30 minutes	Same
Water % Max	0,15	0,10

Note: All percentages are on weight basis. The test methods for quantitative analysis are described in the specification.

3.3 Olje-och kolbas

Med dessa råvaror bygger förgasningstekniken alltid på syreförgasning, och gasreningen är mer omfattande bl a genom att råvarorna innehåller svavel och aska. Vidare krävs med dessa relativt vätefattiga råvaror den s k skiftreaktionen för att få rätt kvot mellan väte och koloxider för syntesen, varvid kol i form av koldioxid bortföres. Svavel blir en biprodukt och askan en avfallsprodukt.

Utbyten (i energitermer) i energimässigt självförsörjande anläggningar är ca 60 %, något högre med restolja som råvara, något lägre med stenkol och ytterligare något lägre med brunkol. Restoljebaserade anläggningar finns i Europa och finns även i en del raffinaderier för vätgasframställning. Stenkolbaserade anläggningar finns bl a i USA och Sydafrika och en brunkolbaserad i Tyskland. Samma förgasningsteknik har börjat användas även för elgenerering i kombicykel-anläggningar o d med högre elutbyten som skäl och av miljöskäl.

3.4 Biomassa/torvbas

Ingen kommersiell tillverkning av metanol med biomassa eller torv finns men åtskilligt utvecklingsarbete har utförts för trycksatt förgasning (Katovsky). Råvarorna är märmast brunkol i förgasningsegenskaper och tekniken för denna (HTW) har provats i tysk-finsk-svenskt samarbete. Detta ledde till att en kommersiell förgasare byggdes i Finland i en ammoniakfabrik för att komplettera en oljebaserad tillverkning (Koljonen 1993). Efter ett par års provkörningar lades dock ammoniaktillverkningen ned. Annat utvecklingsarbete i Sverige (KTH-Studsvik) ledde fram till den s k MINO-processen och i Finland (Ahlström resp. Tampella) till andra utformningar. Syreförgasning används i alla fallen. Annat utvecklingsarbete har utförts vid LTH (Lunds tekn. högskola)

En demonstrationsanläggning i Värnamo (Sydkraft 1993) använder förgasning av biomassa (ved) under tryck (Ahlström-cirkulerande, fluidiserad bädd, CFB) för att få gasbränsle för elgenerering via kombicykelteknik.

Ved och liknande material är reaktiva (lätt förgasade) men har nackdel att vara geografiskt spridda, voluminösa och ofta ha relativt hög fukthalt, vilket gör hanteringen vid transporter och i trycksatta anläggningar svårare än för andra råvaror. Förberedandet av råvaran är därför viktig både för transporter och hanteringen i fabrik medan ursprunget (t ex avfall av olika slag) har mindre betydelse.

Utbytestal i energitermer för metanol ur biomassa beräknas kunna vara drygt 50 % av energiinnehållet i råvarans torrsubstans i energimässigt självförsörjande anläggningar. Biprodukt kan vara hetvatten för fjärrvärme, varvid totalutbytet kan bli över 75 %. Aska måste vara lämplig för återföring till skog.

En utspridd, voluminös råvara betyder höga transportkostnader, vilka måste vägas mot storleken på konverteringsanläggningen för att använda sig av

skaleffekten optimalt. Det anses att metanoltillverkning kräver större storlek på anläggningen än motsvarande etanolanläggning för jämförbar kapitalkostnad för drivmedlet. Detta betyder å andra sidan att kostnaden svårligen kan fås låg för etanol.

3.5 Kostnader

Kostnaden för fossil metanol avspeglas säkrast i världsmarknadspriset, som styrs av produktionen i naturgasbaserade anläggningar. Prisnivån är som framgår av *Figur 2* normalt ca 60-65 % av motsvarande pris på bensin eller ca 0,7 kr per liter (SCB statistik för 1995 föreligger ännu inte; några dagsnoteringar kompletterar). Innanför tullgränser (EU har 13 % importtull) kan tillverkning till högre kostnad från andra råvaror och importerad naturgas ske. Vid obalanser mellan tillgång och efterfrågan har ibland stora prissvängningar skett.

Kostnaden för produktion ur biomassor har uppskattats i ett par svenska utredningar (Elam et al, Johanson) till att vara av storleksordningen 2 kr per liter metanol. Amerikanska studier (US DOE, Wright) har under andra förutsättningar kommit till än lägre framtida kostnader. Studier inom IEA (Michaelis 1993) indikerar lägsta kostnader för metanol från trä.

Till kostnaden för metanol vid fabrik eller importhamn kommer kostnad för ev. tillsatser (märkämnor, funktionstillsatser) och för distribution. Den senare kostnaden är för bensin ca 0,9 kr per liter. Denna sammansätts av en del direkt volymberoende (transport med tankfartyg och tankbil), en del delvis volymberoende (lagringscisterner o d) och en del närmast fast kostnad (distributörens administration, inköp, försäljning, vinst och bensinstationens pålägg). För distribution av nära dubbel volym metanol (SDAB 1986) för samma transportarbete har distribution i stor skala beräknats var ca 1/3 högre än för bensin, d v s ca 0,6 kr per liter. Hantering i mindre skala leder givetvis till högre kostnad per liter.

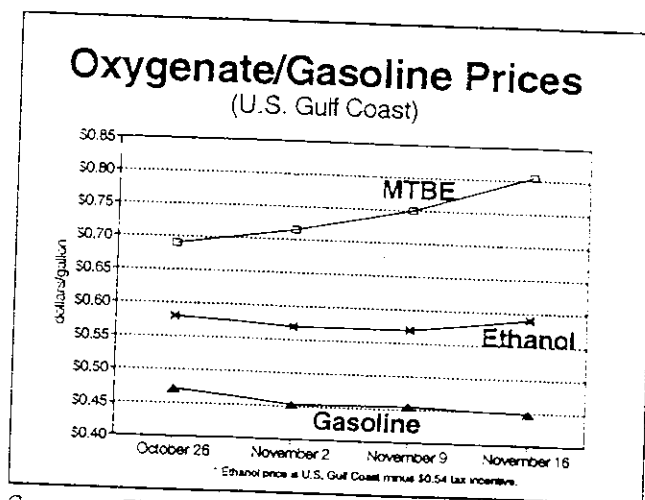
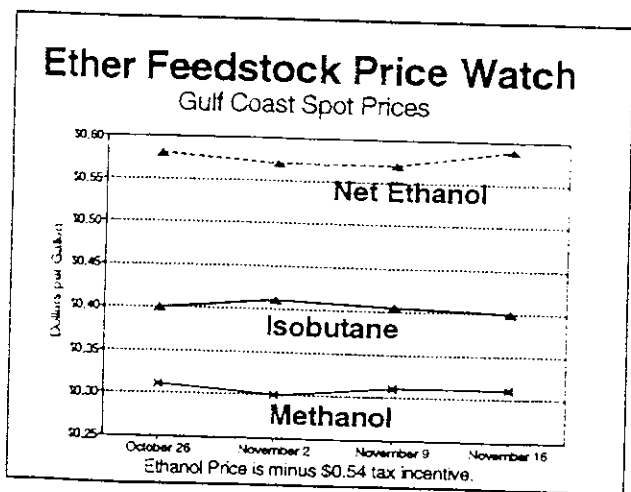
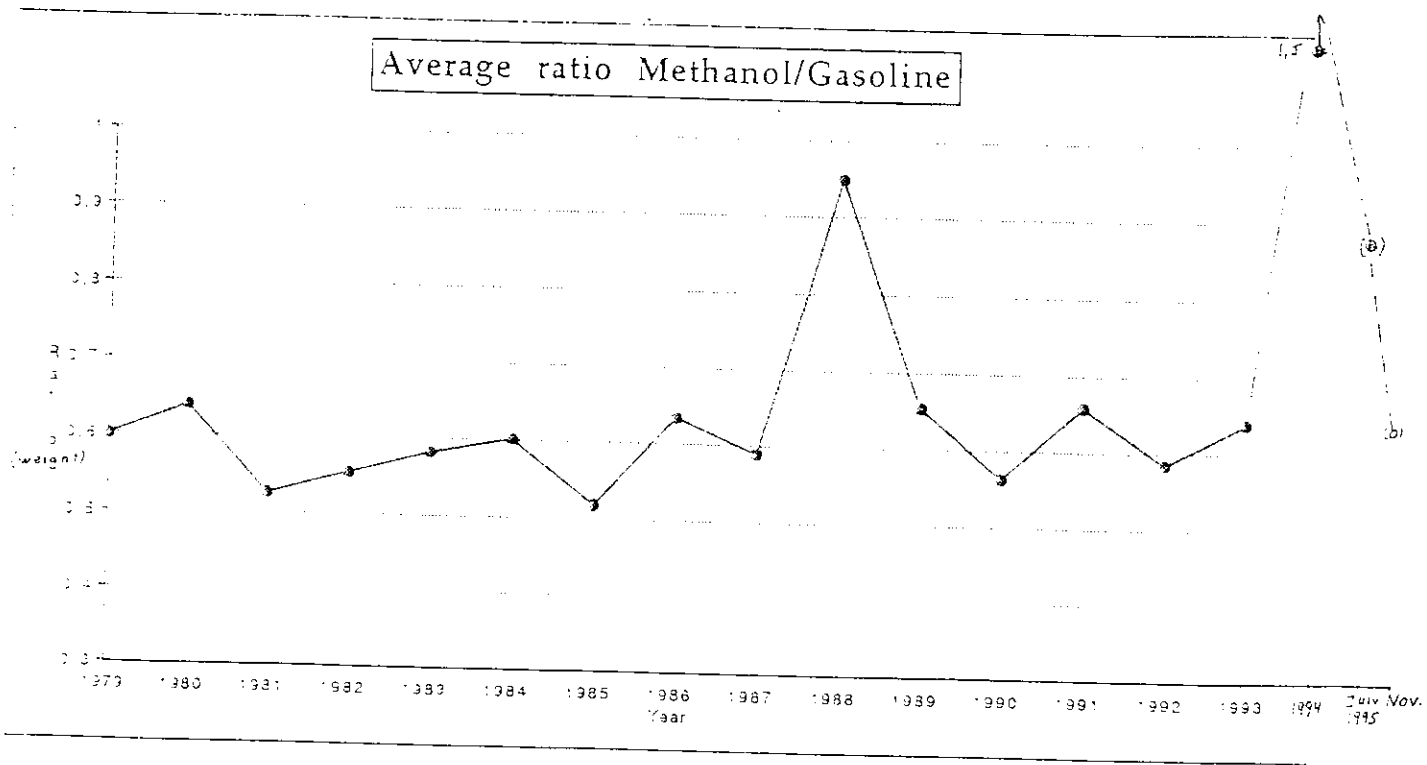
3.6 Utsläpp vid tillverkningen

Utsläpp från produktionsanläggningar kan förekomma både till luft och vatten och oftast finns ett fast avfall.

Med **naturgas** som råvara sker utsläpp till luft genom rökgaser från gaseldning med innehåll av kväveoxider och fossil koldioxid. Med modern brännarteknik ligger kväveoxidutsläpp på <30 mg/MJ, vilket motsvarar < 0,25 kg NO₂ per ton metanol. Då bränngasen till stor del består av väterik överskottsgas blir koldioxidutsläppet 0,15 ton per ton metanol (vid förbränningen av 1 ton metanol bildas knappt 1,4 ton CO₂). Diffusa, men svårligen mätbara utsläpp av metan kan förekomma, vilka måste hållas nere genom god övervakning och underhåll. Uppskattning av metanförlust på 0,1 % av råvaran, motsvarande <1 kg per ton metanol, har gjorts.

Utsläpp till vatten består endast av vattenfas från destillationen med lågt

Figur 2



Source: CPC and Hart/IRI

innehåll av organiskt material (0,02 %), som går till vattenreningsanläggning. Från utsläpp vid matarvattenberedning för ångproduktion bortses.

Fasta restprodukter är förbrukade katalysatorer och använd zinkoxid, som användes som svavelvakt före syntessteget. Alla dessa går normalt i retur till tillverkare för upparbetning.

Med **restolje-kol och biomassaråvaror** ökar utsläppen till luft genom att koldioxid avskiljes ur systemet i gasreningsstegen och denna gas innehåller spår av svavelföreningar (ca 10 ppm), motsvarande ca 0,1 kg per ton metanol, och halt av kolmonoxid (CO) motsvarande ca 5 kg per ton metanol. Vid svavelutvinningen avgår restgaser med svaveldioxid, som motsvarar ca 0,5 kg svavel per ton metanol. Totalt motsvarar svavelutsläppen ca 15 mg SO₂ per MJ insatt råvara (restolja, kol; betydligt lägre för biomassa). Produktion av ånga som hjälpenergi för fabriksdriften förutsättes ske med renad gas utan svavelinnehåll (<1 ppm).

Koldioxidutsläppen är av storleksordningen 2 ton per ton metanol (något högre för biomassa). I fallet biomassa är dock koldioxiden av bioursprung och inräknas inte i växthusgasutsläppen.

Syreförgasning sker vid så hög temperatur (efterbehandling vid MINO-processen) att bildning av tjäror undviks. I skrubbevatten vid gaskylningen löses spår av kolväten och stoft uppfångas. Dessa omhändertages i avloppsreningsverk, innefattande också kemiskt fällningssteg, tillsammans med vattenfas från destillation, och reningsresultatet bestäms av koncessionsvillkor. Överskottsslam från biologisk rening kan återföras till förgasningen.

Aska från råvarorna avskiljes som förglasad slagg med kol- och oljeråvara. Slaggen har god lagningsresistens och, om den inte kan användas som fyllnadsmaterial vid markarbeten eller i byggnadsmaterial, deponeras den i tätade lager med lakvatten kontroll. Med biomassaråvara separeras askan huvudsakligen i torrt tillstånd och det förutsättes att den kan återföras till växtområden för att ta vara på mineraliska näringsämnen. Kontroll av askans kadmiumhalt är nödvändig. För hög halt kan åtminstone till att börja med förhindra återföring och då återstår bara deponering eller någon form av behandling för att sänka kadmiumhalten.

Fasta rester är som i naturgasfallet även förbrukade katalysatorer, som normalt återgår för upparbetning.

4. ANVÄNDNINGSSÄTT FÖR MOTORALKOHOLER

Motoralkoholerna kan användas såväl i ottomotorer som dieselmotorer (SMAB 1978, IEA/STU 1986, Egnell 1991, Nutek/KFB 1994). Deras användbarhet i framtida drivkoncept (gasturbin, bränslecell) skall också granskas så att tillämpning på kort sikt är förenlig med en framtidspotential.

4.1 Ottomotorn

4.1.1 I befintlig bilpark

Enklaste sättet att utöka användningen av alkoholer för dagens bensindrivna ottomotorer är att använda dem som komponenter (oxygenater) i bensin som sådana eller som etrar efter reaktion med lätta olefinkolväten. Detta har i modern form skett sedan början av 70-talet. Effekten av sådan inblandning är att avgasernas halt av kolmonoxid (CO) och, i mindre grad, oförbränt bränsle (HC) minskar. Åtgärden har gjorts obligatorisk i USA i områden med CO-luftkvalitetsproblem. Oxygenaterna har som högoktaniga, icke aromatiska ämnen emellertid också befunnits vara verksamt medel i reformulering av bensin för att minska dennas utsläpp av potentiellt ozonbildande och cancerogena ämnen. Även detta har gjorts obligatoriskt i områden med problem i dessa avseenden. *Figur 3* (CRC-Auto/Oil) får representera resultat från de många undersökningar som gjorts med oxygenathaltig bensin.

Då oxygenatbensinen är avsedd för hela den befintliga bensinbilsparken måste inblandningen, som innebär minskning av bensinens energiinnehåll, begränsas, för att undgå körbarhetsproblem till att motsvara 2 - 2,5 mass-% syre. Detta regleras i EG-direktiv (EC 1984) och svensk bensinstandard. I praktiken begränsas inblandningen till 5-6 vol-% alkoholer eller 11-15 vol-% etrar. I USA tillåts högre halter och även EG-direktiven ger sådan möjlighet.

Zmax 1/10
5,7 vol-%
Etanol
och 11% ETBE

Blandningar med högre halter av alkoholer har provats för till blandningen anpassade fordon (M15-projektet.). Sådana blandningar med etanol är allmänt motorbränsle i Brasilien men i Europa kan de inte förväntas, då de inte kan införas som ny ytterligare kvalitet (det tillfället fanns då blyfri bensin skulle införas) utan blir hänvisade till ev. nisch användning.

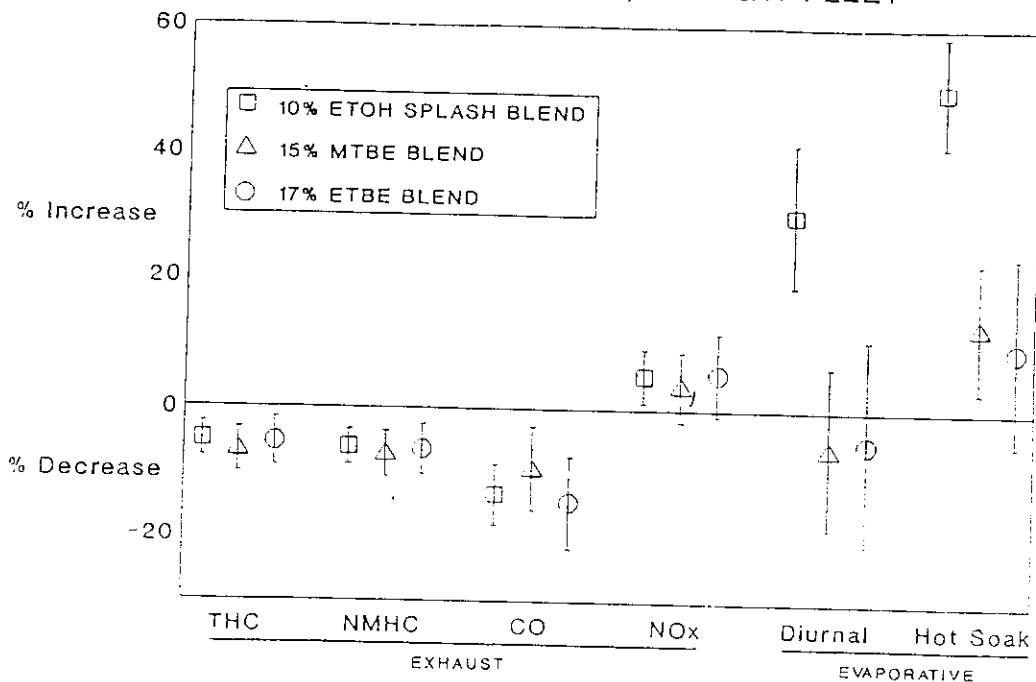
4.1.2 Alkoholmotor - FFV

Otto-motorn kan anpassas till att fungera med enbart alkohol som drivmedel. Därvid kan alkoholernas höga oktantal utnyttjas för högre kompression och därigenom lägre bränsleförbrukning (i energitermer). Minskningspotentialen i helt optimerade fordon kan vara över 20 % (Hodgson 1994). Alkoholmotorn får både högre effekt och verkningsgrad än jämförbar bensinmotor.

I Brasilien drivs 4,5 miljoner bilar med etanol och i USAs Alternative Fuel Vehicles(AFV)-program finns nu över 21.000 bilar, huvudsakligen i FFV-version (Fuel Flexible Vehicle) och i Sverige ett 50-tal av dessa (för E85). Tidigare drevs i Sverige ett demonstrationsprogram med metanoldrivna bilar (M100-projektet; SDAB 1987). Genom alkoholernas låga flyktighet är start vid låga temperaturer ett problem, som lösts på olika sätt. Den enklaste utvägen är att blanda in viss mängd (ca 15 vol-%) bensin med lämplig flyktighet (M85, E85). Nackdelen med bensininblandning är att avgasbildningen försämras. Det finns dock flera andra möjliga lösningar. Hondas FFV-motor kan startas med M100 vid -25°C med elvärmade tändstift, och den s k DISC-motorn (direct injection stratified charge) har visats kunna starta vid -29°C. Mitsubishi har nyligen lanserat en motor av denna typ för bensin med verkningsgrad som närmar sig dieselmotorns. Även VW och Ford har bekantgjort satsningar på motorer med direktinsprutning.

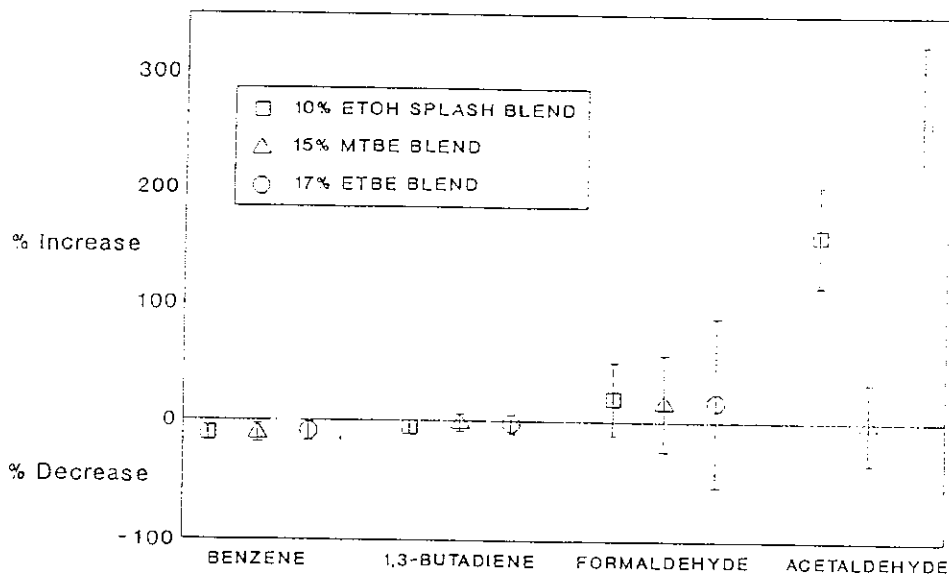
Figur 3

EFFECT OF OXYGENATES ON MASS EMISSIONS
RVP/OXYGENATE MATRIX, CURRENT FLEET



Note: Percent change due to adding oxygenate.

EFFECT OF OXYGENATES ON TOXIC EXHAUST EMISSIONS
RVP/OXYGENATE MATRIX, CURRENT FLEET



Note: Percent change due to adding oxygenate.

k&lla: Auto/oil

Införande av ett alkoholdrivmedel måste ses långsiktigt och behöver en flera decennier lång övergångsperiod för att succesivt bygga upp produktion och distribution. Under hela denna tid (ca 50 år eller mer?) behövs bilar med bränsleflexibilitet (FFV). Detta kan i ottomotorer lätt åstadkommas för drift med alkohol eller bensin eller blandningar därav i godtyckliga proportioner genom att använda en sensor som avkänner sammansättningen och styr bränsletillförseln (KFB 1994). Genom FFV-konceptet begränsas inte fordonens rörlighet p g a låg tillgänglighet av bränslet i distributionsledet under startperioden och lång tid därefter. Det gör att det nya drivmedlet inte måste användas bara i lokalt bundna flottor.

FFV-konceptet kan innebära att alkoholernas potential inte fullt utnyttjas men så behöver inte vara fallet. Optimering kan ske mot alkoholdrift men med vissa begränsningar vid bensindrif, som dock inte ger sämre prestanda än med bensinversionen (TNO 1988, 1991). I den flotta av FFV av lägre optimeringsgrader i USAs AFV-program, som analyserats, visade de i medeltal 8 % lägre energianvändning än motsvarande bensinbilar.

Huvudskälet för alkoholdrivmedel är minskade miljö- och hälsorisker och möjligheten att få drivmedel med bioursprung även om försörjningsskäl också åberopats (Brasilien, USA). Huvuddelen av utförda kartläggningar har gjorts med M85 bränsle i FFV och diagrammen i *figur 4* får representera resultaten för jämförbara bilar (certifierade för samma utsläppskrav, TLEV; Imbrecht 1992, Bechthold 1993). Resultaten sammanfattas av California Energy Commission (CEC) och California Air Resources Board (CARB) i följande:

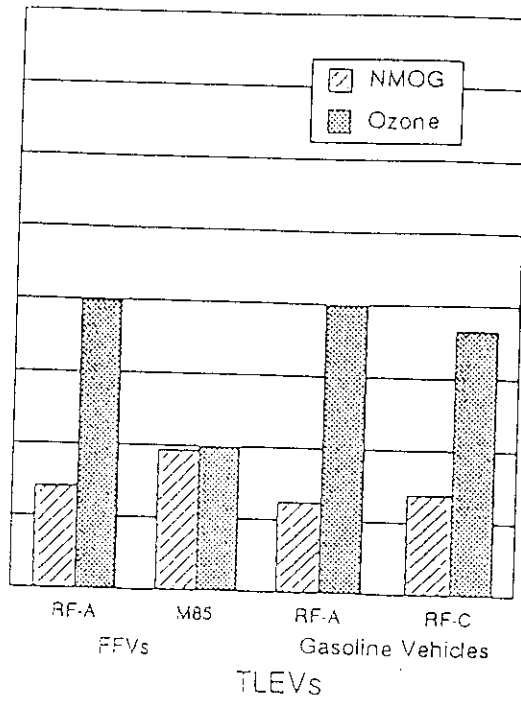
- Kväveoxidutsläppen var vid M85-drift lägre än vid bensindrif och på den framtida lägre kravnivån för lågemissionsbilar (LEV; <0,125 g/km; en effekt av låg flamtemperatur).
- Potentialen för ozonbildning var med M85 mindre än hälften så stor som med genomsnittlig bensin och ca 30 % lägre än med bästa reformulerade bensin trots att massutsläppen var lika eller högre med M85. (Detta beror på utsläppens förändrade sammansättning; motsvarande kunde noteras för utsläpp genom avdunstning.)
- Cancerrisken genom utsläpp av vissa gasformiga ämnen ("air toxics") minskades kraftigt med M85 jämfört både med vanlig och reformulerad bensin. (De med M85 högre utsläppen av formaldehyd kompenseras vid sammanvägning av mycket lägre utsläpp av mer toxiska bensen och butadien.)

CECs analys stöds av andra undersökningar av US EPA med provfordon i egna flottor och av undersökningar efter långa körsträckor (160.000 km) på annat håll (New York). Alla undersökningar ger inte dessa resultat på grund av att variationer mellan bilar kan vara större än bränsleeffekten.

Indikationer från utveckling av motorer för drift med enbart metanol (M100) visar att ytterligare minskade effekter av utsläpp kan uppnås.

Undersökningar med etanol som alkohol (E85) visar att goda resultat kan

FIGUR 4.1

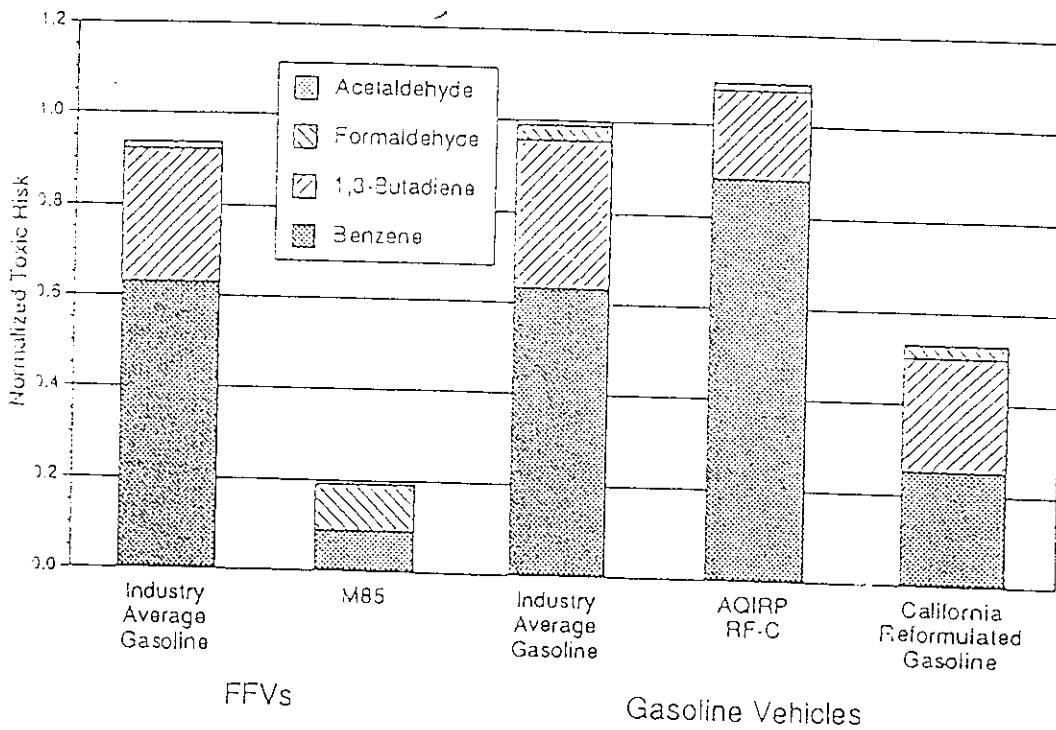


Comparison TLEV data

NMOG = Non-Methane Organic Gases

Källa: Calif. Energy Commission

FIGUR 4.2



Cancer weighted toxicity comparisons of TLEV FFVs and gasoline vehicles

Källa: Calif. Energy Commission

erhållas (Baudino 1993; CRC-Auto/Oil 1995) men effekterna är i alla avseenden mindre än med metanol.

Stort antal FFV leder till möjlighet att avsätta alkoholer från nyproduktion på marknaden.

Kostnaden för FFV borde vara marginellt högre än för en bensinbil men säljs nu i USA till samma pris som denna.

4.2 Dieselmotor

4.2.1 Teknik

Dieselmotorn bygger på spontan antändning vid insprutning av bränsle direkt i den heta komprimerade luften i cylindrarna. Genom hög kompression och mager förbränning (stort luftöverskott) uppnås hög verkningsgrad, högre än för ottomotorer, som begränsas av bränslets egenskaper. Drift med dieselolja som bränsle ger problem med höga utsläpp av kväveoxider och partiklar med hälsovådliga egenskaper, som kan minskas men inte elimineras med de miljöklassade dieseloljorna.

Med svårantändliga bränslen som alkoholer i dieselmotorn måste någon form av tändhjälp tillgripas (Nutek/KFB 1995). Detta kan antingen ske genom inbyggnad av ett glödstift eller tändstift eller genom att till alkoholen tillsätta några procent av ett mycket tändvilligt ämne. Båda sätten användes och görs i kombination med ytterligare förhöjd kompression (24:1). Egentligen behövs tändhjälpen bara vid kall start och vid låg belastning av motorn. Dieselmotorns höga verkningsgrad kan nära nog vidmakthållas.

Tillsats av tändförbättrare leder till hög merkostnad för drivmedlet och till ett specialbränsle, vilket är en stor nackdel i distributionen.

Alkohol drift av tunga dieselmotorer har utvecklats av samtliga stora motortillverkare. Systemet med glödstiftassistans synes vara det vanligaste, ibland i kombination med avgasåterföring (EGR) i Nordamerika men även tändstiftsystem används (Japan) och i det svenska programmet för etanoldrift av främst kollektivtrafikens bussar används tillsats av tändförbättrare. Volkswagen har utvecklat en liten 1,9 lit. direktinsprutad och glödstiftassisterad motor för metanol.

Kostnaden för tungt fordon med motor för alkohol drift innebär merkostnad, som i fallet kollektivtrafikbussar varit ca 100.000 kr.

4.2.2 Utsläpp

Alkohol drift leder till avsevärt sänkta utsläpp av kväveoxider, närmast eliminerade utsläpp av partiklar, bensen och svaveloxider men något ökade utsläpp av aldehyder. Dessa kan minskas med katalytisk rening, vilket visats (Emissionsteknik 1995). Sammantaget ger alkohol driften avsevärd minskning av potentialen för både cancerrisk och ozonbildning samtidigt som den ger möjlighet att basera drivmedlet på biogas och kraftigt minska utsläpp av växthusgasen koldioxid.

Undersökningar av etanoldrivna bussar i Stockholm och Skaraborg (Rydén/Egebäck 1993 resp. Befri 1995) gav ca 40 % lägre utsläpp av kväveoxider jämfört med bästa dieseloljedriven buss (*tabell 3*). Motsvarande mätningar finns inte gjorda med metanol men mätningar (motorcertifieringar) på andra håll visar ännu större reduktion. Detta gäller även cancerrisker och ozonbildning. Dessa mätningar visar också att bäst resultat erhöles med glödstiftförsedd motor och att inblandning av kolväten i alkoholbränslet (M85, E85) försämrar avgasbilden (*tabell 4*).

Utvecklingen av den katalytiska avgasreningen sker för alla slags bränslen och minskar kraftigt nivån på många utsläpp men förändrar inte den ovan angivna rangordningen. Katalytisk reduktion av kväveoxidutsläpp från dieselmotorer finns dock ännu inte och reduktion av metan är svår och outvecklad. Katalytisk rening ställer krav på drivmedlen att dessa skall ha mycket låg svavelhalt, vara fosforfria och ej bilda för mycket sot.

4.3 Gasturbin, bränslecell

Andra energiomvandlare för fordonsdrift än kolvmotorn är gasturbinen och bränslecellen. Den förra har lanserats bl a i Volvos hybridbilar (ECC, ECB, ECT med höghastighetsgenerator, HSG) som miljökoncept. De ingår också i utvecklingsarbeten hos Chrysler, Ford och GM i PNGV-projektet (Partnership for New Generation Vehicles). I hybridbil kan konstant driftpunkt väljas för att få acceptabelt god verkningsgrad. Kontinuerlig förbränning i en gasturbins brännkammare ger mycket låga utsläpp av både oförbränt och kväveoxider (tiodel) jämfört med kolvmotorn men kräver givetvis ett rent bränsle. Alkohol med sotfri förbränning, främst metanol, torde vara ett idealiskt bränsle för gasturbinen, vilket erfarenheter från tester inom kraftindustrin (Vattenfall 1991) visat.

Den elektrokemiska bränslecellen (IVA 1994) har vätgas som bästa bränsle och ger praktiskt taget nollutsläpp genom att den katalytiska förbränningen sker vid mycket låg temperatur, som inte ger någon kväveoxidbildning. Samtidigt har bränslecellen potential till högre verkningsgrad än vad som kan nås med förbränningsmotorer förutsatt att elkretsen med batteri-elmotor inte drar ner verkningsgraden, vilket synes kräva utveckling utöver dagens status.

Det finns i dag inget acceptabelt sätt för allmän användning att medföra vätgas i tillräckligt förråd för fordonsdrift med behövlig körsträcka. Detta problem kan lösas genom att som bränsle använda metanol som vätebärare och använda bränslecelltyp som direkt kan förbränna metanol eller i fordonet katalytiskt separat spalta metanol till vätgas, som sedan tillföres bränslecellen. Utveckling av bränslecelldrivna bussar med metanol som bränsle pågår i USA (Ballard 1995).

Metanol som nytt drivmedel är således ett alternativ som kan användas i kolvmotorer, som finns i dagens fordonsparker, och väl kan passa in i framtida

TABELL 3. Reglerade utsläpp* enl. ECE R49 resp. busscykeln

	ECE R49, g/kWh			Busscykel, g/km		
	SL	Skarab.	Krav 1996	SL	Skarab.	(Bästa med dieselolja)
CO	0,28	0,21	4,0	0,09	0,18	(1,6)
HC	0,09	0,22	1,1	0,1	0,17	(0,8)
NO _x	3,5	4,09	7,0	6,5	6,48	(11,2)
Partiklar	--	--	0,15	0,03	0,03	(0,2)

* Med oxidationskatalysator

TABELL 4. Certifieringsdata för DDCs (Detroit Diesel Corporation) metanolmotor (med katalysator) med olika drivmedel enligt den amerikanska transienta provcykeln (inklusive försämringsfaktorer för 240 000 miles körsträcka).

g/kWh	CO	HC	NO _x	Part.	Formaldehyd
Drivmedel					
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.

drivkoncept, inkl. bränslecell. Ingen återvändsväg beträdes, vilket kan vara fallet med andra alternativ.

Metanol torde ha något försteg framför etanol p g a högre risk för kolutfällning på katalysatorn och värmeväxlarytor med etanol.

5. BRÄNSLEKEDJAN FRÅN RÅVARA TILL SLUTANVÄNDNING

Energianvändning och utsläpp kan inte brdömas enbart från fordonsdriften utan hänsyn måste också tas till alla led, råvaruutvinning/framställning, produktion och distribution, ofta något oegentligt kalld livscykelanalys, LCA.

Figur 5.1-3 visar resultat (Ecotraffic 1992) från beräkningar för hela kedjan för att antal drivmedel vad gäller energiresurser, sura gaser och växthusgaser (koldioxidekvivalenter). I det senare fallet görs skillnad mellan koldioxid av fossilt ursprung och sådan ingående i ett kort kretslopp (ca 100 år eller betydligt mindre), vilket är en väsensgrundsyn.

Den fossila **resursförbrukningen** (5.1) ökar 10-40 % för råolja- och naturgasbaserade drivmedel (högst för metanol ur naturgas) utöver förbrukningen i slutanvändningssteget. För biobaserade drivmedel är den bara 5-20 % av denna förutsatt att biobränslen används i produktionsledet. Energiresursomsättningen är visserligen stor för biobaserade drivmedel (en följd av råvarutypen), men det rör sig då huvudsakligen om av i biomassa upplagrad solenergi, för vilken endast små insatser av fossil energi behövt göras.

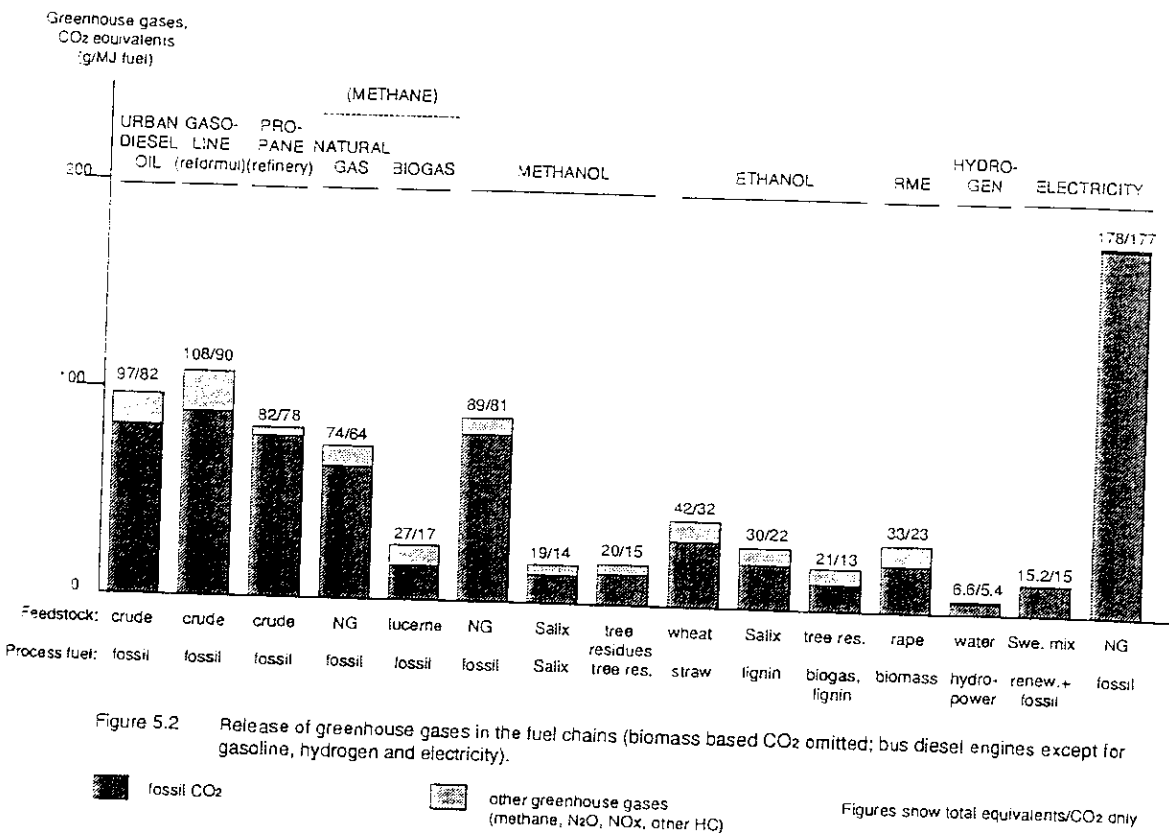
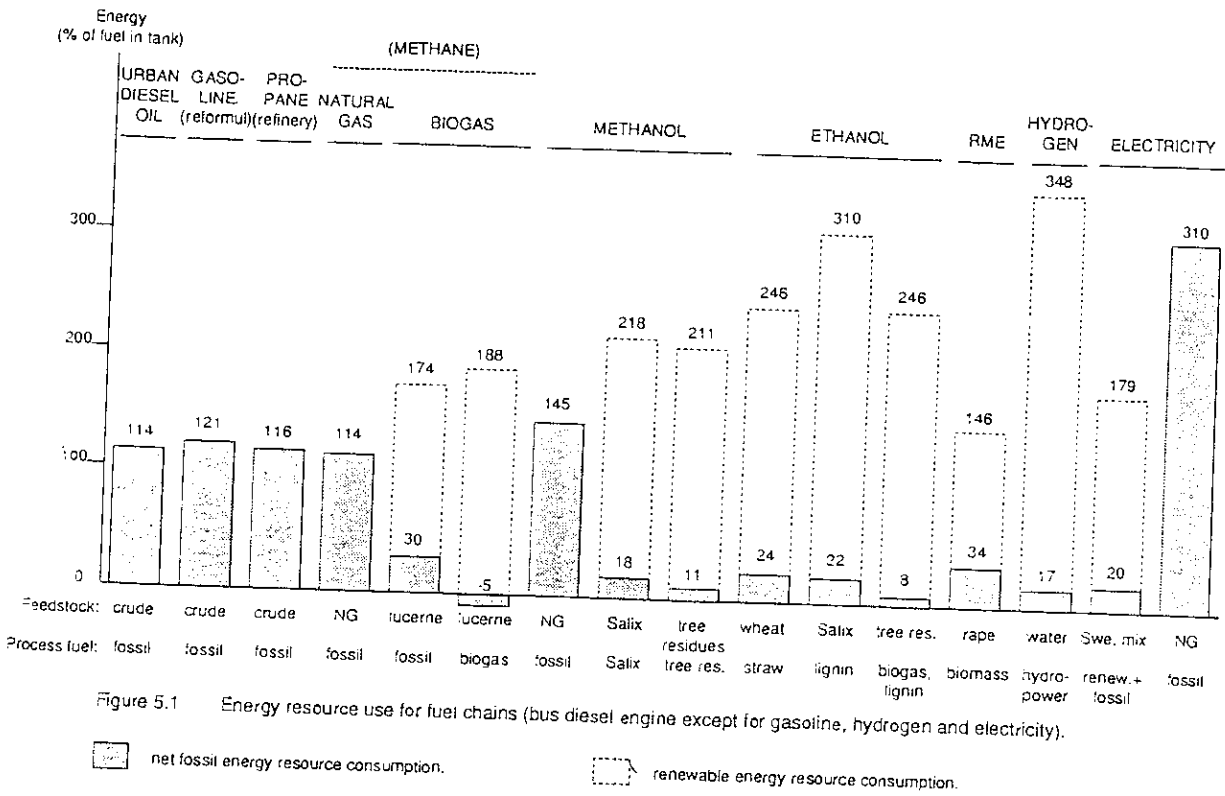
Utsläppen av **växthusgaser** (5.2) är högst för bensin och dieselolja, nästan lika höga för metanol ur naturgas men 60 - 80 % lägre för biobaserade drivmedel som metanol och etanol. Fosssil koldioxid är den helt dominerande gasen och tillskotten för bio-alkoholerna från de tidigare leden är inte högre än för bensin.

Svavel- och kväveoxider är utsläpp av gaser med **försurningseffekter**. Här ligger dieseloljedrift av dieselmotorer högst (5.3) genom de höga kväveoxidutsläppen från dessa och ett visst tillskott av svaveloxider i tidigare led av bränslekedjan. Metanoldrift av dieselmotorer ger ned mot hälften så höga utsläpp trots större bidrag från tillverkningsledet. Etanol intar en mellanställning med än större tillskott från de tidigare leden. Lägst värden uppvisas för användningen av ottomotorer med kväveoxidreducerande katalytisk avgasrening.

6. PÅVERKAN AV HÄLSA OCH MILJÖ AV UTSLÄPP

Drivmedelstillverkningen och trafiken bidrar i betydande grad till utsläpp av hälso- och miljövådliga ämnen, och dessa tenderar att öka om inte motåtgärder sätts in. Själva trafiken är den dominerande källan för de flesta

Figur 5



Figur 5 (forts.)

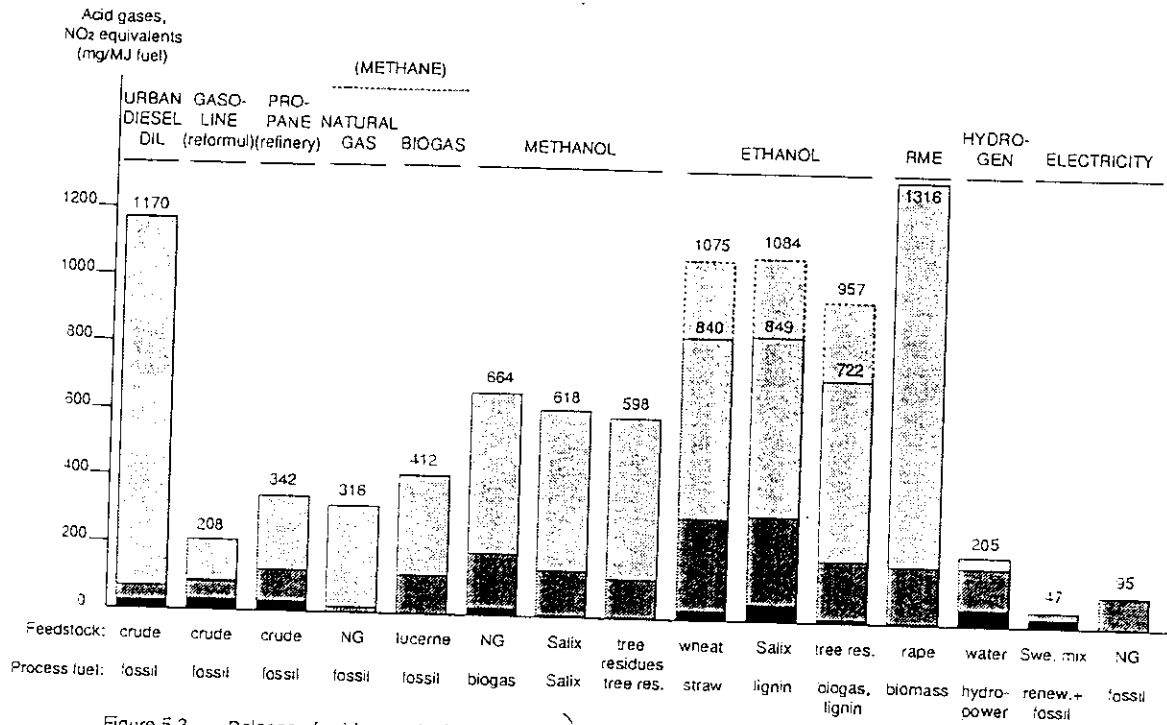


Figure 5.3 Release of acid gases in the fuel chains (bus diesel engines except for gasoline, hydrogen and electricity).

Figures show total equivalents

utsläpp i hela kedjan från råvara till utfört transportarbete, vilket leder till att hälsoproblemen framför allt finns i tätorter.

Mål för utsläppsreduktioner har ställts på kort sikt och i flera fall på lång sikt. De senare innebär mycket långtgående reduktioner, 80-90 % för att kunna närma sig ett hållbart transportsystem.

Metanols möjligheter till att bidra till minskning av hälso- och miljöpåverkan synes vara bland de allra bästa alternativen, inte minst genom att metanol på sikt kan långtgående penetrera drivmedelsmarknaden. Vi kan konstatera att

- försurande utsläpp är låga; metanol är svavel- och kvävefritt och har låga utsläpp i tillverkningsleden och lägst utsläpp av kväveoxider vid drift av förbränningsmotorer
- ozonbildningspotentialen är avsevärt lägre (80 %) än för de nuvarande drivmedlen, vartill de låga kväveoxidutsläppen medverkar
- canerriskerna med metanol som drivmedel reduceras avsevärt; metanol är i sig inte cancerogent och av förbränningsprodukterna är risken bara förknippad med formaldehydutsläpp, som dock bedöms som acceptabla med effektiv katalytisk rening; till låg cancerrisk bidrar också förbränning fri från sot och patiklar
- risker för luftvägssjukdomar minskas genom låga/inga utsläpp av partiklar, svavel- och kväveoxider, ozonbildande ämnen
- växthusgasutsläpp är med fossil metanol (naturgasbaserad) inte högre än för de nuvarande drivmedlen och kan kraftigt (80 %) minskas med bi-massabaserad metanol.

7. INTRODUKTION - FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GENOMFÖRANDE

7.1 Introduktionsvägar

En naturlig men begränsad väg för introduktion av metanol (alkoholer) som drivmedel är att använda den för i dag bensindrivna ottomotorer. Dess egenskaper utnyttjas då bäst, vilket ger den högst värde, och vinster görs ur energisynvinkel.

Direkt användning som komponent i bensen måste åtföljas av viss andel högre alkoholer av vattentoleransskäl. Direktinblandning passar bättre för etanol, som dock kan vara den högre alkoholen för metanol (SDAB 1986). En bekvämare och helt accepterad väg till bensinkomponent för alkoholerna är etrar, som dock kan vara begränsade vad beträffar tillgången (Nutek b). Etern MTBE är i dag vanlig komponent i bensen på kommersiella villkor (metanol baserad på naturgas). I distributionsledet är dock lagring i bergrum på vattenbädd ett hinder, som måste lösas (förslag finns). Tills dess kan alkohol/eter blandas vid utlastning från depå.

Alkoholdrift av bränsleflexibla bilar (FFV) en väg som kan utvecklas till mycket stor användning (Ecotraffic 1994). FFV-konceptet ger möjlighet att anpassa

användningen till att vara i balans med uppbyggnad av tillgången, men det behövs under lång tid.

Att använda alkoholer som drivmedel i dieselmotorer möter inga tekniska hinder men fördelar ur energisynvinkel vinnes inte utan måste motiveras med vinster ur utsläppssynpunkt. Detta motiv passar för ersättning av dieseloljedrift i tätorter (KFBs Motoralkohol-program). Detta är emellertid inte tillräckligt för att lösa tätortens luftkvalitetsproblem, för vilket det mycket större antalet personbilar och lätta bensindrivna fordon är minst lika stor orsak.

7.2 Lagstiftning - ekonomiska incitament

Introduktion av nytt drivmedel kan ske antingen genom lagstiftning, som föreskriver användning av alternativ till råoljebaserade drivmedel, eller genom att skapa ekonomiska incitament så att marknaden slår in på denna väg, ev. i kombination med lagfästa avgaskrav som alternativen hjälper till att uppfylla.

Den förstnämnda vägen tillämpas i USA (Sinor 1995; ref. uppdateras kontinuerligt). Clean Air Act Amendment 1990 innebär obligatorisk användning av oxygenater som bensinkomponent under vissa förhållanden. Energy Policy Act 1992 föreskriver att offentliga och vissa privata flottor i en del områden med föroreningsproblem skall i viss takt börja använda andra drivmedel än bensin och dieselolja men lämnar åt marknaden att bestämma vilka. Lagstiftningen har dock inte kombinerats med ekonomiska styrmedel till förmån för alternativen (med undantag för majsbaserad etanol och naturgas). Tvärtom finns exempel på drivmedelsbeskattning som är motverkande. Försök från US EPAs sida att föreskriva att viss andel av oxygenater skulle vara av bio-ursprung misslyckades.

Introduktion av ett nytt drivmedel bör åtföljas av ekonomiskt, om än litet, incitament för konsumenten för att använda det. Lärdomar från USA både vid det tidigare införandet av blyfri bensin och på senare tid av reformulerad bensin visar att svårigheter och missbruk, som motverkar syftet, då kan undgås. Exempel från Europa visar att syftet då understödjes. I Sverige kan det snabba genomslaget för blyfri bensin, miljöklassad bensin och dieselolja vara goda exempel på verkan av differentierad beskattning.

Metanols användning för produktion av etern MTBE sker kommersiellt. Dess värde är så högt att tillverkning med den, jämfört med bensin, något dyrare metanolen (per energienhet) med naturgas som bas, kan motiveras. Däremot är detta inte fallet med bio-metanol och än mindre med bio-etanol. Före mitten av 80-talet, då bensinpriset var högt, användes även direkt inblandning av metanol (tillsammans med högre alkohol som TBA) i rätt stor omfattning i Europa (1,7 Mt/år, d v s högre andel av bensinen än för Gasohol i USA idag), trots att den beskattades per liter som bensin. Denna användning är nu liten (<100.000 m³ per år i Tyskland).

7.3 Grunder för differentierade skatter

Differentierad beskattning som ekonomiskt styrmedel måste vara väl motiverat och grundas på både resursanvändning, hälso- och miljöeffekter, de senare innefattande också växthuseffektpåverkan. Nuvarande drivmedelskatter består av en energiskatt och en koldioxidskatt. Den förra skall reflektera också olika inverkan på hälsa och miljö. *Tabell 5* visar nuvarande skatter (nov. 1995 före vissa redan beslutade höjningar, CO₂ och indexering) både per volym (som lagtexten anger) och per energienhet. (Alkoholskatterna m fl förutsätter att regeringen beviljat dispenser som vid tidigare lägre beskattning så att försöks- och demonstrationsverksamhet kan fortsätta tillsvidare.)

Differentieringen av skatter (icke fiskala delar) bör innehålla flera element för bedömning av olika hälso- och miljöeffekter och vara långsiktigt hållbar. En del effekter beror inte bara på drivmedlet utan har med fordonen att göra och borde vara motiv för differentierad beskattning till följd av miljöklassning av dem. Följande olika element föreslås för bedömningen, nämligen

- resursanvändningen för hela kedjan och basering på energiinnehåll,
- växthusgasutsläpp i hela kedjan, d v s ej bara på koldioxid,
- utsläpp av försurande gaser i hela kedjan (kraftigt fordonsrelaterade),
- utsläpp av partiklar och cancerogena ämnen,
- utsläpp av akut hälsovådliga ämnen,
- utsläpp av övriga miljöskadliga ämnen, t ex ozonbildande,
- utsläpp av ozonskiktförstörande ämnen (inte bränslerelaterade).

Resursanvändningen måste avse fossila resurser och innehålla korrektionsfaktor för densamma i hela kedjan och vara baserad på energiinnehåll även om den anges per volym (liter), som är lätt att mäta. Det är således väsentligt att klart se skillnad på fossil och förnybar energi, vilket också gäller kolursprunget. Metanol, som baseras på naturgas, har högre resursanvändning än bensin och dieselolja, medan bio-metanol har ca en tiondel av denna.

Utsläpp av växthusgaser (koldioxid, metan, dikväveoxid, m fl) måste ses i hela kedjan och utsläppen vid användningen korrigeras med en faktor eller tillägg. Detta är inte noll även om drivmedlet och processbränsle är helt av bio-ursprung p g a de övriga gaserna. Naturgasbeaerad metanol har inte högre växthusgasutsläpp än bensin, och bio-metanol (och bio-etanol) har lägsta utsläpp, ca en fjärdedel eller lägre, av alla drivmedelskedjor.

Metanol ger låga utsläpp av kväveoxider, kanske lägst av alla drivmedel från motorn enligt senare rön, och även totalt i kedjan, trots något högre tillskott från produktionsleden. Låga utsläpp från ottomotorn är helt beroende på avgaskatalysatorn och blir därigenom ett fordonsrelaterat resultat. Svavelfria och reaktiva drivmedel som metanol bör därvid ges ett plus. På dieselmotorer används oxidationskatalysator för att kontrollera aldehydutsläpp med metanol.

Cancerogena ämnen från metanoldrift är bara formaldehyd medan övriga ämnen inte finns alls eller i mycket låg halt, varför den sammantagna effekten blir låg och står tillbaka bara för metangasdrift.

Tabell 5

Drivmedelsskatter* - nuvarande i öre per liter (per Nm³ för naturgas/biogas) resp öre/kWh

	Energi- skatt	CO ₂ - skatt	Total skatt	Energi- skatt	CO ₂ skatt	Total skatt
	öre/liter			öre/kWh		
Bensin, oblyad MK 3	328	79	407	36,4	8,8	45,2
Bensin, oblyad MK 2	322	79	401	35,8	8,8	44,6
Dieselolja MK 1	144,2	98,2	242,4	14,7	10,0	24,7
Dieselolja MK 2	164,4	98,2	262,6	16,8	10,0	26,8
Dieselolja MK 3	191,0	98,2	289,2	19,5	10,0	29,5
Propan (motorgas)	90	51	141	13,7	7,8	21,5
Naturgas (metan) (/Nm ³)	149,8	72,5	222,3	13,9	6,7	20,6
Naturgas (tidigare beskattning) ¹	18,7	72,5	91,2	1,7	6,7	8,4
Biogas (metan) (/Nm ³)	0	0	0	0	0	0
RME	0	0	0	0	0	0
Metanol	82	0	82	18,7	0	18,7
Etanol (i blandning)	82	0	82	14,0	0	14,0
Etanol (demo-drivmedel)	0	0	0	0	0	0

* 25 % moms tillkommer på alla skatter

1) Andringen till den högre skattesatsen beror på den anpassning som Sverige gjort till EUs regler. Inom EU skiljer gällande direktiv inte på ursprunget av motordrivmedel. Undantag får dock göras för drivmedel som används i begränsad omfattning i pilotprojekt.

Till akut hälsovådliga ämnen räknas vanligen kolmonoxid (CO), olefiner, aldehyder, ozon, partiklar, svavel- och kvävedioxid. Sammantaget bedöms metanoldrift med katalytisk avgasrening höra till de minst skadliga och står tillbaka bara för metangasdrift. Metanols bidrag till växtskador genom ozon och kvävedioxid (och svaveloxider) blir av samma anledning lågt.

För den lokala/regionala ozonbildningen ger metanols låga atmosfäriska reaktivitet och låga halter av reaktiva ämnen i avgaserna (undantag form-aldehyd) samt låga kväveoxidutsläpp låg potential för ozonbildning och står tillbaka ev. bara för metangasdrift. Metanol medverkar knappast till den globala ozonbildningen (bakgrundshalt), vilket däremot metangasdrift gör.

Det finns därför skäl till att ge metanol låg belastning av skatter som skall ta hänsyn till resurs-, hälso- och miljösynpunkter. *Tabell 6* visar en tidigare gjord kvalitativ relativ-bedömning. Ingår alkoholen i blandbränsle eller kemiskt bunden i en komponent (eter) måste den lägre beskattningen gälla i proportion till andelen av alkohol för att undgå en diskriminerande effekt.

Tabell 6. Bedömd relativ* inverkan av olika drivmedel för tunga fordon på hälso- och miljöeffekter

Drivmedel ¹	Fossil energi-användning (hela kedjan)	Försur-ning	Hälsa, akut	Hälsa, kronisk	Ozon-potential	Växthus-potential
Dieselolja mk1	0	0	0	0	0	0
Biogas	++	++	++	++	++	++
Naturgas	0	++	++	++	++	0
Biometanol	++	++	+	+	++	++
Metanol från naturgas	-	++	+	+	++	0
Bioetanol	++	+	+	+	+	++

*) 0 för dieselolja, + bättre än, ++ betydligt bättre än, - sämre än,

1) Värdena gäller för fordon som är utrustade med en katalysator som reducerar utsläppen av kolväten och kolmonoxid

Emissioner från olika drivmedelsanvändning ger upphov till skilda miljö- och hälsoeffekter. Naturgas och biogas ger vid förbränning upphov till lägre utsläpp av reaktiva och toxiska kolväten jämfört med dieseloljedrift och alkoholdrift. Användningen av alkoholer som drivmedel ger i sin tur upphov till mindre reaktiva och toxiska kolväten än vad dieselolja gör. De biobaserade drivmedlen ger upphov till lägre växthuseffekt än vad de fossilbaserade gör.

8. REFERENSER

- Ballard Power Looks to Fill Fuel Cell Transportation Markets. New Fuels Report September 25, 1995.
- Baudino, J.H. et al. Emissions Testing of Three Illinois E85 Demo Fleet Vehicles. Proc. X Int. Symp. on Alcohol Fuels, p.3. Colorado Springs, Nov.1993.
- Bechtold, R.L. et al. M85 FFV Lifetime Emissions and Operating Experience. Ibid p.15.
- BEFRI Konsult. Delrapport 5 i projektet Bio-Etanoldrivna bussar i Skaraborg. 6 feb. 1995.
- CRC (Coordinating Research Council, Atlanta, GA). Auto/Oil Air Quality Improvement Program. Technical Bulletins Dec.1990 - July 1995.
- EC. European Council Directive on crude oil saving through use of substitute fuel components in petrol. Document C 229/4, 1984.
- Ecotrafic AB. The Life of Fuels. Motor fuels from source to end use. March 1992
- Ecotrafic (Brandberg, Johansson). Motoralkoholer - Regelverk. Juni 1992. KFB dnr: 91-215-742.
- Ecotrafic (Brandberg m fl). Introduktion av FFV. KFB-rapport 1994:11.
- Egnell, R. et al. Alternativa motorer. Nutek Info nr 829-1991.
- Elam et al (Atrax Energi AB). Metanol och etanol ur träråvara. Utredning för Nutek, m. fl. Mars 1994.
- Emissionsteknik (Jones, P.). Etanol - katalysator. Rapport 6 April 1995.
- Hodgson et al (NREL). Fuel efficiency potential of methanol. Report NREL/TP-425-6162. Ref. i New Fuels Report April 1994, p.114.
- IEA/STU. Alcohols and alcohol blends as motor fuels. Swedish Motor Fuel Technology (SDAB). STU Information no 580-1986.
- Imbrecht, Ch. R. (CEC). The California Perspective. Fuel Reformulation 2(1992):2, p.38.
- IVA (Ingeniörvetenskapsakademin). Fuel Cells for Traction Applications. Rapport IVA-R 408, 1994.
- Johanson, B. (LTH). Biomassabaserade energibärare för transportsektorn. KFB-rapport 1995:11.

- Katovsky, R. Methanol and Hydrogen from Natural Gas, Coal and Biomass. M.Sc. (Eng.) thesis at Princeton Univ. PU/CEES rpt No.279, June 1993.
- Kitchen. EUROGAS '92. Proc.Eur. Applied Research Conf. on Natural Gas. Trondheim, June 1-3, 1992.
- Koljonen, J. (Kemira Oy). Peat-based HTW-plant at Oulu. Bioresource Technol. 46(1993), p.95-101.
- Michaelis, L. (IEA). Biofuel Policy in the OECD. Proc. X Int. Symp. on Alcohol Fuels. Nov. 7-10, 1993, p. 813-821. Colorado Springs.
- NUTEK a. Oxygenater i motorbensin. Rapport R 1994:5. Av Ecotraffic R&D AB
- NUTEK b. Ethers in Gasoline. Rapport 1995:41. Av Ecotraffic R&D AB.
- Nutek/KFB. Fossila och biobaserade motoralkoholer. Statusrapport av Ecotraffic R&D AB. Nutek rapport R1994:62 - KFB-rapport 1994:1.
- Nutek/KFB. Concept study of a heavy-duty bus engine operated on ethanol. Pampus, Chemla (AVL). Nutek rapport R 1995:9, KFB-rapport 1994:24.
- Rydén/Egebäck. Flottförsök med 32 etanoldrivna bussar vi AB Storstockholms Lokaltrafik. Rapport dec. 1993.
- SDAB. Project M100. A Test with Methanol-Fueled Vehicles in Sweden. STU information no. 640-1987.
- SDAB (Brandberg m fl). Förutsättningar för låginblandning av alkoholer i bensin. För Motoralkoholkommitén. Mars 1986.
- Sinor, J.E. Consultants (Niwot, Colorado). Clean Fuels Legislation Directory. Clean Fuels Report 7(1995):4 (Sept.), p.39-.
- SMAB 78. Framtida drivmedel. Svensk Metanolutveckling. Sthlm dec.1978.
- Sydskraft AB, utvecklingsstaben. Info om det nya kraftverket i Värnamo 1993 (vid Ecology - 93, Svenska Mässan, Göteborg).
- TNO (van der Weide). Flexible Fuel Vehicles Optimized on Methanol. Proc. VIII and IX Int. Symp. on Alcohol Fuels, p.765 resp. p.509. Tokyo, Nov. 1988 resp. Firenze, Nov. 1991.
- Topsö. Dimethyl ether offers diesels ULEV performance. CATF Review No. 21 April 1995.
- US DOE (Department of Energy). Assessment of Costs and Benefits of Flexible and Alternative Fuel Use in the US Transportation Sector. Technical Report Three: Methanol Production and Transportation Costs.

Nov. 1989. DOE/PE-0093. Technical Report Five: Production from Biomass. Dec. 1990. DOE/P

Vattenfall. FUD-rapport Biobränslebaserad metanol och etanol som bränsle - översiktlig studie. 1991-11-25. UB1991/66.

Wright, J:D: et al (TDA Research, Wheat Ridge, CO). A Comparison of the Production of Methanol and Ethanol from Biomass. Oct.1993 for IEA Alternative Motor Fuels Group.