



AQUAZOLE

Inblandning av vatten i dieselbränsle (emulsion)

PM för
Västtrafik

Ecotraffic R&D AB

Peter Ahlvik

Augusti 1999

INNEHÅLLSFÖRTECKNING **Sida**

SAMMANFATTNING – SLUTSATSER

1	INLEDNING OCH BAKGRUND.....	1
2	METODIK.....	1
3	VAD ÄR EN DIESEL/VATTENEMULSION?	2
4	FÖRVÄNTADE RESULTAT	2
5	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	5
6	REFERENSER.....	6

TABELLFÖRTECKNING **Sida**

<i>Tabell 1: Emissionsgränser för motorer till tunga fordon i EU, samt förväntade emissionsnivåer för några motor- och bränslekombinationer.....</i>	<i>4</i>
--	----------

FIGURFÖRTECKNING **Sida**

<i>Figur 1: Aquazole</i>	<i>2</i>
--------------------------------	----------

1 INLEDNING OCH BAKGRUND

Emulsioner av dieselolja och vatten är en sedan länge känd metod som potentiellt kan minska emissioner och/eller bränsleförbrukning för dieselmotorer. Redan 1913 deklarerade en forskare att det inte fanns något nytt med denna idé. Intresse för detta område har sedan dess med jämna mellanrum ånyo dykt upp. Detta har bl a hänt under perioder både på 70-talet och 80-talet så det är knappast förvånande att idén återigen dyker upp.

De svenska tillverkarna av tunga fordon är sedan länge bekanta med diesel/vattenemulsioner och har sannolikt också skaffat sig egna erfarenheter. Som vanligt brukar sällan dessa tillverkare publicera några teknisk/vetenskapliga rapporter om sin forskning och utveckling så man måste gå andra vägar för att utröna deras erfarenheter och inställningar i frågan. Det finns dock ett för ca 10 år sedan publicerat examensarbete (KTH) som redovisar tester utförda på Scania med en speciell pumputrustning för att åstadkomma en icke-stabil emulsion. Med denna typ av utrustning används inget emulgeringsmedel vilket kan ses som en fördel. Däremot förblir inte emulsionen stabil speciellt länge vilket är en väsentlig nackdel. I bästa fall kan man kanske hoppas på att det dröjer någon timme innan blandningen separerar. Ett svenskt företag gjorde vissa försök (utan större framgång) att introducera den idén, som då kom från Schweiz, i Sverige för ca 10 år sedan.

Det Franska oljebolaget ELF har sedan 1996 befattat sig med idén med diesel/vattenemulsioner. Projektet med vattenemulsion har ingått i ett större projekt med syftet att minska miljöbelastningen från motorbränslen och att förbättra luftkvaliteten. Ett område man koncentrerat sig på har varit att utveckla det nya bränslet Aquazole som är en diesel/vatten emulsion. Man påstår sig också ha kommit med ett antal patent på området (utöver de 500 patent som redan tidigare finns). Dessutom påstår man sig ha löst ett av de klassiska problemen med diesel/vattenemulsioner, nämligen långtidsstabiliteten och speciellt när det gäller stabiliteten vid lägre temperaturer. Detta argument tillhör också de klassiska argumenten som brukar anföras varje gång idén med emulsioner kommer upp. Det återstår att se huruvida de givna löftena kan hållas. Under de nämnda förhållandena riskerar man annars att blandningen separerar med stora driftsproblem som följd.

2 METODIK

Ingen egentlig litteraturgenomgång har gjorts för att utreda frågorna om diesel/vatten emulsioner utan den tillgängliga litteraturen på Ecotrafic har konsulterats. Den mesta informationen i frågan har hämtats på den Internet hemsida som ELF skapat för projektet [1]¹. Det förtjänar dock att poängteras att det finns mycket mer information tillgänglig i form av tekniska rapporter. Ett exempel är att en enkel sökning i SAE:s (Society of Automotive Engineers) databas (som Ecotrafic har tillgång till) gav 29 olika referenser från perioden 1978 – 1999. Förvånande nog publicerades den sista referensen 1997 och efter detta har inga nya publikationer som omfattas av SAE:s databas tillkommit. Möjligen har ELF och/eller deras samarbetspartners publi-

¹ Siffror inom parentes avser en referens i referenslistan i slutet av detta PM.

cerat något helt nyligen. En förfrågan har därför skickats till ELF i syfte att ta reda på mer om produkten och dess effekter.

För att uppskatta emissionsnivån med Aquazole i kombination med avgasåterföring (EGR) har en del emissionsberäkningar genomförts. Svårigheten är att det för närvarande finns relativt få data som underlag för att med hjälp av data från den s k Braunschweig cykel beräkna emissionerna i den nya Europeiska transienta körcykeln (ETC). Den nya 13-steps cykeln som kommer att användas parallellt för dieseldrivna motorer för kommande kravnivåer är av stationär typ och därför tämligen ointressant när det gäller emissioner från stadsbussar.

3 VAD ÄR EN DIESEL/VATTENEMULSION?

En diesel/vattenemulsion är en blandning mellan dieselloja och vatten där vattnet består av mycket små droppar. Vid de normala inblandningshalterna är diesellojan den kontinuerliga fasen och vattnet den dispergerade fasen. Dieselloja kan karakteriseras som "fet" och löser sig därför ej i vatten, som har polära molekyler, annat än i mycket låga koncentrationer. Det omvända gäller också, dvs vatten löser sig ej i dieselloja.

För att åstadkomma den önskade blandningen måste man alltså tillgripa någon form av fysikaliskt eller kemiskt "våld". Lyckas man på något sätt (med en pump el. dyl.) åstadkomma en mycket kraftig och snabb omblandning (fysikaliskt våld) finfördelar sig vattnet i små droppar och man får en emulsion som dock separerar efter en kort tid (icke stabil). Med hjälp av en kemisk tillsats (kemiskt våld), ett s k emulgeringsmedel, kan man åstadkomma att blandningen förblir stabil under en längre tid (månader i bästa fall). Även i detta fall måste dock emulgeringen ske på mekanisk väg.

Eftersom en emulsion består av mycket små droppar kommer den att sprida ljuset och vätskan får därför en vit färg som påminner om mjölk. Mjölk är ju också en emulsion, om än med vattnet som kontinuerlig fas och fett i form av droppar till skillnad från diesel/vatten emulsionen som är det omvända. I figur 1 till höger visas ett prov på Aquazole [2] och man kan utan vidare påstå att bränslet till utseendet påminner om mjölk. Ett annat bränsle för dieselmotorer som också är en emulsion är den låginblandning av etanol i dieselloja som testats i ett antal flottor i Sverige. Det bränslet marknadsförs under namnet Etamix.



Figur 1: Aquazole

Även "obehandlad" mjölk har vissa problem med stabiliteten på samma sätt som diesel/vatten emulsioner. Som bekant bildas gräddes överst om obehandlad mjölk får stå i några timmar. Eftersom detta tydligen inte är önskvärt för kunderna behandlas mjölken genom homogenisering. På samma sätt som för en diesel/vattenemulsion ökar man stabiliteten genom att minska (fett) dropparnas storlek.

4 FÖRVÄNTADE RESULTAT

Inblandning av vatten sänker förbränningstemperaturen och kan också minska syrekonzentrationen något. På så sätt minskar NO_x bildningen – helt enligt kända meka-

nismer och det finns således ingen orsak att betvivla att en minskning föreligger. ELF anger en reduktion med 15 – 30 %, men författaren skulle rekommendera att den lägre siffran används.

Genom att dieseloljan bildar en kontinuerlig fas kommer varje insprutad bränsledroppe att bestå av två koncentrisk droppar, en droppe vatten i mitten som är omgiven av en bränsledroppe. Eftersom dieselolja har en högre kokpunkt än vatten – typiska värden vid normalt lufttryck är 180 – 350 °C för dieseloljan och 100 °C för vattnet – kommer vattnet i mitten enligt en hypotes att under en kort tid att värmas till en temperatur som är högre än kokpunkten. Den efterföljande kokningen leder bokstavigt talat till att droppen exploderar (micro-explosions) i en kaskad av ännu mindre droppar. Atomiseringen (finfördelningen) av bränsle kommer därför att förbättras väsentligt jämfört med fallet med vanligt dieselbränsle. Tilläggas bör att denna hypotes ännu inte är fullständigt bevisad. Det man normalt brukar erfara vid mätningar av rök och partikelemissioner är att dessa minskar vid användningen av diesel/vatten emulsioner. Detta tyder indirekt på att atomiseringen har förbättrats. ELF nämner en inverkan på rök med 30 – 80 % och på partiklar med 10 – 50 % vilket åtminstone när det gäller den högre siffran i respektive intervall verkar vara en betydande sänkning. Sannolikt bör man i stället räkna med den lägre siffran i en konservativ skattning.

Ofta brukar HC emissionerna med diesel/vattenemulsioner öka i jämförelse med normalt bränsle. Den lägre temperaturen torde vara orsaken. ELF nämner ingenting om någon ökning av HC emissionerna vilket kanske är ett tecken på att en ökning faktiskt föreligger. Normalt skulle man då förvänta sig att även de hälsofarliga komponenterna i HC emissionerna skulle öka i samma omfattning som de totala HC emissionerna. Tvärtom hävdar ELF att man mätt flera av dessa komponenter och konstaterat sänkningar. Det krävs dock att man presenterar seriösa undersökningar av dessa emissionskomponenter innan detta kan accepteras som ett faktum.

Till att börja med kan man konstatera att diesel/vatten emulsioner sannolikt kommer att ha samma relativa inverkan när dieselolja av MK 1 används som när MK 3 används. I klartext betyder det att om MK 1 ger 10 % lägre NO_x emissioner än MK 3 utan vatteninblandning kommer samma relativa skillnad (men på en lägre absolutnivå) att föreligga om jämförelsen görs med diesel/vatten emulsioner av båda dieseloljekvaliteterna. Möjligen kan man hävda att eftersom MK 1 har ett högre cetantal (tändvillighet) skulle en högre inblandningshalt kunna tolereras, vilket därmed kunde öka skillnaden. Å andra sidan minskar motoreffekten med MK 1 jämfört med MK 3 på grund av den lägre densiteten och viskositeten och genom att vatteninblandning ytterligare sänker effekten tolererar troligtvis inte kunderna detta. Sannolikt är den senare faktorn (effektförlusten) mer kritisk och den eventuella ytterligare synergieffekten av att använda MK 1 i stället för MK 3 kan därför inte utnyttjas.

Ecotrafic har under våren 1999 gjort en utredning för Trafikkontoret i Göteborg där avgasemissionerna för olika drivmedel och emissionernas effekter på hälsa och miljö har undersökts [1]. I detta arbete togs även en översättning fram mellan de olika typerna av körcykler. Med hjälp av de data som finns för olika kombinationer av bränsle, motorutföranden och reningsutrustning i de körcykler som används i dag kan man även beräkna emissionerna i den nya transienta körcykel som kommer att användas för alternativa drivmedel och för viss dieselreningsteknologi från och med Euro III (2000/2001). Den kanske mest intressanta nya teknologin för dieselolja är avgaså-

terföring (EGR). Således uppkommer den konkreta frågan om vilken emissionsnivå som kan åstadkommas med EGR och diesel/vatten emulsion och vilken effekten blir av att man byter ut MK3 till MK 1. Med utgångspunkt från de uppgifter som ELF har lämnat har författaren gjort en bedömning av vilken relativ reduktion man skulle kunna erhålla med Aquazole. Dessa reduktioner visas i nedanstående punktlista:

- CO emissioner: – 20 %
- HC emissioner: + 20 %
- NMHC emissioner: + 20 %
- NO_x emissioner: – 20 %
- Partikelemissioner: – 20 %

De förväntade (beräknade) emissionsnivåerna med Aquazole i kombination med DNO_x systemet (EGR-system från STT) visas i tabell 1.

Tabell 1: Emissionsgränser för motorer till tunga fordon i EU, samt förväntade emissionsnivåer för några motor- och bränslekombinationer

Emissionskoncept och gränsvärden (g/kWh)						
Direktiv/reningsteknik	Införande	CO	HC	NMHC	NO _x	Partiklar
Euro III ^a ETC ^b	2000/2001	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16
Euro IV ^d ETC ^b	2005/2006	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
Euro V ^e ETC ^b	2008/2009	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
EEV ^f ETC ^b	1999	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02
DNO _x (EGR) & Euro II ^g	Kommersiellt	0,09	0,041	0,040	3,65	0,005
↑ + Aquazole ^h	Kommersiellt	0,07	0,049	0,048	2,9	0,004
DNO _x (EGR) & Euro III ⁱ	2000/2001 ?	0,05	0,022	0,022	2,7	0,005
↑ + Aquazole ^j	2000/2001 ?	0,04	0,027	0,026	2,2	0,004

Anmärkningar:

- ^a Förslag för år 2000/2001.
- ^b ETC: Den nya transienta körcykeln.
- ^c Den lägre gränsen i ETC cykeln gäller för NMHC och den högre gränsen är för metan (CH₄)
- ^d Preliminärt förslag för år 2005.
- ^e Preliminärt förslag för år 2008.
- ^f EEV: Enhanced Environmental Friendly Vehicles, ung. "miljöanpassade fordon" med Svensk nomenklatur.
- ^g DNO_x är ett system med EGR och partikelfilter som marknadsförs av STT. I detta fall avses en Euro II motor som bas.
- ^h Som punkten ovan (g) men med diesel/vattenemulsion
- ⁱ DNO_x med en Euro III motor som bas.
- ^j Som punkten ovan (i) men med diesel/vattenemulsion

Det förtjänar först att nämnas att de värden som angivits i tabell 1 i flera fall egentligen angetts med för många siffrors noggrannhet. Detta enbart för att visa att små skillnader faktiskt bör föreligga i flera fall där en avrundning annars skulle göra jämförelsen grov. Speciellt när det gäller partikelemissionerna ligger dessa på en så låg nivå att de i princip ligger på detektionsgränsen för mätmetoden. Därför är det sannolikt bättre att i mer officiella sammanhang ange en siffra som avrundats uppåt (<0,01 g/kWh) för alla kombinationerna. Överhuvudtaget bör man göra en avrundning av de flesta värden i tabellen om dessa värden används i officiella sammanhang.

Man kan från resultaten i tabell 1 konstatera att det katalytiskt belagda partikelfiltret (CRT) i DNO_x systemet minskar CO, HC, NMHC och partikelemissionerna till mycket låga nivåer. NO_x emissionerna är det kvarstående problemet även om DNO_x systemet minskar även dessa emissioner (ca 50 %). Användningen av Aquazole torde minska NO_x emissionerna ytterligare men man når ändå inte den NO_x nivå som gäller för EEV och Euro V bestämmelserna. Man skall i det sammanhanget komma ihåg att det behövs en viss marginal till gränsvärdet. En lämplig marginal beror på den förväntade stabiliteten och spridningen i produktionen för systemet och bör ligga på ca 20 % och i allra bästa fall på 10 %. Den förra siffran medför att man för att klara en gräns på 2 g/kWh måste nå en nivå på 1,6 g/kWh. Skillnaden till den beräknade nivån på 2,2 g/kWh är påtaglig. Samtidigt bör man också notera att det ännu inte visats att ett EGR system kommer att ha samma relativa inverkan på NO_x emissionerna för en Euro III motor som för en Euro II motor. Omvänt kan man också förutsätta att det fortfarande finns en mycket stor utvecklingspotential kvar i användningen av EGR. För att utnyttja denna potential fullt ut krävs dock en fortsatt utveckling av grundmotorn (bl a insprutningssystem och turbo). En sådan utveckling tar en hel del tid i anspråk. Därför kommer det att dröja flera år innan en så låg NO_x nivå som 2 g/kWh är möjlig med konventionellt dieselbränsle. Det kan t o m förhålla sig så att denna nivå inte ens kan nås utan en katalysator som reducerar NO_x. Denna typ av katalysator kommer knappast att finnas kommersiell inom den närmaste framtiden och kommer sannolikt att kräva lågsvavligt bränsle, vilket inte finns tillgängligt annat än i vissa länder i Europa (t ex Sverige). Som motsats till den svagt pessimistiska synen ovan kan man hävda att det finns vissa teoretiska möjligheter till att det skulle föreligga synergieffekter mellan användningen av EGR och diesel/vatten emulsion. I så fall kan man kanske nå de önskade resultaten snabbare än som indikerats ovan.

Sammanfattningsvis torde potentialen till låga NO_x nivåer fortfarande vara större för gasdrivna motorer än för de ovannämnda alternativen. Denna potential ligger för närvarande på ca 2 g/kWh dvs det ligger inom möjligheternas ram att klara de ovannämnda gränsvärdena. Huruvida dessa nivåer även kan innehållas efter en lång tid är en annan fråga (man bör ställa krav på detta vid upphandlingar). DNO_x och Aquazole kan kanske ha en viss fördel när det gäller emissionsstabiliteten men det torde inte finnas några möjligheter att med nuvarande utvecklingsnivå klara de krav (NO_x) som ställts för Göteborgsregionen.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Diesel/vatten emulsioner är en mycket gammal idé för att minska emissioner och bränsleförbrukning för dieselmotorer. Det franska oljebolaget ELF påstår sig har gjort

avgörande framsteg inom området men ännu finns ingen seriös och/eller oberoende undersökning som bekräftar detta.

Diesel/vatten emulsioner har betydande nackdelar som inte skall förringas. De potentiella stabilitetsproblemen är förmodligen det mest påtagliga av dessa nackdelar. Likaså skall man notera att detta bränsle är, och kommer att förbli, en nischlösning. Bränslet kräver en separat distribution och lämpar sig därför endast för fordonsflottor med central tankningsutrustning. Bränslet torde ej heller vara lämpligt för personbilar. Dessa motorer har oftast en insprutningspump som smörjs av bränslet och man kan förmoda att smörjproblem skulle uppstå om bränslet användes i sådana motorer. En varning bör faktiskt också utfärdas för att det faktiskt finns några enstaka tunga fordon som använder denna typ av insprutningspumpar. Man bör också notera att dessa pumpar är mycket vanliga i arbetsmaskiner och mindre lastbilar. Inga uppgifter finns som stöder vår hypotes om eventuella smörjproblem för de nämnda motorkategorierna men vi vill bestämt rekommendera att försiktighetsprincipen tillämpas ifall inte motortillverkaren godkänner bränslet.

Sammanfattningsvis vill vi rekommendera att man avvaktar med att börja testa det rubricerade bränslet. Fortfarande är dokumentationen bristfällig och det är knappast fel att i detta läge låta någon annan göra de eventuellt dyra experimenten. Likaså är den förväntade miljövinsten inte speciellt stor. Kanske är kostnaden för hög för att motivera bränslet ur kostnadseffektivitetssynpunkt. Vissa problem torde också föreligga med skattesatser om bränslet skall användas i större skala.

6 REFERENSER

1. Ahlvik P. och Brandberg Å.: "Emissioner från bussar med olika drivmedel." Beslutsunderlag för Trafikkontoret i Göteborg (ej publicerat), 1999.
2. Den officiella Internet hemsidan för det Aquazole (oljebolaget ELF, Frankrike): www.aquazole.com (Franska och engelska), 1999.