

Programbeskrivning för programmet

Kompetenscentrum CERC

2018-01-01 – 2021-12-31

Beslutsdatum
2017-09-22

Innehåll

1	Sammanfattning	3
2	Programmets inriktning	4
2.1	Vision.....	4
2.2	Mål.....	4
2.3	Framgångskriterier.....	9
2.4	Forsknings, utvecklings- och teknikområden.....	10
3	Bakgrund	22
3.1	Forsknings-, utvecklings- och teknikområden som inte omfattas av programmet.....	25
3.2	Andra anknyttande satsningar.....	27
4	Genomförande	28
4.1	Tidplan.....	28
4.2	Budget och kostnadsplan.....	28
4.3	Programspecifika anvisningar och hantering av ansökningar.....	29
4.4	Programråd.....	30
4.5	Kommunikationsplan och resultatspridning.....	31
4.6	Syntes.....	31
4.7	Utvärdering.....	32
5	Referenser	33
6	Ytterligare information	34

1 Sammanfattning

Sverige har gjort åtaganden om att sänka utsläppen av växthusgaser till nivåer långt under vad andra länder har utlovat. Riksdagen beslutade i juni 2017 om ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. Målet är att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären.

CERC's vision är att generera kunskap och metoder som fordonsindustrin behöver för att kunna utveckla **högeffektiva och ultrarena förbränningsmotor med hänsynstagande till avgasefterbehandling som använder förnybara / "decarbonerade" bränslen och ingår i en elektrifierad drivlina** och inom området kunna bidra till en hållbar drivlineteknik genom högkvalitativ forskning och utbildning.

För att bidra till denna vision är det speciellt följande områden som berör CERC's verksamhet:

- Energieffektivisering (högre verkningsgrad)
- Elektrifiering (hybridisering)
- Förnybara bränslen
- Emissionsbildning (och avgasrening)

Forskningen inom CERC ska vara av hög industriell relevans för att kunna understödja utveckling och implementering av nya tekniker som ett steg mot ett hållbart framtida energi- och transportsystem i tidsperspektivet 10-20 år.

Forskningen inom CERC är indelad i sex olika forskningsområden, där fyra områden är tillämpade (sammanfattade inom Motorer och Drivlinor) och två är av generisk natur (möjliggörande):

Grundläggande för verksamheten inom CERC är att projekt ska genomföras i nära samverkan mellan de industriella avnämarna och högskolan.

Programperioden sträcker sig mellan 2018-01-01 till 2021-12-31.

Budgeten för programperioden är 120 miljoner SEK (1/3 högskola, 1/3 Industri och 1/3 Energimyndigheten). De industriella samarbetspartnerna är preliminärt: Scania CV, AB Volvo, Volvo Personvagnar, Winterthur Gas & Diesel, Delphi, Preem, Dantec Dynamics, Johnson Matthey, Ansys, Converge och Loge, men även fler företag har visat intresse för att bli medlemmar i CERC.

Programmet följs upp av Energimyndigheten med hjälp av mål och framgångskriterier.

2 Programmets inriktning

2.1 Vision

Programmets vision är att generera kunskap och metoder som bidrar till att förbränningsmotorn är ett miljömässigt hållbart alternativ i framtidens transportsystem.

Mer specifikt innebär det att utsläppen från förbränningsmotor med avgasefterbehandling ska vara noll med avseende på:

- Skadliga emissioner (kväveoxider, partiklar, koloxid och kolväten)
- Nettoutsläpp av Växthusgaser

Kunskapsgenereringen ska ske i nära samverkan med framför allt övriga kompetenscentra inom SICEC, men också i samverkan med andra centra såsom kompetenscentrum katalys (KCK), Swedish Electromobility Centre (SEC), kunskapscentret f3 och kompetenscentrum (Centre for Combustion Science and Technology, CECOST).

CERC's vision är att generera kunskap och metoder som fordonsindustrin behöver för att kunna utveckla **högeffektiva och ultrarena förbränningsmotor med hänsynstagande till avgasefterbehandling som använder förnybara / ”decarbonerade” bränslen och ingår i en elektrifierad drivlina** och inom området kunna bidra till en hållbar drivlineteknik genom högkvalitativ forskning och utbildning. Visionen innebär att CERC ska stärka svensk kompetens och konkurrenskraft inom området för förbränningsmotorteknik, alternativa bränslen och elektrifierade fordon. Genom teknikutveckling ska CERC bidra till skapandet av ett hållbart transportsystem, samt utbilda doktorer för fordonsindustrin. Arbetssättet ska vara integrerat och multidisciplinärt och utföras i nära samarbete med de industriella medlemsparterna där industrins framtida inriktningar - färdplaner, som har genererats av den svenska fordonsindustrin utgör ett viktigt underlag.

2.2 Mål

Programmets övergripande mål är att generera forskningsresultat och kunskap som möjliggör att, i ett tidsperspektiv på 10-20 år:

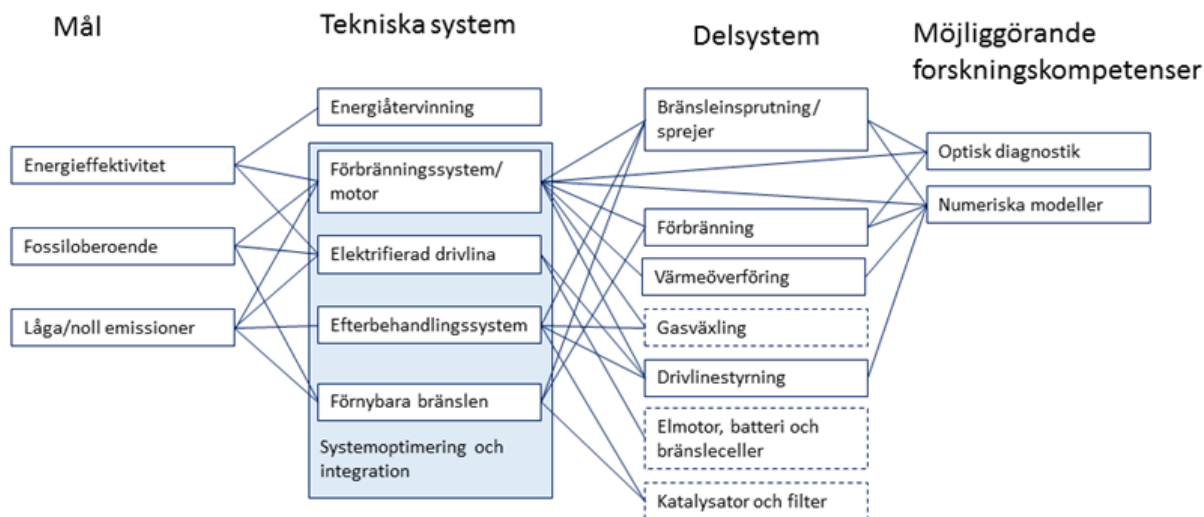
- utveckla utsläppsfria förbränningsmotorer utan nettoklimatpåverkan (nollvision)
- utveckla förbränningsmotorer för fossilfria bränslen med minst 53 % bromsad verkningsgrad i en betydande del av arbetsområdet

- utveckla förbränningsmotorer som tillsammans med hybriddrivlina ger minst 20 % lägre bränsleförbrukning relativt dagens konventionella drivlina

CERC's långsiktiga mål är förutom att bidra till utvecklingen av ett långsiktigt hållbart transportsystem att också behålla positionen som ett internationellt erkänt kompetenscenter inom förbränningsmotorteknik och tillhörande de ledande forskargrupperna när det gäller sprej och förbränning i SI och CI motorer, men även inom andra tillämpningar. Målsättningen är också att vara bland de ledande när det gäller forskning kring alternativa och förnybara bränslen avsedda för förbränningsmotorer, och att utveckla nya motor- och drivlinekoncept för hybridfordon och reglerteknik för elektrifierade fordon (HEV och PHEV) ofta i samarbete med bl.a. f3, Swedish Electromobility Centre och KCK.

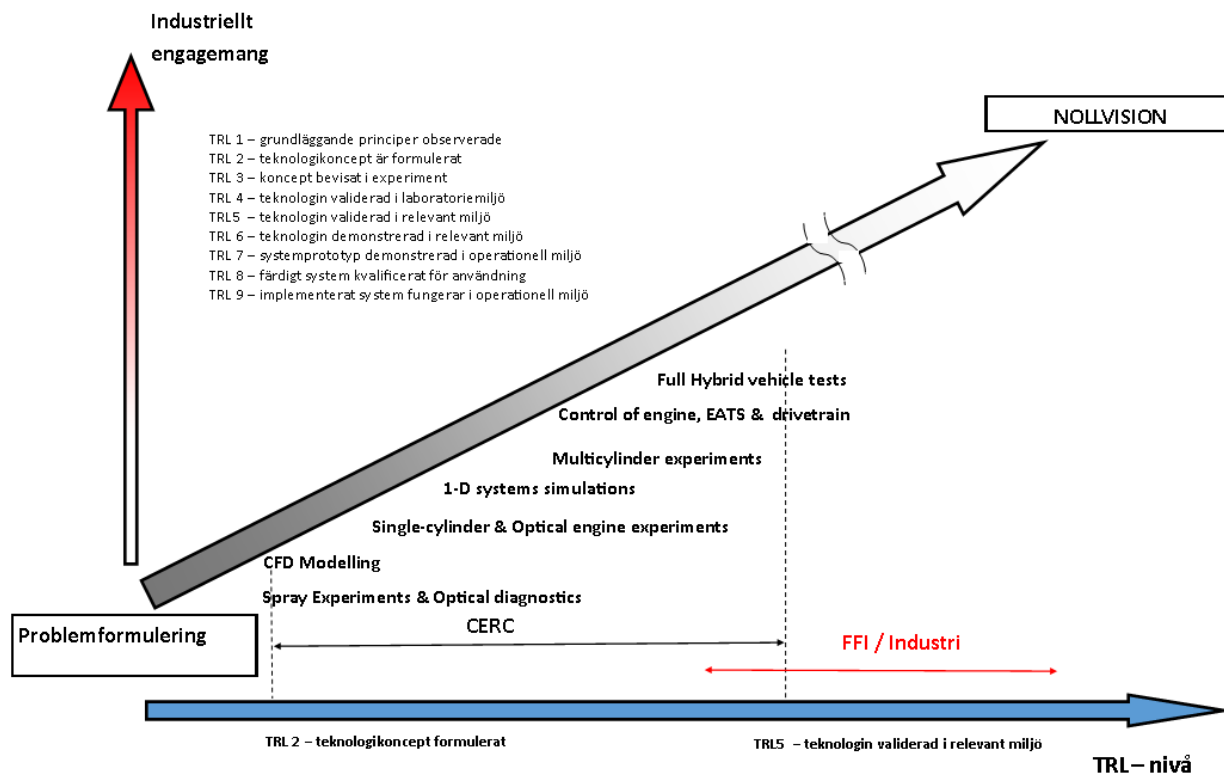
Vidare ska CERC möjliggöra för medlemsföretagen att vara ledande i utvecklingen av energieffektiva och fossiloberoende fordon.

En översikt över hur CERCs övergripande mål om energieffektivitet, fossiloberoende och nollemissioner kopplar till centrets teknik- och forskningsområden åskådliggörs i figuren nedan. Forskning sker såväl på systemnivå som på detaljnivå i olika delsystem, inklusive utveckling av nödvändiga forskningsverktyg. Teknikområden i streckad ruta, indikerar tekniker utanför CERCs fokusområden, men som berörs i systemstudier.



Figur 1

CERC's verksamhet sträcker sig i allmänhet mellan TRL 2 och TRL 5 (technology readiness level) vilket åskådliggörs i figur 2 nedan tillsammans med de verktyg som används i forskningsarbetet.



Figur 2

De konkreta målen för 4-års perioden som alla ska bidra till de övergripande målen nollemmissioner och fossilfrihet är:

Verkningsgrad

- Att minska bränsleförbrukningen i kombination med elektrifiering av drivlinan, utan att överskrida framtida tillåtna utsläppsnivåer för direktinsprutade ottomotorer (speciellt partiklar). Studierna kommer att innefatta utformning av förbränningsystem inklusive val av bränslesystem, kallstart och NOx/PM samt reglering av drivlina, målsättningen är att undersöka teknik som medger att gränserna för CO₂ bortom tidsspannet 2025-2030 kan uppfyllas (<75 g/km).
- Uppnå högre energieffektivitet i kompressionsantända Dieselmotorer genom nya förbränningskoncept och bränslen, speciellt kommer nya insprutnings/mixningskoncept att studeras men också "dual-fuel" förbränning (RCCI). Gas kommer att öka i betydelse både för att uppnå hög verkningsgrad och för låga emissioner. Målet är att kunna visa på 53 % bromsad verkningsgrad i en stor del av driftområdet och samtidigt kunna uppfylla framtida emissionsnivåer. Minimering av energiförluster

och energiåtervinning, speciellt av lågvärdig energi, kommer också fortsättningsvis att studeras.

Modellering:

Högkvalitativa och effektiva CFD-forskningsverktyg (Computational fluid dynamics - numeriska metoder för att analysera strömning) som ska göra det lättare att uppnå nollvisionen. Särskilt som viktiga steg för att uppnå nollvision kommer CERC att:

- Utveckla förbränningsmodeller som är oberoende av förbränningsregim, tillsammans med mer prediktiva modeller för bränslesprejer.
- Utveckla modeller, metoder och teoretiska verktyg för snabba CFD simuleringar för direktinsprutade motorer som drivs med olika bränslen.
- Utveckla modeller för förblandad homogen mager förbränning, inklusive olika bränslen (metanol, etanol etc).
- Utveckla värmeöverföringsmodeller (konjugerad värmeöverföring)
- Utveckla modeller för urea-sprej och urea-nedbrytning till ammoniak för en direkt koppling till avgasefterbehandlingssystemet.
- Tillämpa de utvecklade CFD verktygen för simulering, analys och planering av CERC experiment inom sprej- och motorområdet som drivs av olika förnybara bränslen.
- Kortare och mer precis utveckling av nya förbränningskoncept genom användandet av väl validerade/prediktiva modeller.
- Utveckla motormodeller (0D/1D) med hög precision och för systemsimulering i realtid. Dessa modeller används för analys och optimering av samspelet mellan olika subsystem så som efterhandlingsystem och hybrid drivline-komponenter.
- Kombinera realtidssimuleringar med experimentella data i HiL-system (Hardware-in-the-Loop) för effektiv utveckling och testning av nya drivlinekoncept.

Bränslen:

- Identifiera hållbara bränslen för olika förbränningssystem (gnistända och kompressionsantända dvs. SI och CI) genom jämförande studier av insprutning, förbränning, emissionsbildning och energieffektivitet för olika bränslen (metanol, etanol, butanol, oktanol, decanol, HVO, 2-MTHF, PolyDME, DNBE m.fl. och blandningar däremellan m.m.).
- Identifiera och utvärdera Drop-in bränslen, som erbjuder minst 70 % växthusgasreduktion jmf. med fossil Diesel

Sprejer:

- Tillhandahålla kunskap för att använda optisk diagnostik för studier av bränslesprejer och förbränningsförlopp i olika CERC-projekt, inklusive insamling av data för validering och jämförelse med modelleringsresultat.
- Utveckla, anpassa, förbättra och kombinera optiska mätmetoder för att erhålla mesta möjliga information ur planerade sprej och förbränningsmätningar.
- Undersöka grundläggande fenomen inom sprejbildning och primär sprejuppbrytning med syfte att skapa kunskap för design av framtida bränsleinsprutningssystem och förbränningssystem, såsom kavitation, sprejuppbrytning och luftinblandning.
- Studera fullt utvecklade sprejer, brinnande sprejer och förbränning i motorer för ökad förståelse av hur bränslefördelning och efterföljande förbränning beror på bränsleinsprutningen som underlag för att utveckla framtida insprutnings- och förbränningssystem.
- Utnyttja sprejkaraktäriseringskompetensen till att även studera ureasprejer i efterbehandlingsystem.

Avgasefterbehandling:

- I samverkan med KCK undersöka samspelet mellan förbränningsmotor och efterbehandlingsystemet vid t.ex. transienter och kallstarter. Att demonstrera hur motorstyrning och avgasefterbehandling kan kombineras för att uppnå nollemissioner
- Att demonstrera att ett efterbehandlingsystem kan uppnå nollemissioner för såväl förnybara bränslen som nya förbränningskoncept.

xEV:

- I samverkan med Swedish Electromobility Centre och KCK utveckla en modell för hybriddrivlina som är kapabel att prediktera väsentliga delar av fordonssystemet och utveckla reglerstrategier för att uppnå maximal bränsleeffektivitet och minimala emissioner som kan användas av industri och akademi.
- Utveckla nya förbränningsmotorkoncept för hybrider och räckviddsförlängare för andra typer av elektrifierade fordon, BEV.

Övrigt:

- Publicera i genomsnitt 15 artiklar/år i välrenommerade tidskrifter inom området och vid konferenser såsom SAE (Society of Automotive Engineers).
- Cirka 10 examinerade doktorer under programperioden

- Kompetensutveckling inom svensk fordonsindustri genom utbildning av doktorer inom området.
- Internationell samverkan, varje doktorand ska tillbringa en period vid ett utländskt universitet.
- Öka andelen kvinnliga doktorander; minst 30 % av de nyanställda doktoranderna ska vara kvinnor under programperioden.

2.3 Framgångskriterier

- Vara ett forum där industri och akademi kan mötas för att tillsammans utföra högkvalitativ forskning och långsiktig kompetensutveckling.
- Ha en tydlig profil mot förbränning, hybrider och reglering med kopplingar till centra för Katalys, Elektromobilitet och kunskapscentret för förnybara bränslen, f3.
- Vara internationellt framgångsrika inom valt kompetensområde (sprej och förbränning, bränslen, hybrider och reglering). Demonstrera förbättring av bränsleomvandlingsverkningsgrad, reduktion av emissioner, utveckla metoder för användning av alternativa bränslen på ett optimalt sätt, bedriva hybridverksamhet vad gäller förbränningsmotorer och reglering med hög kvalitet.
- Ha en uthållig finansiering från industriella partners som når upp till eller överträffar Energimyndighetens finansiering.
- Ha aktiva arbets- och styrgrupper sammansatta av industriella avnämare och utförare i alla forskningsprojekt.
- Ha personal från de industriella medlemmarna som arbetar vid högskolan (i huvudsak industridoktorander och adjungerade professorer), men även personal från högskolan som i perioder kan arbeta inom industrin.
- Ha samarbete med de två övriga kompetenscentren i förbränningsmotorteknik (KCFP vid LTH och CCGEx vid KTH). Ha förmåga att attrahera europeiska projekt till Chalmers.
- Ha internationella samarbeten.
- Påverka och förbättra högskolans grundutbildningskurser inom området, genom gästföreläsare från industrin, examens- och projektarbeten.
- Leverera tekniska doktorer till industrin så att industrins tekniska konkurrensförmåga inom området kan behållas och förbättras.

2.4 Forsknings, utvecklings- och teknikområden

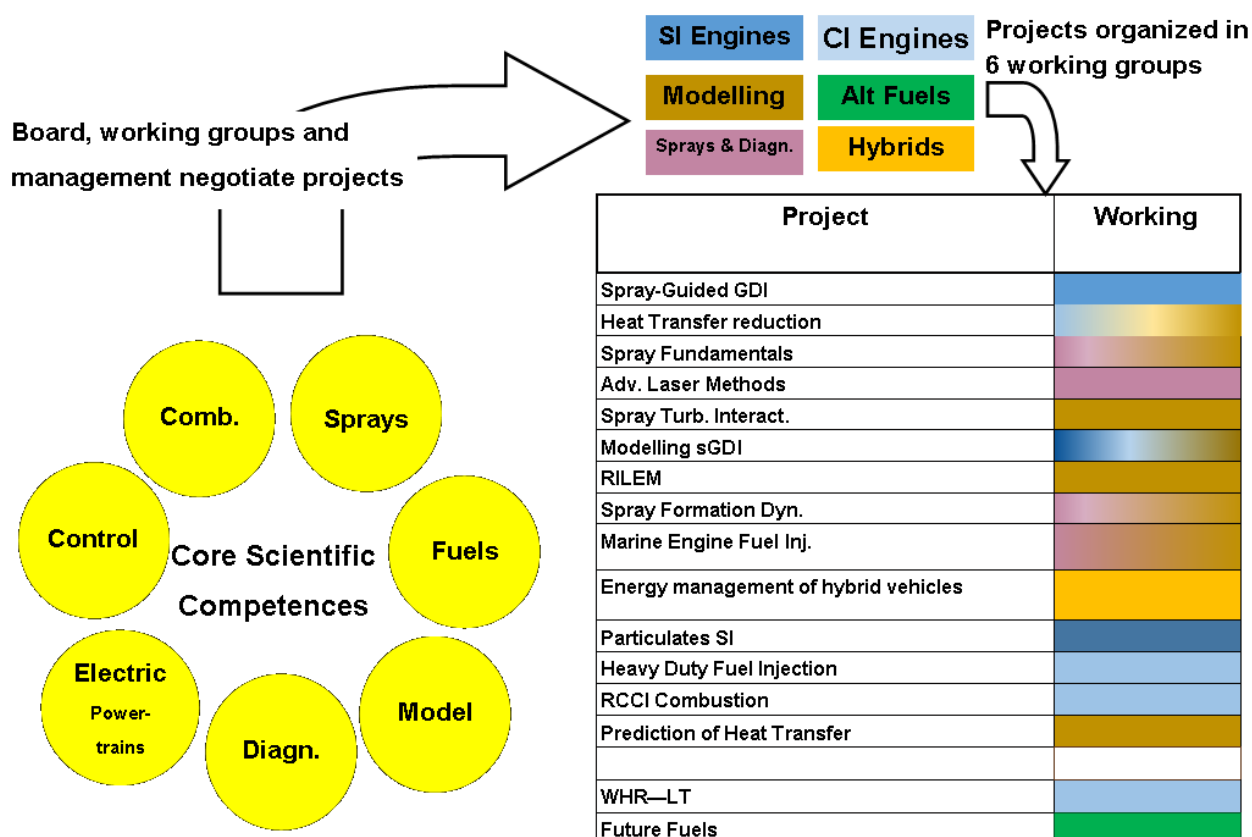
Enligt FFF-utredningen kommer en majoritet av personvagnarna som säljs i Europa 2030 sannolikt att ha en förbränningsmotor (75-80 %), en övervägande del av förbränningsmotorerna kommer dock att återfinnas i hybridfordon (90 %) [4]. För den tunga sidan kommer förbränningsmotorn att vara än mer dominerande. Förbränningsmotorforskning är av synnerligen multidisciplinär natur och kräver hög kompetens inom en rad områden såsom avancerade experimentella metoder, modellering av både mekaniska och termodynamiska system, reglerteknik och katalys. Av denna anledning är ett integrerat arbetssätt mellan olika kompetenser nödvändigt.

CERC har sju kompetensområden som indelas i 6 olika arbetsgrupper, se figur 3

1. SI Motorer (gnistantända motorer)
2. CI Motorer (kompressionsantända motorer)
3. Hybrida drivlinor, Reglering och fordonmodellering (1D och 0-D)
4. Utveckling av metoder och sprej-, och förbränningsmodeller (detaljerad 3D)
5. Sprejer and optisk diagnostik
6. Förnybara Bränslen

Inom varje arbetsgruppsområde kan det komma att finnas flera projekt. Arbetsgruppsmöten ska hållas minst 3 gånger per år och projekt, deltagare i arbetsgrupperna är industrirepresentanter, handledare och doktorander.

CERC's nu pågående projekt är (av dessa fortsätter flera in i den nya programperioden):



Figur 3

Till vänster i figuren visas de sju kompetensområden på vilka CERC bygger sin verksamhet. CERC's sex arbetsgrupper visas i olika färger ovanför tabellen. Färgerna inom "Working Group" kolumnen visar hur projekten samverkar inom de olika arbetsområdena.

Eftersom alternativa bränslen eller förnybara bränslen är ett område som i hög grad berör hela verksamheten och därför är en kärnfråga som påverkar alla projektområden inom CERC kommer alternativa bränslen att vara ett fokus inom varje forskningsområde men även ha en egen arbetsgrupp.

Det finns många typer av förnybara bränslen som kan tillverkas från många olika råvaror i flera olika processer, av ökande intresse är sk. elektrobränslen som tillverkas av el, vatten och koldioxid. Varje bränsle har sina enskilda egenskaper (fysiska och kemiska) och detta påverkar hur de kan användas i en förbränningsmotor. En viktig fråga är hur de olika bränslena påverkar förbränningseffektiviteten eftersom den är direkt kopplad till utsläppen av växthusgaser. Förnybara bränslen kan också påverka avgasutsläppen och t.ex. medföra förhöjda nivåer av NO_x.

Nya bränslen kan också komma att påverka avgasefterbehandlingen genom förändrad avgastemperatur eller katalysator degenerering beroende på bränslets kemiska egenskaper (förgiftning). Förnybara bränslen är mycket väsentliga för att kunna uppfylla målsättningen om en fossil oberoende fordonsflotta. Förutom bränslets fysikaliska och kemiska egenskaper som påverkar sprejbildning, blandning, förbränning, emissionsbildning och avgasefterbehandling måste man också ta hänsyn till råvaror, produktions- och distributionssystem. För att få ett helhetsperspektiv på dessa frågor så inkluderar CERC samarbete med avdelningen för fysisk resursteori (FRT) på Chalmers och svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel (f3).

1. SI-motorer

Andelen SI motorer förutspås att öka starkt de kommande 10-15 åren (Dieselmotorer är förbjudna i personvagnar i Kina), bränsleomvandlingsverkningsgraden bör kunna förbättras stegvis till nästan Diesel-liknande värden. Målsättningen är att uppnå 25-50 % förbättring av bränsleförbrukningen till 2030 jämfört med en typisk portinsprutad sugmotor.

Idag är de flesta gnistantända motorer direktinsprutade, downsizade med turbo och i närliggande framtid kommer de även att ha cylinderdeaktivering. Idag opereras de flesta SI motorer stökiometriskt, har relativt låga kompressionsförhållanden och använder billiga men effektiva 3-vägs-katalysatorer. Genom downsizing har man lyckats förbättra effektiviteten på lägre laster och samtidigt kunnat bibehålla eller ökat motorernas prestanda. En begränsning/problem är att motorerna är knackbegränsade och kan därför inte operera stökiometriskt vid högre laster utan senarelagd tändning och med bränsleberikning. Inget av detta är önskvärt eftersom detta både ger försämrade prestanda, högre bränsleförbrukning och högre emissioner.

Nya och optimerade drivlinor i form av serie/parallellhybrider, mild/fullhybrider med varierande grad av hybridisering, kommer att öppna nya möjligheter för fordonsdesign. En viktig fråga är hur SI-motorer ska utformas för att uppnå lägsta möjliga CO₂ emissioner när förbränningsmotorn är integrerad i en hybriddrivlina? I samband med hybridisering är det tveksamt om Dieselmotorer kommer att vara primärenergiomvandlaren för mindre och medelstora fordon, främst av kostnadsskäl. Optimerade SI motorer behöver därför utvecklas speciellt med avseende på verkningsgrad, verkliga avgasutsläpp (inkluderande normal körning, kallstart och utsläpp genom förångning), multibränsleegenskaper, kostnader och vikt. Hybridapplikationer ställer speciella krav på förbränningsmotorn men medger också helt nya möjligheter, det behövs bl.a. ny forskning för att förbättra förbränningsmotorns effektivitet i ett smalare driftområde än normalt, speciellt vid högre laster/varvtal, vilket möjliggörs genom hybridiseringen.

Höga laster innebär risk för självantändning (knack) vilket kan motverkas med kylld EGR eller vatteninsprutning. Systemoptimering är också viktigt för att kunna uppnå högsta möjliga totalverkningsgrad både i verklig körning och i aktuella testcykler. Ett problem med direktinsprutade förbränningsmotorer är partikelbildning och resulterande partikelemissioner. De bakomliggande mekanismerna till sot/partikelbildningen vid förbränning i en direktinsprutad homogen stökiometrisk motor, är relativt välkända för partiklar ned till 23 nm's partikelstorlek vilket är det nuvarande gränsvärdet för gällande lagstiftning. Dominerande är olika mekanismer vid transienter och vid kallstart även om de olika källornas bidrag ännu inte är helt kvantifierade. Förbränningsstrategier som innebär "utspädd" förbränning, genom användande av luft eller EGR, misstänks kunna förändra de fysikaliska mekanismerna som förorsakar bildning av nanopartiklar vilket kommer att bli viktigt eftersom tröskelvärdet för partikelantal kommer att sänkas ner till 10 nm.

Partikelbildning (och förbränning) påverkas av bränsleinsprutningen och omblandningen i cylindern som är mycket komplex. För närvarande används nästan uteslutande multihålsinjektorer med bränsletryck upp till 350 bar men trenden pekar på allt högre tryck.

Målsättningen med verksamheten är att utvärdera och bedöma framtida tänkbara förbränningssystem med avseende på förbättrad effektivitet, utvärdera kompatibilitet med alternativa bränslen och att samtidigt reducera avgasutsläppen inklusive partiklar ytterligare. Forskningsmetoden är att kombinera experiment (i motorer och sprejkammare) med numeriska simuleringar så att i kombination med elektrifiering förbruknings- och emissionsgränser bortom 2030 kan uppnås.

Under programperioden kommer CERC att:

- Undersöka SI motorer som medger hög verkningsgrad, magerdrift, högt kompressionsförhållande och ETBE/etanol/metanol som bränsle (målsättning Dieselliknande verkningsgrad)
- Undersöka hur motorer för dedikerad användning i hybrida drivlinor ska konfigureras.
- Studera förnybara bränslen (i huvudsak HVO bensin, etanol, ETBE och metanol).
- Utveckla och applicera mätmetoder för visualisering av sotbildning för att förstå bakomliggande sotbildningsmekanismer.
- Utveckla strategier för att minimera sotbildning, t.ex. genom kombination av direkt- och portinsprutning, men även genom variationer av injektionsparametrar.

2. CI-motorer

Gränserna för emissionsutsläpp från fordon förväntas bli allt strängare i framtiden, där USA och EU leder utvecklingen, inom EU står Dieselfordon för ca 80 % av NO_x-utsläppen från transporter. Dieselmotorer står idag för mer än 50 % av de årliga personbilsregistreringarna i EU, men har mindre än 1 % marknadsandel i USA. Reduktion av avgasutsläpp (främst NO_x och PM) är mer komplex för Dieselmotorer jämfört med bensinmotorer och kräver mer avancerad teknik till högre kostnad, motortypens rykte efter "Diesel-gate" och luftkvalitetsproblem i storstäder gör det sannolikt att Dieselmotorns marknadsandel kommer att minska, men kommer pga. behovet att reducera utsläpp av växthusgaser ändå troligtvis behålla en marknadsandel på över 50 % i de övre fordonsegmenten under de närmsta 10-20 åren medan Dieselmotorer i mindre fordon gradvis kommer att fasa ut och ersättas av bensinmotorer. För godstransporter, speciellt fjärrtransporter kommer Dieselmotorn att fortsätta att vara den dominerade motortypen. Verkningsgrad kommer även fortsättningsvis att vara en av de dominerande frågorna.

Under ett antal år har olika former av lågtemperaturförbränning (LTC) studerats med avsikt att öka verkningsgraden och minska "engine-out" emissionerna, utmaningarna för LTC har varit förbränningsfasning, uppnåbart lastområde, mekaniska påkänningar, kallstart, reglering etc. Konventionell förbränning har samtidigt närmast sig liknande verkningsgradsnivåer (någon eller några procent lägre) genom framsteg inom främst bränslesystemsteknologi och mixningsprocesser i cylindern, t.ex. AB Volvos vågkolv och Daimlers stegkolv (för swirlbaserade förbränningsystem), se figur 4 nedan. Samtidigt har stora förbättringar skett vad gäller avgasefterbehandling (partikelfilter och SCR-katalysatorer) varför intresset för lågtemperaturförbränning minskat.



Figur 4, Förbränningssystem HD respektive LD Dieselmotor

CI-motorer i fordon för fjärrtransporter är det område där det finns den största potentialen att reducera de globala CO₂ emissionerna pga. de svenska fordonsföretagens starka ställning inom detta område.

För marinmotorer är det främst kväveoxidemissioner som behöver reduceras, speciellt för fartyg som opereras inom s.k. NECA-områden där det krävs att nya fartyg utrustas med ett maskineri som reducerar utsläppen av kväveoxider med cirka 80 % jämfört med 1990. Också förnybara bränslen och förbränningssystem för sådana är av stort intresse.

CERC's verksamhet kommer under den kommande programperioden att koncentreras till följande frågor, där alla nedanstående forskningsområden har relevans för vägtrafik, arbetsmaskiner och sjöfart:

- För tyngre motorer har "Dual Fuel"-förbränning ökat i intresse, dessa kan vara gas-Diesel, metanol-Diesel eller liknande, dvs. kombination låg-cetan och hög-cetan bränsle. Ett sådant förbränningssystem kan också opereras i "lågtemperatur-mode", RCCI, med avsevärt större möjligheter till förbränningsstyrning och hög verkningsgrad jämfört med singel-bränsle LTC.
- Förnybara bränslen är ett område som ökar starkt i betydelse inom CI-området, oavsett typ av förbränningssystem.
- Då samspelet mellan förbränningsmotorn och efterbehandlingssystemet blir allt mer kritiskt, speciellt för högeffektiva motorer med låg avgastemperatur, är det viktigt att förstå hur förbränningsmotorn kan samverka med avgasefterbehandlingen. Genom samarbete med KCK kan de katalytiska processerna kopplas till motorns och hela drivlinans reglering på ett bra sätt.
- Andra betydelsefulla områden för framtiden där CERC kommer att ha verksamhet är värmeförluster, friktion och värmeåtervinning.

3. Hybrider och System

Framtida vägtransporter är beroende av miljömässigt hållbara bränslen och samtidigt utnyttja den höga energidensiteten hos förbränningsmotorbränslen. Enbart batterifordon (BEV) har sin naturliga tillämpning för stadstrafik, men blir ohållbart för längre, flexibla transportbehov. I el-hybridfordon kompletteras förbränningsmotorn med en elmotor och energilager i form av ett batteri. Detta skapar en flexibilitet som kan utnyttjas för att minska bränsleförbrukningen för ett fordon med givna prestanda jämfört med ett fordon som enbart drivs av en förbränningsmotor. Hybridfordonens andel av sålda fordon förväntas öka starkt efter 2025 pga. skärpt CO₂ lagstiftning.

- Hybridisering ger en möjlighet att minska effekten (down-sizing) hos förbränningsmotorn. Detta gör att motorn arbetar mer energieffektivt med mindre absoluta förluster.
- Genom att bromsa fordonet med elmotorn genereras elektrisk energi som lagras i batteriet och sedan används för framdrivning. Utan hybridisering blir denna energi enbart värme.
- För ”plugg-in” hybrider kan fordonet laddas från elnätet och drivas helt elektriskt på hela eller delar av körsträckan vilket är viktigt för fordon i stadstrafik.

Emissionerna från förbränningsmotorn måste dock reduceras i efterbehandlings-systemet i fordonet. För att nå en hög omvandlingsfaktor i den/de katalysatorer som ingår måste temperaturen vara tillräckligt hög. För ett hybridfordon med intermittent drift av förbränningsmotorn kommer katalysatortemperaturen att variera. För att minimera fordonets ”tail-pipe” emissioner är det av högsta vikt att optimalt fördela fordonets mekaniska effektbehov mellan förbränningsmotor och elmotor på ett sådant sätt att efterbehandlingssystemet håller tillräckligt hög temperatur när en hög omvandlingsfaktor är viktig. Genom att nyttja elmotorn för att stötta förbränningsmotorn kan vissa, ur emissionssynpunkt, ofördelaktiga lastfall undvikas vilket reducerar de totala emissionerna. Dock är detaljerade, prediktiva modeller för hela drivlinan (system av flera interagerande delar) en förutsättning för en effektivisering och detta är en stor framtida utmaning. Inom kort kommer fordon att certifieras med hjälp av World harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP) and Real Driving Emissions (RDE) vilket ställer höga krav fordonets totala emissioner.

Under programperioden kommer CERC att:

- Utveckla reglerorienterade modeller för kompletta hybridfordon med avsikt att prediktera ”tail-pipe” emissioner och bränsleförbrukning för en given körcykel
- I samarbete med KCK ta fram katalysatormodeller med högre detaljeringsgrad/kvalitet/prediktiv förmåga för att kunna nå optimal prestanda hos de reglerorienterade modellerna.
- Skapa metoder för att undersöka WLTP och RDE uppfyllelse med avseende på specifika reglerstrategier i en simulerad miljö
- Skapa metoder för att finna den värsta RDE cykeln för ett givet fordon
- Utveckla reglerstrategier för hybridfordon som garanterar RDE uppfyllelse för det svåraste fallet
- Verifiera modeller och reglerstrategier i Chalmers hybrid-testrigg

4. Modellering

Modellering och simulering är viktiga delar av motorutveckling. I samverkan med experimentella studier leder modellering till en bättre förståelse för grunderna i bränsleinsprutning, turbulent blandning och förbränningsprocesser vilket möjliggör utveckling av nästa generations bränsle-flexibla förbränningsmotorer som kan uppfylla lagstiftning med avseende på effektivitet (bränsleförbrukning) och nollvisionen. I framtiden förväntas simulering, modellering och virtuella utvecklingstekniker få ökad betydelse för produktutveckling. Simuleringsverktyg erbjuder specifika fördelar över motorexperiment: De är oftast mycket billigare, de ger detaljerad, tidsupplöst och lokal information om alla flödesvariabler och möjliggör (artificiella) parameterstudier som inte går att utföra i verkliga experiment.

Modelleringsaktiviteterna vid CERC under nuvarande och kommande period fokuserar på att bidra till det strategiska målet att uppnå nollvisionen genom utveckling, validering och tillämpning av nya innovativa prediktiva modeller som baseras på en fundamental grund, och som kan användas till stöd för experiment och motorutveckling på ett effektivt sätt. Det specifika målet är att tillhandahålla högteknologiska simuleringsmetoder som kan användas för utveckling och optimering av framtidens hög-effektiva förbränningsmotorer med noll utsläpp och flexibilitet vid val av bränsle. Under nästa CERC-period kommer det vara av särskilt intresse att validera reaktionsscheman och modeller för turbulent förbränning av olika förnybara bränslen och inkludera dessa i simuleringsverktygen.

Samtliga modelleringsprojekt är starkt knutna till experimentella projekt vid Chalmers/CERC. Både för att validera modeller och som stöd för experimentella kampanjer. Särskilt så används kommersiella CFD-verktyg i flera projekt till att stödja experimentella undersökningar.

CERC's aktiviteter under programperioden fokuserar kring följande forskningsområden:

Turbulent förbränning med fokus på två huvudsakliga forskningsområden:

1. Utveckling av mod- och regimoberoende prediktiva modeller. Traditionella förbränningsmodeller är giltiga för antingen förblandad eller icke-förblandad förbränning, oftast under antagande om snabb kemi. Många av de nya motorkoncept som är under utveckling, både i industrin och inom CERC använder förbränningsmoder där traditionella förbränningsmodeller inte är giltiga. Delvis förblandad förbränning (PPCI), låg-temperaturförbränning (LTC), dual-fuel förbränning och stratifierad förbränning är exempel på sådana koncept. Modellutvecklingen vid CERC siktar på att tillhandahålla nästa generations

modeller som är kapabla att prediktera förbränning under väsentligt skilda förhållanden.

2. Utveckling och validering av högteknologiska modeller och numeriska verktyg för effektiv CFD-forskning på konventionella förbränningsmoder för förnybara bränslen och/eller under extrema förhållanden t.ex. under intensiv turbulens associerad med mager förblandad förbränning. Utveckling av avancerade modeller kommer ske genom att utöka snabba och robusta förbränningsmodeller som tidigare utvecklats vid Chalmers och som är lämpliga för CFD-baserad motoroptimering.

Sprejmodellering.

Nästan alla nuvarande och framtida motorkoncept använder direkt insprutning av bränsle. Både industrin och akademien har identifierat sprejmodellering som en av de svagaste länkarna i förbränningsmotorsimuleringar. Karaktäristiken kring sprejens uppbyggnad och förångning är viktiga för effektiv blandning av bränsle/luft och efterföljande förbränning. Prediktiva sprejmodeller som noggrant kan representera sprejens uppbyggnad, luft/bränsle omblandning och interaktionen mellan sprej och turbulens är mycket efterfrågade. Prediktiva sprejmodeller är särskilt viktiga för att undersöka avancerade insprutningsstrategier t.ex. multipel insprutning och variabel insprutningstid. Forskningen inom detta område innefattar utveckling och validering av modeller för primär uppbyggnad, bränsle med flera komponenter och inverkan av kavitation på sprej.

Modellering av värmeöverföring i motorer.

Minimera värmeförluster och/eller aktiv användning av värmefflux för precisionskyllning kan bidra kraftigt till att öka en motors effektivitet. Det är ett naturligt steg framåt att inkludera konjugata värmeöverföringsmodeller i simuleringar av motorförbränning, och att utveckla effektiva och robusta modelleringsätt.

Modellering av värmestrålning.

Den relativa inverkan av värmestrålning kommer att öka i framtida förbränningskoncept både i avseende förbränningsstabilitet, framförallt vid lågtemperaturförbränning, samt värmeförluster, speciellt vid användandet av belagda väggar i förbränningsrummet.

Modellering av urea-sprej.

Den mångåriga erfarenheten av sprejmodellering och modellering av kemiska reaktioner i turbulent strömning inom CERC/Chalmers ska utnyttjas till att flytta fram gränsen mellan förbränningsrummet och avgas efterbehandlingsystemet till att inkludera urea-sprej och ureans nedbyggnad till ammoniak.

Motorsimulering.

Det primära CFD-verktyget inom CERC/Chalmers är OpenFOAM. En version av OpenFOAM med utvalda väl validerade fysikaliska/kemiska modeller för motorsimulering ska underhållas och uppdateras frekvent och finnas tillgänglig för alla CERC-projekt för att snabbt kunna avgöra värdet av nya koncept.

5. Sprej & Optisk Diagnostik

I direktinsprutade motorer ska bränsleinsprutningssystemet klara av att i varje förbränningscykel leverera en exakt mängd bränsle, med en välkontrollerad flödes hastighet vid ett eller flera tillfällen vid precisa tider. Då det flytande bränslet sprutas in med högt tryck bildas en sprej genom att vätskestrålen bryts upp i droppar som transporteras i cylindern och förångas, resulterande i en bränsleluftblandning som antingen tänds med en gnista eller självantänder. Egenskaperna för önskad bränsleluftblandning beror på förbränningstyp, t ex förblandad i konventionell Ottomotor, brinnande sprej i konventionell Dieselmotor eller något mellanting mellan dessa, och förbränningseffektivitet och emissionsbildning är extremt beroende av hur väl insprutningssystemet lyckas styra bränslet till rätt områden i cylindern. En god förståelse för sprejbildning och sprejgenskaper är därför av fundamental betydelse för utvecklingen av bränsleinsprutningssystem till framtidens motorer och bränslen.

Sprejer och sprejförbränning har varit ett fokusområde för CERC sedan centret bildades 1995, och ett antal projekt inriktade mot att karakterisera sprejer från olika bensin- och dieselinjektorer, sprejer av olika förnybara och alternativa bränslen, inklusive sprejer och förbränning i motor har genomförts. CERC har successivt byggt upp utrustning och kompetens för avancerad sprejforskning, och parallellt med det även en omfattande kompetens inom optisk diagnostik, eftersom optiska mättekniker är helt dominerande inom experimentella sprejstudier. Idag har CERC tillgång till en unik uppsättning tekniker för att studera hela sprejprocessen, från interna flöden i munstycken, via sprejuppbyggnad och spraybildning, luftinblandning och förångning till antändning, förbränning och emissionsbildning. Forskningen är till stora delar generisk och kan tillämpas på förbränningsmotorer av vitt skilda storlekar, från handhållna redskap till tvåtakts marinmotorer.

Verksamheten inom sprej och optisk diagnostik kommer under programperioden att bedrivas med följande inriktning:

- Vidareutveckla, anpassa, och kombinera optiska mätmetoder för effektiv och avancerad sprej- och förbränningsdiagnostik.

- Undersöka den interna strömningen i insprutningsmunstycken med olika geometri, och hur denna i sin tur påverkar sprejbildningen. Exempelvis förväntas eventuell kavitation ha stor inverkan på sprejuppbyggnaden.
- Studera inverkan av hålgeometri, bränsletryck, gasdensitet mm på sprejpenetration, luftinblandning, förångning, förbränning och emissionsbildning.
- Jämförande studier av olika bränslens sprejgenskaper.
- Ha ett kontinuerligt informationsutbyte med CERCs modelleringsverksamhet, och där så är lämpligt genomföra gemensamma undersökningar.

6. Alternativa/Förnybara Bränslen

I Sverige har föreslagits i den s.k. FFF-utredningen att anta "ett mål till 2030 på 80 % reduktion av utsläppen av växthusgaser från vägtrafiken jämfört med 2010 års nivå. Det innebär att utsläppen bör minska med 35 procent till 2020 och med 60 procent till 2025 för att skapa goda förutsättningar för att nå 2030 målet", [4].

Om man ska kunna ersätta mer än 15-30 % av den fossila energin som används idag inom EU med nya förnybara bränslen kommer också andra råvarukällor än biomassa att behöva användas, ett exempel är direkt CO₂ återvinning. Direkt CO₂ återvinning eller elektrobränslen bygger på att "CO₂ + el" omvandlas till bränsle genom olika tekniker. Dessa tekniker är idag i huvudsak ännu på forskningsstadiet men erbjuder troligtvis en mycket god framtida potential. Exempel på bränslen som kan tillverkas på detta sätt är metan, metanol, etanol, tyngre alkoholer, tyngre kolväten (bensin/Diesel).

Eftersom möjligheterna att producera biobränslen är relativt begränsade är inte endast heller en övergång till alternativa förnybara bränslen tillräckligt för att uppnå CO₂-målen utan måste kombineras med en ökning av energieffektiviteten hos fordonens framdrivningssystem genom t.ex. ökad verkningsgrad hos förbränningsmotorn, energiåtervinning och elektrifiering. En uppenbar möjlighet vid införandet av nya alternativa och förnybara bränslen är att kombinera dessa med nya bränsleflexibla förbränningskoncept som bättre kan utnyttja bränslets egenskaper.

Ett utmärkt förnybart bränsle är biogas som i allmänhet ger en växthusgasreduktion av i storleksordning 80-85%. Biogas är ett av de miljövänligaste bränslena. En ytterligare fördel är att det tillverkas från råmaterial som främst utgörs av avfall och restprodukter och som inte på något sätt konkurrerar med födoämnen. Hela bio-gas produktionen i Sverige kan ersätta ca 200 miljoner liter bensin/Diesel. Utredningar har visat att man år 2030 kan

producera mellan 10 och 20 TWh biogas. Transportsektorn i Sverige förbrukar årligen ca 90 TWh (inrikes transporter). Biogas kan blandas med naturgas, enbart användande av naturgas kan leda till en reduktion av koldioxidutsläppen med 25 % pga. bränslets relativt låga kol/väte förhållande. Mycket liten utveckling av förbränningssystem för gasdrift har gjorts genom åren, i huvudsak har lastvagnsmotorer konverterats genom att montera portinsprutare för gastillförsel och använda den normala Dieselinjektorn till att injicera en liten pilotinsprutning som antänder den homogena gas/luft-blandningen. Prognoser tyder på en kraftigt ökad användning av gasformiga bränslen i framtiden, speciellt för tunga fordon, varför området i högsta grad är angeläget. Förbränningssystemet kommer att gå från homogent till diffusionskontrollerat med båda bränslena direktinsprutade.

Möjligheterna för en enskild alternativbränslekandidat att göra en större inbrytning på marknaden beror på tillgången på de bränslespecifika råvarorna, komplexitet och ekonomi i produktionsprocessen, kompatibilitet med existerande och framtida motorteknik och nödvändig infrastruktur för distribution men framför allt den besparingspotential bränslet uppvisar vad gäller växthusgaser.

En viktig parameter att hålla i minnet när det gäller en övergång till nya bränslen är att det tar cirka 20 år att helt förnya fordonsparken varför nya bränslen som är kompatibla med dagens bränslen möjliggör ett snabbare införande.

Under programperioden kommer CERC koncentrera verksamheten till att:

- Finna och studera bra förnybara ersättningsbränslen/komponenter som är blandbara med fossil Diesel där blandningarna ligger inom/nära ramarna för bränslespecifikationen EN590
- Undersöka 100 % förnybara bränslen/bränsleblandningar för Dieselmotorer.
- Studera sammansättningen av sotpartiklar i storlekintervallet mindre än 23 nm som bildas vid förbränning av syrehaltiga bränslen i Dieselmotorer.
- Identifiera hållbara bränslen/bränsleblandningar för lätta SI-motorer som ligger inom/nära bränslespecifikationerna för EN228 och E85, speciellt metanol, etanol och ETBE (Etyl tertiärbutyl eter) är av intresse. ETBE är av intresse pga. sitt relativt sett höga värmevärde och oktantal (högre än etanol) vilket gör att man kan blanda 22 % ETBE i bensin i stället för 10 % etanol.

Forskningen inom området är relevant för alla typer av förbränningsmotorer, och kommer att omfatta:

3 Bakgrund

Parisavtalet från december 2015 säger i korthet:

- Det långsiktiga målet är att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till högst 2°C över den förindustriella nivån.
- Att sträva efter att begränsa temperaturökningen till 1,5°C, eftersom detta avsevärt skulle minska riskerna och konsekvenserna av klimatförändringarna
- Att snarast begränsa de globala utsläppen så att toppen nås så snart som möjligt, (kommer att ta längre tid för utvecklingsländer).
- Att genomföra snabba minskningar därefter i enlighet med bästa tillgängliga vetenskapliga rön.

Europeiska Kommissionen har gjort en färdplan [3] för lägre koldioxidutsläpp:

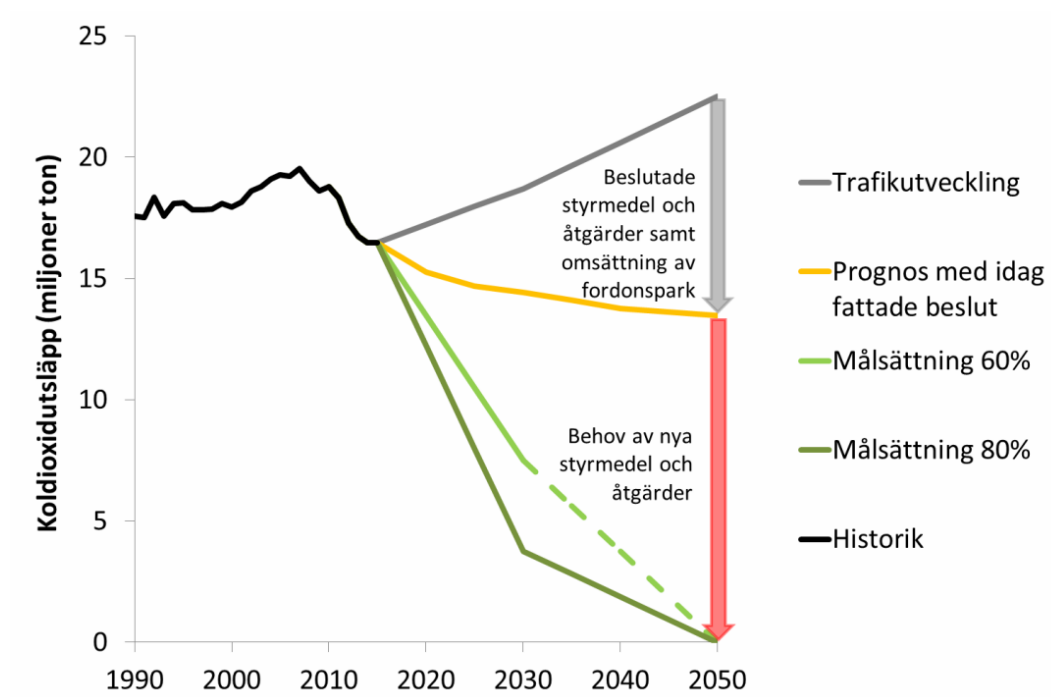
- År 2050 bör EU ha minskat utsläppen av växthusgaser med 80 % jämfört med 1990 års nivåer
- Milstolpar för att uppnå detta är 40 % utsläppsreduktion till 2030 och 60 % till 2040
- Bidrag ska komma från alla sektorer

Transportsektorn förväntas bidra med en 60 % -ig reduktion jämfört med 1990-års utsläpp till 2050.

De nordiska länderna har antagit ett mer ambitiöst s.k. koldioxidneutralt scenario (CNS). I detta scenario, ska utsläpp av växthusgaser (GHG) minska med 85 % (internationella koldioxidkrediter ska kunna användas för att kompensera de återstående 15 %).

Riksdagen beslutade i juni 2017 om ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. Det klimatpolitiska arbetet bör utgå från ett långsiktigt, tidssatt utsläppsmål som riksdagen fastställer. Målet är att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. Efter det ska negativa utsläpp uppnås. Riksdagen sa också ja till ett etappmål för utsläpp av växthusgaser till 2030 och 2040 och ett etappmål för utsläpp från inrikes transporter.

Dessa båda scenarier visas i figur 5 nedan från [6]



Figur 5, Vägtrafikens direkta utsläpp av koldioxid

För att kunna uppnå dessa reduktioner kommer förbättrad verkningsgrad och förnybara bränslen att vara den huvudsakliga källan till minskning av växthusgasutsläppen fram till 2030, men elektrifiering kommer att bli allt viktigare med tiden.

Flera av CERCs medlemsföretag är stora på sina respektive marknader med en stor påverkan på emissionerna från transporter. Därmed finns en stor potential att minska även de globala emissionerna genom ökad effektivitet, anpassning till förnybara bränslen mm. Scania och AB Volvo har för tunga fordon en marknadsandel i Sverige på över 80 %, i EU på över 25 % och globalt ca 15% Volvo Personvagnar har en marknadsandel i Sverige på ca 20 %, men når mer blygsamma nivåer på enstaka procent i EU och globalt. Dock är Volvo PV's verkliga inflytande större dels genom att man länge setts som en föregångare inom miljöområdet och dels som systerföretag i den Kina-baserade Geely koncernen. CERC-medlemmen Winterthur Gas & Diesel är en av de två ledande leverantörerna av stora fartygsmotorer, och deras produkter har därmed en stor inverkan på utsläpp av klimatpåverkande koldioxid och partiklar från den globala sjöfarten.

Avgasemissioner från fordon är ett stort problem, speciellt i storstäder, varför också ny lagstiftning inom detta område kommer att påverka den framtida

utvecklingen. Det har även på senare tid framförts olika förslag på miljözoner och förbud mot dieseldrivna förbränningsmotorfordon i vissa storstäder.

I Europa implementeras under 2017 "Real Driving Emissions" [7], RDE-provet måste ha en duration av mellan 90 och 120 minuter och innehålla stadstrafik, landsvägskörning och motorväg, varje segment måste ha en körsträcka på minst 16 km. För emissionsuppfyllnad finns "överensstämmelse faktorer" för NO_x är dessa 2.1 från 2017 och 1.5 från 2020 (nya bilmodeller) för PN är faktorn 1.5. Från 2017 till 2019 införs också en ny testcykel Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP) som innebär ökad belastning.

I USA planerar EPA och CARB nya, och avsevärt lägre, NO_x gränser från 2024 (0.02 g/bhp-hr) för HD (cirka 10 gånger lägre än idag), detta samtidigt som Fas 2 i CO₂ standarden börjar fasa in från 2021 (ska uppnå 15-27 % minskning av CO₂ utsläppen jämfört med 2017 år 2027). På lätta sidan är man nu på Tier 3 där "fleet average" av NMOG + NO_x ska sänkas från 86 till 30 mg/mi från 2017 till 2025. Även på lätta sidan pågår samtidigt en infasning av sänkta CO₂ emissioner, fram till 2025 ska 143 g CO₂/mi (motsvarar 89 g/km) uppnås. Kalifornien diskuterar också LEV IV som förutom 30 mg/mi NMOG + NO_x (SULEV) också innebär 5 % reduktion av CO₂ utsläppen per år efter 2025.

Fordon med förbränningsmotorer har en stor potential att minska bränsleförbrukningen genom användning av relativt kostnadseffektiv teknik. Exempel på tekniklösningar är reducerad slagvolym, variabel kompression, cylinderavstängning, e-turboladdning och avancerade förbränningssystem också i kombination med elektrifiering och värmeåtervinning. För att reducera utsläppen av växthusgaser är användandet av förnybara bränslen speciellt viktigt, tillgängligheten och utbudet kommer att variera från region till region, i det korta till medellånga perspektivet är det viktigt att de förnybara bränslena är kompatibla med existerande motorer och även kan blandas med fossila bränslen för en succesiv övergång till 100 % förnybart. Biogas är ett bränsle som med största sannolikhet måste öka i betydelse i framtiden.

Kombinationen av låga avgasemissioner ("zero emissions") och låg förbrukning är en mycket stor utmaning och det är inte självklart att Dieselmotorn alltid kommer att vara den vinnande kandidaten, speciellt inte för mindre fordon. Ottomotorn (SI) har högre förbättringspotential jämfört med Dieselmotorn och en maximal verkningsgrad på 45 % har redan påvisats av Toyota [8] (homogent magert, långslagig med hög kompression), vid Chalmers har 41 % visats, utan friktionsåtgärder [9]. Mazda planerar att gå i produktion med en HCCI-motor från 2018 [10]. HCCI "Homogeneous Charge Compression Ignition" innebär att en

homogen bränsleluftblandning självantänder av kompression och inte via tändstift. För tunga fordon finns idag inget alternativ till Dieselmotorn.

Förbränningsmotorer i kombination med elektrifiering (HEV, PHEV och BEV med räckviddsförlängare) kommer att använda förbränningsmotorer som är optimerade för sin uppgift. Skillnaden mellan kraven på befintliga förbränningsmotorer och dem som installeras i en elektrifierad drivlina kan bli stor. Hur förbränningsmotorn kombineras med hela drivlinan och optimeras för bästa effektivitet och rimlig kostnad, är stora utmaningar. Inom området kan CERC bidra med kunskap om hybridanpassade förbränningsmotorer och reglering av komplett drivlina.

3.1 Forsknings-, utvecklings- och teknikområden som inte omfattas av programmet

Verksamheten inom CERC behandlar endast i liten utsträckning processer som sker uppströms och nedströms om insugnings- respektive avgasventilerna.

Programmet kommer inte annat än vad gäller drivlinemodellering och drivlinestyning för främst hybrider att behandla, turbosystem och avgas efterbehandling. När det gäller utveckling av nya avancerade laserspektroskopiska metoder kommer samarbete att sökas med CECOST. Programmet fokuserar som tidigare på sprej och förbränning i direktinsprutade motorer och reglering av sådana motorer och drivlinor med hänsyn till olika förnybara bränslen och utgör en direkt fortsättning av tidigare verksamhet under hänsynstagande till den ökande elektrifieringen av drivlinor vilket innebär ett ökat systemperspektiv.

Fundamental gasväxling och uppladdningssystem behandlas av CCGEx samt forskning kring katalys görs inom KCK.

PPC med bensin som bränsle behandlas av KCFP.

Aktuell KC-samverkan mellan de olika centra

<i>FM</i>	<i>EATS</i>	<i>E-Mob.</i>	<i>Bränslen</i>	<i>Mätmetoder</i>
CCGEx	KCK	SEC	f3	CECOST
CERC				
KCFP				

Samverkansområden
Förbränningsmotor (FM)

Avgas efterbehandling (EATS)
Hybrid drivlina
Förnybara bränslen

Ytterligare samverkanspartner i enskilda projekt efter behov

Mellan de tre kompetenscentra i Förbränningsmotorteknik, CCGEx på KTH, KCFP i Lund och CERC på Chalmers förekommer samarbeten och gemensamma projekt. Alla de tre kompetenscentra har emellertid olika inriktning. De tre centra samverkar på systemnivå inom projekt rörande energiåtervinning (WHR) och förnybara motorbränslen (Bio- och Electro fuels).

I matrisen, figur 6, nedan åskådliggörs de olika centras aktivitetsområden och grad av specialisering:

Förbränningsmotorteknologier		CCGEx	CERC	KCFP	Ext. samverkan
Generella Teknologier inriktade på Energi- och Miljöeffektivitet (inkl. alternativa bränslen)	SI Förbränning				
	DI Förbränning				CECOST
	Lågtemperaturförbränning				CECOST
	Bränslesprej				CECOST
	Gasväxling				
	Förbränningsstyrning				
	Värmeöverföring				
	Värmeåtervinning				Int. SICEC
	Termodynamiska cykler				
	Strömningsakustik				
	Strömningsmekanik i EATS				
	Elektrifierade motorsystem				
	Systemoptimering				
	Motormekanik				
Tribologi					
Anpassning för Förnybara Bränslen	Drop-in				f3
	Vätskeformiga bränslen				CECOST
	Gasformiga bränslen				CECOST
	Bränsleegenskaper				
Anpassning för Hybrid drivlinor	Downsizing				
	Systemoptimering				SHC
	Emissionskontroll				KCK SHC CERC
	Motorarkitektur				SHC

Ingen forskning
Omfattande forskning
Världsklass

Figur 6

CERC's verksamhet för programperioden begränsar sig i huvudsak till de forskningsområden där centrumet redan har en omfattande verksamhet (vilka beskrivs i detta dokument).

3.2 Andra anknyttande satsningar

Anknyttande satsningar är FFI Energi och Miljö, Vinnova och Energimyndighetens program Energieffektiva fordon. Grundläggande forskning finansieras av Vetenskapsrådet och KAW.

Även EU, Horizon 2020 finansierar förbränningsmotorer, förnybara bränslen och hybridfordon.

4 Genomförande

4.1 Tidplan

Programperioden löper över 4 år med start 2018-01-01 och med slut 2021-12-31.

Inom programmet kommer årliga konferenser att anordnas, vanligtvis i slutet av maj tillsammans med möten med en ”International Advisory Board”. I slutet av programperioden kommer programmets framsteg och resultat sammanfattas i en syntes över området och programmet utvärderas av Energimyndigheten inför en eventuell fortsättning av programmet.

4.2 Budget och kostnadsplan

Budgetramen för programmet uppgår till 30 miljoner kronor per år, sammanlagt 120 miljoner kronor, varav Energimyndighetens andel utgör 10 miljoner kronor per år, sammanlagt 40 miljoner kronor. Chalmers och de deltagande industrierna deltar med såväl kontanta medel som med eget arbete (natura) och fördelningen framgår av tabell 1 nedan. Samfinansiering i annan form än kontanta medel ska bestå av faktiska och reviderbara kostnader.

Preliminär finansiell fördelning av medel, kkr

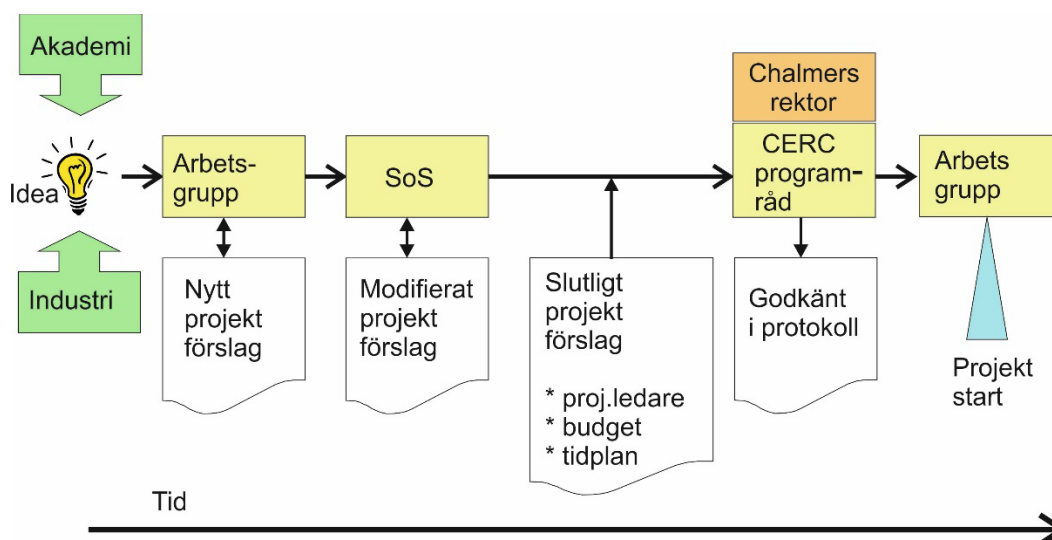
Partner	Kontant	Natura	Totalt
Energimyndigheten	40 000		40 000
Chalmers	6 000	34 000	40 000
Volvo PV	2 400	5 200	7 600
AB Volvo	3 200	3 600	6 800
Scania CV	3 200	3 600	6 800
Winterthur G&D		5 200	5 200
Delphi		2 000	2 000
Dantec Dynamics		2 000	2 000
Preem		1 200	1 200
Loge		1 200	1 200
Johnson Matthey		1 200	1 200
Converge		2 000	2 000
Ansys		2 000	2 000
Företag xx			1 000
Företag yy			1 000
Totalt	54 800	65 200	120 000

Tabell 1

Av de kontanta medlen, ca 13,7 miljoner kronor per år, avsätts något mindre än 10 % för administration av centret inkluderande lön till föreståndare, administratör, informationsaktiviteter, konferenser och utvärdering av programmet. Resterande 90 % av de kontanta medlen används av deltagande institutioner och avdelningar för pågående projekt.

4.3 Programspecifika anvisningar och hantering av ansökningar

Nya projektidéer kan komma från flera håll, men ska vara i överensstämmelse med CERC's Vision, syfte och mål samt denna programbeskrivning. Ny kunskap (som har sprungit upp från ett projekt eller beskrivits i nya publikationer) kan tydliggöra ett nytt och lovande område eller idé. Diskussioner i arbetsgrupper inom ett pågående projekt kan också ligga till grund för nya idéer. Även diskussioner mellan representanter från industrin, akademien, eller båda kan ge upphov till en projektidé. Under programperiodens gång är det viktigt att förändringar i omvärlden kan identifieras så att verksamheten styrs mot relevanta forskningsfrågor. Figur 9 nedan illustrerar principiellt processen från idé till projektstart.



Figur 9, Beslutsflöde

Förslag till forskningsprogram/projekt tas fram och bereds av programansvarig tillsammans med lämplig arbetsgrupp, som därefter förankrar dem i SoS-gruppen (SoS) inom "the Swedish Internal Combustion Engine Consortium", SICEC.

SICEC-samarbetet omfattar kompetenscentrumen CERC, CCGEx (vid KTH) och KCFP (vid Lunds universitet). Gruppen består av föreståndarna från alla tre centrumen, industrirepresentanterna från de tre svenska fordonstillverkarna, och ordföranden i SICEC samt Energimyndigheten. SoS gruppens uppgift är att värdera skisser och ansökningar utifrån programbeskrivningens omfattning. Projektförslagen föreläggs därefter programrådet för prioritering och rekommendation inför beslut.

Programrådet ska bedöma projektens relevans i förhållande till KCs övergripande mål, hur väl projektförslaget passar in i CERC's verksamhet, dess vetenskapliga kvalitet och om projektet ryms inom CERC's budgetramar. Formellt beslut om nya projekt fattas av rektor eller enligt delegationsordningen av den som rektor utser därtill. Det viktigaste kriteriet vid bedömning av ett projekt är dess överensstämmelse med programmets övergripande mål. Utöver detta bedöms:

- Projektets vetenskapliga kvalitet
- Projektets industriella förutsättningar och medverkan
- Vad är nytt med projektet, vad tillför projektet
- Energi- och näringslivsrelevans
- Miljörelevans
- Projektledarens och övrig personals bakgrund och meriter
- Erfarenheter av projektledarens tidigare genomförda projekt
- Samverkan (mellan aktörer och mellan olika forskningsdiscipliner)
- Internationell samverkan
- Förmåga att bedriva god forskningskommunikation
- Projektets kostnader.

4.4 Programråd

Programrådet utses av Chalmers rektor i samråd med Energimyndigheten och ska bestå av representanter med kompetens från förbränningsmotorområdet från deltagande industrier, högskolan och Energimyndigheten. Arbetsgrupper utses av programrådet och består av experter från deltagande industrier och högskolor. Vid sammansättning av programrådet gäller en genusbalans inom intervallet 40-60 procent.

4.5 Kommunikationsplan och resultatspridning

Syftet med rapportering och resultatspridning är att se till att forskningsresultaten sprids vidare till industrin där de kan utnyttjas vid utveckling och konstruktion av nya komponenter, system och drivlinor.

Nedan följer några av de aktiviteter och krav som ska underlätta denna spridning.

- Alla projekt har en arbetsgrupp där resultat redovisas och projektet följs upp (minst 3 gånger per år)
- Programrådet kommer att inbjuda de olika forskarna till årliga seminarier, där resultaten presenteras för industrideltagarna och andra intresserade.
- CERC's forskare och doktorander besöker årligen de svenska fordonstillverkarna.
- Projekten ska presenteras i de sammanhang där Energimyndigheten så begär.
- Projekten kommer att resultera i licentiat- och doktorsavhandlingar samt i vetenskapliga rapporter som publiceras i välrenommerade tidskrifter och konferenser.
- Vid såväl muntlig som skriftlig presentation, ska det framgå att projektet delvis finansieras av Energimyndigheten.
- Årlig lägesrapport (årsrapport) ska inlämnas som beskriver dels hur arbetet fortskrider och eventuella avvikelser från plan och dels de viktigaste uppnådda resultat i projektet.
- Programmets hemsida ska innehålla alla lägesrapporter och presentationer.
- En skriftlig slutrapport med sammanfattning på svenska och engelska inlämnas till Energimyndigheten. Slutrapporten ska vara populärvetenskapligt skriven.
- Ekonomisk slutredovisning

4.6 Syntes

Syntes av ett programs verksamhet är ett vidare begrepp än utvärdering. Utvärderingen kan vara en del av syntesen. I en utvärdering redovisas kvalitet i en specifik verksamhet i relation till uppsatta mål och till motsvarande verksamhet i omvärlden. I syntesen görs en sammanfattning och en tolkning av verksamhetens resultat med dess nytta, som också sätts in i ett större sammanhang. Programmet kommer varje år att granskas av ett "International scientific Advisory Board" (IAB) bestående av minst två internationella experter. Deras kommentarer och råd kommer att läggas till grund för en syntes som initieras av programrådet mot slutet av programperioden dvs. under hösten 2021. CERC's föreståndare ansvarar för genomförandet av syntesen.

4.7 Utvärdering

En utvärdering ska utföras under 2020/2021 för att utgöra underlag för inriktning och nivå för eventuella fortsatta satsningar. Utvärderingen görs med hjälp av underlag från aktuell programbeskrivning, projektbeslut, rapportunderlag, muntliga intervjuer och presentationer, studiebesök, publikationer etc. Utvärderingen initieras av Energimyndigheten efter samråd med programrådet.

5 Referenser

1. "Nordic Energy Technology Perspectives: Pathways to a Carbon Neutral Energy Future", an International Energy Agency Report (<http://www.iea.org/etp/nordic/>), (2013).
2. Handlingsplan för arbetsmiljö och jämlikhet 2016-2018 för studenter och anställda på Chalmers, Dnr: C 2016-0756, 2016
3. Gasoline Engines for Hybrid Powertrains — High Tech or Low Cost?, Whitepaper 01/2017, FEV, 2017
4. Fossilfrihet på väg, Statens Offentliga Utredningar, SOU 2013:84, 2013
5. 2050 Energy strategy, <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy>
6. Åtgärder för att minska transportsektorns utsläpp av växthusgaser - ett regeringsuppdrag, Trafikverket 2016:111
7. Commission Regulation (EU) 2016/427", Official Journal of the European Union, 31.3.2016, L 82, 1-98,
8. K Nakata, S Nogawa, D Takahashi, Y Yoshihara, A Kumagai, and T Suzuki, "Engine Technologies for Achieving 45% Thermal Efficiency of S.I. Engine", SAE 2015-01-1896, 2015
9. Jonas Wärnberg, "The efficient ethanol engine with cold start capability", Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Högskola, ISBN 978-91-7385-802-1, 2013.
10. <http://www.autoblog.com/2017/01/16/mazda-skyactiv-engines-hcci-2018/>, 2017

6 Ytterligare information

För ytterligare information, kontakta föreståndaren Ingemar Denbratt.

Telefon: 031-772 1393

E-post: denbratt@chalmers.se