

LÄTTA MILJÖBILAR - JÄMFÖRELSER

RAPPORT

utarbetad för

TRAFIKKONTORET

Göteborgs stad

av

Peter Ahlvik
Åke Brandberg
Bengt Sävbark

Ecotraffic R&D AB

1998-08-07

LÄTTA MILJÖBILAR – JÄMFÖRELSER

SAMMANFATTNING - SLUTSATS

Status och utsikter för lätta "miljöbilar" (små – stora personbilar) sammanfattar vi som följer.

- Dagens konventionella standardbilar byggs för att uppfylla gällande utsläppskrav men har teknisk potential till mycket lägre utsläpp (ULEV eller bättre). Nya drivmedel, metangas, alkoholer och RME, kan därutöver ändra karaktären av utsläppen med gynnsamma resultat för effekter som cancer-risk, oxidantbildning och växthuseffekt. Utvecklingen kommer inte av sig själv utan måste drivas av skärpta avgaskrav och efterfrågan av ny teknik.
- På kort sikt kan viss hälso-/miljönytta av främst lokal karaktär erhållas genom el-, CNG- och RME-drift jämfört med bensindrift men det synes ovisst om den motsvarar kostnaden. Dessa fordon kan demonstreras nu, men möjligheten för genomslag i stor användning måste bedömas som liten och därmed blir totala nyttoeffekten liten. Däremot kan demonstrationer och goda exempel öka samhällets intresse för och satsningar på miljöbilar och bränslen, som sedan kan leda in på kostnadseffektiva lösningar.
- På längre sikt måste kraftiga förbättringar av miljöprestanda för bensin- och alkoholdrift förväntas till betydligt lägre kostnader och fördelen för ovanstående drivsätt blir allt mindre. Genomslaget för sådan ny teknik är obegränsat stort genom möjlighet för allmän användning. Därmed blir också hälso-/miljöförbättringen största möjliga, men den kommer först när kraven skärpts eller efterfrågan skapats genom upphandlingar och ev. skatteincitament. Alkoholer, etanol och främst metanol, synes ge billigaste möjlighet för överfasning till biobaserade drivmedel och som metanolbränsle i bränslecelldrivna system.
- Hybridsystem för eldrift med ombordgenererad el har potential för mycket låga emissioner (nära EZEK-krav som motsvarar ca 1/10 av ULEV) men kan vara svåra att förena med låg bränsleförbrukning och långsiktigt acceptabel kostnad
- Vad bör man då göra i dag? Påskynda teknikutvecklingen för flytande drivmedel genom kraftfull teknikupphandling! Vid upphandling alltid ställa villkor motsvarande nästa officiella kravnivå och alltid föreskriva anordning för att undgå kallstart! Lobba för snabbare införande av strängare utsläppskrav! Avgränsade satsningar på miljöbilar i dag (FFV, gas, el, RME) för att skapa opinion för långsiktiga satsningar på riksplanet för morgondagens miljöbilar!

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	SIDA
SAMMANFATTNING	
1. INLEDNING	1
2. VILKA EFFEKTER? VAD PÅVERKAR DEM?	1
3. DRIVMEDELSTILLGÅNG OCH ENERGIRÅVAROR	5
4. MILJÖBILAR – DRIVMEDEL. STATUS – UTSIKTER	7
5. EMISSIONSFAKTORER – I DAG OCH FRAMTIDA – EFFEKTER	12
6. LIVSCYKELPERSPEKTIV	14
7. SAMMANTAGNA HÄLSO- OCH MILJÖEFFEKTER	20
BILAGA - HYBRIDFORDON	
BILAGA - EMISSIONER	
BILAGA - CANCERRISKER	
BILAGA - RME	
BILAGA - LCA	

1. INLEDNING (Litteratur: Ecotrafic-rapport för ABU och Naturskyddsföreningen)

Innan vi gör en sammanställning av data för bränsleförbrukning och utsläpp några reflektioner över aktuella frågeställningar och förutsättningar/utgångspunkter för jämförelserna.

Avsikten är att söka få en bild av hälso/miljönyttan av miljöbilar (i jämförelse med bensindrift och dennas utveckling). Nyttan måste sedan avvägas mot kostnaden. Kostnaden för åtgärden (miljöbilen) kan säkrare bedömas än nyttovinsten, som ibland inte alls kan uttryckas i kronor (t.ex. ev. minskad klimatförändring). Värderingar ryms knappast i det vi nu gör men kan kanske vara av intresse för ett fortsatt arbete i senare fas.

För att kunna bedöma nämnd nytta är det således effekterna av utsläppens förändringar på resp. problem som måste anges snarare än att visa på officiella sifferdata för olika utsläpp. Det är helt nödvändigt att i stället för intetsägande data för totala utsläpp oförbränt (HC) använda data över hela profilen av icke reglerade ämnen i emissioner genom avdunstning och avgaser och bedöma effekten därav.

Effekten beror dels på hur stor förändring resp. miljöbil (inkl. dess bränsle) kan åstadkomma, dels på vilket genomslag resp. miljöbil kan få. Utan ett stort genomslag hjälper det inte hur låga utsläpp miljöbilen (inkl. dess och bränslets tillverkningskedja) har. **Förutsättningarna för stort genomslag är viktiga att undersöka. Detta måste även innefatta möjlig bränsletillförsel och bränslets råvarubas. Det måste anses vara tveksamt om subventionerade satsningar skall göras på alternativ, som är för små och har begränsade hälso/miljöfördelar och innebär splittring av resurserna. I stället bör dessa koncentreras till alternativ som på sikt kan ge stora förbättringar. Principiellt är idealet att ha mycket få olika bränslen, helst bara ett men med många olika råvaror som bas, av kostnadsskäl i både bränslehantering och vid tillverkning av fordonet.**

2. VILKA EFFEKTER? VAD PÅVERKAR DEM? (Litteratur: Tidigare PM till Trafikkontoret Maj 1996)

De effekter, som kan bedömas och vad de hänger samman med, är

- försurning/kväveövergödning - svavel- och kväveoxider (SO_x resp. NO_x)
- ozonpotential - kväveoxider och flyktiga, olika reaktiva organiska ämnen
- luftvägssjukdomar - ozon (O₃), kvävedioxid (NO₂), oxiderade ämne som aldehyder
- cancerrisk - polycykliska aromatiska ämnen (PAC), fina partiklar, gaser som bensen, butadien, eten, propen, aldehyder (formaldehyd, acetaldehyd, akrolein)
- förändring av växthuseffekt - fossil koldioxid (CO₂), metan (CH₄), dikväveoxid (N₂O), m.fl.

De omedelbara utsläppen från fordon och bränslehantering ger ofta inte hela bilden utan omvandlingar i atmosfären tillkommer något senare, t.ex. ozonbildning, oxidation till kvävedioxid, oxidation av kolväten till aldehyder, etc.

Olika "miljöbilars" och "miljöbränslets" inverkan på ovannämnda effekter diskuteras i avsnitt 4 och 5

2.1 FÖRSURNING

Försurning genom *svaveloxider* beror helt på bränslets halt av svavel. Bensinstandarden har en formell max.halt på 1.000 ppmw men i praktiken ligger den omkring 100 ppmw. Sänkning till max. 50 ppmw förutses på 5 - 10 års sikt. Miljöklassade vägdieseloljor har max. 50 ppmw, den dominerande MK 1 max. 10 ppmw. De alternativa drivmedlen metan (CNG, biogas), metanol, etanol, RME har alla försumbart låga svavelhalter (mindre än 10 ppmw). Utsläpp vid tillverkningen kan ha viss betydelse i LCA-perspektiv.

För försurning/övergödning genom *kväveoxider* spelar bränslets halt av kväve mycket liten roll då den är låg i alla drivmedel för vägfordon. Den stora bildningen av kväveoxider sker från luftens kväve vid förbränningen och beror till stor del på motortekniska förhållanden men bränslets egenskaper har visst inflytande genom inverkan på förbränningstemperaturen och förmågan att brinna stabilt i mager blandning (stort luftöverskott) eller vid hög avgasåterföring (EGR).

Trots stora minskningar av utsläpp och nedfall, främst av svaveloxider, är försurning fortfarande ett stort problem och överskrider på många håll acceptabla kritiska belastningar. Uppnådda minskningar innebär bara att takten i försurningen minskar.

2.2 OZONBILDNING

Ozonbildning sker under solljusets inverkan i atmosfären från flyktiga organiska ämnen och kväveoxider. De förras medverkan varierar genom att olika ämnen är olika reaktiva, vilket beskrivs genom de ges olika faktorer vid sammanvägning av deras bidrag (diagrammet på nästa sida illustrerar olika ämnens relativa potential för marknära ozon per viktsenhet av ämnet). Nivån på dessa är dessutom beroende av halten kväveoxider i atmosfären. Bränslets sammansättning och därmed avgasernas halt av olika ämnen, som är oreglerade, har stor betydelse för ozonbildningen. Det finns även andra oxidanter såsom PAN (peroxiacetylnitrat) som har liknande egenskaper som ozon ur hälso- och miljösynvinkel men de är ännu föga undersökta till förekomst och påverkan.

Ozonhalterna är under sommarhalvåret vid eller över de halter som ger påverkan på växtligheten över stora områden. Periodvis kan halterna vara så



höga att rekommenderade gränsvärden överskrids och människors påverkas. Nyaste epidemiologiska undersökningar indikerar också att gränsvärdena kan vara för höga. **Ozonproblemet synes vara ett växande problem och ytterligare åtgärder för minskning är nödvändiga.**

2.3 LUFTVÄGSSJUKDOMAR

Luftvägssjukdomar, allergier och astma visar en kraftigt stigande trend och förknippas med utsläpp av ämnen som finns i eller bildas av bilavgaser, kvävedioxid, ozon, aldehyder, partiklar. Verkan kan vara att ämnena ökar känsligheten för luftvägspåverkan hos personer med astma och för upptag av allergener. Personer som bor i tätorter med förorenad luft riskerar kraftigare och mer långdragna besvär än de som bor i områden med renare luft. Det finns ännu inte så klart fastlagda samband mellan olika ämnen och luftvägsbesvär att vägningstal kan ställas upp för kvantitativ bedömning av risker.

För minskning av luftvägspåverkan spelar bränslena sammansättning och därmed avgasernas halt av olika oreglerade ämnen en avgörande roll.

2.4 CANCERRISKER

Cancerrisker genom trafiken uppskattas från utsläpp av partiklar, PAH/PAC och gasformiga ämnen som bensen, 1,3-butadien, olefiner och aldehyder ("air toxics"). Alla ämnen ger inte samma risk för död genom cancer utan deras potens är olika och har kommit till uttryck i olika vägningstal, som måste användas för att kunna jämföra risken med olika drivmedel. Tyvärr finns inte full enighet om vilka talen skall vara, vilket tabellen nedan visar. Klart synes vara att butadien innebär högsta risk och propen och acetaldehyd lägsta medan meningarna går starkt isär om formaldehyd.

Tabell Relativa cancerrisker (bensen = 1)

Bedömare *	US EPA	CARB	CAPCOA	"Sverige"
Ämne				
1,3-butadien	34	6	10	20
bensen	1	1	1	1
formaldehyd	1,6	0,2	0,45	6
acetaldehyd	0,27	0,1	0,1	0,25
eten	-	-	(5) ^o	4,5
propen	-	-	(0,2) ^o	1,2

^o beräkn. som 5 % av data för motsvarande epoxider

* US EPA: US Environmental Protection Agency

CARB: California Air Resources Board

CAPCOA: Calif. Air Pollution Control Officers Assoc.

"Sverige": Törnqvist, Ehrenberg, Strålningbiol. inst, Sthlms univ., bearbetade data

Bränslets sammansättning kan ha avgörande betydelse för cancerrisken.

Utsläppen av cancerriskämnen i råvaru- och produktionsleden bedöms vara betydligt lägre än vid slutanvändningen med bidrag från biobränsleledning som möjligt frågetecken.

Naturvårdsverket i Sverige har gjort bedömningen att den beräknade cancerrisken för allmänheten genom förorenad luft (vartill bilavgaser är starkt bidragande) i tätorter är minst 10 gånger högre än acceptabelt och detta är bakgrund till kravet att utsläppen av cancerriskämnen i avgaser skall reduceras med minst 90 %.

2.5 VÄXTHUSEFFEKTEN

Växthuseffektens förhöjning genom människans aktiviteter bedöms nu som mycket sannolik. Koldioxid från fossila energiråvaror är största orsak följd av metan, ozon (marknära) och dikväveoxid (i avgaserna och bildad i marken från nedfall av NO_x). Bränslets ursprung är den viktigaste faktorn då fossila bränslen inte ingår i något kretslopp så som biobränslen gör. Genom dem är reduktion av utsläppta växthusgaser på över 80 % möjlig, och utsläppen sker främst i nästan helt i råvaru- och produktionsleden, där de egentligen kan undvikas genom användning av drivmedel och gödning på biobas. Vid högt utbyte av produkter från råvara har processbränslet (fossilt, icke-fossilt) självfallet mindre betydelse.

Använda viktningsfaktorer för andra gaser i relation till koldioxid baseras på livslängd i atmosfären och sedda i 100-årsperspektiv.

3. DRIVMEDELSTILLGÅNG OCH ENERGIRÅVAROR

3.1 FOSSIL RÅVARA

Råolja dominerar helt drivmedelsförsörjningen lång tid framöver. Oljeutvinningen bedöms med nuvarande utveckling kulminera omkring 2010 och kommer då att, till högre kostnader, kunna kompletteras med utvinning av mycket tunga oljor (VHO) och tjärsand (och oljeskiffer) som sammantaget är en flera gånger större råvaruresurs men kräver mer omfattande insatser för utvinning och raffinering.

Fossilgas (naturgas) är också möjligt komplement med kulmination i utvinningen ca 10 år (2020) efter den konventionella råoljan.

Kol av olika slag är ett tredje fossilt komplement och en flera gånger större resurs.

Någon fysisk resursbrist för bensen och dieselloja är det således inte frågan om inom överskådlig tid men gemensamt för alla råvaror utom fossilgas är att utsläppen av fossil koldioxid ökar per enhet drivmedel, en utveckling som går tvärtemot önskad riktning.

3.2 BIORÅVARA

Biodrivmedel grundas på genom fotosyntesen i kemiskt bunden form infångad solenergi. I förlängningen kan direkt produktion av vätgas från vatten med hjälp av solenergi bli en möjlighet. Den årliga bindningen i biomassa är av storleksordningen 10 gånger all världens energianvändning i dag, men ovisshet råder om hur mycket som kan utnyttjas. Den till jordklotet totalt instrålade solenergin är flera tusen gånger världens energianvändning. Förnybara energiresurser är således mycket stora. Men hur mycket kan överföras till användbara energibärare (drivmedel) och till vilken kostnad är intressanta frågeställningar att analysera.

3.3 DISTRIBUTION

Även om råvaruresurserna för produktion av ett visst drivmedel är stora bestäms tillgången på marknaden också av hur bränslet kan lagras och till acceptabel kostnad distribueras och tankas till bilar. För flytande drivmedel som bensen och dieselloja finns ett finförgrenat system (som lätt kan anpassas för alkoholer) för flexibel och billig distribution, lägst för dieselloja följd av bensen (klass 1-produkt) och alkoholer (klass 1-produkt med lägre energiinnehåll). De flytande drivmedlen har därigenom en stor fördel jämfört med gaser (metan, propan, DME, väte), tekniskt och kostnadsmässigt. Antalet tankningsställen för bensen i Sverige är f n ca 3500 men minskar sakta.

Flytande drivmedel kan göras allmänt tillgängliga medan de gasformiga blir nischdrivmedel. För fossilgas är detta påtagligt, då distribution enbart för drivmedelsmarknaden är en orimlighet m h t kostnaden (ledningarna och tankningsställen för CNG). Där gasen redan finns framdragen av andra skäl är en nisch användning tänkbar men kostnadsnackdel för betydligt dyrare tankning (och bilar) kvarstår. Lokal produktion är då möjligheten att förse nischflottor med gasformiga drivmedel, som kan baseras på biogas (biogas).

Elektricitet för fordonsdrift är givetvis tillgänglig praktiskt taget överallt men kompletteringar för högre effektuttag är i de flesta fall nödvändig. Skulle omfattande eldrift (via ombordlagrad el) bli möjlig, torde viss utbyggnad av ny elproduktion bli nödvändig.

4. MILJÖBILAR - DRIVMEDEL. STATUS - UTSIKTER (Litteratur: KFB-Rapport 1998:2, P. Ahlvik)

Följande kombinationer av bil och drivmedel finns i Sverige och kan komma att utvecklas vidare eller tillkomma som alternativ till bensindriven bil, som behandlas i tre storleksklasser (småbils-, mellanbils- storbilsklass):

4.1 METANGAS – OTTOMOTOR.

Finns f n i Sverige bara som två-bränslebil (bensin-metan) för att övervinna karaktären av lokalbunden bil. Ännu bara få modeller i stor- och mellanbils-klassen. Dedikerade metangas-bilar tror vi inte kommer inom överskådlig tid trots att deras prestanda kan vara något bättre. Kostar ca 15 % mer än bensinversionen genom dyrare bränslesystem (gas under högt tryck). Merkostnaden är typisk även i USA (USD 4,000-5,000) där man ändå hunnit längre mot serietillverkning). Behöver viss utveckling för att säkerställa god funktion för bränsletillförsel och avgassystem särskilt efter längre körsträckor. Metangasbilar kan möta kaliforniska ULEV-krav. Kostnaden för naturgas vid tankningsställe ligger ca 25 % under nuvarande kostnad för bensin (före skatter), men det är ovisst om gaskostnaden innebär full kostnadstäckning för hela tillförselsystemet. **Kostnaden för biogas från noll-kostnadsråvaror är torde ligga ungefär lika mycket över bensinkostnaden. När andra råvaror skall utnyttjas stiger biogaskostnaden kraftigt.**

4.2 ALKOHOL – OTTOMOTOR.

Finns f n bara som FFV (bränsleflexibel bil med alkohol och bensin i godtycklig blandning i samma bränslesystem) för att övervinna körbegränsningar innan distribution av alkohol blivit tillräckligt utbredd. Ännu bara en modell i storbilsklassen men fler kan förväntas vid ökad efterfrågan. Prestanda är något bättre vid alkoholdrift än vid bensindrift och kan förväntas bli än bättre med dedikerade alkoholbilar och särskilt vid användning av direktinsprutning i cylindern (gäller även bensindrift). Dedikerade alkohol-bilar förväntas inte komma under överskådlig tid. Etanol är den alkohol som i dag används för ca 300 FFV i Sverige. De kan köras även på metanol. I USA finns över 25.000 FFV, till större delen med metanol som bränsle men med etanol på frammarsch i Mellanvästern där etanol från majs produceras.

FFV kostar i tillverkning någon/några få % mer än bensinversionen men säljs i USA till nästan samma eller med incitament något lägre pris. FFV kan med samma utveckling som för bensinbilar (nedan) möta kaliforniska ULEV-krav.

Billigaste alkohol är metanol tillverkad från naturgas via syntesgas (20-30 % dyrare än bensin per energienhet). Tillverkning sker även från restoljor, brun- och stenkol via syntesgas. Biometanol från ved

uppskattas kosta 2,5 – 3 gånger mer än metanol från naturgas. Etanol från samma råvara uppskattas kosta ca 30 % mer per energienhet än biometanol. Etanol från vete kan framställas till något lägre kostnad än den vedbaserade etanolen. Etanol framställs i dag även från petroleum via nafta och eten. Etanol kan även framställas via syntesgas.

4.3 DIESELolja – DIESELMOTOR.

Många lätta bilar av alla storleksklasser finns i versioner för dieseloljedrift, som genom högre verkningsgrad/lägre bränsleförbrukning kan ge upphov lägre utsläpp av fossil koldioxid än vid bensindrift. Ca 15 % lägre utsläpp synes vara ett typiskt genomsnittsvärde, men stora variationer förekommer mellan olika tillverkare. Jämförelser försvåras av att samma bilstorlek finns i flera, prestandamässigt ej helt jämförbara versioner (fler för bensin än för dieselolja), och hela skalan från några % lägre koldioxidutsläpp för bensinversion till drygt 30 % högre kan exemplifieras. Ofta skulle valet för att få lägre utsläpp vara en motorsvagare bensinversion i stället för en dieselmodell. **Genom dagens lägre beskattning av dieselolja, som ger lägre pris, kan bilisten frestas att köra mer och fördelen med dieselversionen äts upp. Skillnaden i bränsleförbrukning mellan bensin- och dieseloljedrift minskar vid nu påbörjat införande av direkt-i-cylindern-insprutning av bensin (GDI).**

Dieseloljedriftens svaga punkter är höga utsläpp av partiklar och NO_x. För de senare finns i vart fall ännu ingen katalytisk reduktionsteknik som för bensinbilar, vilket lett till att avgaskraven måst sättas mildare, mer än 3 gånger högre tillåtliga utsläpp med dieselolja än med bensin.

4.4 RME – DIESELMOTOR.

Omförestrad rapsolja med metanol eller etanol (RME resp. REE) kan vara ett dieselmotorbränsle förutsatt att vissa material i bränslesystemet bytts ut. Sådana versioner erbjuds av några tillverkare och har oförändrad motorverkningsgrad (= ökad bränsleförbrukning i proportion till RMEs något lägre energiinnehåll). RME är ett biodrivmedel (med undantag för metanoldelen i dag) men med vissa växthusgasutsläpp i odlings- och produktionsleden. I dieseloljeversion ger användning av RME för avgasutsläppen både fördelar (lägre utsläpp av partiklar och ibland HC) och nackdelar (högre utsläpp av NO_x, oförändrad mutagenitet). **För optimala resultat måste motor och bränsle anpassas, vilket inte kan förväntas ske för RME, som av tillgångsskäl inte kan bli annat än ett nischdrivmedel. Kostnaden för RME är hög, flera gånger högre än för obeskattad dieselolja.**

4.5 ELEKTRICITET – ELMOTOR.

Elströmmen är densamma oberoende av hur den produceras. Eldrift i fordon har en drivlina (laddare, batteri, elmotor på hjul, styrsystem), som är mycket effektivare än motsvarande med förbränningsmotor, växellåda-transmission, mekanisk hjulaxel). Potentiell verkningsgrad är 65-70 % för eldriften (i dag

typiskt ca 50% mot högst ca 30 % med bensinmotor men oftast betydligt lägre vid varierad körning (15 %). En låg verkningsgrad vid elproduktion från bränslen, $\leq 45\%$, kan då kompenseras så att hela kedjan blir något effektivare.

Förutsättningen för allmän ren eldrift är att tillräcklig mängd elenergi kan lagras ombord och snabbt fyllas på. Detta kan i dag inte bedömas vara uppfyllt och inte heller kan något genombrott för flerfaldigt ökad kapacitet ses inom överskådlig tid. Ren eldrift blir därigenom begränsad till nischen körningar med begränsad räckvidd i främst tätorter. Fördelen med eldriften är självfallet att inga avgaser släpps ut i tätorten utan de sker på produktionsstället och är mindre skadliga än motoravgaser. Rena elbilar finns i ett fåtal modeller i småbilsklassen. Fler bör kunna förväntas liksom specialfordon. **Kostnaden för en elbil är uppåt dubbelt så hög som för motsvarande bensinversion främst betingad av hög kostnad för batterier, som också kan ha begränsad livslängd.**

4.6 ELHYBRIDER, OMBORDGENERERAD EL - ELMOTOR.

Problemet med stora, ofta tunga och dyra batterilager kan minskas genom att producera el ombord på fordonet med motordriven generator och använda ett något mindre batterilager som buffert och tillfällig, kortvarig effektförstärkning (kan ske också genom svänghjul eller kondensator). Som motor kan vilken typ som helst användas (otto- eller dieselmotor, gasturbin) men de kan dimensioneras för en låg medelbelastning och för få konstanta driftpunkter. De kan då optimeras för låg bränsleförbrukning och låga skadliga utsläpp. Ofta förekommer små två- eller trecylindriga motorer i hybridkoncepten. De första i mellanbilsklass har börjat marknadsföras.

På längre sikt kan pågående utvecklingsarbete resultera i att bränsleceller (fuel cell, FC) används för elproduktion på fordonet, varvid verkningsgraden vid elgenereringen höjs betydligt. För att komma dit behövs avsevärda utvecklingsinsatser. Bränslevallet för hybridfordon blir detsamma som för ovan behandlade kolmotorer. Bränslecellen har väte som idealt bränsle men av praktiska skäl kommer sannolikt metanol att vara flytande vätebärare vid mer allmän användning. Väte frigörs ombord på fordonet eller kan bränslecell för direkt förbränning av metanol (DMFC) användas, i båda fallen med viss reduktion av verkningsgraden.

Halvering eller mer av bränsleförbrukningen blir möjlig men dit är vägen lång. I dag uppgivna data är oftast en kombination av flera åtgärder och inte bara effekt av ett effektivare drivsystem. **Kostnaden för en hybridbil blir betydligt högre (i dag dubbel) än för en konventionell bensinbil genom att dubbla drivsystem används och dyrt batterilager ingår.**

Hybridkonceptet behandlas utförligare i bilaga "Hybridfordon".

4.7 BENSIN – OTTOMOTOR.

Jämförelse skall göras med bensindrivna bilar, som finns i alla storleksklasser och i många motorversioner. Jämförelsen måste göras med den utveckling av drivsättet, som man ser kommer att ske. Genom normal utveckling har verkningsgraden kunnat förbättras med ca ½ % per år. Takten kan kanske ökas genom målinriktat arbete. Ett steg på ca 10 % kan tas genom övergång till direkt-i-cylindern-insprutning av bensinen och "lean burn"-drift (mager bränsle-luft blandning). Fullt utnyttjande av detta torde förutsätta att NOx-utsläppen kan kontrolleras genom katalytisk reduktion vid luftöverskott (samma problem som för dieselmotorn).

Förbättringar av den katalytiska avgasreningen blir också en följd av noggrannare styrning liksom uppbyggnaden av både katalysatorn och systemet för snabbare start och högre aktivitet. Bensinbilar kan i dag möta kaliforniska ULEV-krav, men dagens krav för MK 1-bil i Sverige motsvarar inte mer än amerikansk TLEV. Den avsevärda skärpning av europeiska krav, som nyligen fastställts för år 2005, t.ex. NOx max. 0,08 g/km (jämfört med 0,25 g/km för dieseloeljedrift!) är dock vad gäller HC fortfarande på TLEV-nivå. Den katalytiska verkan har också samband med bensinens kvalitet och låg halt svavel är viktig för hög aktivitet.

Bensinsammansättningen påverkar också de restprodukter som blir kvar i avgaserna. I USA har reformulerad bensin införts genom lagstiftning för att kunna reducera halten av ämnen i moderna bilars avgaser som påverkar ozonpotential och cancerrisker, vilket lett till reduktion av dessa med 20 –25 %. I Sverige (och EU) motsvaras detta av den miljöklassning av eller kvalitetskrav på bensin som är under genomförande. Målen är främst minskad halt av svavel och av bensen och aromater i bensin och avgaser samt bättre kontroll och optimering av flyktigheten. Krav på reduktion av halten lätta reaktiva olefiner (styr butadien-bildning) borde ha ingått. Användning av oxygenater (etrar, alkoholer) som bensinkomponent är ett av de verktyg som kan nyttjas (obligatoriskt i USA). Härigenom får man också en väg att få in biobaserade komponenter i bensinpoolen för alla befintliga bilar.

Viktig faktor för en bils bränsleförbrukning är dess vikt, rull- och luftmotstånd. För att kunna nå framtida mål om lägre förbrukning pågår en kraftig **utveckling för att med nya material få betydligt lättare bilar och bättre aerodynamisk utformning. Tidigare har utvecklingen av bättre motorer motverkats av att bilarna blivit tyngre och försetts med starka motorer så att bränsleförbrukningsminskningar inte skett. Lätta, bränslesnåla bilar kostar sannolikt mer att tillverka genom dyrare material och mer sofistikerad utrustning.**

4.8 SLUTSATSER

Det begränsade utbudet av vissa miljöbilstyper och av möjliga användningsområden för olika modeller samt kostnader leder vid jämförelse med utvecklade konventionella bensinbilar till slutsatserna att

- rena elbilar kommer att förbli dyra nischbilar i småbilsegmentet; genomslaget blir litet
- metangasbilar kommer att förbli nischbilar till betydande merkostnad i ett fåtal modeller av två-bränsletyp främst beroende på utvecklingen i länder med mer utbyggt naturgasnät; genomslaget blir litet
- utvecklade bensinbilar kommer att kunna möta mycket stränga miljökrav genom bemästrad kallstart och kallkörning och vara billigaste bilval men bör fasas över till
- bränsleflexibel typ (FFV) till ringa merkostnad för att möjliggöra alkoholdrift med än bättre miljöprestanda; genomslaget har ingen gräns men betydande utveckling (som för bensinbilen) är nödvändig för optimering, vilket bör vara ledstjärna vid intresseanmälan (t ex upphandling); dedikerade alkoholmotorer ligger längre in i framtiden
- dieseloljedrivna bilar medför viss reduktion växthusgasutsläpp men i övrigt tveksamma miljö fördelar och har ännu olösta problem med NOx- och partikelutsläpp, genomslaget blir ej stort; dieselmotorn kan drivas med alkohol men fortsatt utveckling för optimering är nödvändig
- RME-optimerade bilar kan inte förväntas då nischen är för liten; inget genomslag
- elhybridbilar visserligen har potential till högre effektivitet och kraftigt reducerade utsläpp men merkostnaden för dubbla drivsystem är hög (fördubbling jämfört med dagens drivsystem); bränsleproblematiken (tankning av el från nät blir liten) är densamma som för bensin- och dieseloljedrift, d v s överfasning till alkoholdrift kan ske och på sikt övergång till
- bränslecelldrift, som har potential för noll- eller nära nollemissionsbilar men till en i dag mycket hög merkostnad, vars reduktion till acceptabel nivå för allmän användning är oviss; kan användas både för enbart bränslecelldrift och i hybridkoncept.

Sammantaget med bedömning av allmän tillgång till alternativa drivmedel, särskilt sådana på förnyelsebar bas, pekar utvecklingen på drift med alkohol, i första hand metanol, som är gemensam nämnare för alla råvaror och användbar för alla drivkoncept och som har vissa bränslebetingade pluspunkter vad avser kostnad, verkningsgrad och hälso-/miljöeffekter.

I fackpressen (och allmän press) nämns ibland syntetiska kolväten som framtida möjlighet både för bensin och dieselolja, då det är möjligt att framställa även sådana via syntesgas (modifierad Fischer-Tropsch). Logiken i detta är svår att förstå. Varför producera en komplex blandning av kolväten, visserligen fria från svavel och aromater, när syntesen kan stanna vid metanol som enkel och enhetlig molekyl med högre energieffektivitet och till lägre kostnader? Metanol kan också användas med oftast bättre effektivitet och mindre miljöproblem och potential för noll-emissionsfordon vid bränslecelldrift.

5. EMISSIONSFAKTORER – I DAG OCH FRAMTIDA - OCH EFFEKTER

(Litteratur: KFB-Meddelande 1997:22, 23; MTC-rapport 9501; SAE-papers 952751,961090, 961091, 961092; VTT publication 271; TNO-report 93.OR.VM029/1/PHE/RR; KFB-Meddelande 1997:13, KFB-Rapport 1997:41; m. fl.)

I bilaga har sammanställts data från olika källor. De ger underlag för sammanfattningen i detta avsnitt.

Typiska emissionsfaktorer sammanfattas i tabell på nästa sida för bensindrift resp. med alternativt bränsle som "miljöbil". Emissionsfaktorer för typbil kompletteras med sammanvägda effektfaktorer av ozonpotential (RWE), cancerriskpotential (PWR) och växthusgaspotential (GHP). Faktor för korrigering m h t utsläpp i hela kedjan (LCA) anges. Ursprunglig avsikt var att studera fordon i tre storleksklasser karakteriserade enligt nedan:

- Småbilsklass: Motor med 1 – 1,4 liters cylindervolym och tjänstevikt omkring 1050 kg. Bränsleförbrukningar omkring 0,68 l/mil. Exempel VW Polo, Ford Fiesta, Renault Twingo eller Nissan Micra
- Mellanbilsklass: Motor med 1,4 – 2 liters cylindervolym och tjänstevikt omkring 1200 kg. Bränsleförbrukningar omkring 0,8 l/mil. Exempel VW Golf, Volvo S40
- Storbilsklass: Motor med 2 – 2,5 liters cylindervolym eller mer och tjänstevikt omkring 1400 kg eller mer. Bränsleförbrukningar omkring 0,95 l/mil. Exempel Toyota Camry, MB E200, 230, Opel Omega, Ford Scorpio, Saab 9-5, Volvo S70.

Bilstorleken sätter tydliga spår vad gäller bränsleförbrukning medan utsläppen med avgaserna visar mindre eller inga skillnader, åtminstone delvis beroende på att avgaskraven är desamma för alla lätta bilar och att stora bilar kostas på mer avancerad utrustning. Provningsunderlaget är i vart fall för ofullständigt för att kunna avgöra om storleken påverkar andra emissioner än koldioxid. Något försök till att definiera emissionsfaktorer för olika stora bilar har därför inte gjorts.

Beräkning av relativ ozonpotential låter sig inte göras med de data som finns för hela profilen av organiska ämnen i avgaserna utan i stället accepteras värden som i USA (av bl.a. CARB och EPA) används för olika bränslen och anger potentialen per massenhet NMOG (icke-metan organiska gaser) relativt genomsnittsbensin (RAF, reactivity adjustment factor):

M85 0,41. E85 0,63. CNG 0,18-0,5. M100 0,19.

För Phase 2 reformulerad bensin i Kalifornien (CAP 2) anges RAF till 0,98.

Koldioxidutsläppen beräknas ur angivna bränsleförbrukningar och korrigeras för andra växthusgaser och för utsläpp i hela kedjan (LCA), som behandlas i särskilt avsnitt nedan.

Emissioner år 1993/1994

Bränsle	Bf (kWh/km)		I/100 km		Reglerade emissioner (g/km)				CO ₂ -ekvivalenter			Hälsoeff. (index)		Försurning ¹
	Bil	LCA	LCA	km	CO	NMOG	NO _x	PM	Bil	LCA	Ozon	Cancer		
Bensin	0,83	1,01	9,35		11,8	1,19	0,50	0,012	198	278	100	100	0,75	
Diesellojja	0,77	0,88	7,80		0,43	0,13	0,68	0,089	201	251	11	74	0,86	
RME (bio)	0,77	1,11	8,35		0,40	0,13	0,75	0,073	12	105	11	(70)	1,54	
Etanol (E85, bio)	0,81	1,98	12,69		7,57	1,16	0,24	0,005	40	99	61	24	1,33	
Metanol (M85, fossil)	0,80	1,16	15,75		6,81	0,95	0,19	0,005	175	228	33	14	0,55	
Metan (CNG, fossil)	0,80	0,91	9,01 ²		0,96	0,11	0,45	0,005	148	193	4,7	6	0,50	
El (svensk mix)	0,28	0,50	3,15 ³		0	0	0	0	0	15	0	0	0,04	
El (naturgas)	0,28	0,87	3,15 ³		0	0	0	0	0	178	0	0	0,09	

Emissioner år 2010

Bränsle	Bf (kWh/km)		I/100 km		Reglerade emissioner (g/km)				CO ₂ -ekvivalenter			Hälsoeff. (index)		Försurning ¹
	Bil	LCA	LCA	km	CO	NMOG	NO _x	PM	Bil	LCA	Ozon	Cancer		
Bensin	0,62	0,75	7,01		0,35	0,079	0,035	0,003	165	231	6,6	14	0,22	
Diesellojja	0,53	0,61	5,61		0,07	0,022	0,092	0,020	146	182	1,9	19	0,22	
RME (bio)	0,53	0,77	6,00		0,07	0,022	0,083	0,012	8,6	75	1,9	(17)	0,65	
Etanol (E85, bio)	0,56	1,38	8,83		0,23	0,034	0,010	0,002	34	82	1,8	6	0,77	
Metanol (M85, fossil)	0,55	0,80	10,83		0,21	0,028	0,008	0,002	146	189	0,9	4	0,25	
Metan (CNG, fossil)	0,57	0,65	6,69 ²		0,02	0,013	0,024	0,002	123	160	0,6	2	0,06	
El (svensk mix)	0,21	0,38	2,36 ³		0	0	0	0	0	11	0	0	0,03	
El (naturgas)	0,21	0,65	2,36 ³		0	0	0	0	0	134	0	0	0,07	

¹ Försurningspotentialen anges i g/km, och som NO₂ ekvivalenter (hela LCA kedjan)

² Gasförbrukningen har uttryckts i bensinekvivalenter.

³ Elförbrukningen har uttryckts i bensinekvivalenter

Av tabellen kan några iakttagelser och kommentarer göras.

- Emissionsdata, som är justerade från provningsdata till förhållanden vid verklig körning (lägre omgivningstemperatur, ogynnsammare körmönster), indikerar i dagens situation att bensinbilen är sämst vad avser de flesta effekter. Detta beror främst på det stora inflytandet av kallstarten, som i det längre perspektivet kan nära elimineras.
- Diesellojdriften framstår sannolikt som alltför gynnsam vad gäller ozon och cancerrisk beroende på att underlaget är klent och vilar på goda data från provning av en bil som inte bedöms representativ för en större population. Fördelen vid låga temperaturer skall dock noteras.
- För att avsevärt minska påverkan på växthuseffekten måste biobaserade drivmedel användas. Dessa har dock betydande tillskott i LCA-perspektivet främst genom fossilbaserade utsläpp vid produktionen av råvara. Eldrift har begränsad fördel om el framställs från fossil naturgas.
- Potentialen för ozonbildning och cancerrisk är lägst för metangasdrift (förutom el) men avsevärt reducerad också för alkoholdrift redan i dagsläget och i det längre perspektivet blir skillnaden liten. Frågetecken måste sättas för bedömningen för dieselloja och RME på grund av för litet dataunderlag.
- Förurningseffekten är högst för dieselmotordrift genom högre NO_x-utsläpp och för biodrivmedel genom höga tillskott från produktionsledet. Försämring genom kallstart vid bensindrift påverkar NO_x-utsläppen föga.
- I det längre perspektivet bör avsevärda förbättringar för alla effekter genom drift med M100/E100 i stället för M85/E85 men dataunderlaget för detta är alltför litet för kvantifieringar.

6. LIVSCYKELPERSPEKTIV

(Litteratur: Life of Fuels. Ecotraffic 1992)

I ett fullständigt system måste energianvändning och utsläpp i tidigare led av produktionskedjan för både fordon och bränslen ingå. Det är emellertid klart att bränslekedjan är den klart dominerande delen och i denna slutvändningen vid själva körningen. Bidragen från produktionen av bilar och av fabriker för detta och byggande av raffinaderier och andra fabriker, lager, fartyg, etc har bedömts vara små i jämförelse bränslekedjan, <10 %, kanske än lägre, när de slås ut på fordonets hela livstid och använda bränslevolym. De lämnas därför utanför denna studie och dessutom görs antagandet att skillnaderna mellan olika miljöbilskoncept är små. Detta är sannolikt än mer sant i framtiden då effektiv återvinning av material satts i system, vilket kan vara särskilt viktigt för t ex elbilar med batterier med tungmetaller som bly, kadmium, nickel, etc. Noggrannare analys av riktigheten i antagandena ligger i vart fall utanför ramen för denna studie.

Bränslekedjan består av råvaruutvinning/produktion, transport till anläggning för konvertering till slutliga fordonsbränslen, distribution av dessa till tankningspunkter och slutanvändning i fordon. Analys av de tidigare ledens energi-användning och emissioner har varit ämnet i tidigare studier (t ex Life of Fuels,

Ecottraffic 1992). Resultaten för ett antal drivmedel har sammanfattats i diagram i Fig. 5.1, 5.1a, 5.2 och 5.3 och mer detaljerat i exempel i bilaga LCA med diagram i Fig. 4.3, 4.7, 4.11, 4.13 och 4.27.

Av detta material kan följande iakttagelser göras:

- Användningen av fossilenergi ökar ca 15 och 20 % för CNG resp. bensin utöver bränslets energiinnehåll genom aktiviteter innan bränslet når bil-tanken, för naturgasbaserad metanol med 45 %. För biomassabaserade bränslen (biogas, metanol, etanol, el) är bränslet helt förnybart och fossilenergiandelen under 10 % förutsatt att processbränslet är biomassa. Skulle det vara fossilt, så som sker vid etanolframställning ur majs i USA, är alternativet helt ointressant både ur energi- och växthusgassynvinkel. Elektricitet genererad från fossil råvara, t ex naturgas, intar en mellanställning genom att drivsystemet i fordonet är energieffektivt och kompenserar låg verkningsgrad vid produktionen.
- Andra växthusgaser än fossil koldioxid och användning av fossil energi i de tidigare ökar sammantaget (uttryckta som ekvivalent koldioxid) utsläppen med drygt 40 % för bensin utöver utsläpp av koldioxid från körningen. För dieselolja är ökningen ca 25 %, för CNG drygt 30 % och för naturgasbaserad metanol ca 30 %. Biomassabaserade drivmedel kan medföra växthusgasutsläpp i hela kedjan som är drygt 20 % av bensinbilens. Endast vatten- eller vindkraft-el får i det närmaste nollutsläpp av växthusgaser. El genererad från naturgas har nästan inga tillskott i hela kedjan men har utsläpp av växthusgaser, som är ungefär lika höga som vid dieselolja- eller direkt naturgasdrift. En används inte enbart alkoholer i lätta bilar utan med viss inblandning av bensin, M85 och E85, vilket ger bidrag till utsläpp av fossil koldioxid. På längre sikt förutsätts att drift med enbart alkohol som drivmedel blir möjlig.

PC

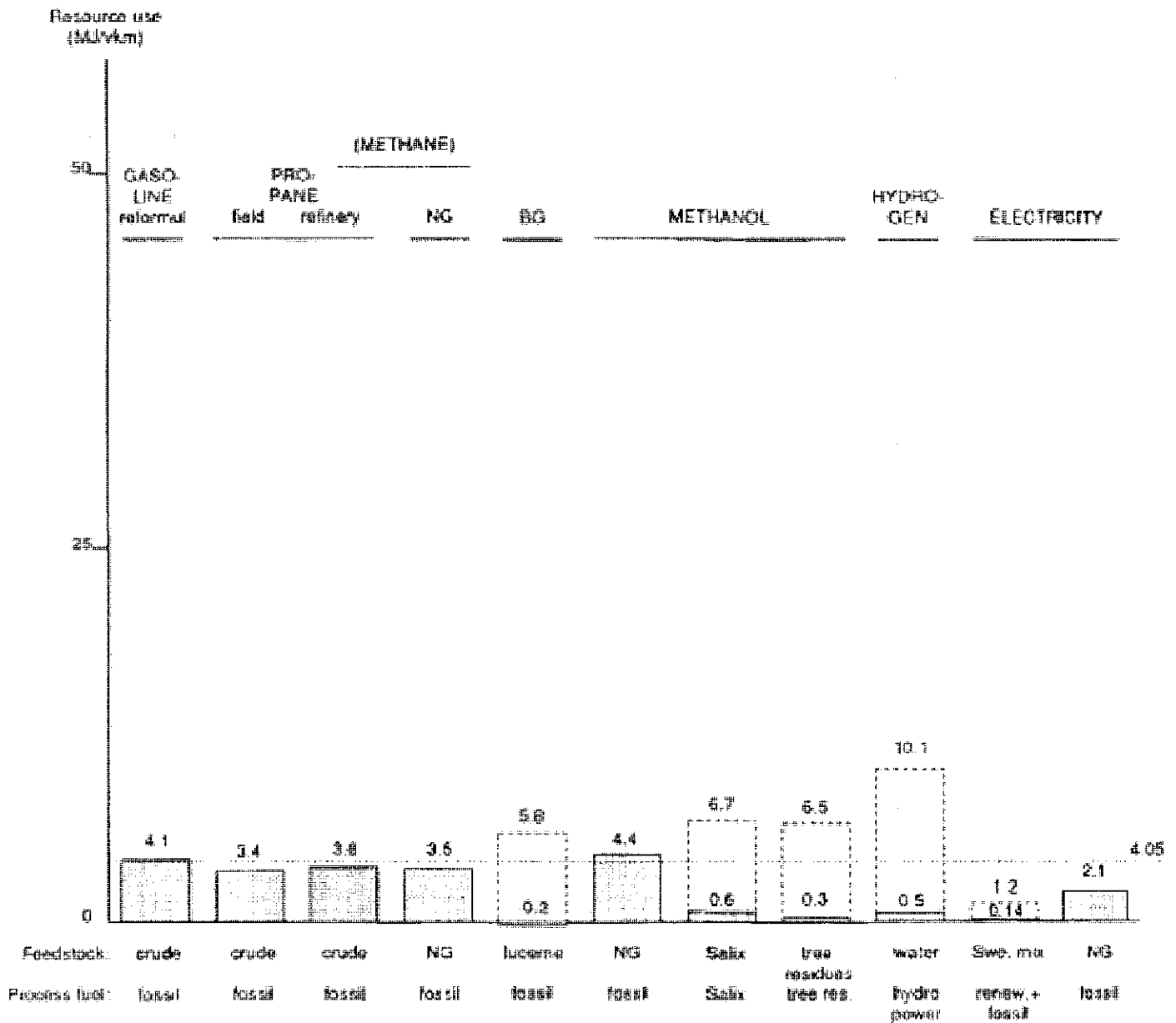





Figure 5.1a Energy resource consumption in PC model vehicle for fuel chains.

-  net fossil energy resource consumption
-  renewable energy resource consumption
-  model vehicle reference fuel resource consumption

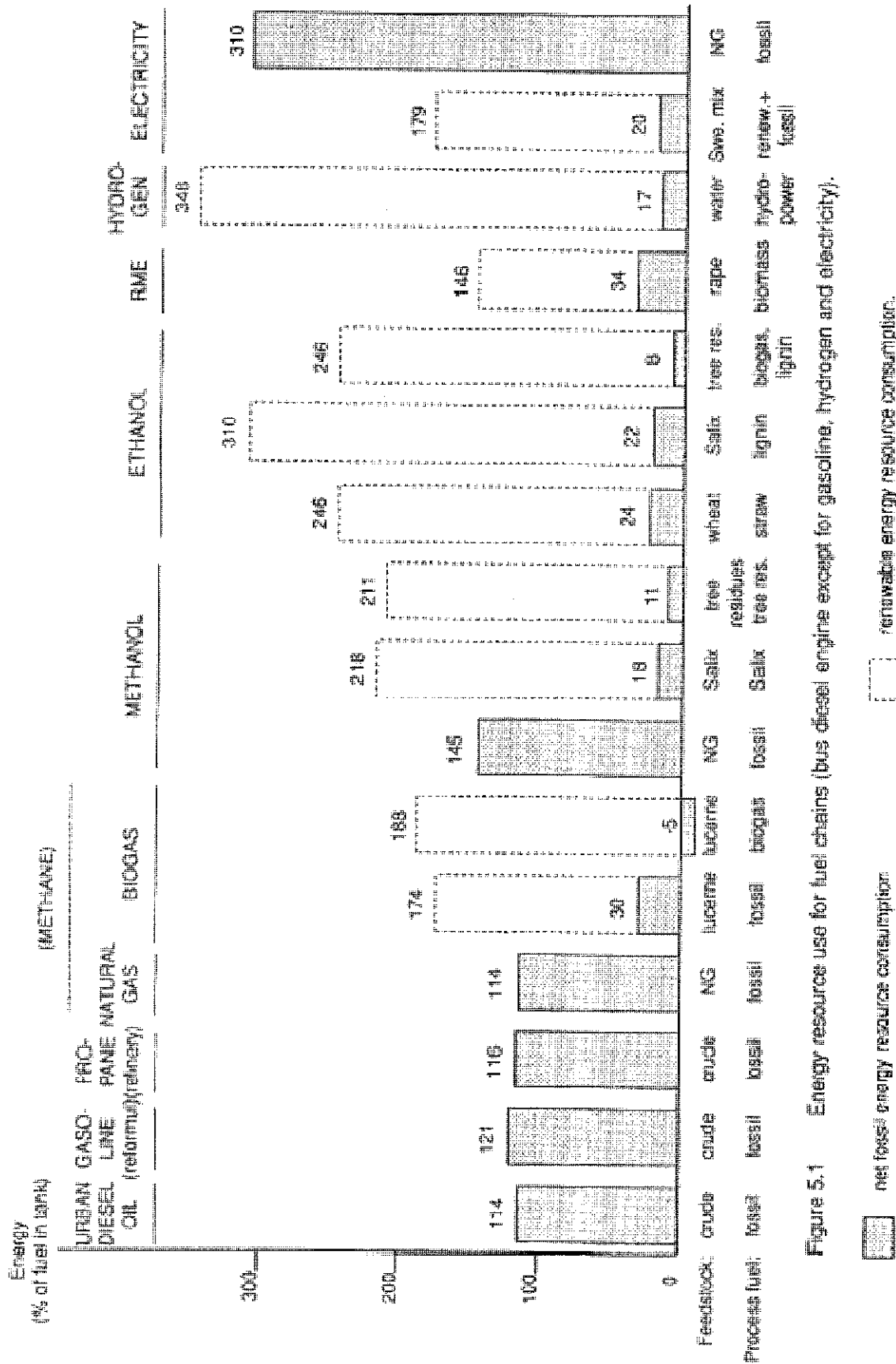


Figure 5.1 Energy resource use for fuel chains (bus diesel engine except for gasoline, hydrogen and electricity).

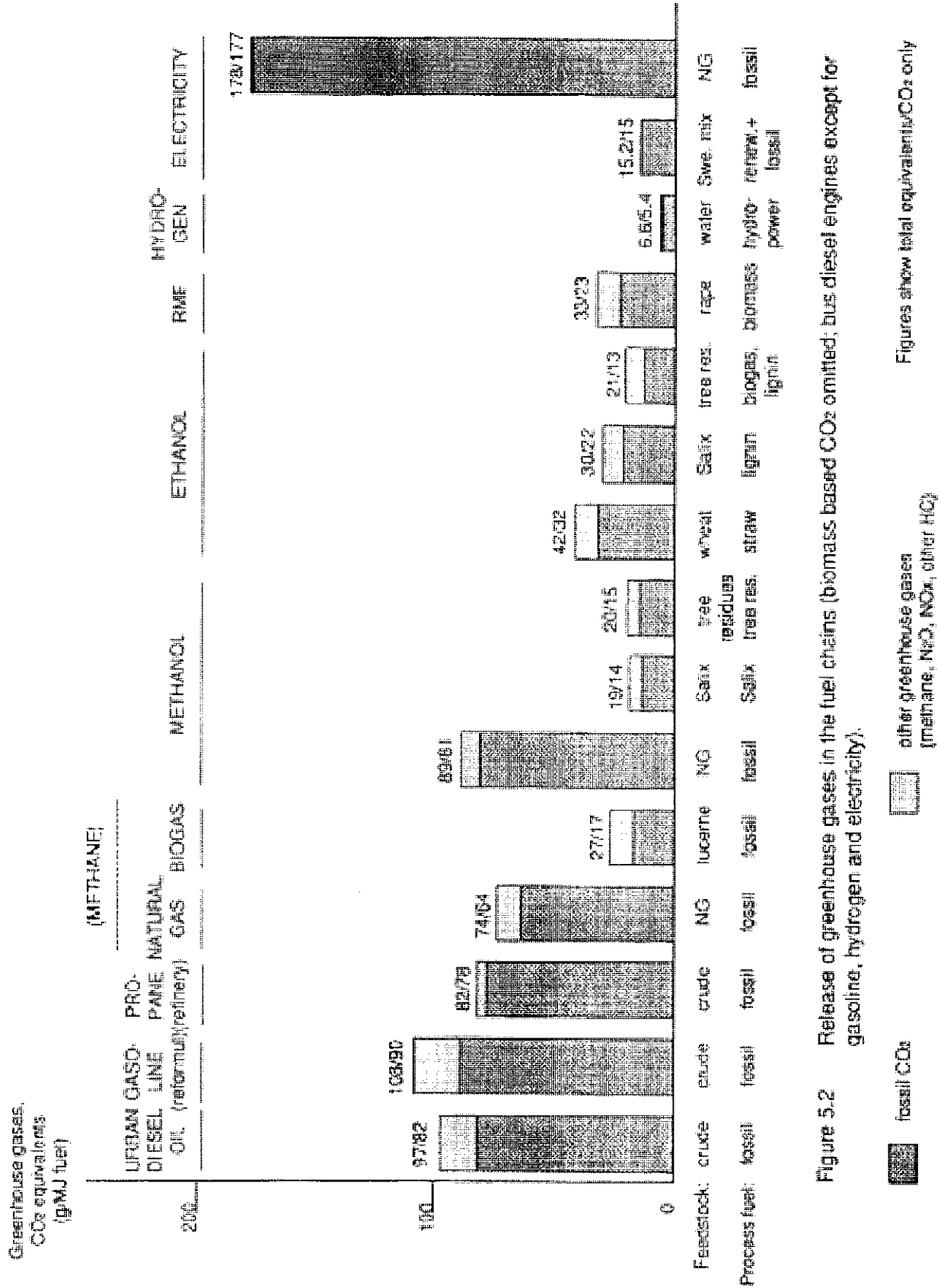


Figure 5.2 Release of greenhouse gases in the fuel chains (biomass based CO₂ omitted; bus diesel engines except for gasoline, hydrogen and electricity).

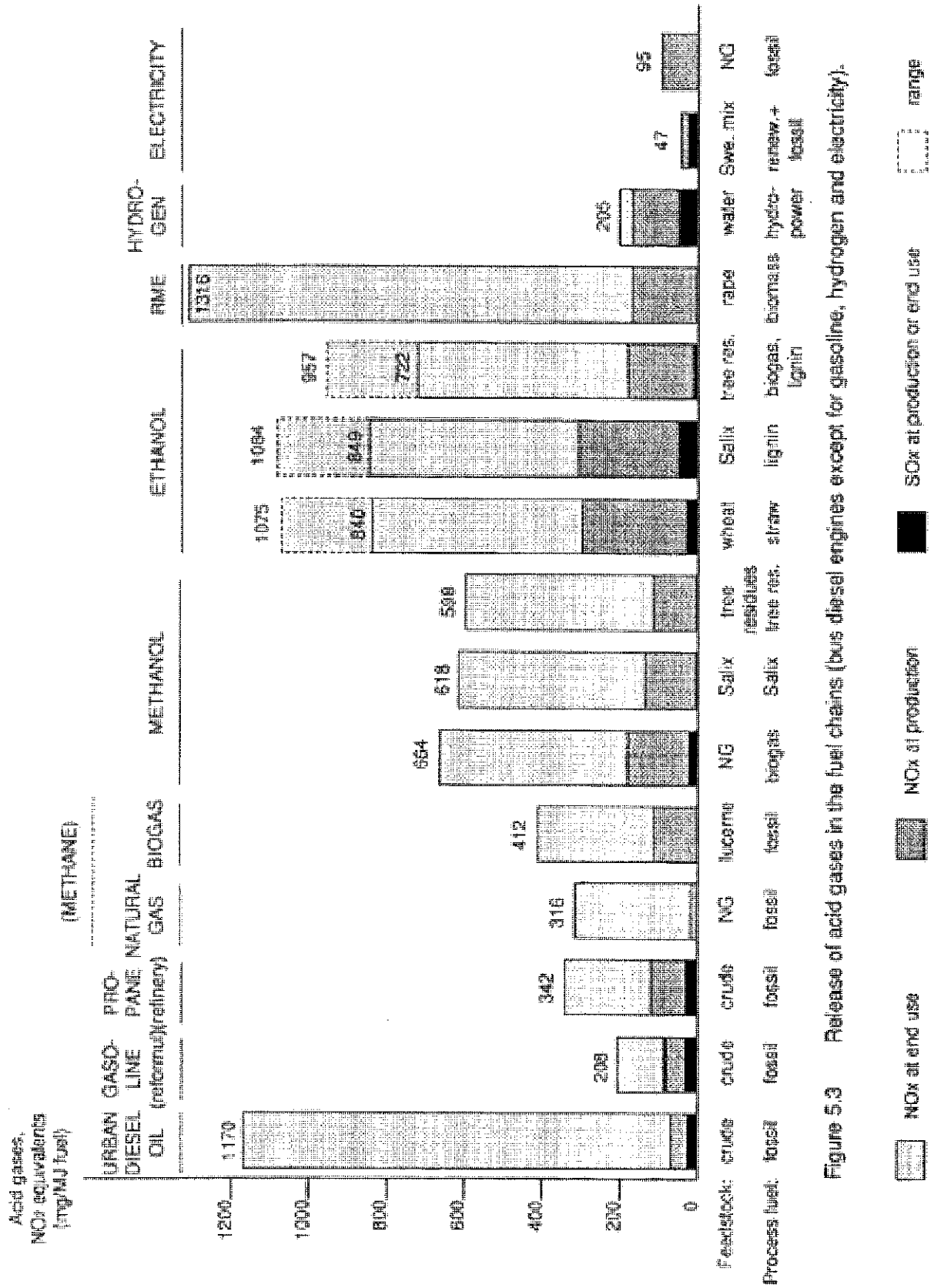


Figure 5.3 Release of acid gases in the fuel chains (bus diesel engines except for gasoline, hydrogen and electricity).

Figures show total equivalents

7. SAMMANTAGNA HÄLSO- OCH MILJÖEFFEKTER (Litteratur: Ecotraffic-Rapport för ABU och Naturskyddsföreningen maj 1996)

I en tidigare studie rankades olika drivmedel "semi-kvantitativt" med avseende på total energianvändning och olika hälso-/miljöeffekter enligt tabell 6.3.

Stegen i jämförelsen är få och jämförelsen därför grov. För att motivera ett stegs skillnad måste förändringen vara minst 10 % och för två steg av storleksordningen 50 % eller mer. Den nu gjorda studien föranleder ingen väsentlig förändring i bedömningen i dagens teknikläge. Utvecklingen på längre sikt för drivsystem, fordon och efterreningsystem kan däremot komma att minska skillnaderna mellan olika drivmedel för flera av hälso- och miljöeffekterna. För att åstadkomma stor reduktion av transportsektorns växthuspåverkan kvarstår dock behovet av biobaserade drivmedel.

Tabell 6.3. Bedömd relativ* inverkan av olika drivmedel för personbil på hälso- och miljöeffekter

Drivmedel ¹	Fossil energi-användning (hela kedjan)	Försurning ²⁾	Hälsa, akut ³⁾	Hälsa, kronisk ⁴⁾	Ozon-potential ⁵⁾	Växthuse-potential ⁶⁾
Bensin mk2	0	0	0	0	0	0
Biogas	++	-	++	++	++	++
Naturgas	+	0	++	++	++	+
Biometanol	++	-	+	+	++	++
Metanol från naturgas	0	-	+	+	++	0
Bioetanol	++	-	+	+	+	++

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

1) Värdena gäller för fordon som är utrustade med en trevägs katalysator, som reducerar utsläppen av organiska ämnen, kolmonoxid och kväveoxider

2) Kväve och svaveloxider, lokalt och i hela kedjan

3) CO, kväve- och svaveloxider, partiklar lokal (luftkvalitetsriktvärden), aldehyder

4) PAC, bensen, gasformiga olefiner, form- och acetaldehyd (sammansvägda)

5) Organiska ämnen (VOC /vägda), CO, NO_x

6) CO₂ (fossil), CO metan dikväveoxid (N₂O), VOC och NO_x (vägda)

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 bensindrift och alkoholdrift. Användningen av alkoholer som drivmedel ger i sin tur upphov till mindre reaktiva och toxiska kolväten än vad bensin gör. De biobaserade drivmedlen ger upphov till lägre växthuseffekt än vad de fossilbaserade gör, medan biobaserade alkoholer i tillverkningsledet med nuvarande teknik ger högre kväveoxidutsläpp.

BILAGA - EMISSIONER

Metodik för beräkning av emissioner

Publicerade emissionsdata använder vanligtvis någon av de standardiserade körcykler och mätförfaranden som används vid certifiering av fordonen. Detta är ej helt representativt för svenska körförhållanden och vissa korrekationer har därför använts. Två olika årsmodeller av fordon redovisas speciellt; 1993 och 2010. Den första årsmodellen kan sägas representera moderna katalysatorbilar i trafik och den senare är för ett framtida scenario. Det kan vara värt att poängtera att det således inte är fråga om någon medelpopulation av fordon för respektive år utan endast ett slags medelfordon för respektive årsmodell. Situationen i dag är att ca hälften av transportarbetet utförs med fordon äldre än 1993 års modell. Dessa äldre fordon har väsentligt högre emissioner än fordonen av 1993 års modell. Likaså bör man notera att de med dagens mått sett synnerligen låga emissionsnivåer som vi anser vara möjliga år 2010 och enligt den bedömning vi kan göra i dag också kommer att krävas av de framtida avgaskraven (förslag för emissionsgränser för 2010 finns ej utan har uppskattats) inte kommer att gälla för populationen detta årtal. Med sedvanlig utskrotning mm kommer det att dröja 5 – 10 år innan ens hälften av transportarbetet kommer att utföras med nya fordon.

Emissionerna har beräknat utifrån publicerade mätdata med hänsyn till följande faktorer:

- Tekniknivå
- Åldring
- Klimat
- Körmönster

Vi har försökt att jämföra fordon för olika drivmedel med samma tekniknivå. Eftersom det endast finns ett fåtal kommersiella fordon för de alternativa drivmedlen och ännu färre emissionstester på dem har inte denna ambition kunnat fullföljas helt. Framtida data kan därför korrigera bilden något.

Eftersom det är viktigt att fastställa fordonens emissioner under hela deras livslängd är det viktigt att ta hänsyn till åldringseffekterna. De emissionsresultat som publiceras har ofta genererats för nya fordon och är därför oftast väsentligt lägre än våra resultat. Vi har antagit en livslängd motsvarande en körsträcka av 160 000 km samt att försämringen är linjär vilket medför att emissionsnivån vid 80 000 km är representativ för medelemissionsnivån under hela livslängden.

Klimateffekterna har tagits hänsyn till genom att beräkna emissionsnivån vid en temperatur av +7°C som är en ungefärlig medeltemperatur för Sverige. Genom de betydande kallstartemissionerna för vissa drivmedel (bensin och alkoholer) ökar emissionsnivån väsentligt för dessa drivmedel i förhållande till lagstadgade tester inom temperaturintervallet +20°C – +30°C.

Den europeiska körcykeln har en längd av 11 km vilket inte avviker alltför mycket från den svenska medelkörsträckan på ca 14,5 km enligt resvaneundersökningar. Inom tätorterna är medelkörsträckan som regel väsentligt kortare. På grund av de

många korta resorna kommer fordonen däremot inte att hinna kylas ner fullständigt ("halvvarma" starter) vilket innebär att en full korrektion för körsträcka skulle ge en överskattning av emissionsnivån. Vid en årlig körsträcka på 15 000 km kan man helt enkelt inte åstadkomma så många som 1 000 kallstarter. Å andra sidan kan det hända att resvaneundersökningar inte ger den fullständiga bilden av körförhållandena för stadskörning där det kan bli många fler korta stopp med halvvarma starter som i sin tur skulle medföra att nivån underskattas när resultat från körcykeln används. Vi har dock konstaterat att en enkel simuleringsmodell inte kan konstrueras och att ta fram en mer sofistikerad modell (liknande VTI:s modell) ligger utanför ramen för denna studie. Den tidigare använda amerikanska körcykeln (FTP-75) innehåller viktsfaktorer vilket innebär att den ekvivalenta körsträcka per kallstart är nära 28 km. För de FTP-75 data som använts i beräkningarna har en korrektion till en körsträcka motsvarande den svenska medelkörsträcka gjorts.

Hälsa- och miljöeffekter

De hälso- och miljöeffekter som analyserats är: växthusgaser (från avgasröret och i ett livscykelperspektiv), ozonbildningspotential, cancerrisk och försurning. Vissa av de effekter som analyserats kräver mätdata för ett flertal icke reglerade emissioner. Av naturliga skäl finns inte lika mycket tillgängliga data för de icke reglerade emissionerna som för de reglerade. Detta gäller särskilt för de alternativa bränslena. Man måste därför acceptera att det statistiska underlaget är synnerligen begränsat i dessa fall. Eftersom dessutom mätmetoderna ännu ej är fullt utvecklade är ej heller resultaten fullt tillförlitliga.

Resultaten för bensin- och dieselfordonen avser referensbränsle i båda fallen, dvs bränslen som ungefär motsvarar miljöklass 3 i båda fallen. Inverkan av bättre bensin- och dieselkvaliteter har en tämligen liten inverkan på de reglerade emissionerna medan inverkan på vissa av de icke reglerade emissionerna kan vara betydande i flera fall. Detta förhållande ger en överskattning av differensen till de (oftast bättre) alternativa drivmedlen för dessa emissionskomponenter och de effekter som beror på dem.

Resultaten för alkoholerna avser ej rena alkoholer utan E85 respektive M85, vilka används i sk bränsleflexibla fordon (FFV, Flexible Fuel Vehicle). I dag finns ingen bra kommersiell lösning för att använda rena alkoholer (E100 och M100) i ottomotorer. FFV fordon innebär också en kompromiss som ej visar hela potentialen för alkoholerna. Det är troligt att dedicerade E100 och M100 motorer skulle kunna uppvisa lägre emissioner, speciellt de emissioner som påverkar hälsa och miljö, än de E85 och M85 motorer som finns för FFV fordonen. Till år 2010 vore det fullt möjligt att utveckla sådana fordon men för att göra våra skattningar något konservativa har vi i alla fall förutsatt E85 och M 85 som bränsle i FFV fordon.

Emissioner år 1993/1994

Bränsle	Br. för (l/100 km)	Reglerade emissioner (g/km)				Växt. gas. (CO ₂ -ekv.)			Hälsoeff. (index)		Försur- ning ⁴
		CO	NMOG	NO _x	PM	CO ₂	CO ₂ /LCA	Ozon	Cancer		
Bensin	9,35	11,8	1,19	0,50	0,012	198	278	100	100	0,75	
Dieselloolja	7,80	0,43	0,13	0,68	0,089	201	251	11	74	0,86	
RME (bio)	8,35	0,40	0,13	0,75	0,073	12	105	11	(70)	1,54	
Etanol (E85, bio)	12,69	7,57	1,16	0,24	0,005	40	99	61	24	1,33	
Metanol (M85, fossil)	15,75	6,81	0,95	0,19	0,005	175	228	33	14	0,55	
Metan (CNG, fossil)	9,01 ⁵	0,96	0,11	0,45	0,005	148	193	4,7	6	0,50	
EI (svensk mix)	0,28 ⁶	0	0	0	0	0	15	0	0	0,04	
EI (naturgas)	0,28 ³	0	0	0	0	0	178	0	0	0,09	

Emissioner år 2010

Bränsle	Br. för (l/100 km)	Reglerade emissioner (g/km)				Växt. gas. (CO ₂ -ekv.)			Hälsoeff. (index)		Försur- ning
		CO	NMOG	NO _x	PM	CO ₂	CO ₂ /LCA	Ozon	Cancer		
Bensin	7,01	0,35	0,079	0,035	0,003	165	231	6,6	14	0,22	
Dieselloolja	5,61	0,07	0,022	0,092	0,020	146	182	1,9	19	0,22	
RME (bio)	6,00	0,07	0,022	0,083	0,012	8,6	75	1,9	(17)	0,65	
Etanol (E85, bio)	8,83	0,23	0,034	0,010	0,002	34	82	1,8	6	0,77	
Metanol (M85, fossil)	10,83	0,21	0,028	0,008	0,002	146	189	0,9	4	0,25	
Metan (CNG, fossil)	6,69 ²	0,02	0,013	0,024	0,002	123	160	0,6	2	0,06	
EI (svensk mix)	0,21 ³	0	0	0	0	0	11	0	0	0,03	
EI (naturgas)	0,21 ³	0	0	0	0	0	134	0	0	0,07	

⁴ Försurningspotentialen anges i g/km, och som NO₂ ekvivalenter

⁵ Gasförbrukningen har uttryckts i bensinekvivalenter.

⁶ Elförbrukningen har uttryckts i enheten kWh/km

Metanfordonen har antagits vara tvåbränslefordon (bensin – metan). Även här föreligger en kompromiss liknande den ovan för alkoholerna men som främst påverkar bränsleförbrukningen på ett negativt sätt. Detta innebär att skillnaden emissioner och effekter som oftast är till gasfordonens fördel skulle minska något om jämförelsen gjordes mot de dedicerade alkoholfordonen.

Resultaten för de reglerade emissionerna samt de effekter enligt ovan som studerats har sammanfattats i de två tabellerna ovan.

Från tabellen kan några iakttagelser och kommentarer göras.

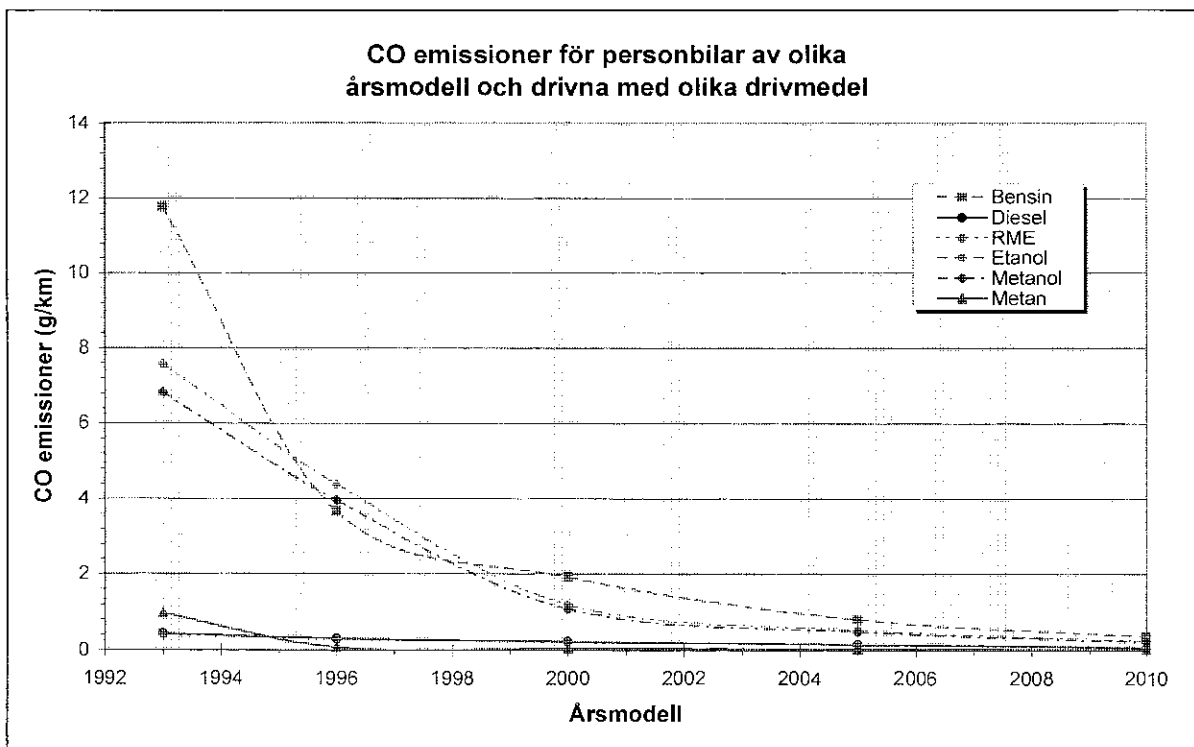
- Emissionsdata, som är justerade från provningsdata till förhållanden vid verklig körning (lägre omgivningstemperatur, ogynnsammare körmönster), indikerar i dagens situation att bensinbilen är sämst vad avser de flesta effekter. Detta beror främst på det stora inflytandet av kallstarten, som i det längre perspektivet kan nära elimineras.
- Diesellojdriften framstår sannolikt som alltför gynnsam vad gäller ozon och cancerrisk beroende på att underlaget är klen och vilar på goda data från provning av en bil som inte bedöms representativ för en större population. Fördelen vid låga temperaturer skall dock noteras.
- För att avsevärt minska påverkan på växthuseffekten måste biobaserade drivmedel användas. Dessa har dock betydande tillskott i LCA-perspektivet främst genom fossilbaserade utsläpp vid produktionen av råvara. Eldrift har begränsad fördel om el framställs från fossil naturgas.
- Potentialen för ozonbildning och cancerrisk är lägst för metangasdrift (förutom el) men avsevärt reducerad också för alkoholdrift redan i dagsläget och i det längre perspektivet blir skillnaden liten. Frågetecken måste sättas för bedömningen för dieselloja och RME på grund av för litet dataunderlag.
- Försurningseffekten är högst för dieselmotordrift genom högre NO_x-utsläpp och för biodrivmedel genom höga tillskott från produktionsledet. Försämring genom kallstart vid bensindrift påverkar NO_x-utsläppen föga.
- I det längre perspektivet bör avsevärda förbättringar för alla effekter genom drift med M100/E100 i stället för M85/E85 men dataunderlaget för detta är alltför litet för kvantifieringar.

Emissionsresultat för reglerade emissioner i olika tidsperspektiv

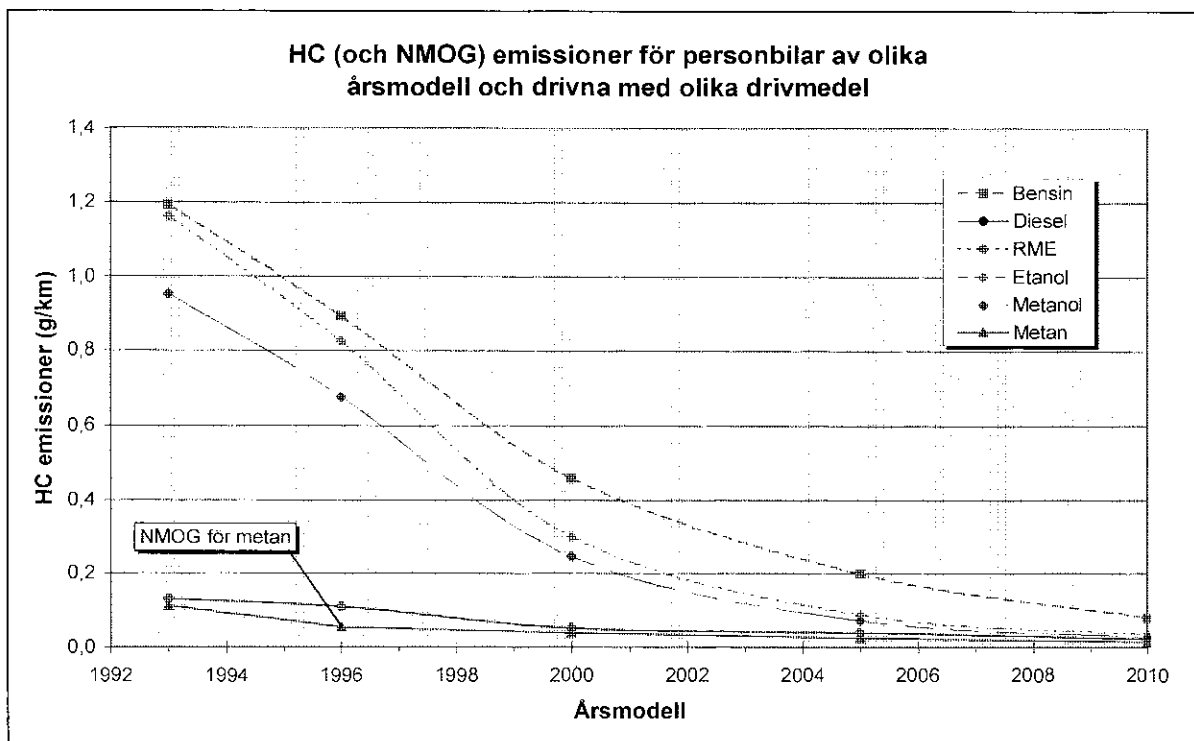
Emissionsresultaten för de reglerade emissionerna i olika tidsperspektiv har sammanfattats i de tre diagrammen nedan.

Man kan utifrån resultaten i figurerna konstatera att alla drivmedel har en stor potential till förbättringar i framtiden ur emissionssynpunkt. De alternativa drivmedlen kommer dock fortfarande att ha vissa fördelar framför de konventionella fossila drivmedlen även långt in i framtiden. På **längre sikt** torde

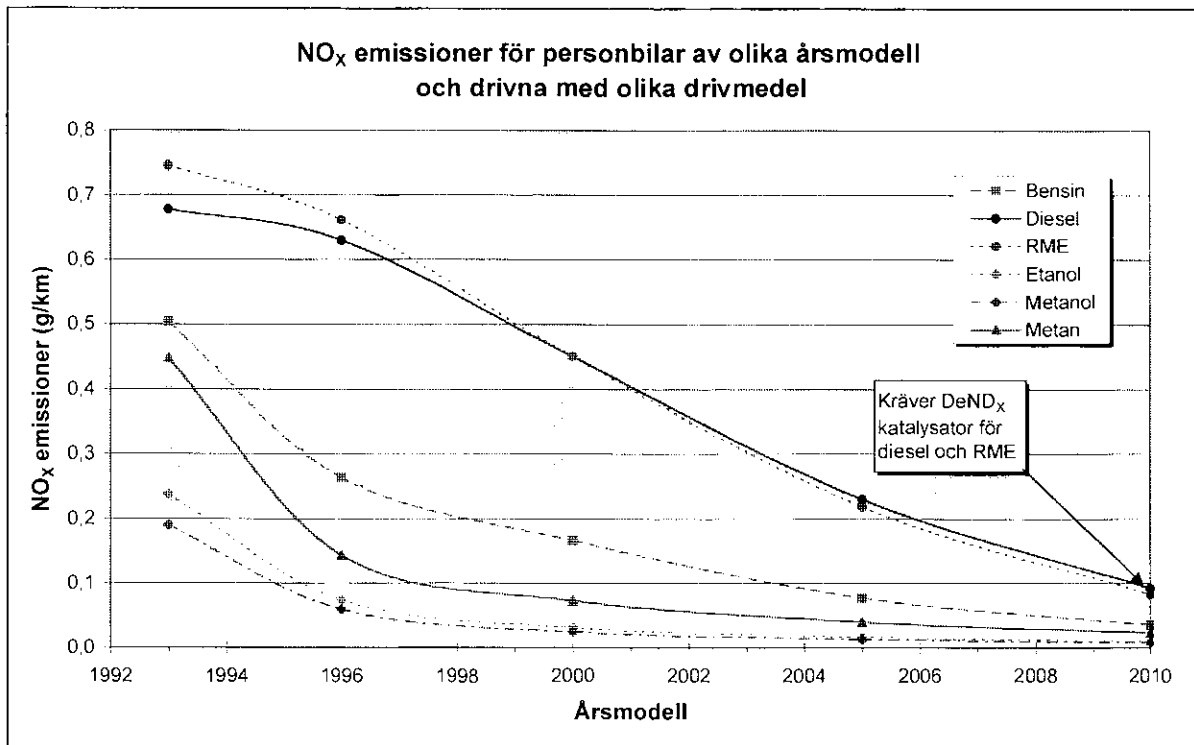
emellertid inverkan på växthuseffekten att vara den parameter som är att allra största betydelse.



Figur 1: CO emissioner



Figur 2: HC emissioner



Figur 3: NO_x emissioner

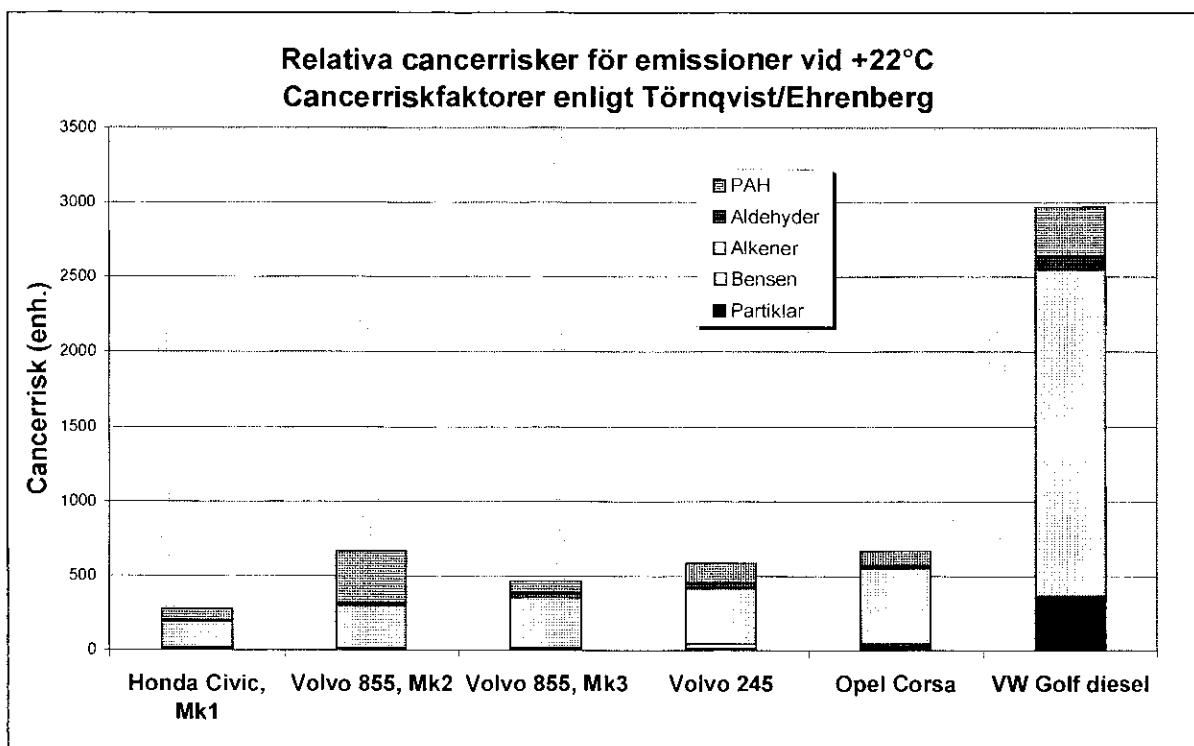
●
●

BILAGA - CANCERRISKER

●
●

Cancerrisk

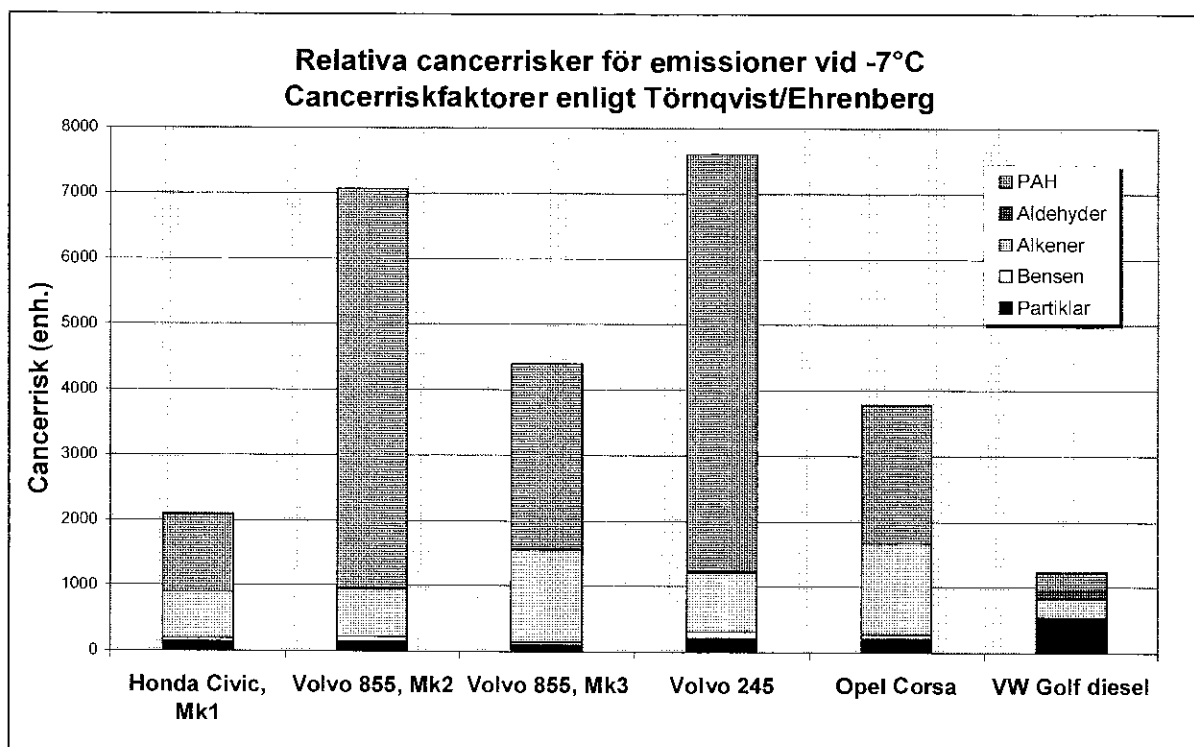
I en nyligen utkommen rapport från MTC (MTC 9501) har ett antal bilar emissionstestats varvid de reglerade samt ett stort antal icke reglerade emissioner har mätts. Med utgångspunkt från de uppmätta emissionerna har den relativa cancerrisken beräknats utifrån uppgifter om så kallade enhetsriskfaktorer (unit risk factors). Testerna har utförts vid såväl +22°C som vid -7°C. I figurerna 1 och 2 nedan visas några av resultaten från denna rapport.



Figur 4: Cancerrisk index vid +22°C

I Figur 1 kan man notera att miljöklass 1 bilen (Honda Civic) är i särklass bäst och att de övriga katalysatorbilarna (Volvo 855 Mk2 & Mk3, Volvo 245 och Opel Corsa) ligger på en tämligen lika nivå samt att dieselbilen ligger väsentligt högre än de övriga bilarna (ca en tiopotens).

Vi lägre temperatur (figur 2) ökar de emissioner som har en inverkan på cancerrisken väsentligt för alla bilsmodeller – dock minst för Mk1 bilen. Dieselbilen följer inte samma trend som bilsmodellerna och ligger därför på ungefär samma nivå som Mk1 bilen vid denna temperatur.



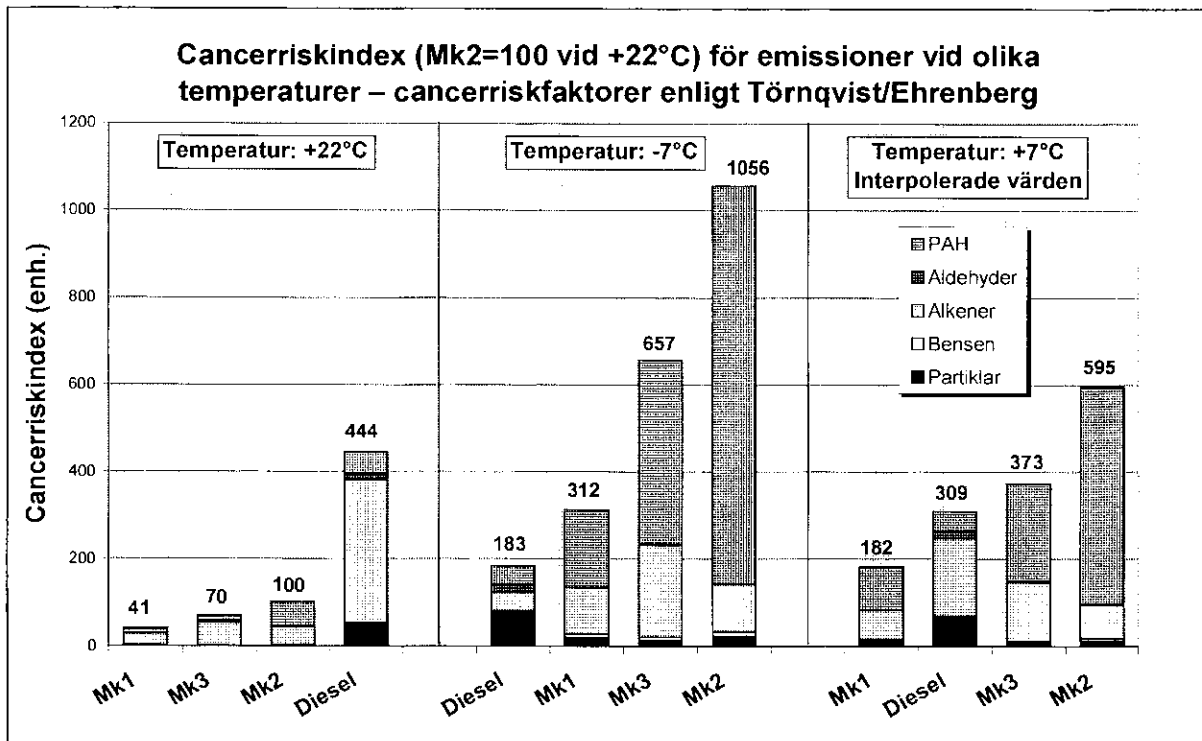
Figur 5: Cancerrisk index vid -7°C

De testbränslen som använts för bilarna i MTC-studien har varit referensbränsle som är mycket mer noga specificerat än handelsbränsle. Kvaliteten motsvarar ungefär Mk3 av bensin respektive dieseloilja.

Då den enhet som använts för den relativa cancerrisken av författarna till MTC rapporten inte är väl definierad, har Ecotrafic bearbetat resultaten genom att införa ett cancerriskindex. Detta index har satts till 100 för Mk2 bilen vid +22°C. Vidare har en interpolation gjorts mellan resultaten för de två testtemperaturerna för att ge en viss indikation om vad nivån skulle kunna bli vid en svensk årsmedeltemperatur (ca +7°C). I figur 3 nedan jämförs några av bilarna enligt ovan under dessa förutsättningar vid de tre olika temperaturerna. Fordonen har dessutom grupperats och rangordnats för respektive temperatur.

Vid medeltemperaturen på +7°C är Mk1 bilen bäst som väntat. Anmärkningsvärt är att dieselbilen är den näst bästa bilen även om man bör notera att det är fråga om endast en individ som testats. Det kontroversiella resultatet skiljer sig från tidigare uppfattningar och mätresultat som hävdade att skillnaden jämfört med katalysatorbilar skulle vara i storleksordningen en tiopotens. Huvudorsaken till att de föreliggande resultaten skiljer sig från tidigare publicerade resultat är enbart att testerna i den senaste MTC rapporten utförts även vid lägre temperatur än +20°C. Det anmärkningsvärda är egentligen att de hälsofarliga emissionerna för bensindrivna bilar ökar så markant vid lägre temperaturer. Det kan dock vara värt att notera att det för de bensindrivna bilarna som synes finns en mycket stor potential till minskning av de cancerfarliga emissionerna genom att undvika kallstart vid låga temperaturer. Därtill kan man dessutom påpeka att relativt enkla åtgärder av

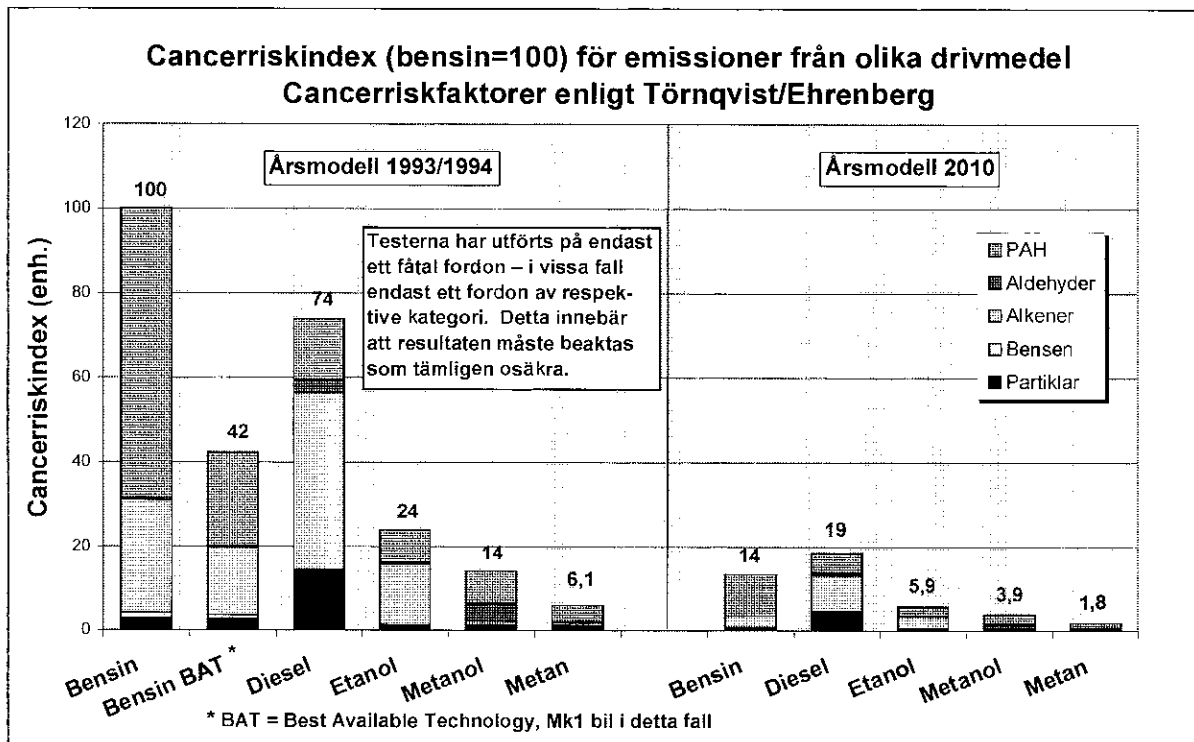
typ elektriska motorvärmare, värmelager eller bränsle drivna värmare (liksom även varmgarage!) kan minska de cancerfarliga emissionerna till ungefär samma nivå som vid +22°C. Resultat som stöder detta har för publicerats i en rapport av en av författarna till denna skrift (Ahlvik: SAE Paper 972908). Det finns även en mängd andra tekniska åtgärder för bensinmotorerna som för närvarande är under utveckling som har potential att väsentligt minska emissionerna vid kallstart vid låga temperaturer. Många av dessa tekniska åtgärder kommer även att ha effekt på de ottomotorer som drivs av alternativa bränslen.



Figur 6: Cancerindex vid olika temperaturer.

Med hjälp av data från MTC rapporten och liknade data från bl a IEA (VTT), TNO, KFB (VTT) NREL m fl har icke reglerade emissioner sammanställts, beräknats, samt uppskattats där relevanta data ej funnits tillgängliga. Detta har gjorts för ett antal olika drivmedel vilket redovisas i figur 4. RME och hybridsystem (behandlas separat) har ännu inte tagits med i figuren eftersom få data finns tillgängliga och då dessa inte är helt tillförlitliga. En nyligen utkommen rapport i ämnet har vi ännu inte hunnit ta del av och det är därför möjligt att vi framgent även kan inkludera RME. Det torde annars kunna antas att resultaten för RME inte väsentligt avviker från resultaten från diesellojla. De undersökningar som utförts vid MTC ger vid handen att RME kan ha en liten fördel jämfört med referensdiesellojla (motsvarande Mk3) men att RME gett sämre resultat än Mk1 diesellojla när det gäller de emissioner som är av betydelse för cancerrisken. Vi ser därför inget större skäl att använda RME ur hälsosynpunkt i jämförelse med andra drivmedel.

Liksom i figuren ovan har beräkningarna för underlaget till figur 4 utförts för en temperatur av +7°C. Två olika tidshorisonter har använts: 1993/1994 samt 2010.



Figur 7: Cancerriskindex för olika drivmedel. Beräknat för en årsmedeltemperatur av +7°C och vid en körsträcka av 80 000 km.

Den variant som kallas "bensin" i figur 4 är ett medeltal av 3 bilar i MTC rapporten (Volvo 855 Mk2 & Mk3 samt Opel Corsa). Den Volvo 245 som testats är en gammal USA bil och har inte funnits i Sverige varför den ej ansågs relevant i sammanhanget. Den Mk1 bil som testades i MTC rapporten kan anses vara representativ för en framtida teknisk nivå ungefärligen motsvarande EU 2000 kraven. Bilen har kallats "bensin BAT" (BAT: Best Available Technology) i figuren. Då den enda dieselbil som fanns med i MTC:s testserie hade något lägre HC och partikelemissioner än de dieselresultat (medelbil) som vi använt i övriga sammanhang, har nivåerna justerats upp något jämfört med MTC studien. RME har inte tagits med i figuren då vi anser att de resultat som finns för normala testtemperaturer inte är tillräckligt tillförlitliga samt att inga tester finns tillgängliga för lägre temperaturer. Man kan dock förmoda att resultaten inte skulle avvika alltför mycket från resultaten för dieselbränsle.

Som synes i figuren har de alternativa drivmedlen stora fördelar både i dag och i framtiden. Den absoluta skillnaden kommer dock att minska väsentligt i framtiden eftersom förbättringen för de konventionella motorerna förväntas bli avsevärd. Det bör också beaktas att bättre bränslekvaliteter av de konventionella bränslena (miljöklass 1&2) än de referensbränslen av respektive typ som använts sannolikt ger lägre emissioner vilket minskar differensen till de

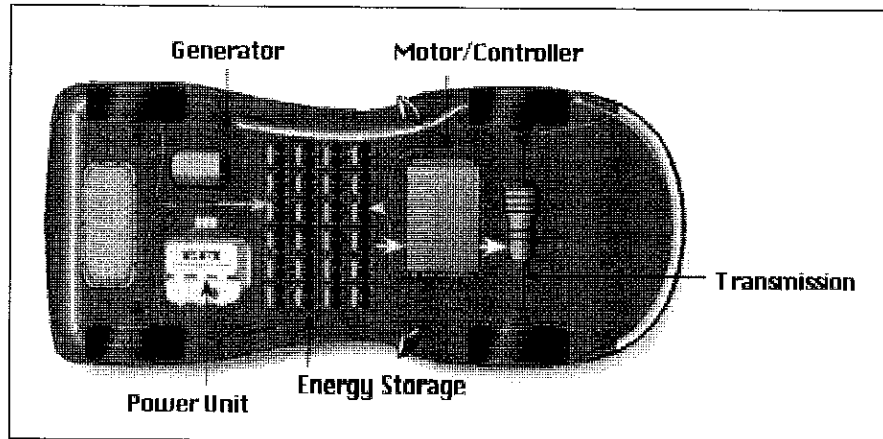
alternativa bränslena. Trots att förbättringspotentialen till år 2010 ter sig avsevärd för alla bränslena måste man också beakta att det kommer att ta en mycket lång tid innan dessa fordon får något större genomslag på marknaden. Beroende på bilarnas medellivslängd och årliga körsträcka kan man räkna med att bilar av årsmodell 2010 och senare inte kommer att stå för mer än 50 % av transportarbetet före 2015. I detta tämligen långa tidsperspektiv är det således av yttersta vikt att med andra medel än de nya avgaskrav som kommer att bestämma de framtida fordonens emissionsnivå, försöka minska de hälsofarliga emissionerna. Fordon för konventionella drivmedel som uppfyller högre krav än (framtida) gällande gränsvärden kan t ex införas med ekonomiska styrmedel och teknikupphandlingar. Som visats ovan kan också alternativa drivmedel spela en stor roll under denna tidsperiod. Detta gäller inte minst i tätortsmiljö där även de alternativ som trots allt måste betraktas som nischbränslen lättare kan införas än i landet som helhet.

BILAGA - HYBRIDFORDON

Introduktion till hybridfordon

Hybridfordon kan klassificeras som två olika huvudtyper: seriehybrider och parallellhybrider.

Enkelt uttryckt kan man säga att ett seriehybridfordon får kraften för sin framdrivning från två olika typer av kraftkällor. Den vanligaste varianten är en förbränningsmotor och ett kemiskt batteri. En sådan lösning visas i figur 1 till höger.



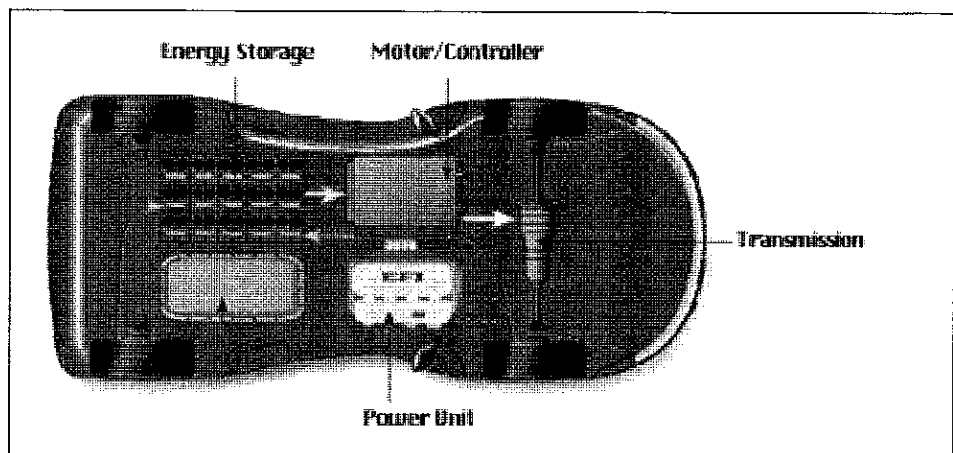
Figur 8: Seriehybrid

Förbränningsmotorn är i detta fall tämligen liten och ger sällan mer än 50 % av den maximala effekten i fordonets drivsystem. Det finns ej heller någon mekanisk förbindelse mellan motorn och drivhjulen vilket innebär att förbränningsmotorn i det mest extrema fallet kan gå på en mer eller mindre konstant belastning. Detta förhållande – att motorn ej behöver följa körcykelns dynamik – ger mycket goda förutsättningar för låga emissioner när t ex en ottomotor med sk trevägskatalysator används. Framdrivningen för en seriehybrid ombesörjs av elmotorer som ofta placeras ute vid drivhjulen. Nackdelen med seriehybriden är att det krävs batterier med hög effekttäthet eftersom hela eller nästan hela effekten i extremfallet måste tas från batterierna. De stora batterierna medför också hög vikt och höga kostnader för drivsystemet.

Ett drivsystem av parallellhybridtyp får kraften för framdrivningen parallellt från två håll.

Förbränningsmotorn driver i detta fall drivhjulen via en växellåda och elmotorn ger extra kraft vid behov.

Förbränningsmotorn är större i



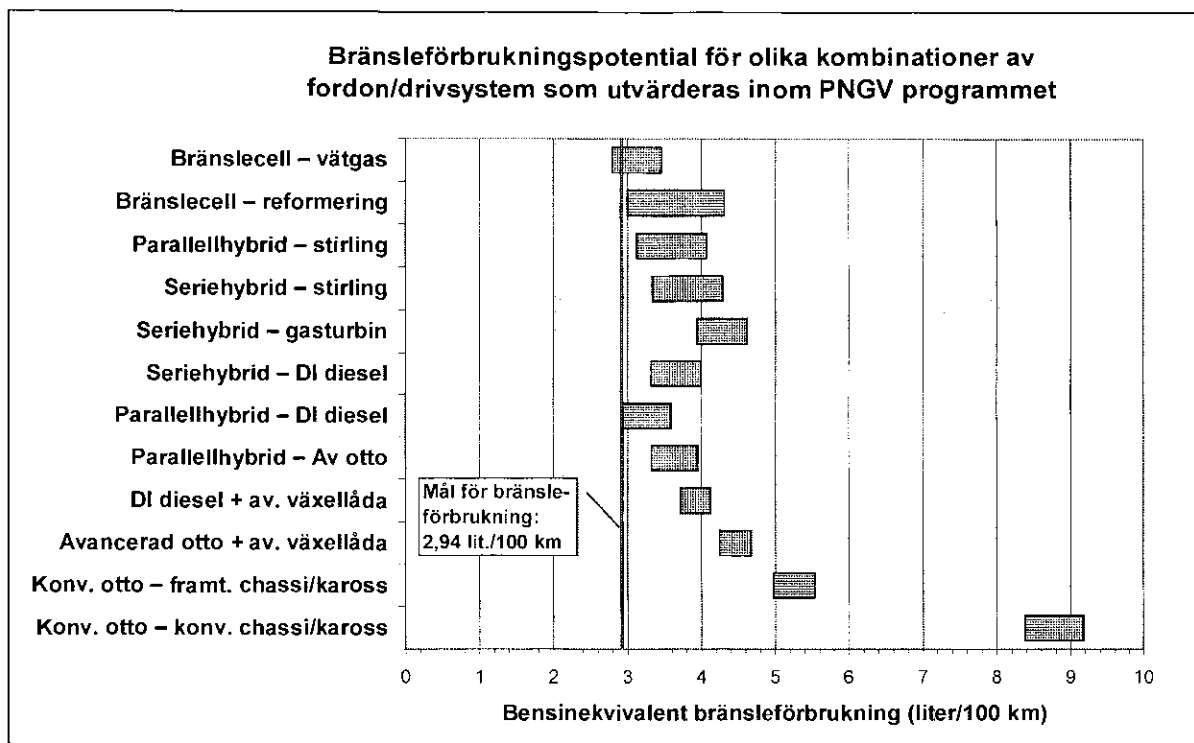
Figur 9: Parallellhybrid

detta fallet än i det förra medan elmotorn (eller motorerna) är mindre. Förbränningsmotorn måste i en parallellhybrid följa körcykelns dynamik (dock med viss utjämning, s k "peak shaving") vilket minskar potentialen till låga emissioner i jämförelse med seriehybriden. Batterierna kan dock göras väsentligt mindre vilket minskar såväl vikt som kostnader.

Båda typerna av hybrider har möjlighet till s k regenerativ bromsning vilket innebär att en betydande potential till minskad bränsleförbrukning vid stadskörning finns i jämförelse med ett konventionellt drivsystem. Genom hybriddriften kan förbränningsmotorns storlek minskas vilket gör det möjligt att öka medelbelastningen för den vilket också minskar bränsleförbrukningen. Ett elektriskt drivsystem har dock en väsentligt lägre verkningsgrad än en konventionell mekanisk växellåda. Totalt sett finns en betydande potential till en ökning av energieffektiviteten under förutsättning att verkningsgraderna för alla komponenter i drivsystemet är höga. Även här gäller dock att ingen kedja är starkare än sin svagaste länk. Den svaga länken för eldrivsystemet är batterierna som har en verkningsgrad (ut/in) på högst 70 % och ofta mindre under varierande driftförhållanden.

Potential till minskad bränsleförbrukning

Inom det amerikanska PNGV programmet har hybridsystemens potential till minskad bränsleförbrukning. Programmet syftar till att minska bränsleförbrukningen till 3 liter/100 km (egentligen 80 miles/gallon) för ett fordon av en storlek motsvarande en stor bil. Andra högt ställda krav finns för emissioner, säkerhet, prestanda, komfort, kostnader mm. Programmet är tioårigt och startade 1994. Huvudmålet är att år 2004 kunna presentera produktionsklara prototyper som klarar de högt ställda kraven. I en nyligen publicerad utvärdering av programmet har en uppskattning av potentialen till minskad bränsleförbrukning för de olika tänkbara drivsystemen gjorts. En (av Ecotraffic) bearbetad bild av resultaten visas i figur 3.



Figur 10: Bränsleförbrukningspotential för olika drivsystem

Det man först kan konstatera i figuren är att den pågående utvecklingen av chassi och kaross i syfte att minska framdrivningsmotståndet ger det största bidraget till sänkningen av bränsleförbrukningen. Ur figuren kan vidare utläsas att inget av de konventionella drivsystemen anses ha potential att klara målen. En dieselhybrid (av parallelltyp) samt bränslecellerna är de enda drivsystem som har denna potential. En bränslecell med reformering är strängt taget också ett hybridsystem eftersom elenergin kan tas både från batterierna och från bränslecellen.

Det är intressant att notera att fokuseringen när PNGV programmet startade 1994 var störst på seriehybrider men att man nu verkar prioritera parallellhybriderna högst. Höga kostnader samt en mindre potential till sänkt bränsleförbrukning än vad man först antagit för seriehybriderna kan vara skäl till denna förändring av strategin. Sammanfattningsvis kan sägas att potentialen till minskad bränsleförbrukning för hybridsystemen är stor samtidigt som ett sådant drivsystem är mer eller mindre en nödvändighet för bränsleceller. På grund av de svåra infrastrukturella problemen med hantering av vätgas är detta alternativ enligt vår mening inte realistiskt.

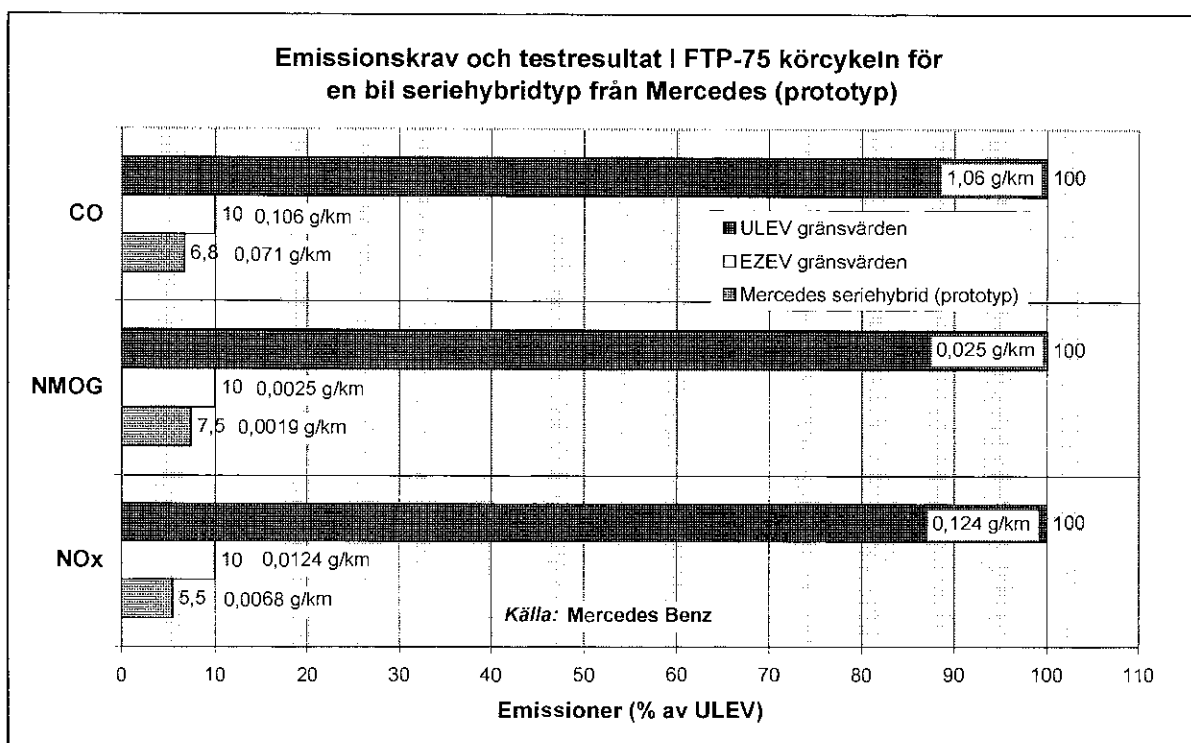
Mercedes redovisar i en nyligen publicerad SAE rapport (SAE Paper 981123) emissions och bränsleförbrukningsdata för en prototypbil med ett seriehybridsystem. Data finns endast för FTP-75 körcykeln, dvs samma cykel som användes i den tidigare normen som Konsumentverket tillämpat (före 1997) för stadskörning. Förbrukningen för bilen med det konventionella drivsystemet låg på 9,0 liter/100 km och med seriehybriden kunde 8,8 och 8,0 liter/100 km nås med en optimering av drivsystemets styrning för emissioner i

det första fallet och för bränsleförbrukning i det andra fallet. De sänkningar av bränsleförbrukningen som åstadkommits måste anses som relativt blygsamma. En bidragande orsak till den relativt höga förbrukningen med hybridsystemet torde vara den höga vikten för bilen. Vikten har ökat från 1350 kg för det konventionella drivsystemet till 1758 kg för seriehybriden.

Toyota har aviserat att deras hybridbil Prius som började säljas i Japan i december 1997 inte kommer att säljas i Europa med Europaspecifikation före 1999 men att enstaka demobilar kommer att finnas tillgängliga under senare delen av 1998. Produktionstakten har indikerats vara 1000 bilar per månad. Till skillnad från exemplen ovan är det alltså fråga om en kommersiell bil som finns i begränsad serieproduktion. De bränsleförbrukningssiffror som Toyota redovisar är 3,6 liter/100 km i den Japanska 10 – 15 körcykeln vilket måste anses som anmärkningsvärt lågt eftersom denna körcykel är en renodlad stadskörcykel. Vid landsvägskörning torde dock differensen till en bil med konventionellt drivsystem minska. Några uppgifter om bränsleförbrukning enligt den europeiska mätmetoden har vi inte funnit för denna bil. Vikten för Toyota Prius är 1240 kg vilket bör vara i storleksordningen 100 – 150 kg mer än för en bil med en konventionell drivlina.

Potential till minskade emissioner

Som tidigare nämnt är potentialen till minskade emissioner störst för seriehybrider. I den ovannämnda SAE rapporten från Mercedes redovisas resultat från tester på en seriehybridprototyp. I figur 4 har emissionsresultaten från dessa tester sammanställts.



Figur 11: Emissioner från en seriehybridbil

Det framgår tydligt att potentialen för emissionsreduktioner är synnerligen stor. I jämförelse med dagens europeiska emissionsgränser är de kaliforniska ULEV gränsvärdena betydligt strängare. De krav som nyligen beslutats för år 2000 är något mildare än ULEV kraven och ligger snarare på samma nivå som de kaliforniska LEV kraven. ULEV kraven är i jämförelse med den första generationens katalysatorbilar i Sverige (mod 1987 – 1989) betydligt hårdare genom att nivåerna är ca 5-10 ggr lägre. I jämförelse med ovannämnda krav ligger förslaget till ELEV krav på en ännu lägre nivå, dvs 10 % av ULEV kraven. Den testade bilen klarar som synes dessa krav.

Några emissionsdata enligt de europeiska eller amerikanska körcyklerna har Toyota ännu inte publicerat men en uppgift som lämnats är att emissionerna av CO, HC och NO_x skulle vara 90 % lägre än de japanska kraven i 10-15 körcykeln. Uppgifterna visas i tabell 1 nedan.

Tabell 1: Japanska 10 – 15 emissionskraven samt emissioner för Toyota Prius

Emissionskrav/fordon	Emissioner (g/km)		
	CO	HC	NO _x
Japan 10 – 15	2,1	0,25	0,25
Toyota Prius	0,21	0,025	0,025

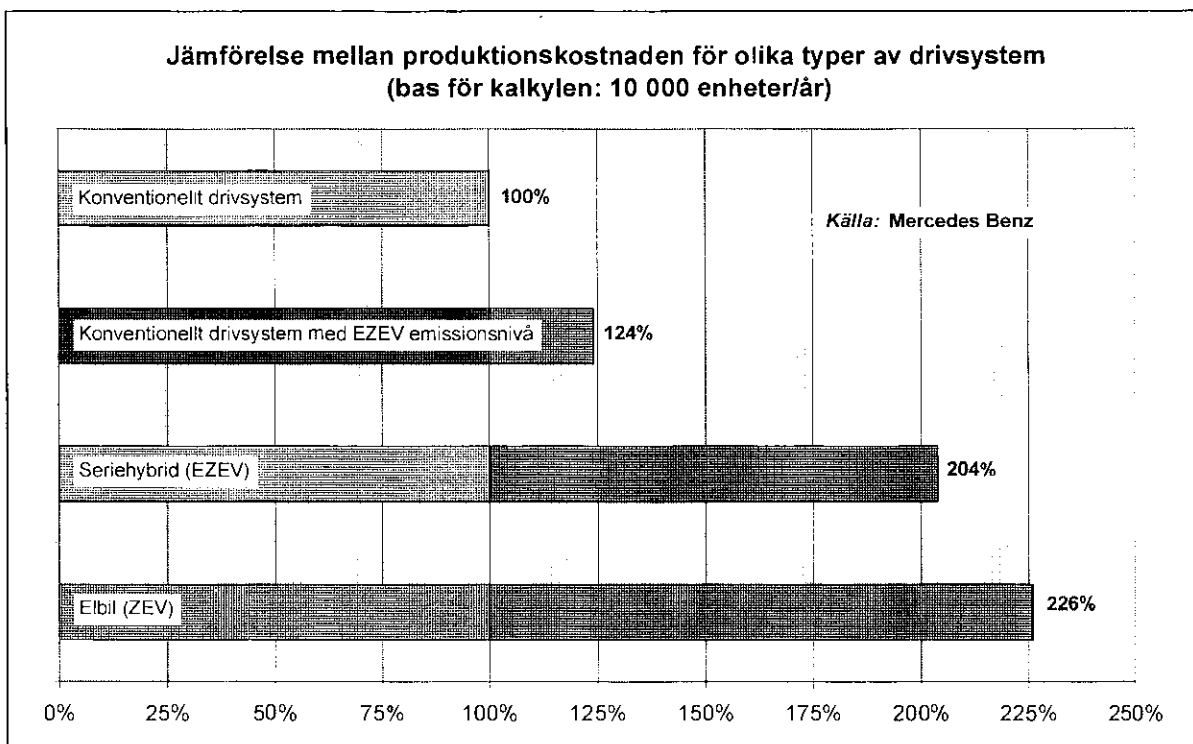
Skulle de knapphändiga uppgifterna från Toyota indikera att den emissionsnivå som redovisats i tabellen ovan även kommer att gälla i den europeiska körcykeln (och med den europeiska specifikationen på bilen) innebär det att bilen är klart bättre än de europeiska 2000 kraven och snarare i nivå med de kaliforniska ULEV kraven.

Tyvärr finns i dag inga kommersiella hybridfordon tillgängliga i större skala vilket medför att den faktiska emissionsnivån med dagens teknisknivå inte kan fastställas med någon större trovärdighet. Vi har därför i detta avsnitt nöjt oss med att visa den potential som finns för tekniken. Genom att den potentialen för låga emissioner är så stor framstår en hybridbil som ett mer realistiskt alternativ än renodlade elbilar eftersom de övriga egenskaperna är klart mer tilltalande för hybriderna.

Kostnader

Eftersom det i dag inte finns någon egentlig produktion av elhybrider är den faktiska merkostnaden svår att uppskatta. Dock kan man inte komma ifrån att fordonet måste ha ett drivsystem som i princip innebär en fördubbling av den konventionella bilens drivsystem. Eftersom batterier också måste finnas i systemet ökar kostnaden ytterligare. Försiktiga bedömningar antyder att en vanlig mindre/mellanstor bil som med ett konventionellt drivsystem i dag kostar ca 150 000 kr skulle kosta upp till 100 000 kr utrustad med ett hybridsystem även om tillverkningen skulle ske i tämligen stor skala (> 10 000 per år). Den bedömning som Chrysler gjort är att deras prototyp (PNGV) skulle kosta 15 000 dollar mer (120 000). Detta är dock en avsevärd förbättring jämfört med

föregångaren (+60 000 dollar). En beräkning av kostnaden som Mercedes gjort för den tidigare nämnda seriehybriden visas i figur 5.



Figur 12: Kostnader för olika drivsystem

Det framgår klart att kostnaden för ett drivsystem för såväl en hybridbil som för en ren elbil vida överstiger kostnaden för ett konventionellt drivsystem. På längre sikt kan kanske kostnaden minska till ca 25 000 men även denna merkostnad är för hög för att kostnaden skall kunna motivera annat än en nisch användning av tekniken (vilket i och för sig medför ökade kostnader). Det framgår även av figuren att ett drivsystem av konventionell typ utvecklat för EZEV gränsen kommer att bli betydligt billigare.

Vår uppfattning om hybridsystem för personbilar är att merkostnaden inom överskådlig framtid (till 2010) kommer att vara alltför hög. Ett antal tekniska genombrott måste ske för att detta drivsystem på längre sikt skall kunna konkurrera med de konventionella drivsystemen. En marknad där hybridsystem trots allt skulle kunna konkurrera är för tunga fordon i tätort eftersom kostnaderna för dagens drivsystem (dieselmotorer på 10 – 12 liter med automatlåda) är väsentligt högre än för de konventionella drivsystemen till personbilar. Den nödvändiga effektnivån (< 250 hk) är ej heller väsentligt mycket högre än vid användning i personbilar vilket medför att kostnaden för hybridsystem till tunga fordon inte torde vara väsentligt mycket högre än motsvarande system för personbilar.

BILAGA - RME

Motorer för RME

Först kan vi konstatera att en motor för RME per definition är en dieselmotor. Det finns i dag ingen möjlighet att köra en ottomotor (som den konventionella bensinmotorn) på RME. Vid RME drift kommer emissionsbilden således att i princip präglas av emissionsbilden för en diesellojdriven dieselmotor. En dieselmotors emissionskaraktistik (utan katalysator) är att alla reglerade emissioner förutom partiklar ligger på en mycket lägre nivå än för en bensindriven ottomotor utan katalysator. När bensinmotorn utrustas med katalysator (och reglering av luft-bränsleförhållandet) blir emissionerna som bekant mycket låga. En katalysator för en dieselloj- och RME driven motor reducerar CO och HC emissionerna men har i princip ingen effekt på NO_x och endast en marginell effekt på partikelemissionerna. Därför kommer CO och HC emissionerna för en dieselmotor med katalysator i jämförelse med motsvarande ottomotor att ligga lägre medan NO_x och partikelemissionerna ligger högre. Detta ligger således i respektive systems natur och ändras ej väsentligt vid övergång till ett annat bränsle.

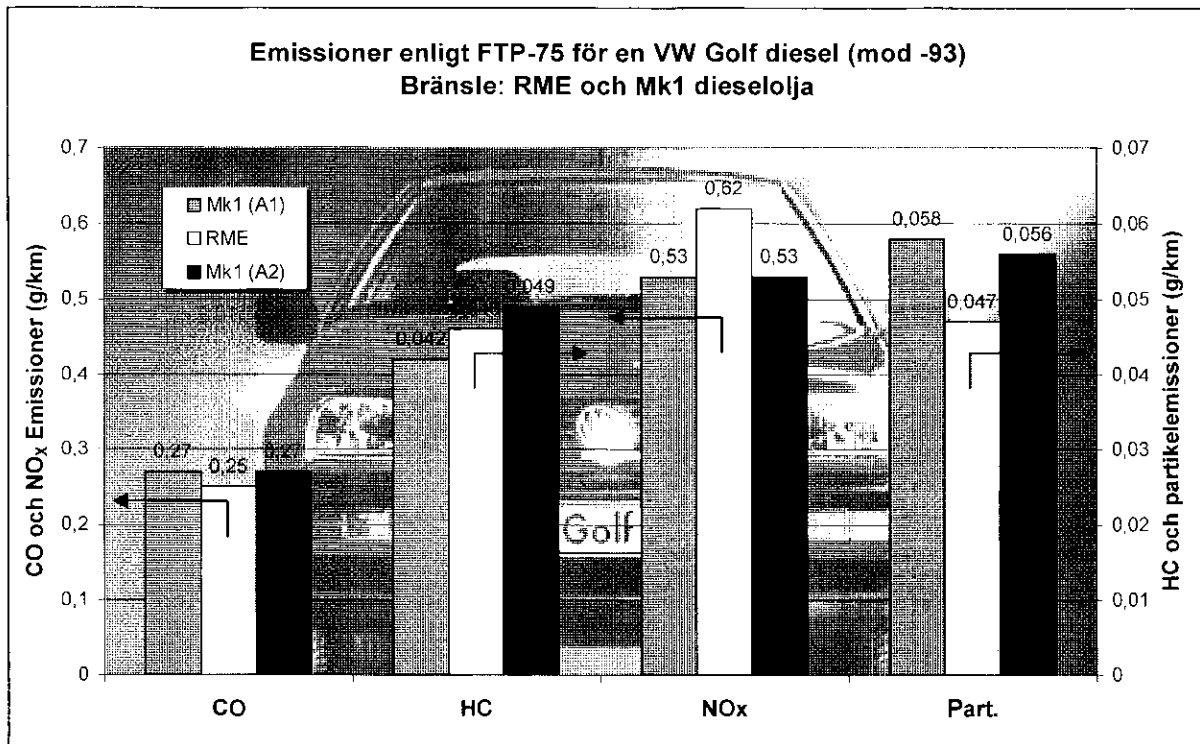
När det gäller de icke reglerade emissionerna och i synnerhet då de organiska föreningarna kan man i större utsträckning än för de reglerade föreningarna påverka emissionsbilden (enkelt uttryckt: skit in = skit ut). RME som är ett enklare bränsle än traditionell dieselloja borde resonemangsmässigt således kunna ha en liten fördel i detta avseende. Nu förhåller det sig emellertid så att de miljöklassade diesellojorna har förbättrats avsevärt ur denna synpunkt vilket minskat eller eliminerat den potentiella fördelen med RME i jämförelse med Mk1 och Mk2 diesellojorna. Detta har i alla fall konstaterats i undersökningar på tunga fordon. För lätta fordon finns ingen svensk eller internationell undersökning av icke reglerade emissioner med RME där referensen är ett dieselbränsle av typen Mk1. Den kvarvarande fördelen för RME vad gäller direkt miljöpåverkan är att RME är lättare att bryta ned i naturen (spill mm) än dieselloja och bensin. Det finns också en fördel vad gäller utsläppen av växthusgaser för RME i jämförelse med dieselloja.

Fordon drivna med RME kommer således att ha ungefär samma emissionsbild vad gäller de reglerade emissionerna som vid diesellojdrift. Sedan gäller det att försöka fastställa om de skillnader som trots allt finns är signifikanta och av någon större betydelse. En separat fråga att undersöka är dessutom huruvida det finns någon väsentlig skillnad vad gäller de icke reglerade emissionerna.

Emissionsresultat med RME

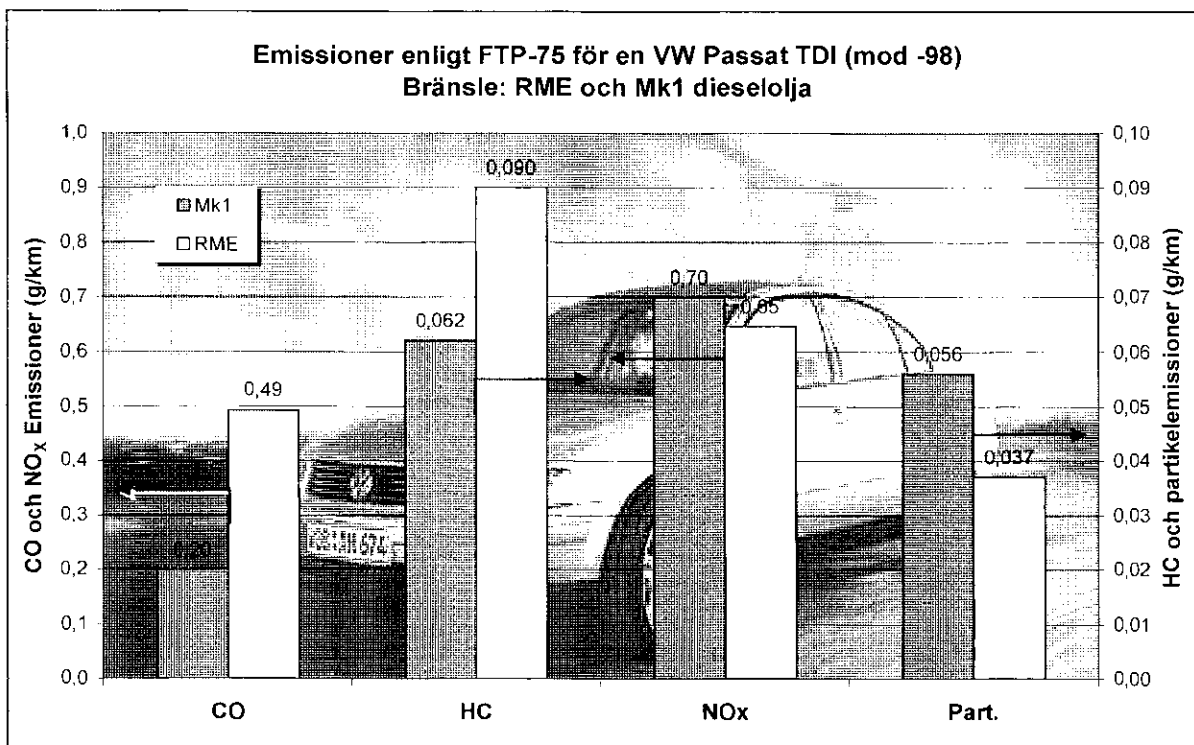
Vid MTC har en del tester utförts med RME på lätta fordon. Det finns dock ingen publicerad rapport utan det har egentligen främst rört sig om uttalanden till pressen och presentationer vid symposier, konferenser och mässor. Avsaknaden av en teknisk/vetenskaplig dokumentation har tyvärr medfört att de efterföljande debatten kommit att hamna på en tämligen låg nivå.

Vid ett SMR/SKR seminarium 1997-10-29 presenterade MTC emissionstester på en VW Golf diesel och en VW Passat TDI. Testerna har utförts enligt den amerikanska provmetoden FTP-75. Resultaten har sammanfattats i figurerna 1 och 2. Golfen har testats i ett s k A-B-A prov (först dieselolja sedan RME och sedan dieselolja igen), vilket är det testupplägg som är att föredra, medan Passaten endast testats i ett s k A-B test.



Figur 13: Emissioner för en VW Golf diesel enligt FTP-75 testmetoden

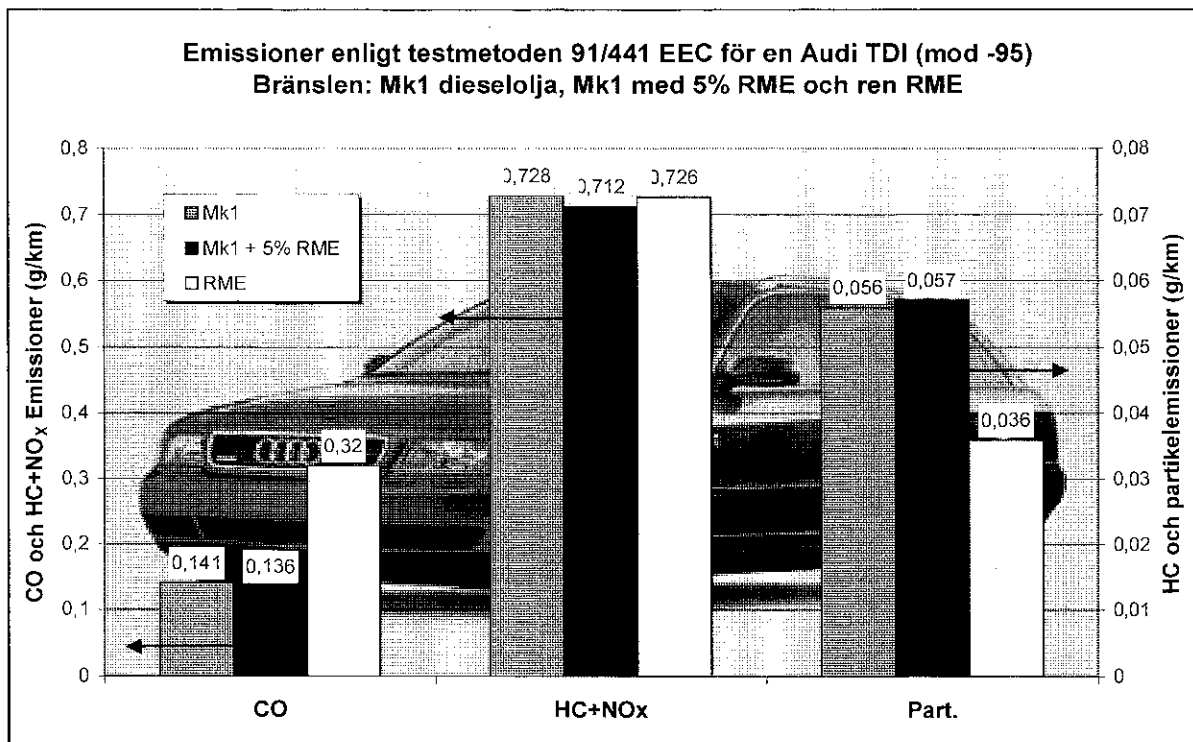
Av figur 1 framgår att emissionerna av CO och HC påverkas mycket lite (CO) eller att effekten inte kan skiljas från spridningen (HC, obs skalan). NO_x emissionerna blir något högre och partikelemissionerna något lägre med RME. Trenden för NO_x respektive partiklar har också observerats vid tester på tunga fordon. Det är troligt att partikelemissionerna är av en annan karaktär för RME än för Mk1 dieselolja. Tester på tunga fordon har visat en mycket högre andel av flyktiga ämnen i partiklarna med RME. Huruvida dessa ämnen är *mer* eller *mindre* skadliga än fasta partiklar (i huvudsak sot) råder det i dag ingen enighet om.



Figur 14: Emissioner för en VW Passat TDI och RME enligt FTP-75 testmetoden

Testerna på Passaten uppvisade märkligt nog väsentligt högre CO och HC emissioner med RME än med dieselolja. Emissionerna av både NO_x och partiklar var lägre. I fallet med NO_x emissionerna är det anmärkningsvärt emedan detta är ett av de få fall då detta kunnat observeras. Trenden för partiklar är mer normal.

Tester med RME har också utförts vid Statens Tekniska Forskningsanstalt (VTT) i Finland på uppdrag av Svenska Ecobränsle AB. Vid denna testomgång hade en Audi 1,9 TDI testats, vilken har en motor mycket snarlik den som testades av MTC. I båda fallen är det fråga om motorer med direktinsprutning (DI) till skillnad från den äldre teknik med indirekt insprutning i förkammare som VW Golfen från 1993 representerar (IDI). Den körcykel och testmetod som användes var den europeiska 91/441 EEC, vilket är samma testprocedur som även används för dagens gällande avgaskrav (96/21 EC). Resultaten visas i figur 3 nedan.



Figur 15: Emissioner för en Audi 1,9 TDI enligt 91/441 EEC testmetoden

Trenden för CO emissionerna är snarlik den trend som observerats för Passaten enligt ovan. I detta fall redovisas endast summan av HC och NO_x i rapporten från Ecobränsle men eftersom HC emissionerna kan antas vara låga i båda fallen är skillnaden i NO_x emissioner sannolikt försumbar. Liksom för Passaten minskar partikelemissionerna väsentligt.

Analys av emissionsresultaten

I och med att CO emissionerna från dieselmotorer generellt är låga kan man strängt taget försumma alla eventuella skillnader mellan bränslena i detta avseende.

Teoretiskt skulle man förvänta sig lägre emissioner av HC med RME eftersom de organiska föreningar som HC emissionerna består av har så hög kokpunkt att de helt enkelt filtreras bort i det filter och den provtagningsledning som båda håller en temperatur av 190°C. Det är dock tveksamt hur man egentligen skall jämföra HC emissioner från RME med HC emissioner från andra bränslen eftersom provmetoderna inte tar hänsyn till de speciella förutsättningar som gäller för RME. Till och med definitionen av HC är strängt taget tveksam eftersom RME (och oförbränt RME bränsle i avgaserna) innehåller syre och således inte kan klassificeras som ett kolväte.

De skillnader som observerats för NO_x emissionerna kan delvis förklaras tekniskt eftersom det rör sig om motorer med olika teknologi i de olika fallen ovan. Det är troligt att den NO_x ökning som observerats för Golfen är generell

för äldre typer av motorer och att skillnaderna för de nya motortyper som används i dag kommer att vara mycket små. Man kan därför rekommendera att RME endast skall användas till nya bilar. Det är också en fördel att använda nya fordon eftersom flera av dessa av tillverkaren godkänts för RME-drift. Vi vill bestämt avråda ifrån att använda RME i fordon som ej godkänts för detta.

Partikelemissionerna blir generellt lägre vid användning av RME vilket också observerats för alla de testade bilarna. Detta går att förklara genom att bränslet innehåller syre vilket verkar hämmande på sotbildningen i dieselmotorer. En bättre oxidering av de flyktiga föreningarna i katalysatorn skulle öka fördelen för RME ur partikelemissionssynpunkt. Det bör dock poängteras att partikelemissionerna vid både RME och dieseloljedrift, som följd av förbränningprincipen (bränsle-luft prepareringen), är 5 – 10 gånger högre än för motsvarande ottomotorer (bensin, alkohol gas mm). Detta gäller även om jämförelsen görs vid en lägre temperatur (+7°C) än vid den normala testtemperaturen (+22°C).

I framtiden kan man förvänta sig att det problem med en viss ökning av NO_x emissionerna som observerats i några fall kan minskas. Det kan faktiskt vara möjligt att i framtiden erhålla lägre NO_x emissioner än för dieselbränsle. RME minskar som tidigare konstaterats sotemissionerna (den fasta delen av partikelemissionerna) vilket medför att motorn borde kunna tolerera en något högre nivå av avgasåterföring (EGR) än med dieselbränsle, vilket i sin tur kommer att minska NO_x emissionerna. Vi har därför i vår sammanställning av emissionsresultaten förutsatt en något lägre NO_x nivå för RME än för dieselolja för år 2010.

BILAGA - LCA

GASOLINE (REFORMULATED)

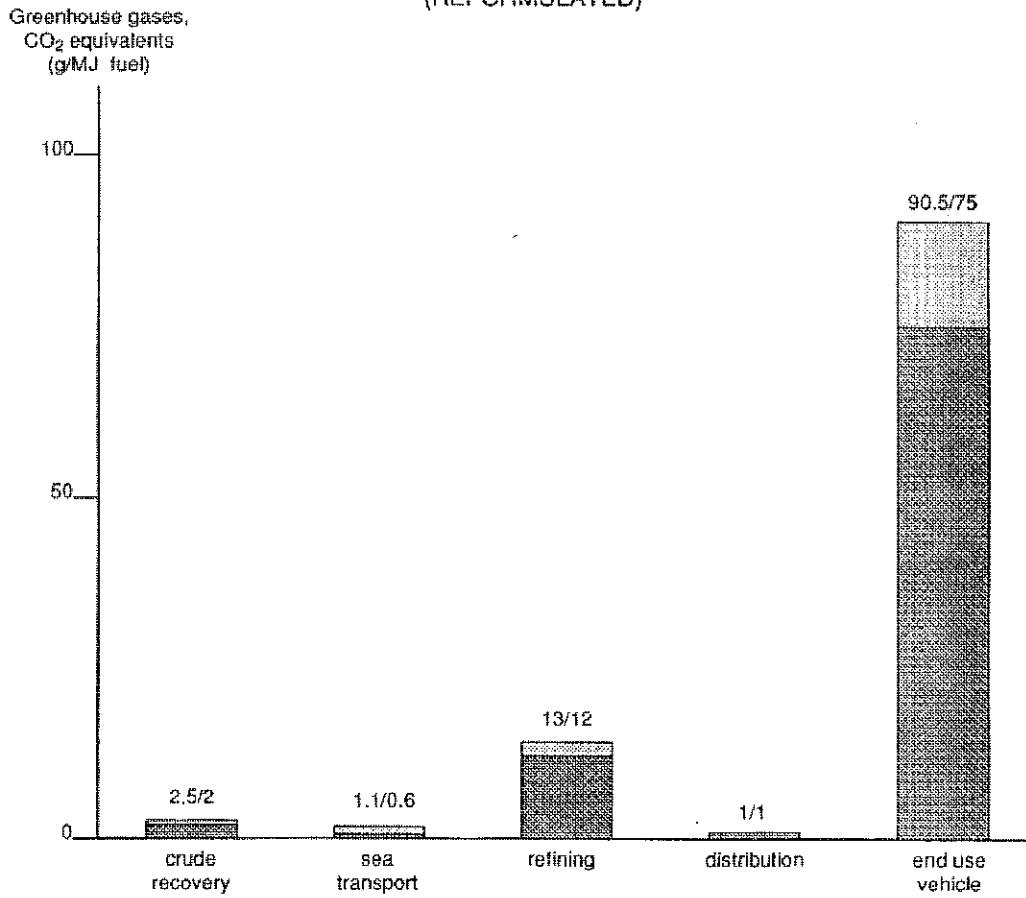
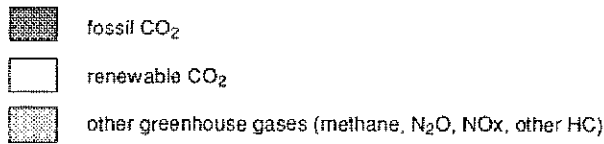


Figure 4.3 Release of greenhouse gases in the fuel chain crude oil recovery to gasoline use in PC otto engine.



Figures show total equivalents/CO₂ only

NATURAL GAS

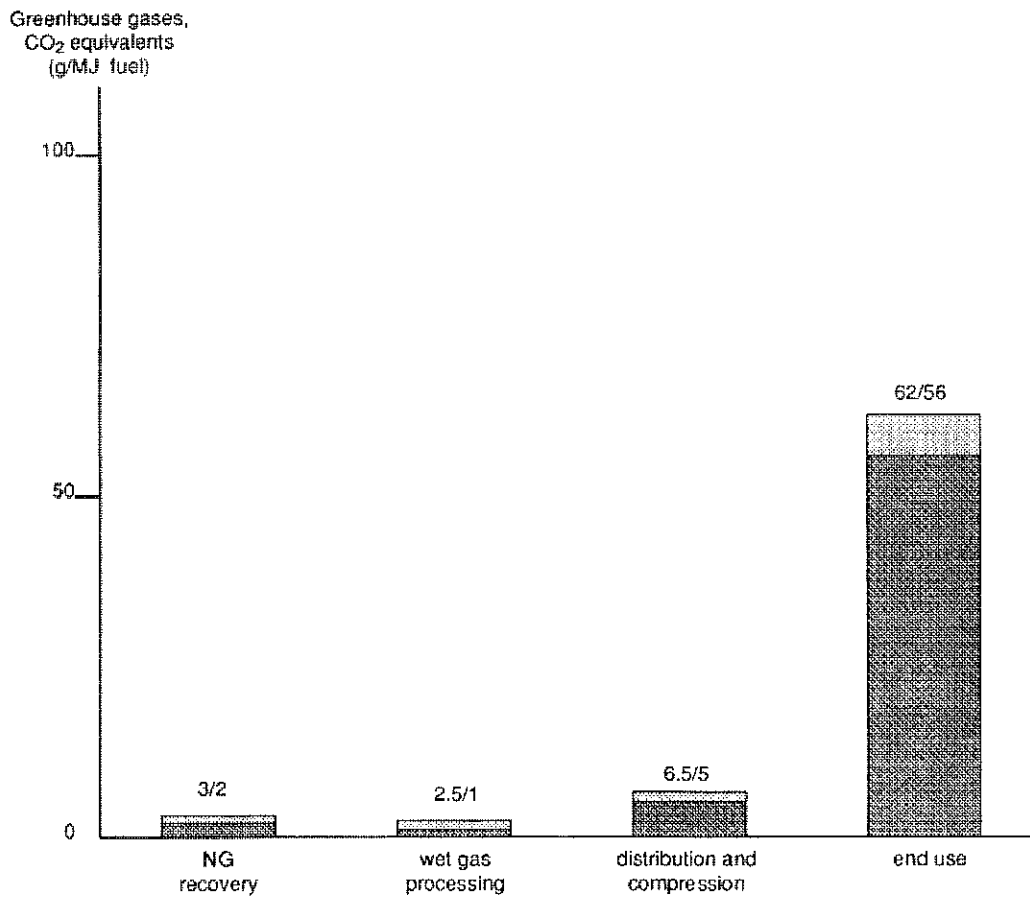
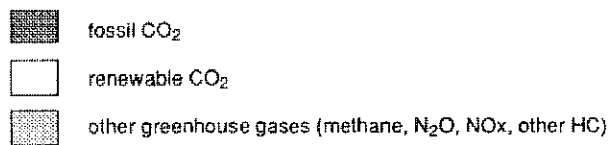


Figure 4.7 Release of greenhouse gases in the fuel chain natural gas recovery to CNG use in heavy duty otto bus engine.



Figures show total equivalents/CO₂ only

METHANOL (NATURAL GAS CASE)

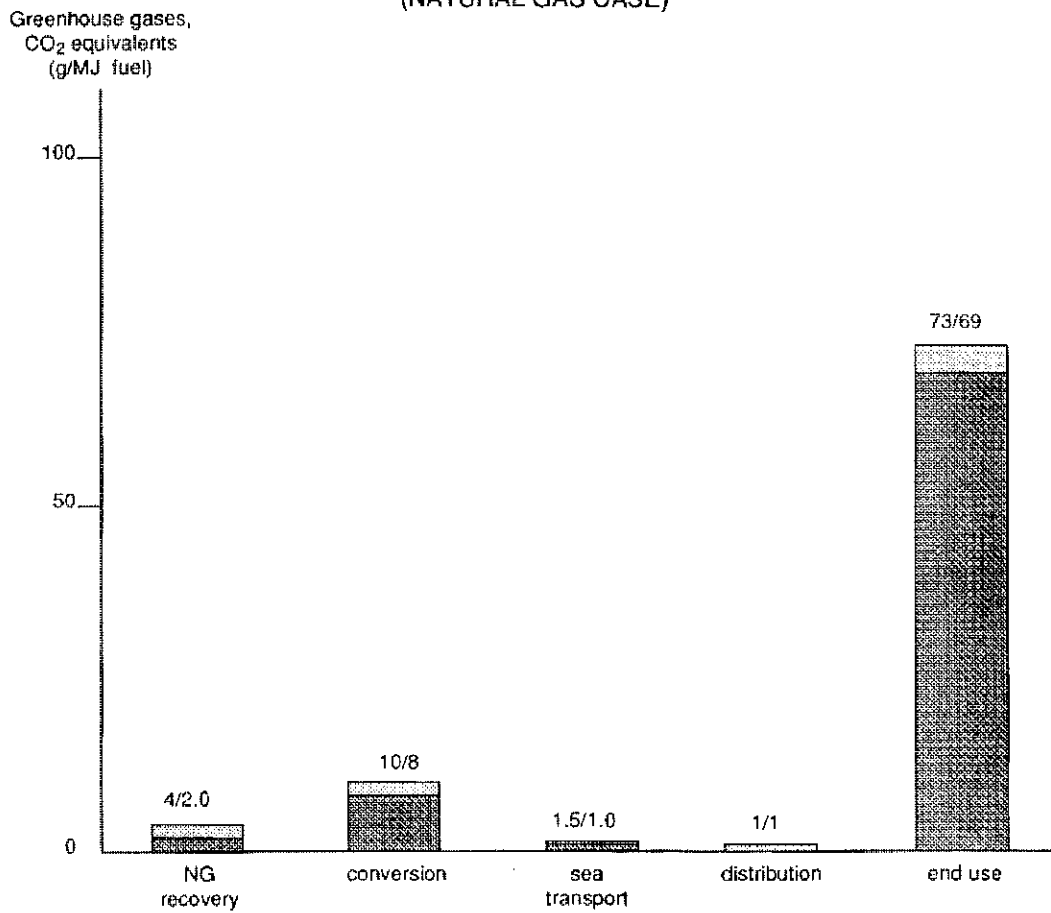





Figure 4.11 Release of greenhouse gases in the fuel chain natural gas recovery to methanol use in heavy duty diesel bus engine.

-  fossil CO₂
-  renewable CO₂
-  other greenhouse gases (methane, N₂O, NO_x, other HC)

Figures show total equivalents/CO₂ only

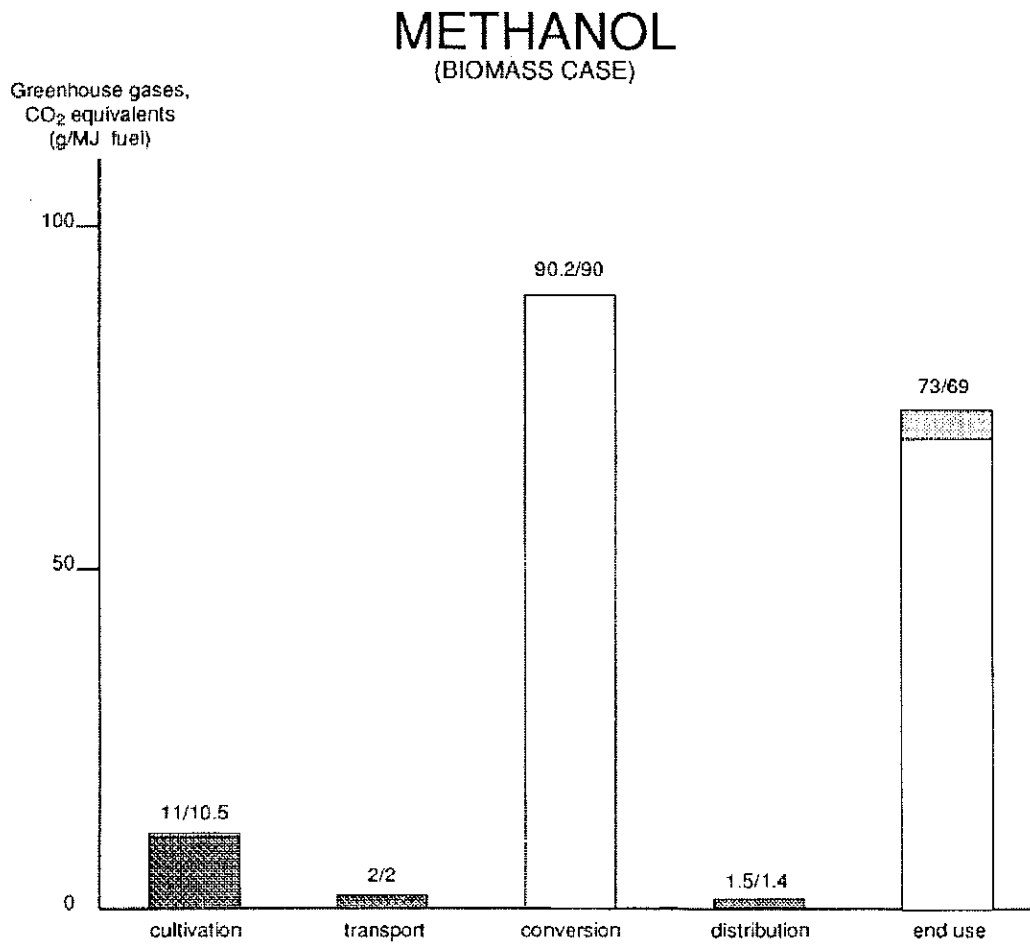


Figure 4.13 Release of greenhouse gases in the fuel chain Salix growing to methanol use in heavy duty diesel bus engine (biomass based CO₂ included).

- fossil CO₂
- renewable CO₂
- other greenhouse gases (methane, N₂O, NO_x, other HC)

Figures show total equivalents/CO₂ only

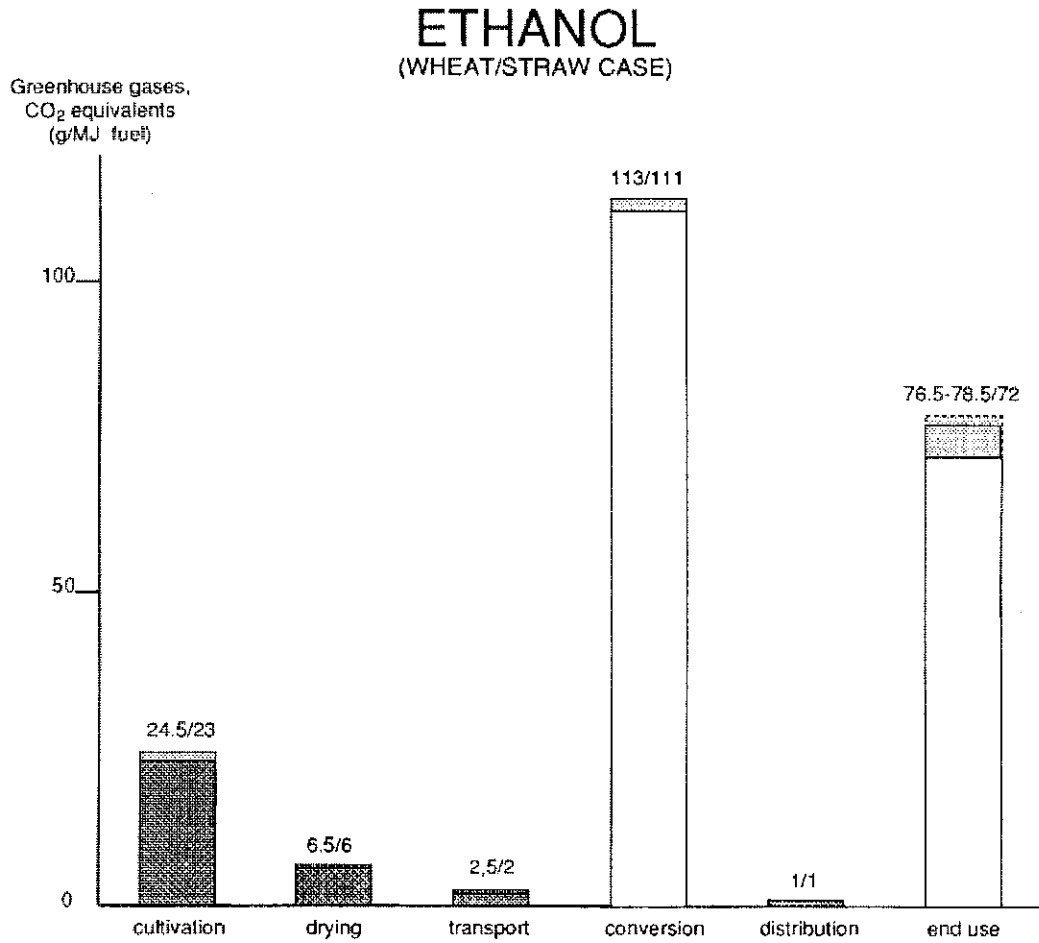
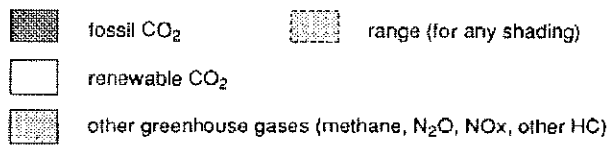


Figure 4.15 Release of greenhouse gases in the fuel chain wheat growing to ethanol use in heavy duty diesel bus engine (biomass based CO₂ included).



Figures show total equivalents/CO₂ only

ELECTRICITY

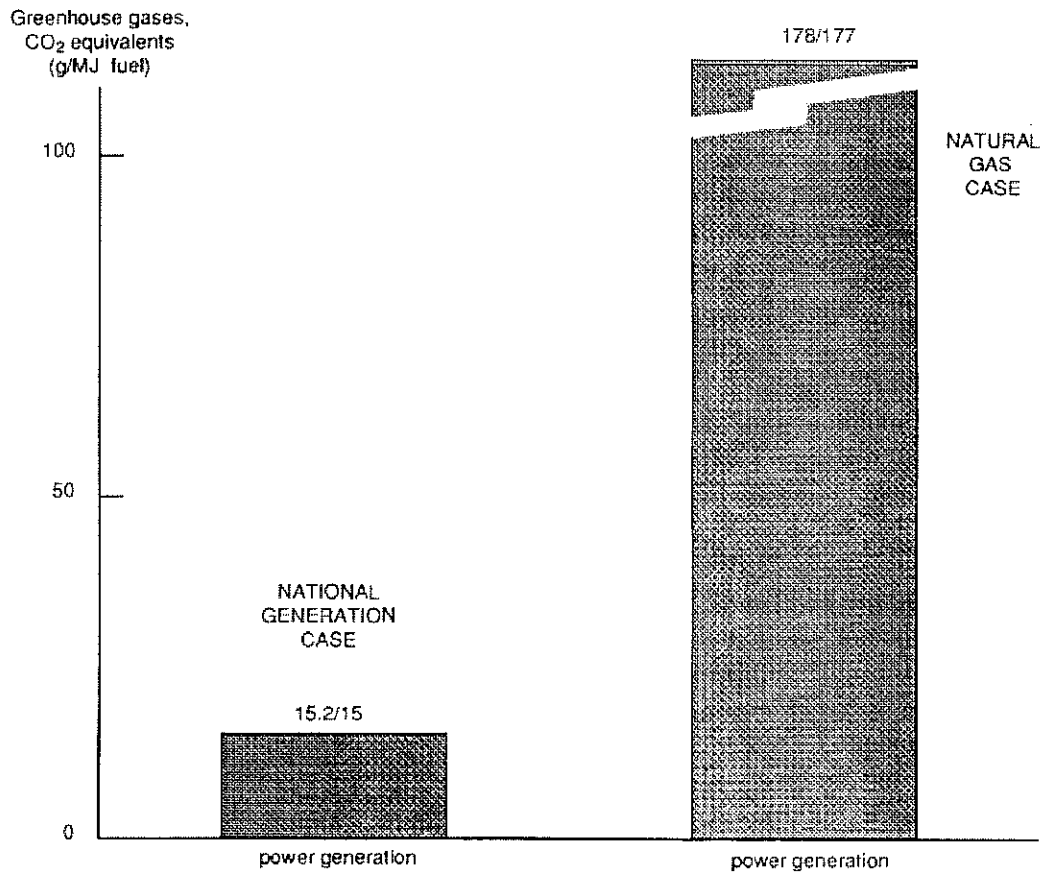





Figure 4.27 Release of greenhouse gases in the fuel chain primary energy to electricity use in electric motor.

-  fossil CO₂
-  renewable CO₂
-  other greenhouse gases (methane, N₂O, NO_x, other HC)

Figures show total equivalents/CO₂ only