

FORBRÆNDINGS- MOTORER I BILER

RESUME

Et projekt der beskriver, evaluerer og diskuterer nye teknologier inden for forbrændingsmotorens forbedring.

ELEV

Studieretnings Projekt –
December 2016

Fag

Teknologi A

Maskin A

Indholdsfortegnelse

Forbrændingsmotorer i biler	2
Abstract	2
Introduktion.....	2
Brændstof optimering af forbrændingsmotorer	3
Direkte brændstofindsprøjtning.....	4
Cylinder deaktivering.....	4
Turboladeren	4
Variabel ventil timing.....	4
Motorcomputer og sensorer	5
Turboladeren og brændstofindsprøjtning.....	5
Turboladeren	6
Brændstofindsprøjtning	8
Drift.....	9
Blandingsdannelse	10
Miljøvurdering	10
Brugerens gevinst.....	13
Fremtidens forbrændingsmotor.....	14
Litteraturliste	16

Forbrændingsmotorer i biler

Abstract

This study investigates how the internal combustion engine has been improved over time and gone from a very simple system to what we know today. The internal combustion engine has in the last twenty years been improved so much upon, that it today is much more fuel efficient than ever. I describe the basic workings of some of the newer technologies that help the internal combustion engine achieve this. I go in depth with the principle functions of the two major technologies, which have changed the petrol and diesel engines, the turbocharger and fuel injection systems. These two technologies have each contributed to the internal combustion engine with up to 50 percent better fuel economy and even more power too. In the study, I discuss the environmental effects of the two technologies, and compare them to what engines used to have, in an environmental evaluation. I also conclude the many benefits, for the consumers, of the new technologies, such as lower environmental impact and better gas mileage, which leads to lower emission taxes. In the end, I relate what has happened to the internal combustion engine in the past and try to determine what the future of internal combustion might be. The future of internal combustion might not be bright, but HCCI engines will certainly impress the world.

Introduktion

Forbrændingsmotoren som vi kender den i dag, er blevet forbedret meget over tiden. Men trods dette, er det oftest stadig de samme gamle motor typer, der bliver brugt. Dette vil også sige, at nye motorer i alt forstand stadig har den samme virkemåde¹. En forbrændingsmotor virker således, at et brændstof i form af benzin eller diesel bliver ført ind i en cylinder. I en benzinmotor antændes benzindampen ved en gnist, som skaber en eksplosion og den kemiske energi bliver overført til mekanisk energi af et stempel der bliver trykket væk fra eksplosionen. I en dieselmotor skal der i stedet for en gnist, et tryk til at antænde dieseldampen. I denne opgave vil jeg komme ind på nogle af de forskellige teknologier, som hjælper til at optimere forbrændingsmotorerne og perspektivere hvad det gør for miljøet samt brugerne.

¹ Quist, E., & Rey, R. (2007). Autobogen 4.udgave. Erhvervsskolernes Forlag.

Brændstof optimering af forbrændingsmotorer

Forbrændingsmotoren som en teknologi er en ældgammel teknologi som strækker sig tilbage til 1860, hvor Jean Joseph Etienne Lenoir tog patent på den første forbrændingsmotor², denne motor ydede hele 20 hestekræfter. Hvis man ved lidt om vores dages standarder for motorer, er 20 hestekræfter ikke særligt meget. Men dette er jo også omkring 150 år siden. I dag er forbrændingsmotoren mødt af nye problemer, som for eksempel den globale opvarmning, dette skyldes CO₂ udledning fra for eksempel industri og de mange biler vi kører i. derfor er man i dag så småt ved, at forbedre forbrændingsmotoren med andre nye teknologier, som kan holde teknologien i live lidt længere³. Problemet som man i dag gerne vil udenom er, at man bruger for meget brændstof og udleder derfor for meget CO₂. Dette og de oftest stigende priser på benzin og diesel har gjort det mere attraktivt at have en bil, som kører længere på literen.

Så hvad har man gjort og udviklet for at få optimeret brændstofforbruget så meget som muligt de sidste 20 år?

Hvis vi tager et par eksempler på en standard bil i 1996 og sætter dem op mod en tilsvarende model fra 2016:

Tabel 1 (data fundet på <http://www.autoevolution.com/>)

Bil og årgang	Ydelse i hk (hestekræfter)	Km/l (kilometer per liter)
1996 VW polo 1,9 diesel	64	17,86
1996 Fiat Punto 1,2 benzin	60	13,14
2016 VW polo 1,4 diesel	75	27,76
2016 Fiat Punto 0,9 benzin	85	23,81

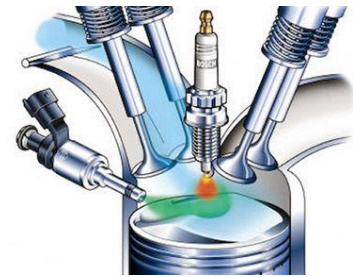
Det er tydeligt at se, at forskellen der er kommet over 20 år er stor. Der er omkring 10 km/l forskel på 1996 og 2016 både ved diesel og benzinbilerne, og de nyere motorer har endda større ydelse. Der er nye og bedre teknologier som erstatter noget gammelt, eller giver motoren nye muligheder. Jeg har derfor samlet de mest fremtrædende af disse teknologier herunder.

² c. B. (31/05/2016). THE HISTORY OF THE COMBUSTION ENGINE. . Fundet [18/12/2016]. På [<http://www.carbibles.com/enginehistory.html>].

³ Graham Richard, Michael . (07/08/2008). 5 Technologies that Make Internal Combustion Engines Better. Transportation / Cars. Fundet [20/12/2016]. På [<http://www.treehugger.com/cars/5-technologies-that-make-internal-combustion-engines-better.html>].

Direkte brændstofindsprøjtning

Direkte brændstof injektion gør at brændstof og luft blandingen ikke længere skal blandes i manifolden⁴, men derimod bliver blandet i selve cylinderen. Dette gør, at man kan bestemme den bestemte blanding der skal være i cylinderen og på den måde optimere brændstofforbruget. Der er for eksempel forskel på om en motor skal accelerere eller holde den samme fart i lang tid. Denne teknologi hjælper med at sikre at motoren ikke får mere brændstof end den behøver.



Billede 1) brændstofinjektion fra <http://www.treehugger.com/>

Cylinder deaktivation

Denne teknologi er primært udviklet til større motorer med over 6 cylindre. Navnet siger næsten sig selv, dette er et system hvor man "slukker" for nogle af cylindrene, når motoren ikke behøver at arbejde så hårdt. Dette kan gøre, at for eksempel en otte cylindres motor kan have al ydelsen, men stadig køre ligeså økonomisk som en fire cylindres motor.

Turboladeren

Turboladeren kender vi næsten alle til i dag og det er en af de mange teknologier, som er blevet udviklet for at man kan få større ydelse ud af en motor. Dette betyder, at man kan gøre motoren mindre og få den samme ydelse, som hvis den havde været større, uden turbo. I dag kan man finde en turbo i næsten alle dieslbiler og rigtig mange benzinbiler med mindre motorstørrelser. En turbolader fungerer ved at den suger luft ind, komprimerer det og trykker det ind i cylinderen. Dette gør, at der kan være mere ilt til forbrænding inde i cylinderen og på den måde får en større ydelse.

Variabel ventil timing

Ventilerne i en motor åbner og lukker når der skal ilt og brændstof ind i cylinderen og når udstødningsskubberne skal ud igen. Ventilernes timing kan på den måde også justeres til forskellige formål, for eksempel, at få større ydelse eller bedre brændstoføkonomi. Inden variabel ventil timing skulle

⁴ En manifold, eller Indsugnings-manifold, er det rør der leder luft og benzin til cylindrene i en traditionel Forbrændingsmotor.

producenten af motoren vælge hvordan de gerne ville have ventilerne til at være indstillet, i designprocessen.

Med variabel ventil timing kan man i dag få en motor til at blive mere brændstoføkonomisk ved lave omdrejningstal og ved høje omdrejningstal, hvor man skal bruge større ydelse, få en større ydelse. Dette betyder at man også kan gøre motoren mindre.

Motorcomputer og sensorer

Forbrændingsmotorer bliver mere og mere komplicerede. Derfor bruger man i dag en motorstyringscomputer til at sikre sig, at alt virker korrekt. Computeren kan læse alt hvad der sker med motoren, da man også sætter sensorer i de forskellige dele. En motorcomputer kan derfor styre alt lige fra tændingstiming til brændstofinjektionen. Med en computer der laver flere millioner beregninger hvert sekund, kan man gå ind og optimere motoren, så den altid kører så godt som muligt.

Alle disse teknologier har været med til at gøre forbrændingsmotorerne mere brændstoføkonomiske⁵, nogle ved, at kunne gøre motoren mindre og andre ved at optimere måden den virker på.

Turboladeren og brændstofindsprøjtning

Turboen og brændstofinjektionen er nogle af de teknologier der har gjort mest for forbrændingsmotoren i løbet af de sidste 20 år. De er begge gået fra, at blive brugt til at skabe en større ydelse, til i dag at gøre forbrændingsmotoren mere brændstoføkonomisk. Nu vil jeg redegøre for principperne og virkemåden bag turboen samt brændstofinjektion.

⁵ Graham Richard, Michael . (07/08/2008). 5 Technologies that Make Internal Combustion Engines Better. *Transportation / Cars*. Fundet [20/12/2016]. På [<http://www.treehugger.com/cars/5-technologies-that-make-internal-combustion-engines-better.html>].

Turboladeren

Turboladeren blev i 1905 patenteret i Tyskland af Alfred J. Büchi, som arbejdede som bil ingeniør hos Gebrüder Sulzer Engine Company of Winterthur, i Schweiz⁶. Efter at have patenteret turboladeren arbejdede han videre på at forbedre den. Den første model fungerede på samme principper, som dem vi har i dag.

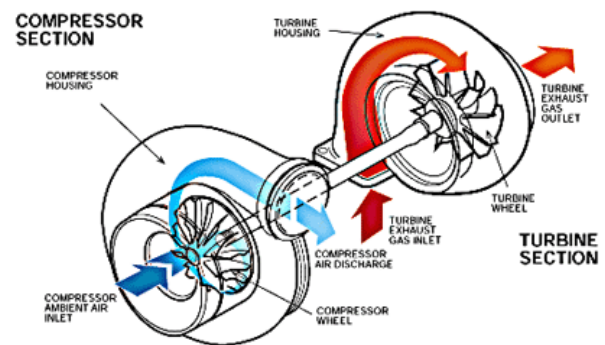
Turboladeren er et trykladesystem, som drives af udstødningsgassen. Det er en væsentlig fordel, at udstødningsgassen, der normalt bliver til tabt energi, kan udnyttes til, at forsyne cylindrene med mere ilt. Turboladeren kan bruges i både diesel og benzinmotorer. Ladetrykket i en dieselmotor er op til 0,7 bar og ladetrykket i en benzinmotor er op til 1,9 bar. Det maksimale omdrejningstal er omkring 100.000 omdrejninger i minuttet for en turbolader med 60mm turbinediameter, som er den mest anvendte.

Turboladerens funktion

Turboladeren består af to primære elementer, en turbine og en kompressor⁷. De to elementer er adskilt af lejehuset og fungerer i hvert sit kammer. Turboladeren har en meget høj arbejdstemperatur på omkring 700°C. Det høje omdrejningstal stiller også høje krav til smøring og køling af lejerne. Lejerne i en turbolader er bøsninger, som er lavet af en bly-bronze-legering. Motorens

smøresystem er således tilsluttet laderen, så en vedvarende oliestrøm kan passere akslen og lejerne i huset mellem turbinen og kompressoren. For at kunne modstå de høje temperaturen er man nødt til at lave turbinehuset af støbejern. Da kompressoren køles af, af den ind sugede luft, kan man fremstille den af en aluminiumslegering.

Udstødningsgassen fra cylindrene ledes ind i turbinehuset med retning mod turbinehusets vinger. Hjulet tilføres kraft, inden gassen strømmer videre igennem udstødningssystemet. Den tilførte kraft i form af gasstrømmen får turbinen til at rotere og overfører derved sin kraft, gennem lejeakslen, til kompressorhjulet. Turbinehjulet og kompressorhjulet bevæger sig derfor altid med samme hastighed, da lejeakslen er en fast aksel mellem de to. Kompressoren virker modsat af turbinen, da den slynger luften



Billede 2 <http://auto.howstuffworks.com/turbo2.htm>

⁶ Woodford, Chris . (11/10/2016). How turbochargers work. . Fundet [19/12/2016]. På [<http://www.explainthatstuff.com/how-turbochargers-work.html>].

⁷ Quist, E., & Rey, R. (2007). *Autobogen 4.udgave*. Erhvervsskolernes Forlag.

mod kammerets periferi. På denne måde opstår der et undertryk i kompressorens centrale port, som derfor trækker indsugningsluften ind gennem luftfilter og slangeforbindelser til turboladeren. Luften bliver i kompressorhulets periferi presset videre ind gennem indsugningsgrenrøret⁸ til motorens cylindre.

Turboladerens indflydelse på brændstofforbrug og effekt

En motor med en turbolader har laverespecificeret brændstofforbrug sammenlignet med en motor uden turboladning. Det lavere brændstofforbrug opnås ved en forkomprimering af gasblandingen i indsugningstanken. En anden fordel, ved turboladning, for brændstofforbruget, kan opnås ved nedkøling af indsugningsluften i ladekøleren. Det er dette vi kender som en "inter-cooler". Ladeluftkøleren er placeret mellem turboladeren og indsugningsgrenrøret. Motorens vægt/effekt forhold, der angives i kg/kW, vil naturligvis forbedres for en motor med turbolader. I forhold til andre trykladede motorer⁹ har motorer med turbolader den fordel, at trykladesystemet ikke belaster motorens effekt. Turboladeren udnytter alene udstødningsskassen som drivkraft til motorens effektforøgelse.

Motorens drejningsmoment, som angives i Nm, forandres i en forbrændingsmotor til fordel for en mere flydende motor karakteristisk, hvor den store bredde i drejningsmomentet kan udnyttes over et bredt motoromdrejningstal med god trækraft og færre gearskift.

Ved lave motoromdrejninger vil turboladerens trykforøgelse reagere forholdsvis neutralt på en øget brændstoffmængde til forbrændingen. Dette skyldes, at udstødningsskassens strømning ikke får kompressionen til at forøge trykket på indsugningsluften. Ved lave motoromdrejninger kan der derfor opstå store mængder uforbrændt brændstof i udstødningsskassen og dette kan medføre brændstofspild og forurening. På grund af dette, har man i turboladede motorer et brændstofregulationssystem som tilpasser mængden af brændstof i forhold til det givne ladetryk i indsugningsrøret.

Ved høje motoromdrejninger sker der derfor det modsatte. Her vil turboladeren yde et ladetryk der kan overstige det tryk, som er fastlagt for den pågældende motor. Derfor er der på turboladerens turbineside oftest en trykregulator, der styres af trykket i indsugningsrøret. Dette system indgår i et tryk-mekanisk system eller i et elektronisk system, som er en del af motorstyringssystemet eller motorcomputeren.

⁸ Det rør der går mellem en turbolader og indsugningsmanifolden.

⁹ Quist, E., & Rey, R. (2007). Autobogen 4.udgave. Erhvervsskolernes Forlag.

Brændstofindsprøjtning

Der findes i dag to slags indsprøjtning i benzinmotorer, almindelig indsprøjtning og direkte indsprøjtning¹⁰.

Princippet bag brændstof indsprøjtning i benzinmotorer er, at benzinen sprøjtes ind i manifolden og indsprøjtningssystemet styres af en elektronisk enhed. Dette indsprøjtningssystem kan være opbygget af en eller flere indsprøjtningssystemer. Dette kaldes enten centralindsprøjtning eller flerdyseindsprøjtning. Fælles for begge disse systemer er, at man bruger en elektronisk styring til at tilpasse benzinmængden i forhold til motorens nøjagtige behov.

Ideen om benzinindsprøjtning er mere end 100 år gammel. I 1898 udviklede virksomheden Deutz en mekanisk stempelpumpe til benzinindsprøjtning¹¹. I 1937 blev benzinindsprøjtning brugt i flymotorer og i 1951 kom den første bil med benzinindsprøjtning. Det første elektroniske anlæg fra 1967, var manifoldstyret, men allerede i 1973 blev det ændret til en luftmængdestyring.

Da benzinindsprøjtning kom på markedet den gang, havde de mange fordele over karburatoren, men teknologien var endnu ikke udbredt nok til at gøre en forskel. I midten af 90'erne begyndte en anden type af benzinindsprøjtning dog at komme frem igen. Denne type er den vi i dag kender som direkte benzinindsprøjtning. Teknologien var mellem 1905 og 1970 blevet udviklet, men var for dyr at producere og blev derefter lagt på hylden.

I motorer med direkte benzinindsprøjtning dannes luft/benzin blandingen inde i cylinderen, dette betegner man som "indre blandingsdannelse"¹². Det er stort set det samme princip der anvendes i dieselmotorer. Benzinmotorer med karburator eller med indsprøjtning i manifolden har en "ydre blandingsdannelse", hvilket betyder, at blandingen af benzin og luft sker enten i karburatoren eller når indsugningsluften passerer indsprøjtningssystemet i indsugningsgrenrøret.

Forbrændingsforløbet

Ved direkte benzinindsprøjtning kommer kun ren luft strømmende i indsugningstakten, gennem den åbne indsugningsventil. Fra en speciel indsprøjtningssystem tilføres benzinen direkte til cylinderen, hvor blandingen sker efter to grundlæggende principper:

¹⁰ White, C. (1997). Automotive Engine Management Systems & Fuel injection Techbook. Haynes Publishing.

¹¹ Quist, E., & Rey, R. (2007). Autobogen 4.udgave. Erhvervsskolernes Forlag.

¹² White, C. (1997). Automotive Engine Management Systems & Fuel injection Techbook. Haynes Publishing.

Strålestyret forbrændingsforløb

Det strålestyrede forbrændingsforløb kendetegnes ved at benzinen indsprøjtes og fordampes inde i cylinderen, i området tæt på tændrøret. Dette kræver meget præcision for at få gassen til at antænde på det rigtige tidspunkt.

Kammerstyret forbrændingsforløb

Ved et kammerstyret forbrændingsforløb kan man have forskellige variationer gennem en præcist beregnet udformning af stemplets top og indsugningskanal. Indsprøjtningsventilen indsprøjter benzinen i den luftstrøm der passerer og danner på den måde en jævn gasblanding.

Drift

Direkte benzinindsprøjtning gør, at motoren primært arbejder under to forskellige driftsformer, homogen og mager drift.

Ved begge driftsformer tilpasser man benzinmængden så den er optimal i forhold til de krav, der bliver stillet motorens ydelse og omdrejningstal. Skiftene mellem de to driftsformer sker uden at man lægger mærke til det og har ingen stor ændring i motorens drejningsmoment¹³.

Mager drift

Mager drift er kun muligt i et begrænset område inden for motorens belastningsområde og omdrejningstal. Ved stigende omdrejningstal vil den nødvendige tid til indsprøjtning i kompressionstakten ikke være hurtig nok og man kan derfor ikke bruge denne driftsform ved stigende omdrejninger. På samme måde vil mager driftsform ikke være muligt over bestemte motoromdrejningstal, da turbulente luftstrømme i indsugningsrøret og forbrændingskammeret ikke vil være effektiv til at lede gasblandingen mod tændrøret. Dette sker på grund af de konstante ændringer der vil være i luftstrømmens turbulens.

Ved mager drift er der et stort luftoverskud i forbrændingsforløbet. Dette kan man udnytte til et ekstra benzinindsprøjt under forbrændingen og dette er med til at varme motoren hurtigere op.

Homogen drift

Homogen drift kan bruges i hele motorens driftsområde, men er altid nødvendigt ved høje belastninger, stigende omdrejningstal eller høje omdrejningstal.

¹³ Quist, E., & Rey, R. (2007). Autogogen 4. udgave. Erhvervsskolernes Forlag.

Blandingsdannelse

Med direkte benzinindsprøjtning kan blandingsdannelsen varieres alt efter hvilke drifts- og belastningsforhold motoren er underlagt.

I en fire-takts benzinmotor er der som navnet udtrykker fire takter. Disse takter er i princippet de samme i både diesel og benzinmotorer¹⁴. I en motor med direkte benzinindsprøjtning sker blandingen således:

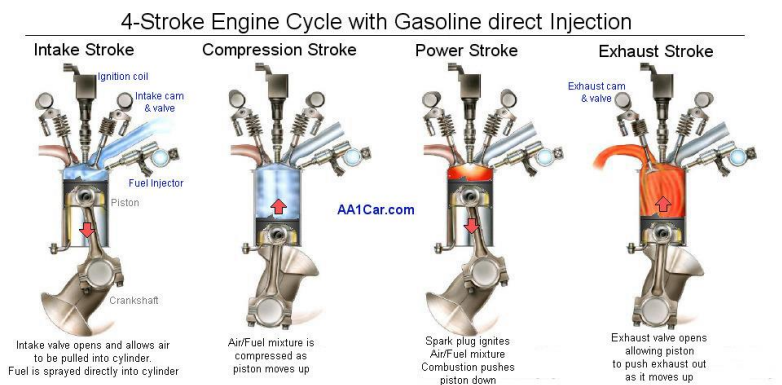
I ind sugningstakten ind suges luften gennem en kalibreret del af ind sugningsrøret, dette øger luftens hastighed og skaber en nødvendig turbulens i luftstrømmen. På grund af stemplets udformning øges luftstrømmens rotationer yderligere. I den sidste del af

kompressionstakten sprøjtes den beregnede mængde benzin ind i cylinderen, dette bliver også sat i bevægelse på grund af stemplets

udformning. Luften og benzinen blandes på vej mod tændrøret, hvor den let antændelige luft/benzin

blanding starter en forbrænding, idet en gnist springer i tændrøret. Under et ideelt forløb vil brændstofblandingen være omgivet af ind sugningsluft, som er tilsat udstødningsgas. Den aktuelle ydelse, som motoren skal yde, er kun bestemt ved den mængde benzin der bliver ind sprøjtet i cylinderen.

Ind sprøjtningstidspunktet er således afhængigt af motorens omdrejningstal og det ønskede drejningsmoment.



Billede 3 http://www.aa1car.com/library/what_is_gasoline_direct_injection.htm

Miljøvurdering

For at beskrive hvordan turboladeren og brændstofindsprøjtningen påvirker miljøet, har jeg nu valgt at lave en miljøvurdering.

I en miljøvurdering vurderer man påvirkningen af miljøet i de faser i et produkts livscyklus, som man har kendskab til. En miljøvurdering indeholder fire trin: Målsætning for miljøvurderingen, afgrænsning af det system, der skal vurderes, opgørelse af systemets miljøbelastning og vurdering af systemets miljøbelastning.

Jeg vil starte med Turboladeren og dernæst brændstofinjektionen.

¹⁴ White, C. (1997). Automotive Engine Management Systems & Fuel Injection Techbook. Haynes Publishing.

Turboladeren

Målsætning for miljøvurderingen

I denne miljø vurdering vil jeg primært arbejde med teknologien mens den er i brug. Jeg vil også vurdere om det kan betale sig, at have en turbolader på en benzin eller dieselmotor.

Afgrænsning af det system, der skal vurderes

Systemet som jeg vil vurdere er hele motoren med turbolader, dette vil jeg sammenligne med en motor uden turbolader. Jeg vil vurdere både benzin og dieselmotorer, da de samme principper gælder i forhold til turboladning. Jeg vil inkludere de muligheder en turbolader skaber i forhold til at gøre motoren mindre.

Opgørelse af systemets miljøbelastning

En turbolader er i sig selv ikke skabt til at sænke brændstofforbruget i en motor. Men ved at bruge en turbolader i en dieselmotor kan man øge motorens ydeevne så meget, at man kan reducere størrelsen på motoren. Dette kan man udnytte, da en mindre motor bruger mindre brændstof. I en dieselmotor kan man reducere størrelsen så meget, at der er 30-50% brændstofbesparelse¹⁵, i forhold til en dieselmotor med samme ydeevne, uden turbolader. I benzinmotorer indgår det samme princip med at reducere størrelsen af motoren. Dette vil sige at med en turboladet benzinmotor kan man få en brændstofbesparelse på 5-20% i forhold til en benzinmotor med samme ydeevne, uden turbolader¹⁶.

Det kræver selvfølgelig mere materiale, i form af produktion af en motor, at sætte en turbolader på. Men dette kan nemt spares ved at gøre motoren det mindre, så det stål og aluminium der ikke længere bruges til motoren, nu kan bruges til en turbolader.

Vurdering af systemets miljøbelastning

Da turboladeren gør reduktion af motorstørrelsen mulig, betyder det også at vi i dag har betydeligt mindre motorer og betydeligt mindre brændstofforbrug. Hvis man tager et eksempel med en benzinmotor uden turbolader der kører 10 km/l (kilometer per liter) og har 100hk (hestekræfter) og med en turboladet benzinmotor vil have de samme 100hk, så vil denne benzinmotor kunne køre op til 12km/l. Denne besparelse fører på sigt til en meget mere miljøvenlig motor og derfor kan det godt betale sig at bruge turboladning i dag.

¹⁵ Kevin Hoag and Roy J. Primus, (16/11/2016). Turbocharging for Fuel Economy and Emissions. . Fundet [17/12/2016]. På [<http://training.sae.org/webseminars/wb1018/>].

¹⁶ Kevin Hoag and Roy J. Primus, (16/11/2016). Turbocharging for Fuel Economy and Emissions. . Fundet [17/12/2016]. På [<http://training.sae.org/webseminars/wb1018/>].

Brændstofinjektion

Målsætning for miljøvurderingen

I denne miljø vurdering vil jeg primært arbejde med teknologien mens den er i brug. Jeg vil også vurdere om det kan betale sig at have brændstofinjektion i en benzin eller dieselmotor. Jeg vil vurdere direkte brændstof indsprøjtning i forhold til karburatorer og almindelig brændstofindsprøjtning.

Afgrænsning af det system, der skal vurderes

Jeg vil vurdere hele motoren og hvordan direkte indsprøjtning og brændstofindsprøjtning påvirker motoren i forhold til ydelse og brændstoføkonomi. Jeg vil udelukkende vurdere benzinmotorer da alle dieselmotorer bruger en form for direkte injektion i dag og der derfor ikke vil være mulighed for at sammenligne det med noget andet i en dieselmotor.

Opgørelse af systemets miljøbelastning

En karburator er et mekanisk system og brændstofindsprøjtning er et elektronisk system, dette vil sige at brændstofindsprøjtning kan optimeres bedre i forhold til brændstoføkonomi og ydelse. Brændstofinjektion er i dag dyrere end karburatorer, men på grund af karburatorens upræcise brændstoftilførsel, er brændstofinjektion et bedre valg for økonomi og miljø. Man kan ved at skifte til et brændstofindsprøjtningssystem få en motor til at køre op til 4mpg (1,7km/l) længere¹⁷. Brændstofinjektion tillader også, at man har lettere ved at anvende andre teknologier, som for eksempel turboladeren.

Direkte brændstofindsprøjtning er den nyeste teknologi, men er dog også den dyreste, og det er også en elektronisk teknologi. Selve produktionen er lidt mere omfattende, da de materialer man bruger til at lave dyserne med, skal kunne holde til det høje tryk og den høje varme, inde i cylindrene. Firmaet Bosch som producerer dele til motorer siger, at deres direkte brændstofindsprøjtningssystemer kan medføre¹⁸ 15% bedre brændstoføkonomi samt give motoren 50% mere drejningsmoment ved lave omdrejninger. Ligesom brændstofindsprøjtning kan man også med direkte brændstofindsprøjtning bedre gøre brug af andre teknologier, såsom turboladeren.

Vurdering af systemets miljøbelastning

Da direkte brændstofindsprøjtning giver tydelige fordele i forhold til drejningsmoment ved lave omdrejninger betyder det, at man vil kunne reducere motorstørrelsen og stadig få samme ydelse som hvis

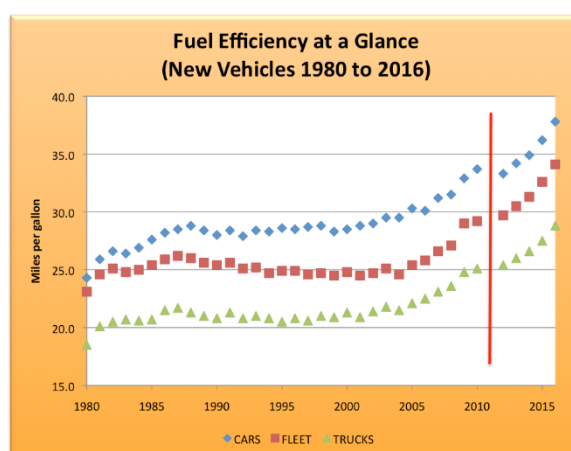
¹⁷ GM Tuners, (01/08/2014). Carburetors or EFI?. CARBS vs. EFI. Fundet [20/12/2016]. På [http://www.gmtuners.com/history/vs.htm]

¹⁸ Consumer reports, . (17/02/2015). Direct-injection engines improve performance and save fuel, but at a price. . Fundet [19/12/2016]. På [http://www.consumerreports.org/cro/news/2015/02/pros-and-cons-of-direct-injection-engines/index.htm].

man ikke havde direkte brændstofindsprøjtning. Direkte brændstofindsprøjtningens fleksibilitet i form af luftmængde og hvor meget benzin der skal indsprøjtes gør, at hvis man sætter det sammen med for eksempel turboladeren, kan man se endnu større forbedringer i ydelse og brændstoføkonomi. Alene det at indsætte brændstofindsprøjtning i en motor, der førhen har haft karburator, kan få denne motor til at køre 11,7 km/l i stedet for 10 km/l. Hvis man i stedet indsætter et direkte brændstofindsprøjtningssystem, kan den samme motor nu køre 13,5 km/l. Denne forskel er på sigt meget god for miljøet og både skiftet fra karburator til brændstofindsprøjtning og skiftet fra brændstofindsprøjtning til direkte brændstofindsprøjtning, kan betale sig.

Turbolader og brændstofindsprøjtning på samme motor

Der er desværre ingen der ved hvor mange procent ekstra ydelse eller brændstoføkonomi man kan få ud af et system med både turbolader og direkte brændstofindsprøjtning. Men hvis vi kigger på tabel 1, hvor der ses en Fiat Puntos ydelse og brændstoføkonomi fra 1996 og 2016. Man har i 1996 modellen brugt en 1,2 liters motor med brændstofindsprøjtning. Denne teknologi var meget normal på dette tidspunkt. Hvis vi nu ser på 2016 modellen, denne motor er reduceret i størrelsen til 0,9 liter og den har både direkte brændstofindsprøjtning og turbolader. Disse to teknologier har sammen givet motoren større ydelse samt over 10 km/l bedre brændstoføkonomi.



Billede 4

http://www.altenergystocks.com/archives/2011/02/just_one_sector_fuel_efficiency_pure_plays.html

Brugerens gevinst

Man undrer sig sikkert over hvorfor disse teknologier er blevet opfundet for over hundrede år siden, men først taget i brug nu. Dette er fordi det var for dyrt at producere dengang, som også er skrevet tidligere. Der indspiller dog også en anden faktor. I dag har vi i verden problemer med, at vi sviner og forurener for meget. Globalopvarmning er blevet et stort problem og dette har man først indset inden for de sidste 20 år. Det er blandt andet derfor, at man i 1997 bestemte, at man nu skal betale en grøn ejerafgift¹⁹, som en løbende afgift for danske biler. Denne grønne ejerafgift betyder, at man betaler for hvor langt ens bil kører

¹⁹ Skat, Vægtafgift, grøn ejerafgift og andre afgifter. Fundet [20/12/2016]. På [https://www.skat.dk/SKAT.aspx?old=1817286].

på literen. Denne nye lovgivning er meget udbredt i Europa. Den er også med til at gøre biler der er mere økonomiske, mere eftertragtede. Dette gør, at bilproducenterne konstant arbejder på, at få motorerne optimeret til bedre brændstoføkonomi. Den bedre brændstoføkonomi gør således, at biler i dag har et væsentligt mindre CO₂ udslip end de havde for 20 år siden. Dette giver brugeren en billigere bil, der også er mere økonomisk og samtidig hjælper med at mindske global opvarmning.

Fremtidens forbrændingsmotor

Jeg er ikke i tvivl om, at man i fremtiden vil have turboladere og direkte brændstofindsprøjtning i alle motorer. Men er der mere man kan gøre for at få den endnu mere brændstoføkonomisk? Mange siger, nej, dette kan snart ikke lade sig gøre længere og man kan også i dag se flere og flere elbiler på gaderne. Elmotoren er en fantastisk opfindelse, den bruger intet brændstof, andet end elektricitet, og yder utrolig godt. Det store problem med elmotorer i dag og grunden til, at vi stadig har så mange benzin og dieselmotorer er, at elbilen er meget dyr og at den ikke har samme rækkevidde. Nogle elmotorer kan konkurrere med rækkevidden på nogle benzin og dieselmotorer, men dette er på grund af kæmpestore batteripakker. Problemet med batteripakkerne er, at de ikke kun tager de normale fem minutter, som man bruger på at tanke op, men bruger i stedet flere timer. Elmotor teknologien mangler derfor kun at batterier bliver billigere og bedre.

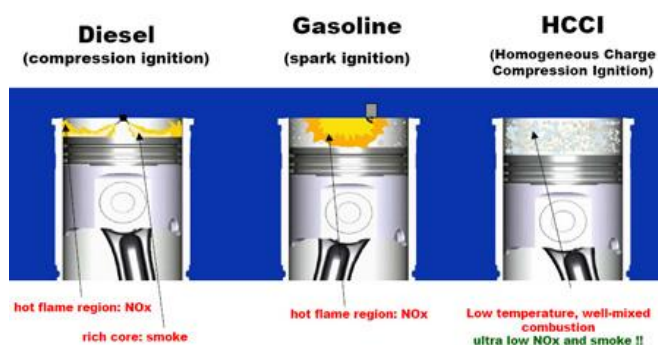
Nogle producenter er dog begyndt at lave hybrid biler som viser stort potentiale. Her bruger man en elmotor til at forbedre en forbrændingsmotors brændstoføkonomi.

Forbrændingsmotoren som vi kender den i dag vil måske ikke holde de næste 20 år. Men det vil

ikke sige, at der ikke vil være

forbrændingsmotorer i fremtiden. En ny motortype er nemlig ved at blive udviklet, den kaldes en HCCI motor²⁰. HCCI står for Homogenous Charge Compression Ignition.

Denne motortype er en slags hybrid mellem benzin og dieselmotoren og har det bedste med fra begge motortyper. Den har en ren forbrænding som en benzinmotor og har et lavt brændstofforbrug



Billede 5 Graphic courtesy of the Robert Bosch Corporation

²⁰ Hebsgaard, S. (30/05/2016). Ny motor: Ren som benzin, effektiv som diesel. Ingeniøren. Fundet [19/12/2016]. På [https://ing.dk/artikel/ny-motor-ren-som-benzin-effektiv-som-diesel-88589].

som en dieselmotor. HHCI motorer virker ved at brændstoffet, som næsten kan være hvad som helst, ikke bliver tændt af en gnist men rettere bliver tændt af tryk. Dette gør at forbrændingen sker meget hurtigere end normalt og ikke bliver så varm under brug. Foruden dette mødes stemplerne i motoren på midten af en cylinder, hvor det bliver skubbet fra hinanden af trykket fra eksplosionsgasserne. Problemet man arbejder med ved HCCI motoren er, at det er meget svært at styre helt præcist hvornår trykket antænder brændstoffet. Men i teorien kan det gøres efter hvilken temperatur brændstoffet har.

Jeg tror, at motortyper så som HCCI vil være den absolutte fremtid for forbrændingsmotoren, men de næste 10-20 år slipper vi nok ikke helt af med benzin og dieselmotorerne, direkte brændstofindsprøjtning og turboladeren.

Litteraturliste

Internetkilder

- Graham Richard, Michael . (07/08/2008). 5 Technologies that Make Internal Combustion Engines Better. *Transportation / Cars*. Fundet [20/12/2016]. På [<http://www.treehugger.com/cars/5-technologies-that-make-internal-combustion-engines-better.html>].
- Woodford, Chris . (11/10/2016). How turbochargers work. . Fundet [19/12/2016]. På [<http://www.explainthatstuff.com/how-turbochargers-work.html>].
- , c. B. (31/05/2016). THE HISTORY OF THE COMBUSTION ENGINE. . Fundet [18/12/2016]. På [<http://www.carbibles.com/enginehistory.html>].
- B. T. S. (01/12/2016). Design and Function of a Turbocharger: Bearing Systems. . Fundet [16/12/2016]. På [<http://www.turbos.bwauto.com/products/turbochargerBearingSystem.aspx>].
- Kevin Hoag and Roy J. Primus, (16/11/2016). Turbocharging for Fuel Economy and Emissions. . Fundet [17/12/2016]. På [<http://training.sae.org/webseminars/wb1018/>].
- Consumer reports, . (17/02/2015). Direct-injection engines improve performance and save fuel, but at a price. . Fundet [19/12/2016]. På [<http://www.consumerreports.org/cro/news/2015/02/pros-and-cons-of-direct-injection-engines/index.htm>].
- GM Tuners, (01/08/2014). Carburetors or EFI?. *CARBS vs. EFI*. Fundet [20/12/2016]. På [<http://www.gmtuners.com/history/vs.htm>]
- Data om biler. Fundet [16/12/2016]. På [<http://www.autoevolution.com/>].
- Hebsgaard, S. (30/05/2016). Ny motor: Ren som benzin, effektiv som diesel. *Ingeniøren*. Fundet [19/12/2016]. På [<https://ing.dk/artikel/ny-motor-ren-som-benzin-effektiv-som-diesel-88589>].

- Skat, Vægtafgift, grøn ejerafgift og andre afgifter. Fundet [20/12/2016]. På [<https://www.skat.dk/SKAT.aspx?old=1817286>].

Bøger og tidsskrifter

Jerichau, F. (1977). Turboladere er fremtiden. *Motor & Sport*, s. 57, 59, 61.

Quist, E., & Rey, R. (2007). *Autobogen 4.udgave*. Erhvervsskolernes Forlag.

White, C. (1997). *Automotive Engine Management Systems & Fuel injection Techbook*. Haynes Publishing.