

Malmö staden med Nordens största gasbussflotta.

Ingemar Carlsson
Ingenjörfirman Ingemar Carlsson

Under min tid som utvecklingsingenjör hos Malmö Lokaltrafik provade vi alla de alternativa bussbränslena som stod till buds. Standard diesel, Diesel Mk1, LPG, RME, Etanol och Naturgas. Vi gjorde omfattande emissionsprov på alla alternativen och valde naturgasen som det bränsle som vi ansåg skulle ge bäst resultat på sikt.

Jag deltog i uppbyggnaden av Europas första naturgasbussförsök hos Malmö Lokaltrafik. Jag har sett att tekniken fungerar och är under utveckling mot allt bättre lösningar, men att utbildningen för användarna i gasfordonsteknik har släpat efter.

Det handlar ju ofta om ett helt nytt sätt att tänka och hos oss i Sverige finns inte en gasanvändartradition att falla tillbaka på. I framtiden då vi kanske får de ännu renare vätgasfordonen, kommer kraven på att vi vet vad vi gör när vi handskas med våra fordon bli än viktigare. Ju bättre kunskapsgrund vi då har, desto lättare blir en övergång.

Själv arbetar jag idag med gasdrivna elhybridbussar och vätgasinblandning i bränslet för naturgasfordon. Båda områdena nödvändiga steg inför ett framtida införande av bränslecellfordon.

Trafikens miljöpåverkan bestäms huvudsakligen av trafikvolymen, trafiksystemets effektivitet, fordonens egenskaper och förarens skicklighet och kunskaper. Vi har idag en lång rad emissioner, utsläpp, från våra fordon. Emissionerna har lokala effekter på närmiljön, de har effekter inom regionen och en del utsläpp anses också påverka vår globala miljö.

Vi kan inte påstå att fordonstillverkaren inte har försökt åtgärda problemen. Speciellt de senaste femton åren har mycket arbete lagts ner för att förbättra fordonen. Tyvärr har man hela tiden kämpat mot krafter som inte accepterar att kostnaderna, om man vill köra rent, alltid är högre än om man tillåts smutsa ner. Hade det inte varit så, hade vi inte haft någon negativ miljöpåverkan från fordonen, men nästan all utveckling hittills har i grunden enbart varit en jakt på kostnader och det är ju faktiskt i princip gratis att smutsa ner.

Det som kan förbättras i fordonsdriften är bränslet - motortekniken - avgasbehandlingen - användningssättet. Här skall vi koncentrera oss på de förbättringsalternativ som står till buds inom bränsleområdet.

Bland det viktigaste erfarenheterna vi har fått av våra experiment med olika drivkällor och bränslen,

är att ny teknik oftast innebär ett större mentalt problem än ett tekniskt.

Information- utbildning är alltid en av de viktigaste uppgifterna.

Men vi har också funnit att prov med alternativa bränslen alltid innebär **god PR**. För att ett försök med alternativ teknik skall ge positiva effekter krävs dock pengar, engagerad ledning och personal samt kunskaper. Kom också ihåg att förarna är projektets ambassadörer gentemot kunderna.

Man bör akta sig för många små och kortvariga försök. Bättre är att bestämma sig för ett lokalt passande alternativ och sedan satsa helhjärtat. Att man praktiskt arbetar med alternativa lösningar och ny teknik, ger en stor och viktig erfarenhet inför framtida val.

Vi tror nämligen att framtida transporter kommer att göras med drivmedel av mycket olika slag. I första hand kommer de nuvarande motortyperna och bränslena att utvecklas så långt det går, så de kan inte anses som oanvändbara på länge än. Vi tror dock att man i framtiden kommer att utnyttja lokala energikällor i högre grad än idag.

Biogasen är det alternativ som kan bli störst. Eftersom den kan kombineras med naturgasen och göra att gasfordon kan användas över stora delar av Sverige. Vi har inget idag tillgängligt alternativt bränsle som är bättre än biogasen ur miljöresultat och ekonomisynpunkt. Det enda alternativ idag som är bättre än biogas är faktiskt att inte köra alls.

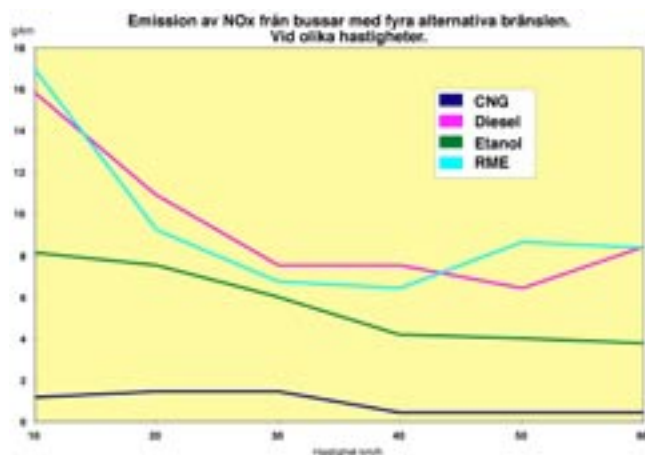


Begynnelsen

Alltsammans startade 1986 med att Malmö Kommun och Lokaltrafik ville minska de avsevärda avgasutsläppen dieselbussarna då hade. Man beslutade sig för att bygga om två bussar till naturgasdrift. Det blev tre till slut.

Orsaken till att en sådan här stor satsning gjordes av en enskild kommun var att alla kunde se vilka avgasutsläpp bussarna hade och känna effekten av dem. Över hela Sverige gjordes experiment med olika tekniska lösningar och alternativa bränslen.

Alltsammans i gott samarbete mellan olika bussbolag inom Svenska Lokaltrafikföreningens ram. I Malmö där man hade tillgång till naturgasledning från Nordsjöns gasfält provades naturgasen.



Man fick sensationellt goda resultat:

- Minskade bullret med ca 50%
- Minskade markvibrationer med > 50%
- Minskade sotutsläppen med ca 95%
- Minskade CO₂ utsläppen med ca 20%
- Minskade de kemiska utsläppen med > 50%

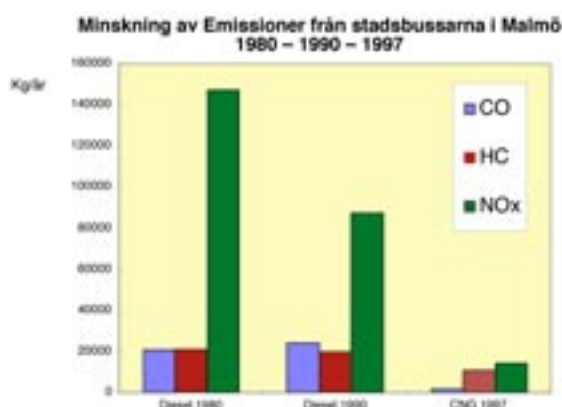
Gasdriften gav också acceptabel ekonomi.

Hur går det idag?

Resultatet med gasdrift har miljömässigt blivit en succé. Stadsmiljön har förbättrats påtagligt på de ställen där det samlas ett större antal bussar. Dieselavgaserna, som mer och mer anses som de mest skadliga av fordonsavgaserna har minskat påtagligt på dessa platser.

Bussarna har, som alla nya tekniska koncept, haft en rad inledande tekniska problem, något som buss-tillverkarna dock i allmänhet löst alltefterhand.

Miljöresultat



Arton års arbete med naturgasdrift av kollektivtrafikbussar i länet har givit Skåne en av världens största och renaste gasbussflottor. Detta, samt den unika möjligheten att kombinera en spirande biogasproduktion med naturgasen som bas och backup, kan ge Skåne Län den renaste kollektivtrafiken i världen.

Gasbussen är det renaste alternativet till dieseldriften som är kommersiellt tillgängligt idag. Är sedan metangasen bioproducerad blir reduktionen

av utsläpp av fossilt koldioxid ännu större. En naturgasdriven buss producerar ca 20% mindre koldioxid än en dieselbuss, en biogasdriven buss producerar lika mycket koldioxid som en naturgasdriven, men koldioxiden är då inte av fossilt ursprung, utan helt inom ett förnyelsebart kretslopp.

Biogasens nackdel är att den skapar isolerade öar med bränsletillgång endast vid de enskilda produktionsanläggningarna. En bränsleproduktion där störningar direkt påverkar bussdriften eftersom det är komplicerat att få bränsle från annat håll.

Skånes infrastruktur med korta avstånd mellan biogasproducenter och med naturgasnätet i väster ger en driftsäkerhet utan motsvarighet.

Det intresse som idag föreligger inom en lång rad kommuner, att starta anläggningar för produktion av biogas av fordonsbränslekvalitet, samt Skånetrafikens viljeinriktning att köra optimalt miljövänlig kollektivtrafik, ger en bas för en ökande användning av metangas som fordonsbränsle inom länet.

Vilket är nu framtidens bussbränsle? Kanske alla alternativen. Det är inte sannolikt att framtidens bussar blir lika ensartade som de hittills varit. Framtiden kommer att erbjuda en flora av fordon som utnyttjar de lokala möjligheterna på ett helt annat sätt än idag. Finns en förnyelsebar energikälla så skall denna utnyttjas.

Vi ser redan hur regionaltrafikbussarna och de extrema stadsbussarna börjar skilja sig åt rent fysiskt. Det är smidiga lätta låggolvsfordon i städerna och bekväma, nästan turistbussliknande bussar på landsbygden.

Vi ser också stora skillnader när det gäller drivmedlet. Landsbygdens snabba bussar kommer även i fortsättningen kanske ha energieffektiva, dieselmotorer. I Skåne med korta avstånd även på landsbygden är dock gasdriften ett realistiskt alternativ. I städerna används lågeffekt optimerade, tysta och ytterligt rena motorer. Vilket bränsle det sedan blir, beror faktiskt helt på vilka lokala förutsättningar som finns.

Stadsbussar

En fordonstyp som lämpar sig alldeles väldigt bra för gasdrift är våra stadsbussar.

De blir tysta, vibrationsfria med renare avgaser helt sotfria avgaser. Gasdriftens automatiska tankning ger stora logistikvinster.

Detta till en något högre investeringskostnad men med ungefär samma driftkostnad.

Gasdriften kan också vara en nödvändighet för att bussoperatörerna skall få den erfarenhet av gasformiga bränslen som krävs i ett framtida vätgassamhälle.

Naturgasdriften i Sverige startade med tre bussar hos Malmö Lokaltrafik 1987 och har sedan utvecklats så att fyra orter i Skåne kör uteslutande på gas. Malmö, Lund på naturgas. Eslöv, Kristianstad på

biogas. Nästa stad som går över till gas blir Helsingborg.

Bussdepån här skall serva både den lokala och regionala bussflottan. Totalt beräknas 120 till 150 bussar bli anslutna till depån.

Lokaltrafiken i Helsingborg ska drivas med biogas. Antalet gasdrivna bussar beräknas till 60 stycken men depån ska kunna byggas ut för ytterligare 30 gasbussar. Ett depåbolag som ägs av Helsingborg stad, Skånetrafiken och fyra bussbolag har bildats. Bolaget äger och driver bussdepån.

Biogasproducenterna i Helsingborg är NSR och VA-verket. NSR har redan produktion av renad biogas (fordonsbränsle) medan VA-verket producerar rågas (ej uppgraderad biogas). Öresundskraft AB äger naturgasnätet och levererar naturgas i Helsingborg.

Beslut har tagits att utnyttja gasinfrastrukturen i Helsingborg och därmed leverera biogasen via naturgasnätet. Naturgasen fungerar då naturligt som "back up". Öresundskraft köper biogasen som uppgraderas till naturgaskvalité och levererar den till bussdepån. Investeringen av gasinstallationerna på bussdepån bekostas av Öresundskraft.

Tidigt igång var också Göteborg, Uppsala och Linköping och flera andra har startat upp.

Gastankning i Malmö

Försök har visat att det absolut inte bara är stadsbussar som är lämpliga för gasdrift. I Skåne finns en natur/biogasinfrastruktur som skulle tillåta att alla landsvägs- och stadsbussar drevs av gas.

EU:s mål att senast 2020 ha minst 20% av alla fordon drivna med annat bränsle än bensin och diesel innebär att antalet gasdrivna fordon i Sverige måste öka kraftigt.

Erfarenheterna sen 1987 av gasbussar i Malmö, där de årligen kör motsvarande 200 varv runt jorden och konsumerar cirka 4 miljoner m³ naturgas årligen, är mycket goda.

Trots pionjärtidens barnsjukdomar har de tekniskt fungerat mycket bra. De uppskattas av förare och passagerare för sin lugna gång.

Naturgasbussen har visat att den kan ge oss en renare och tystare kollektivtrafik. Och den kommer med säkerhet att få tjänstgöra många år framöver då den ännu renare och ännu tystare bränslecellsbussen troligen har mycket lång utvecklingstid framför sig innan vi får se den i större antal på våra gator.

Logistikvinst

En av de större flaskhalsarna i depåernas busshantering är tankning och städning. Detta kan av naturliga skäl endast ske när bussarna inte är i bruk.

Oftast görs det nattetid allteftersom bussarna kommer in efter fullgjort arbetspass. Det handlar då om många bussar på mycket kort tid

På Malmö Lokaltrafikens tid med 250 bussar i samma depå innebär det att en mycket stor grupp nattanställd personal hade 1,5 minut per buss för att tanka och städa den.



Inkörningssamling ML.

En ohanterlig situation på många sätt, gasdriften ändrade radikalt på detta.



Gastankning hos Linjebuss i Malmö.

Tankningen kan helt glömmas bort eftersom den sker helt automatiskt på bussens parkeringsplats så fort den inte är i bruk.

Det vill säga när som helst på dygnet. Många av bussarna är ju i depå under lågtrafik mitt på dagen. Eftersom inte tankningen längre är den styrande faktorn, kan nu städning och annan service fördelas över dygnet på ett mera effektivt sätt.

En betydligt mindre grupp sköter numera detta arbete mestadels under dagtid.

Natur/biogas med vätgasblandning

En mager luft-bränsleblandning (lean burn) vid energiomvandlingen i motorn verkar för tillfället vara det lämpligaste alternativet för tunga fordon. Dagens CNG-bussar körs oftast med lean burn motorer. Fördelarna med lean burn är hög termisk verkningsgrad, liten risk för knackning, lägre emissioner (speciellt NOx), att höga kompressionsförhållanden kan användas och minskade värmeöverföringsförluster. Det finns dock vissa svårigheter med denna typ av förbränning. Det stora luftöverskottet vid förbränningen ger långsam flamutbredningshastighet, mindre fullständig förbränning, större cykliska variationer och risk för att flammen slocknar. Detta kan i sin tur leda till en lägre motorverkningsgrad och mer kolväteemissioner.

Alla bränslen har en mager gräns. Vid ett visst

luftöverskott finns en bränsleberoende mager gräns. Om denna gräns överskrids blir förbränningen instabil och emissioner av oförbrända kolväten ökar kraftigt. Den magera gräns som praktiskt används i Volvos motor FL10 för gasbussar för naturgas är $\lambda=1.7$, det vill säga 1.7 ggr den stökiometriska luftmängden används vid drift. Vätgasen är i särklass det bästa bränslet att använda för mager drift. Den magera gränsen tillåter 5 ggr den stökiometriska luftmängden.

Den största svårigheten vid drift då magera blandningar av naturgas och luft används i gasmotorer är den låga flamutbredningshastigheten på flammen i cylindern. För att öka flamutbredningshastigheten på flammen kan förbränningsrummets utformning ändras, turbulensen i luftbränsleblandningen kan ökas samt tändvinkeln kan ändras. Dessa åtgärder medför dock ökade värmeförluster, högre temperaturtoppar, ökad NOx-bildning och högre strömningsförluster.

För att kunna öka flamutbredningshastigheten utan att medföra ovan nämnda nackdelar kan vätgas i olika mängder tillsättas. Att tillsätta vätgas är ingen svårighet då naturgas och vätgas utan problem kan blandas med varandra och ge en homogen blandning.



Vätgas och Vätgas/naturgasblandning i dispenser.

Då vätgasinblandad metan används som fordonbränsle minskar cykliska variationer och arbetet i motorn ökar. Den termiska verkningsgraden förbättras. Orsaken till detta är den betydligt snabbare flamutbredningshastigheten. Körbarheten förbättras alltså vid användning av vätgasinblandad naturgas.

Svenskt Gastekniskt Center, Sydkraft Gas, Skånetrafiken och Connex provar under 2003 - 2005 vätgasinblandning i naturgas i Malmös stadsbussar, en bränsleblandning som kallas Hythane. Liknande försök har genomförts i Canada och USA.

Med vätgas i naturgasen räknar vi med att få en något starkare motor, en mera stabil gång, lägre kolväte- och koloxidutsläpp, högre verkningsgrad och därmed lägre bränsleförbrukning.

I ett prov med två bussar kommer först en vätgas/naturgasblandning med 8% vätgas att provas. Senare avser vi att prova med 20% vätgasinblandning vilket kommer att medföra en rad förändringar vad

gäller kraven på tankar och gassystem i bussen.

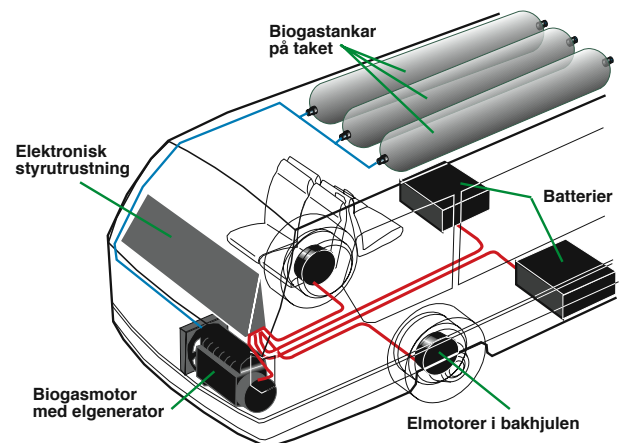
Hybriddrift.

Hybriddriften är ett alternativ som diskuteras mycket idag, just på grund av bristen på lämpliga batterier. Hybriddrift innebär ett fordon har en elektrisk motor och batteriutrustning som klarar jämn fart. Vid acceleration går en förbränningsmotor-driven generator in med effekttillskott. Denna generator laddar även batterierna då den inte behövs för framdrivningen.

Detta kan vara ett mycket intressant alternativ för innerstadstrafik av flera skäl:

- generatorns drivmotor kan anpassas optimalt för sina driftförhållanden.
- motorn kan drivas med bästa möjliga miljöanpassade bränsle.
- förbränningsmotorn kan helt stängas av vid passage av de känsligaste partierna av staden.

Bussen är en hybridbuss den är alltid eldriven och har ett eget elverk ombord med en speciell typ av generator. Denna drivs av en gasmotor med tvåvägskatalysator. Generatoren levererar ström dels till två stycken hjulnavmonterade drivmotorer, dels laddar den ett batteripaket med Ni-MH batterier (nickel-metallhydrid).



Antingen ger generatoren eller batterierna ström till elmotorerna i bakhjulsnaven.

Vid inbromsning arbetar elmotorerna som generatorer och tar upp bromsenergin. Denna energi omvandlas dels till värme som bortleds genom motstånd i en behållare i motorrummet dels återföres energi till driftsbatterierna. Bromseffekten motsvarar accelerationseffekten och tillåter en elektrisk inbromsning till nästan stillastående fordon.

Sammanlagt har dessa olika försök gett oss goda erfarenheter av alla komponenter som krävs för en fungerande bränslecellsdrift. Dock har vi inte ännu provat ett samlat koncept i en buss.

Ingenjörsfirman Ingemar Carlson
Kaghögagatan 8
SE-238 31 Oxie
tfn: 040 54 70 75
fax: 040 54 70 78
mobil: 070 585 1924
email: info@ingemarcarlson.com
URL: www.ingemarcarlson.com