

# TSRT10 - Testplan

Turbogruppen

Version 0.1

12 december 2016

## Status

Granskad	Viktor Dahlgren	22 september 2016
Godkänd	Namn	Datum

## Projektidentitet

Namn	Ansvar	Telefon	E-post (@student.liu.se)
Carl Vilhemsson	Testansvarig (TEST)	070 524 22 98	carvi272
Dennis Åberg Skender	Informationsansvarig (INFO)	076 19 11 013	denab150
Emil Ödmar	Kvalitetsansvarig (KVA)	070 7903614	emiod093
Ludvig Fri	Mjukvaruansvarig (MJUK)	073 024 20 81	ludfr752
Nils-Johan Strömbäck	Testansvarig 2 (TEST2)	073 845 10 42	johst586
Rasmus Tammia	Projektledare (PL)	070 296 26 11	rasta053
Viktor Dahlgren	Dokumentansvarig (DOK)	073 515 20 57	vikda812

**Gruppens E-post:** rasta053@student.liu.se  
**Hemsida:** -  
**Beställare:** Lars Eriksson, Fordonssystem, ISY, Linköpings Universitet  
**Kund:** Volvo Cars Corporation  
**Kontaktperson hos kund:** Fredrik Wemmert, Volvo Cars Corporation  
**Kursansvarig:** Daniel Axehill, Linköping University  
**Handledare:** Robin Holmbom



---

## Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
0.1	dag månad 2016	Första utkast	Alla	Alla

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Parter . . . . .	1
1.2	Bakgrundsinformation . . . . .	1
1.3	Definitioner . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Översikt av systemet</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Tester</b>	<b>2</b>
3.1	Översikt . . . . .	2
3.1.1	Modeller . . . . .	3
3.1.2	Regulatorer . . . . .	3
3.1.3	Observatörer . . . . .	3
3.1.4	Tester för genomförande av projekt . . . . .	3
3.2	Beskrivning . . . . .	4
3.2.1	Test 1-4 . . . . .	4
3.2.2	Test 5-6 . . . . .	4
3.2.3	Test 7 . . . . .	4
3.2.4	Test 8 . . . . .	4
3.2.5	Test 9 . . . . .	4
3.2.6	Test 10 . . . . .	5
3.2.7	Test 11-13 . . . . .	5
3.2.8	Test 14-16 . . . . .	5
3.2.9	Test 17-23 . . . . .	5
3.2.10	Krav för utförande av projekt . . . . .	6

## 1 Inledning

Detta dokument tar upp de tester som skall genomföras för att utveckla, undersöka och validera de modeller, regulatorer och observatörer som tas fram under projektets gång. Testerna ska bli mer överskådliga med detta dokument.

### 1.1 Parter

*Kund:* Volvo Cars Corporation, Fredrik Wemmert

*Beställare:* Fordonssystem, Lars Eriksson

*Kontaktperson hos beställare:* Lars Eriksson/Robin Holmbom

*Examinator:* Daniel Axehill

*Projektgrupp:* 7 teknologstudenter från Y- och M-programmet vid Linköpings universitet.

### 1.2 Bakgrundsinformation

På grund av höga prestandakrav och förbränning i luftöverskott är det vanligt med dubbla turbosystem på dieselmotorer. I dieselmotorer är momentet kopplat till andelen insprutat bränsle medan i bensenmotorer är det viktigare med ett konstant luft/bränsleförhållande och man matchar den insprutade bränslemängden till luftmängden. Dock är det troligt att utvecklingen för bensenmotorer kommer gå åt samma håll som dieselmotorer, då effektiviteten ökas i samband med dubbelturbo.

Downsizing är en viktig del för att kunna uppfylla både dagens och framtidens miljökrav på förbränningsmotorer, turboladdning används för att förse mindre motorer med tillräcklig mängd luft till förbränningen. Vikten, som är proportionerlig mot storleken, på turboaggregatet påverkar tiden det tar att spinna upp turbon, vilket är ett problem med turboladdning. Detta ger i sin tur upphov till turbolag, d.v.s. en tidsfördröjning i begärt moment. Turboaggregatets storlek påverkar även aggregatets arbetsområde. Större turboaggregat ger ett större luftflöde och mindre ger ett mindre flöde. Dock är aggregaten begränsade i arbetsområde, där för små flöden inte får turbinen att spinna upp och för stora leder till för höga hastigheter. För att minska turboladdningens negativa påverkan kan därför en kombination av ett stort och litet turboaggregat implementeras, vilket då kan öka arbetsområdet avsevärt.

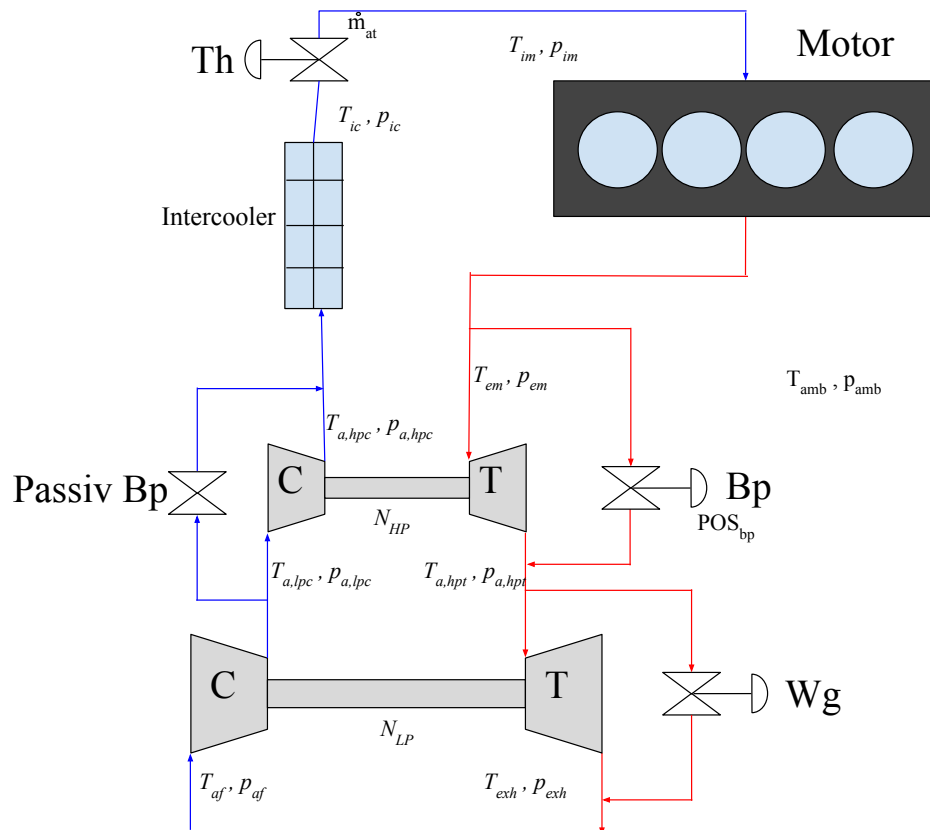
### 1.3 Definitioner

Testerna beskrivs enligt:

Test nummer	Krav som testas	Beskrivning av test.	Period för test

## 2 Översikt av systemet

Systemet som skall regleras utgörs av två stycken seriellt kopplade turboaggregat och en bensenmotor. De aktuatorer som finns tillgängliga för reglersystemet är en wastegate-ventil för stora turboaggregatet, en bypass-ventil för lilla turboaggregatet samt trotteln. Det finns även en passiv bypass-ventil som ej är styrbar. I Figur 1 visas en skiss över systemet där ventilerna, trotteln (Th), kompressorerna (C) samt turbinerna (T) är utmarkerade. Wastegate-ventilen är markerade med Wg och bypass-ventiler är markerade med Bp.



Figur 1: Systemöversikt, där strypningarna trotteln benämns med Th, bypass med Bp och wastegate med Wg. Kompressorer benämns C och turbiner med T.

### 3 Tester

Tester kommer utföras på VEA motorn i fordonslaboratoriet.

#### 3.1 Översikt

Ett tillfälle i motorlabbet bör genomföras för att samla in data för att kunna skapa avgastemperaturmodellerna. För att kunna samla in nödvändig data måste en viss manuell reglering vara möjlig och säkerhetssystem för att ej överhätta eller övervarva turboagregaten bör också finnas. Testerna där modellerna sedan ska valideras görs endast i MATLAB och SIMULINK mot given data. Nästa tillfälle i motorlabbet ska sedan regulatorn och observatörer implementeras och testas för att se hur de presterar utanför simuleringsmiljön.

### 3.1.1 Modeller

Test nr 1	Krav 9, 10, 15, 19	Validering av lilla kompressorns modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 2	Krav 9, 10, 16, 20	Validering av stora kompressorns modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 3	Krav 9, 10, 17, 23	Validering av lilla turbinens modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 4	Krav 9, 10, 18, 24	Validering av stora turbinens modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 5	Krav 9, 10	Validering av bypass-ventilens modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 6	Krav 9, 10	Validering av wastegate-ventilens modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 7	Krav 9, 10, 25, 29	Validering av avgasttemperaturens modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 8	Krav 9, 10, 26, 28	Validering av motormomentets modell mot motor i laboratoriet.	44
Test nr 9	Krav 9, 10, 21, 22	Validering av den passiva bypass-ventilens modell.	44
Test nr 10	Krav 9, 10, 27	Validering av modell för dubbelturbo.	47

### 3.1.2 Regulatorer

Test nr 11	Krav 12, 37, 38, 40, 41	Testa och mät regulatorprestandan för steg, ramper och med försök till oscillationer	47
Test nr 12	Krav 12, 37, 38, 40, 41	Utvärdera regulatorprestandan mot de ställda kraven.	47
Test nr 13	Krav 12, 37, 38, 40, 41	Jämföra prestandan för dubbelturbo mot enkelturbo.	47

### 3.1.3 Observatörer

Test nr 14	Krav 11, 30, 31, 32, 33, 34, 36	Testa och mät observatörsprestandan	47
Test nr 15	Krav 11, 30, 31, 32, 33, 34, 36	Validering av observatörer	47
Test nr 16	Krav 11, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	Undersöka reglerulatorprestanda för steg, ramper och med försök till oscillationer, med observatörer om sensoreruppsättningen konfigureras.	47

### 3.1.4 Tester för genomförande av projekt

Tester nedan är definierade för att krav angående projektets genomförande utförs enligt dessa.

Test nr 17	Krav 1	Projektledare rapporterar de bestämda rollerna till handledare	38
Test nr 18	Krav 2	Projektledare kontrollerar så att hemsida skapas så att den kan publiceras via ISYs server.	Löpande
Test nr 19	Krav 3	Projektledare kontrollerar så att film producerats.	löpande
Test nr 20	Krav 4	Projektledare kontrollerar så att presentation skapas och genomförs	löpande
Test nr 21	Krav 5	Projektledare tillhandahåller tidrapport till handledare och utvärderar att medlemmarna lägger den tid som krävs	Löpande
Test nr 22	Krav 7	Projektledare kontrollerar så att all data som inte får spridas, inte överförs till någon som inte har behörighet. Även att data raderas efter projektet levererats	51
Test nr 23	Krav 48-51	Projektledare kontrollerar så att alla relevanta dokument är sammanställda innan beslutspunkternas tidpunkt.	Löpande

## 3.2 Beskrivning

Då kompressor- och turbin-mappar tar mycket lång tid att skapa, kommer validering av Turbo och delmodeller göras mot modelleringsdata, alternativt även för ett fåtal arbetspunkter. Detta ger en tillräcklig bild av modellernas beteende för att de ska kunna användas i regleringen.

### 3.2.1 Test 1-4

Genom fullt öppen bypass/wastegate när den stora respektive lilla turbon valideras, skapas ett test där den ena komponenten kan valideras, med minimal inverkan av den andres dynamik.

### 3.2.2 Test 5-6

Då luftflödet genom de två aktuatorerna inte kan mätas direkt görs validering genom att jämföra: temperaturer, tryck och hastigheter runt turbinerna. Dessa storheter är proportionerliga mot massflödet ger därför ett stöd för att modellen stämmer.

### 3.2.3 Test 7

För avgastemperaturen körs motorn vid olika driftspunkter, sedan ställs wastegate och bypass enligt definierade vinklar. Residualen för temperatur och modell validerar modellen.

### 3.2.4 Test 8

Vid olika arbetspunkter mäts motormomentets statistiska beteende. Steg görs i belastning och varvtal för att validera modellerna.

### 3.2.5 Test 9

Då den passiva bypassens vinkel inte kan mätas, görs denna validering på ett liknande sätt som för bypass och wastegate över turbiner. Olika arbetspunkter för lilla och stora turbinen körs, där passiva bypassen bör öppnas. Detta med tryck, temperatur och hastighet för kompressorer ger data för validering. Även i detta fall inget direkt för massflöde, men bör stämma för flöde om det stämmer för de andra storheterna.



### 3.2.6 Test 10

Statiska och dynamiska förlopp körs för att sedan kunna jämföra med data insamlad för alla de fysiska sensorer som finns på motorn.

### 3.2.7 Test 11-13

Körcykelföljning och steg ger data för transienter och regulatorbeteenden. Dessa utvärderas enligt ställda krav för prestanda.

### 3.2.8 Test 14-16

För de observatörer som ”ersätter” fysiska sensorer på laborationsmotorn kan signalerna jämföras rakt av. För observatörer vilka bidrar med nya tillstånd får dessa jämföras på likande sätt som wastegate och bypassar, med validering genom andra storheter än de som ska observeras, men har en proportionerlig relation till den av intresse. Här är det noga att man inte validerar med storheter som används för att observera.

### 3.2.9 Test 17-23

Formalia kring att projektet utförs i enighet med projektmallen kontrolleras av person definierad i tabell. Detta kan antingen rapporteras till kund, beställare, handledare eller annan intressent, alternativt bara kontrolleras.

## Appendix

### 3.2.10 Krav för utförande av projekt

Krav nr 1	Original	Poster ska skapas till projektkonferens.	Prioritet 1
Krav nr 2	Original	Hemsida som beskriver projektet ska skapas.	Prioritet 1
Krav nr 3	Original	Projektet ska presenteras i en film på YOUTUBE med avdelningens logo.	Prioritet 1
Krav nr 4	Original	Muntlig presentation där projektets genomförande och resultat presenteras ska hållas.	Prioritet 1
Krav nr 5	Original	Projektgrupp ska vid varje veckoslut rapportera in tidsstatus till beställaren.	Prioritet 1
Krav nr 6	Original	Resultat för regulatorer och observatörer ska dokumenteras.	Prioritet 1
Krav nr 7	Original	Projektmedlemmarna har som krav om icke-spridning av modeller och modellbibliotek, samt kommunikationsgränssnitt för styrning av motorn.	Prioritet 1
Krav nr 8	Original	Utreda ifall stigtiden för laddtryckets stegsvar kan minskas genom att placera trotteln innan kompressorerna.	Prioritet 2
Krav nr 9	Original	Utöka nuvarande simuleringsmiljö med dubbelturbo.	Prioritet 1
Krav nr 10	Original	Validera simuleringsmiljön med mätningar i motorlabbet.	Prioritet 1
Krav nr 11	Original	Ta fram lämpliga observatörer samt utvärdera dessa för användning i regulatorn.	Prioritet 1
Krav nr 12	Original	Utvärdera framtagna regulatorer i simuleringsmiljö och motorlabb.	Prioritet 1
Krav nr 13	Original	Utvärdera olika turbin- och kompressorkonfigurationer i simuleringsmiljö.	Prioritet 3
Krav nr 14	Original	Utreda hur transientsvaret i laddtryck påverkas av det lilla turboaggregatet.	Prioritet 1
Krav nr 15	Original	Modell för lilla turbons kompressor ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 16	Original	Modell för stora turbons kompressor ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 17	Original	Modell för lilla turbons turbin ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 18	Original	Modell för stora turbons turbin ska tas fram med hjälp av Volvos turbomapp.	Prioritet 1
Krav nr 19	Original	Modell för den lilla turbons kompressor ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 20	Original	Modell för den stora turbons kompressor ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 21	Original	Modell för bypass-ventil av lilla kompressorn ska tas fram.	Prioritet 1
Krav nr 22	Original	Modell för bypass-ventil av lilla kompressorn ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 23	Original	Modell av lilla turbons turbin ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1

Krav nr 24	Original	Modell av stora turbons turbin ska implementeras i SIMULINK.	Prioritet 1
Krav nr 25	Original	En modell för avgastemperaturen ska tas fram.	Prioritet 1
Krav nr 26	Original	En modell för motormoment ska tas fram.	Prioritet 1
Krav nr 27	Original	Modell för dubbelturboaggregat ska valideras mot VEA med dubbelturbo i fordonslabbet.	Prioritet 1
Krav nr 28	Original	Momentmodellen ska valideras mot den av Volvo tillhandahållna VEA-motorn.	Prioritet 1
Krav nr 29	Original	Avgastemperaturmodell ska valideras mot den av Volvo tillhandahållna VEA-motorn.	Prioritet 1
Krav nr 30	Original	Lämpliga observatörer ska tas fram för regleringen av dubbelturbon.	Prioritet 1
Krav nr 31	Original	Observatörer ska implementeras i Simulink.	Prioritet 1
Krav nr 32	Original	Förbättringar av observering och reglering vid addition av fler sensorer ska utredas.	Prioritet 2
Krav nr 33	Original	Möjligheter och begränsningar för observering och reglering vid konfigurerad sensoruppsättning ska utredas.	Prioritet 2
Krav nr 34	Original	Möjligheter och begränsningar för observering och reglering vid minskad sensoruppsättning ska utredas.	Prioritet 2
Krav nr 35	Original	En minimal sensoruppsättning ska tas fram innehållandes de sensorer som är tillgängliga.	Prioritet 2
Krav nr 36	Original	Observatörerna ska valideras mot mätdata.	Prioritet 1
Krav nr 37	Original	Ett steg i önskat laddtryck får ha en maximal översläng på 10 kPa i verkligt laddtryck.	Prioritet 1
Krav nr 38	Original	Ett steg i laddtryck får ej leda till oscillationer i luftflöde och därmed moment från motorn.	Prioritet 1
Krav nr 39	Original	Regleringen ska vara robust mot variationer i omgivningstryck.	Prioritet 1
Krav nr 40	Original	Regleringen ska se till att maximalt turbo- samt motorvarvtal ej överskrider hos någon komponent.	Prioritet 1
Krav nr 41	Original	Regleringen ska se till att temperaturer i motor och turboaggregat ej överskrider angivna gränser.	Prioritet 1
Krav nr 42	Original	Valideringen ska genomföras mot de krav som ställs av Volvo.	Prioritet 1
Krav nr 43	Original	En prestandavinst jämfört med enkelturbo ska uppnås med avseende på moment vid låga varvtal.	Prioritet 1
Krav nr 44	Original	Koden för regulatorn ska vara välstrukturerad och kommenterad	Prioritet 1
Krav nr 45	Original	Varje projektmedlem ska avsätta en arbetstid på 240 timmar $\pm 10\%$ .	Prioritet 1
Krav nr 46	Original	Projektgruppen ska ha tillgång till motorlabbet i 80 timmar.	Prioritet 1
Krav nr 47	Original	Projektgruppen har 25 timmar handledningstid.	Prioritet 1
Krav nr 48	Original	Vid beslutspunkt 2 ska kravspecifikation, systemskiss, projektplan samt tidsplanering levereras.	Prioritet 1

Krav nr 49	Original	Vid beslutspunkt 3 ska designspecifikation samt testplan levereras.	Prioritet 1
Krav nr 50	Original	Vid beslutspunkt 5 ska mjukvara innehållandes regulatorer, modeller och observatörer levereras tillsammans med testprotokoll, användarhandledning och presentation.	Prioritet 1
Krav nr 51	Original	Vid beslutspunkt 6 ska efterstudie, teknisk dokumentation samt allt presentationsmaterial innehållandes poster, hemsida och projektfilm levereras.	Prioritet 1