

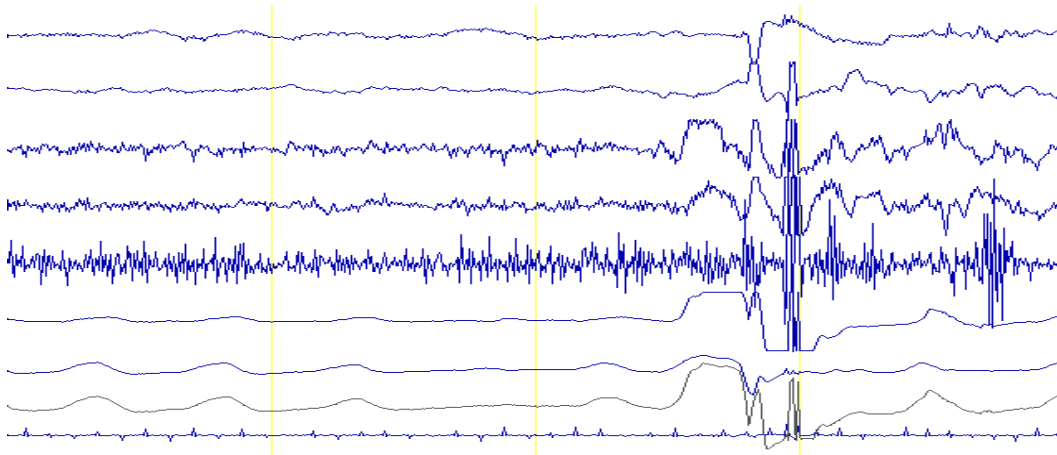


FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

2009-00132

Volvo Human Monitoring

- Publik rapport



Författare: Henrik Wiberg, Emma Nilsson, Per Lindén, Bo Svanberg, Leo Poom

Datum: 2012-07-09

Delprogram: Fordons- & trafiksäkerhet



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

Innehåll

1	Sammanfattning.....	3
2	Bakgrund	5
3	Syfte.....	8
3.1	Mätserie 1.....	8
3.2	Mätserie 2.....	8
3.3	Mätserie 3.....	9
4	Genomförande.....	9
4.1	Utrustning	9
4.2	Preparering av testförarna	12
4.3	Databehandling	12
4.4	Mätserie 1.....	14
4.5	Mätserie 2.....	17
4.6	Mätserie 3.....	18
5	Resultat	18
5.1	Mätserie 1.....	18
5.2	Mätserie 2.....	22
5.3	Mätserie 3.....	22
5.4	Bidrag till FFI-mål	23
6	Spridning och publicering.....	23
6.1	Kunskaps- och resultatspridning	23
6.2	Publikationer	24
7	Slutsatser och fortsatt forskning.....	24
8	Deltagande parter och kontaktpersoner	26
8.1	Kontaktpersoner	26
9	Referenser	27

1 Sammanfattning

Fokus riktas i det här projektet mot aktiv säkerhet under bilkörning, dvs att förhindra olyckor med hjälp av system som assisterar och varnar föraren i motsats till tidigare fokus på passiv säkerhet, vilket innebär att förare och passagerare skyddas på bästa möjliga sätt när en olycka väl händer. För att aktiva säkerhetssystem ska kunna utvecklas och vara effektiva krävs det kunskap kring människans kognitiva processer och dess begränsningar. I dagsläget finns ingen färdig metod eller produkt kommersiellt tillgänglig som kan avgöra bilförarens MB på ett tillförlitligt sätt. Därmed placeras detta projekt i den internationella kunskapsfronten och ger den svenska bilindustrin möjlighet att ta täten inom området.

Inom projektet har kunskaper från medicinska och psykologiska discipliner utnyttjats för att få fram metoder att mäta MB vid bilkörning. Olika trafikmiljöer och trafiksituationer har i detta projekt utnyttjats för att manipulera mental belastning. Framförallt utnyttjas att MB speglas av hjärnaktivitet samt av förändrad aktivitet i de sympatiska och parasympatiska nervsystemen som i sin tur påverkar kroppslig aktivitet. I körsituationer har vi mätt olika fysiologiska signaler (hjärtfrekvens, hudkonduktans, andning, ögonblinkningar, och hjärnaktivitet (EEG)), samt låtit förarna utföra självskattningar med avsikt att komma åt de signaler som bäst reflekterar bilförarens MB. Ett sätt att tillämpa dessa kunskaper inom bilsäkerhet är att ge bilförare information under körperioder då belastningen uppmätts som låg istället för att ge denna information då förarens mentala belastning är hög eller säkerhetssystem som aktivt ingriper vid överbelastning alternativt då föraren håller på att somna. Mätmetoderna kan även användas till utvärdering av olika säkerhetssystem avsedda att minska bilförarens mentala belastning i olika körsituationer. Det slutliga målet är att vidareutveckla, anpassa och implementera dessa mätmetoder inom fordonsindustrin.

Inom projektet utfördes olika mätserier där testförare i simulator eller vid verkliga körningar med bil riggades med mätutrustning före körningarna för insamling av fysiologiska data. I mätserie 1 (MS1) utfördes verkliga körningar på riktiga vägar för att maximera den ekologiska validiteten. Körningarna utfördes i stadstrafik (Göteborg) samt motorväg (Riksväg 40) i avsikt att variera förarnas MB och undersöka vilka variabler som bäst fångar MB i verkliga körsituationer. Nackdelen med verkliga körningar på trafikerade vägar är att man får en dålig kontroll över körsituationen.

Mätserie 2 (MS2) utfördes i simulator och syftade till att studera olika belastningsfall under kontrollerade former. Belastningsfallen som testades var belastning med en auditiv och kognitiv uppgift i form av quiz-frågor (lyssna och minnas) och en visuell och kognitiv belastning i form av självskattning av MB på en skärm vid bilens mittkonsol, vilket innebar att testförarna var tvungna att skifta blicken från vägen. Vidare utsattes testförarna för en situation där en simulerad vind påverkade bilen så att den driftade i sidled och testföraren tvingades styra tillbaka, samt en kritisk situation där testföraren blev omkörd av annan bil som efter omkörningen gjorde en kraftig

inbromsning ner till stillastående framför testföraren. Denna situation krävde kraftigt agerande. Syftet var att undersöka om olika typer av belastningsfall kan detekteras via fysiologiska mätningar.

Resultaten från MS1 visade att flera av de 9 fysiologiska variablerna som användes i studien på individnivå reliabelt kunde skilja högbelastande stadskörning från lågbelastande motorvägskörning. På gruppnivå, samt för vissa individer kunde dessutom högbelastande och lågbelastande avsnitt på stadsväg respektive motorväg särskiljas. Normering av mätdata krävdes för att få reliabla resultat. En del av de fysiologiska variablerna korrelerade med självskattningar vilket indikerar att det är testförarens upplevda belastning som ger utslag på dessa variabler. Faktoranalys utförda individuellt på varje förarens mätresultat tyder på att de olika variablerna selektivt mäter minst två faktorer. En hypotes är att de mäter belastning i det undre resp. övre registret dvs. monoton resp. överbelastning, eller olika belastningsfall. En alternativ hypotes är att de är relaterade till oberoende aktivitet i det sympatiska resp. det parasympatiska nervsystemet.

Data från MS2 analyserades med en multipel regression och CART analys innehållande 10 variabler. Resultaten visar att kraftiga belastningsfall som exempelvis inbromsning kan detekteras med stor säkerhet. Med sämre precision kan även andra belastningsfall detekteras. Dessa belastningstyper skiljer sig åt, inte bara som olika belastningsfall utan också i belastningsnivå. Kommande forskning avser undersöka om det går att med fysiologiska variabler detektera monoton, dvs. underbelastning, och överbelastning samt fortsätta arbetet med att särskilja olika belastningsfall.

Resultaten visar att det finns en potential att använda fysiologiska variabler för att utveckla aktiva säkerhetssystem som avläser förarens MB vid verkliga körsituationer.

2 Bakgrund

Säkerhetssystem för bilar kan delas in i tre huvudgrupper: Fordonsautomatik innebär exempelvis att fordonet bromsar automatiskt då sensorer känner av något hinder, förarautomatiska system innebär att föraren blir varnad med signal som ger upphov till reflexmässig respons, förarkognitiva system slutligen innebär att föraren får information som innebär att föraren behöver fatta ett aktivt beslut. Förarautomatiska system drivs av det man kallar bottom-up processer som via sensorisk retning utan kognitiv tolkning automatiskt och utan MB intuitivt leder till en handling. Förarkognitiva system kräver top-down processer där föraren belastas mentalt för att tolka signaler för att sedan kunna initiera en handling med vilje. Beroende på vilket tillstånd föraren har i en specifik situation kan någon av dessa tre grupper vara mer eller mindre lämpliga. Förarkognitiva är lämpliga om föraren behöver göra en aktiv och medveten handling för att komma i ett lämpligare tillstånd, t.ex. stanna och pausa vid trötthet, men det är oftast olämpligt att få omfattande kognitiva processer i en situation där en snabb och reflexmässig aktion är önskvärd, t.ex. bromsa för en framrusande älg.

En del i utvecklingen av aktiv säkerhet kräver sensorer som inte känns belastande att använda. Ford har utvecklat en bilsits som kan mäta HR och Toyota har rapporterat att de håller på att utveckla en ratt som mäter ECG (hjärtaktivitet). Neurosky, ett amerikanskt bolag som tillverkar EEG hårdvara har utvecklat sensorer som kan mäta hjärnaktivitet genom textilier och påstår sig ha intressenter inom bilbranschen som är intresserade att tillverka sensorer inbyggda i nackkudden. Kunskap om vilka variabler som är informativa måste finnas innan man på ett tillfredställande sätt ska kunna utnyttja sådana sensorer. Detta projekt är inriktat på denna typ av variabelkunskap.

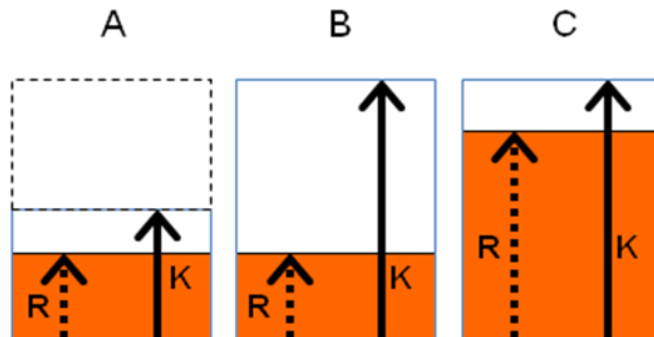
MB orsakas inte bara av utifrån kommande krav utan är också beroende av individuella egenskaper som vana vid uppgiften, trötthet, motivation, viljeansträngning, arousal¹, strategier som tillämpas, emotionella tillstånd, och personlighetsdrag. Detta betyder att den MB som en viss uppgift orsakar inte är densamma för alla individer eller vid olika tidpunkter för en viss individ. Frågan är hur man bäst avseende reliabilitet och validitet kan mäta situationsbetingad MB på individnivå hos bilförare.

Typen av uppgift ställer utifrån kommande krav på individen (task demands). Då dessa krav är höga relativt individens kapacitet kan misstag uppkomma. MB kan sägas beskriva kvoten mellan de resurser som används för att lösa uppgiften ifråga och individens tillgängliga resurser, eller kapacitet (K), för att handskas med uppgiften (vilket illustreras med boxmodellen i Figur 1). Kapaciteten varierar med graden av arousal. Monotoni och trötthet sänker arousal och därmed kapaciteten. De rekryterade resurserna som en individ använder för att lösa en uppgift kan ökas med viljeansträngning eller motivation (effort).

Mätmetoder för MB kan delas in i tre huvudgrupper, prestationsmätt, självrapporter och psykofysiologiska mätningar (De Waard, 1996). Det kan vara svårt att

¹ Den engelska termen arousal saknar en bra svensk motsvarighet men kan översättas till vigilians eller vaksamhet. I denna rapport kommer termen arousal att användas genomgående.

med självskattningar komma åt att mäta MB under själva körningen då saker kan hända under korta tidsintervall, dessutom kan självrapportering under mätningen i sig självt påverka bilförarens belastning. Prestationsmått kan vara opåverkade trots att den mentala belastningen ökar eftersom individer har en förmåga att med vilje rekrytera mer resurser vilket höjer belastningen utan att prestationen påverkas. Psykofysiologiska mätningar möjliggör mätningar under fältbetingelser, och påverkar inte föraren avsevärt under mätningens gång.



Figur 1. I denna modell är mental belastning (MB) kvoten mellan individens rekryterade resurser (R, pil med prickad linje) som kan ökas med viljeansträngning (effort) beroende på uppgiftens svårighet, och kapacitet (K, pil med heldragen linje) som kan ökas med individens arousal. Monotona uppgifter som inte ställer så stora krav kan leda till underbelastning vilket kan motverkas genom ökad arousal (A till B) vilket reducerar MB. Då kraven ökas kan kapaciteten nå sin maxgräns samtidigt som de resurser som måste mobiliseras med ansträngning också närmar sig denna nivå vilket leder till överbelastning (C).

Självrapport i form av RSME (Rating Scale Mental Effort, vilken användes vid MS2) innebär att testpersoner ritar ett streck på en 15 cm lång linje som är markerad vid regelbundna intervall från "inte alls krävande" till "mycket krävande". Poängsättningen mäts i millimeter från början av linjen till platsen där testpersonen satt sin markering. I MS1 och MS3 har en liknande metod använts där testförare markerar sin upplevda belastning på en linje som går från "inte krävande alls" till "extremt krävande".

Perifera fysiologiska mått på MB bygger på att olika perifera nervbanor i det omedvetet styrda autonoma nervsystemet (ANS) och det medvetet styrda somatiska nervsystemet aktiveras. ANS är vidare uppdelat i det parasympatiska nervsystemet (PNS) och sympatiska nervsystemet (SNS), där PNS upprätthåller kroppsfunktioner och SNS är ett varningssystem som slår till vid rädsla eller fara (fight-flight). PNS och SNS kan vara kopplade så att när det ena systemet aktiveras så deaktiveras det andra, båda aktiveras samtidigt, eller också kan de aktiveras och deaktiveras oberoende av varandra (Berntson et al., 1994). ANS aktivitet styr bl.a. hjärtfrekvens, svettning, och andningsfrekvens även om man också medvetet kan gripa in och reglera sin andning. Andra kroppsliga reaktioner som påverkas av ANS är spontan muskelaktivitet och ögonrörelser.

Hjärtats rytm påverkas av både PNS och SNS. Hjärtats kontraktion initieras av elektrisk aktivitet som kan mätas med EKG varifrån man kan mäta hjärtats frekvens och amplitud. Hjärtfrekvensen (HR) mäts i slag per minut. Hjärtfrekvens påverkas av både fysisk och mental belastning, rädsla, G-krafter, trötthet, mediciner, etc. vilket man bör tänka på när HR data analyseras och tolkas.

HRV (heart rate variability) är en vanlig variabel i psykofysiologiska studier rörande t ex stress och mental belastning. Ett frekvensspektrum beräknas över hjärtfrekvensen och energin i olika frekvensband tas fram. Lågfrekvensbandet, LF (oftast ca 0.04-0.15 Hz), anses enligt vissa vara ett mått på sympatisk aktivitet, medan andra anser det vara ett mått på både sympatisk och parasympatisk aktivitet. Högfrekvensbandet, HF (oftast ca 0.15-0.4 Hz), anses vara ett mått på parasympatisk aktivitet (Marek Malik, 1996). Man har i flertalet studier funnit att ökad mental belastning vid bilkörning leder till minskad aktivitet i LF-bandet, men även det omvända förhållandet har funnits (de Waard, 1996). HRV variabeln kräver relativt långa tidsintervall, 2-5 minuter rekommenderas ofta vilket kan vara problematiskt om realtidsmätningar eftersträvas.

Stress och ökad belastning av minnessystem leder till högre energiomsättning i kroppen och ökat behov av syresatt blod, vilket kan mätas via *andningsfrekvens* (mäts via elastiska band över bröstkorgen, RIP, Respiratorisk Induktans Pletysmografi). Likt hjärtfrekvens påverkas även andning av fysisk belastning, emotioner och varierar mellan individer.

Svettning styrd av ANS mäts med elektroder som mäter hudens elektriska ledningsförmåga (EDA, Electro-Dermal-Activity). Hudkonduktansnivån (SCL, Skin-Conductance-Level) är den relativt stabila basnivån medan hudkonduktansresponsen (SCR, Skin-Conductance-Response) anger förändringen i konduktans när en specifik händelse inträffar. Man bör tänka på att förutom mental belastning påverkas hudkonduktans av individens emotionella tillstånd, värme, ålder, kön, och tid på dygnet etc.

Blinkfrekvens (BF) minskar då MB ökar (Brookings et al., 1996) och anses mäta visuell belastning (Wilson, 1993). *Blink duration* är en sömnhetsindikator och ökar med sömnhetsgrad (ex. Caffier et al., 2003).

EEG används för att mäta *hjärnaktivitet* genom de elektriska fält som orsakas av denna aktivitet. EEG kopplad till varje ny skiftning av blickriktning (Eye fixation related potentials, EFRP) har använts för att mäta mental belastning vid multipla simultana uppgifter då EFRP signalens amplitud ökar med ökande mental belastning (Daimoto, et al., 2007). Samma signal minskar i amplitud vid trötthet (Takeda et al., 2001) men ökar med ökande koncentration då personen exempelvis spelar ett intressant datorspel (Yagi, et al., 1997). P100 komponenten är EFRP amplituden 100 ms efter en blickskiftning och tycks vara en effektiv indikator för visuell uppmärksamhet (Takeda et al., 2001) och har använts för att mäta uppmärksamhet hos bilförare (Itoh et al., 2006).

3 Syfte

Mätserie 1 (verklig körning) avser att undersöka hur de olika variablerna skiljer sig åt vid låg belastning från körning vid högre belastningsnivåer. MS2 (simulatorkörning) och MS3 (verklig körning, ännu ej analyserad) avser att undersöka hur de olika variablerna kan användas för att diskriminera olika belastningsfall. Syftet med MS4 var att producera ett system för objektiv mätning av förarens mentala status men denna mätserie ströks eftersom vi på detta stadium inte kom så långt i projektet att detta var aktuellt. Fyra delsyften kan urskiljas rörande kunskap, provmetodik, analysverktyg, och identifiering av lämpliga variabler/signaler:

Kunskap	Olika belastningsnivåer ² och belastningsfall ³ kan särskiljas.
Provmetodik	Från resultaten bör en mall så småningom kunna utformas över hur tester bör konstrueras så att intra- och inter-individuella variationer kan hanteras.
Analysverktyg	Utvecklandet av algoritmer som i insamlad mätdata kan skilja på olika belastningsnivåer och belastningsfall.
Signaler/variabler	Vi bör kunna identifiera och specificera 6-8 lämpliga variabler som betraktas som de mest lovande och mest tekniskt realiserbara för att mäta MB hos bilförare.

3.1 Mätserie 1

Mätserie 1 delades upp i två delar; MS1a som i huvudsak syftade till att studera inomindividsvarians vilket karakteriserades av att 4 av testförarna genomförde 9 på olika dagar upprepade körserier, och MS1b som genomfördes av 6 testförare med 3 upprepade körserier och tillsammans med MS1a i huvudsak syftade till att studera mellanindividsvarians. Syftet med dessa mätserier var att undersöka hur de fysiologiska variablerna skiljer sig vid körning vid låg belastning jämfört med körning vid högre belastningsnivåer.

3.2 Mätserie 2

Mätserie 2 utfördes i simulator och syftade till att studera 4 olika belastningsfall:

1. Quiz – Trafikmiljörelaterade upplästa quiz-frågor (auditiv och kognitiv belastning).

² Belastningsnivå = Summan av alla aktuella belastningsfall föraren utsätts för.

³ Belastningsfall = Faktorer som påverkar den mentala statusen, såsom typ av belastning (ex visuell eller kognitiv), informationsinhämtning från omgivningen, känslor, motivation, beslutsfattande, problemlösning, etc.

2. RSME – rating scale mental effort-frågor (visuell och kognitiv belastning).
3. Vind – Öväntad situation där en simulerad vind påverkar bilen så att den drifrar i sidled och testföraren tvingas styra tillbaka.
4. Omkörning – Kritisk och överraskande situation där testföraren blir omkörd av annan bil som gör en kraftig inbromsning ner till stillastående framför testföraren, vilket kräver kraftigt agerande.

Syftet var att undersöka om specifika belastningsfall kan detekteras, vilka specifika belastningsfall som påverkar vilka mätvariabler och hur denna påverkan ser ut.

3.3 Mätserie 3

Mätserie 3 syftade till att studera verkliga belastningsfall vid normal körning på allmän väg. Det finns insamlad mätdata för analys av mötessituationer på vintervägar av olika svårighetsgrad, benämnd MS3a. Data för ytterligare analyser i mätserie 3 finns (insamlad i och med MS1) men analys är ännu inte gjord.

4 Genomförande

4.1 Utrustning

Mätuppdraget att mäta MB under bilkörning kräver att man kombinerar ett antal olika mätdiscipliner: mätning av fysiologiska signaler hos testföraren, omvärldsmätning med hjälp av kameror samt mätning av fordonets momentana tillstånd.

Lyckligtvis för VHM-projektet hade två FOT-projekt (Field Operational Tests) redan startats på VCC vid tidpunkten för VHM-projektets start. Namnen på de två FOT-projekten är SeMiFOT (Sweden-Michigan Naturalistic Field Operational Test) och EuroFOT (European Large-Scale Field Operational Tests on In-Vehicle Systems). Inom ramen för dessa FOT-projekt hade mätsystem som samlar in data från bil och omgivning redan utvecklats. Dessa FOT-mätsystem har använts i VHM-projektet vid alla tester i bil.

För att få ett mätsystem som skulle kunna lösa projektets mätuppdrag införskaffades ett mätsystem för insamling av fysiologiska signaler som kompletterade de befintliga FOT-mätsystemen.

Detta innebar att projektet hade tillgång till ett mätsystem baserat på olika mätenheter som tillsammans kunde lösa hela mätuppdraget. Ett mätsystem som är uppbyggt av olika enheter ger ett flexibelt system som kan utökas beroende på de krav som ställs på mätsystemet. Det är också möjligt att i olika mätsituationer bara använda de system som är nödvändiga. Detta har utnyttjats i projektet vid de olika mätserierna med avseende på biltester och simulatortester.

Vid valet av en mätutrustning som är uppbyggt av ett antal olika delsystem tillkommer dock problemet med att tidssynka alla data till en gemensam referenstid.

4.1.1 Mätssystem monterat i bil

En och samma bil har använts vid testkörningar på allmän väg, en Volvo XC70. Bilen har varit utrustad med: kameror för insamling av omgivningsvyer och förarvy; ett två-kamera eye-tracker system för insamling av förarens ögon- och huvudrörelser; en extern GPS; en extern 3-axlig accelerometer samt en logger för insamling av data från bilens CAN nät. Loggern har använts för att samla in och spara data från alla ovan uppräknade system.

Den första versionen av logger (SeMiFOT logger) har använts i MS3a och det visade sig att den loggern gav en låg datatillgänglighet. Datamängden från många av testerna var inte kompletta och någon specifik anledning till den låga datatillgängligheten hittades inte. En mer detaljerad beskrivning av SeMiFOT loggern och de mätsystem som används i SeMiFOT projektet finns i Bärgman et al 2010.

Inför MS1 testerna 2010 monterades ytterligare en SeMiFOT logger in i bilen och loggningen av data från de olika systemen delades upp på de två loggarna. På så sätt minskades belastningen på varje enskild logger samtidigt som videodata från bilens kameror kunde sparas på två ställen. Denna åtgärd förbättrade datatillgängligheten något men inte till en acceptabel nivå.

Inför MS1 testerna 2011 byttes SeMiFOT loggarna ut mot en annan typ av logger (EuroFOT logger) vilket förbättrade datatillgängligheten väsentligt för alla system förutom eye-tracker systemet. För en mer detaljerad beskrivning av EuroFOT loggern och tillhörande mätsystem refereras till Selphi et al 2011.

4.1.2 HMI Simulator vid VCC

Mätserie MS2 utfördes i bilsimulatorens i VCCs HMI lab. Detta är en simulator som levererats från företaget AutoSim AS (Tromsø, Norge), se Figur 2. Det är en simulator med 180 graders synfält och en fast placerad förarmiljö. I simulatorens finns även ett 3-kamera eye-tracker system installerat.



Figur 2. Bild från simulator i VCCs HMI lab

Simulatorn tillhandahåller i stort sett motsvarande uppsättning av data som projektets bil-logger. Dock saknas videodata på omgivnings- och förarvyer samt accelerometerdata.

4.1.3 Fysiologisk mätutrustning

Som mätenhet för de fysiologiska mätningarna användes en GraeL enhet från Compumedics Limited, Australien. Det är en enhet som kan mäta olika typer av fysiologiska signaler. GraeL-enheten är en mobil enhet som har använts både i biltesterna och i simulatortesterna. Till enheten har ett specialbyggt kablage anpassats för VHM mätningar, vilket har underlättat vid preparering av testförarna innan körning.

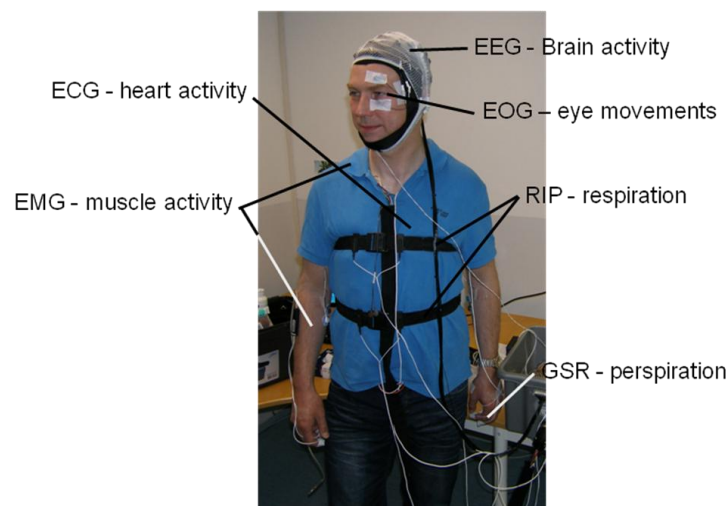
Under MS1a och MS3a testerna har även en Nexus-4 enhet från Mind Media BV, Holland använts för att mäta EDA. NeXus-4 är också en mätenhet som samlar in data från upp till 3 sensorer och vid tidpunkten för MS1a och MS3a hade projektet endast möjlighet att mäta EDA med denna enhet. Inför MS1b byttes NeXus-4 enheten ut mot en EDA-sensor (g.GSRSensor från Guger Technologies OG, Österrike) som kopplades direkt till GraeL-enheten.

GraeL och NeXus-4 enheterna har kopplats till en mätdator vilken har stått för insamlingen av data. För att få en grov tidssynk mellan mätdator och bilens loggar har NTP protokollet använts.

4.2 Preparering av testförarna

Före körningarna har elektroder och sensorer applicerats på testförarna för att under körningens gång kunna mäta fysiologiska data. Elektroderna och sensorerna anslöts sedan till den fysiologiska mätutrustningen (Grael enheten). Samtliga mätningar var icke-invasiva, dvs. inga sensorer genomtränger huden. De mätsignaler som samlades in var hjärtfrekvens (EKG), hudkonduktans (EDA) via mätning av hudens ledningsförmåga i fingrar, andning (RIP) genom bröstorgans utvidgning, muskelaktivitet (EMG) i underarm, käke, axel och bröstorg, hjärnaktivitet (EEG) och blodflöde genom ljussensor på ett finger. Dessutom registreras ögonrörelser via EOG.

Figur 3 visar hur en testförare som är preparerad för körning ser ut.



Figur 3. Mätutrustningen riggad på en av projektmedlemarna.

4.3 Databehandling

Databehandlingen har delats upp i ett antal delsteg: insamling, pre-processing, signalbehandling, beräkningar av fysiologiska variabler och analys. Förutom insamlingen av data och en del av analysarbetet har databehandlingen implementerats i verktyget MATLAB (The MathWorks Inc., USA). En översiktlig bild på hur databehandlingsprocessen är uppbyggd visas i Figur 4.



Figur 4. Modell av projektets databehandlingsprocess.

I följande avsnitt ges en beskrivning av vad som händer i varje delsteg i processen och vilka resultat varje delsteg ger.

4.3.1 Insamling av data

I detta delsteg är det mätutrustningen som producerar ett antal rådata-filer. Eftersom mätutrustningen har förändrats under projektets gång, har också formaten och antalet rådata-filer förändrats mellan testserierna.

4.3.2 Pre-processing av data

I pre-processingen extraheras signaler från rådatafilerna, signalerna tidssynkas och sparas i ett format som är lätt läsbart av MATLAB.

Utgångspunkten för pre-processingen har varit de rådatafiler som varje mätsystem har producerat. Detta har för projektet inneburit att pre-processingen har anpassats till varje ändring i mätutrustningen. Kortfattat beskrivet innebär det att projektet har fyra olika varianter av pre-processing: MS3a (med en SeMiFOT logger, GraeL och NeXus-4), MS1 2010 (med två SeMiFOT loggar, GraeL och NeXus-4), MS1 2011 (EuroFOT logger, GraeL med g.GRSensor) och MS2 (VCC Simulator, GraeL med g.GRSensor).

Vid de tester där EuroFOT loggern har använts har EuroFOT-projektets procedur för pre-processing av dessa rådata utnyttjats.

Olika varianter av tidssynkning har använts under projektets gång. Den princip som huvudsakligen har använts är att använda samma fysiska signal som samlas in i olika mätsystem, t. ex. accelerometerdata samlas in från den externa accelerometern men också från en fast monterad accelerometer i bilen, ögonrörelser samlas dels in i eye-tracker systemet men också via EOG.

Vid tidssynkning mellan GraeL och NeXus-4 enheterna användes EKG signalen eftersom båda systemen samlade in den signalen.

För videodata har en manuell synkningsmetod använts där man synkar ratt rörelser från video-data och bil-data.

4.3.3 Signalbehandling

I detta delsteg behandlades de extraherade signalerna individuellt utifrån de krav som ställdes för vidare analys.

Uppmätta fysiologiska signaler innehåller artefakter i varierande utsträckning, dessa artefakter reducerades manuellt eller automatiskt i detta delsteg. På ett antal signaler applicerades även viss filtrering och/eller omsampling.

4.3.4 Beräkning av fysiologiska variabler

Utgående från de behandlade signalerna beräknades en mängd fysiologiska variabler i detta delsteg.

Mycket arbete har lagts på att söka fysiologiska variabler som innehåller signifikant information och som kan användas för att skatta MB. Många av de variabler som tagits fram har förkastats vid vidare analys. Dock har ett urval av variabler visat sig vara kandidater för att skatta MB vid bilkörning, de är: normerad HR, normerad

andtagsduration, normerad EDA, SCR, P100 amplitud, normerad blinkfrekvens, normerad blinkduration och HRV.

4.3.5 *Analys*

I detta delsteg har statistiska analyser av de beräknade fysiologiska variablerna gjorts.

Ett antal statistiska metoder, CART, MLRA, faktoranalys etc, har använts vid analyserna och de programvaror som använts i analysarbetet är MATLAB, SIMCA 13.0 (Umetrics) och STATISTICA (StatSoft).

4.4 Mätserie 1

4.4.1 *Testförare*

För att öka möjligheterna att uppnå önskade mentala belastningsnivåer rekryterades testförare som var vana och bekväma vid körning på motorväg samt hade begränsad erfarenhet av att köra i centrala Göteborg. De skulle också uppleva att körning i Göteborg kräver någon form av ökad ansträngning. Dessutom kontrollerades för att de inte nyligen gått igenom någonting livsomvälvande, såsom dödsfall av nära familjemedlem. Rekryteringen av testförare gjordes i två omgångar. Den första med start hösten 2009 och den andra med start hösten 2010. Totalt 10 testförare medverkade i studien, en av dessa ströks senare helt ur studien.

Följande krav på körerfarenhet ställdes (gäller även MS2): Kört minst 500 mil senaste året, haft körkort för bil i minst 3 år, aldrig arbetat som yrkesförare, samt aldrig varit aktiv utövare av motorsport. För att minska fysiologisk spridning mellan individer sattes följande krav på testförarna (gäller även MS2): Ålder 30-50 år; BMI 19-27; längd 155-195 cm; kaukasisk; inte gravid eller ammande; fysiskt och psykiskt frisk och fri från mediciner; ingen belastande sjukdomshistoria; varken utpräglad morgon- eller kvällsmänniska; måttliga koffeivanor (max 5 koppar/dag); vana att motionera, mer än aldrig och max 5 dagar/vecka; inga sömnsvårigheter; inte rökare eller snusare.

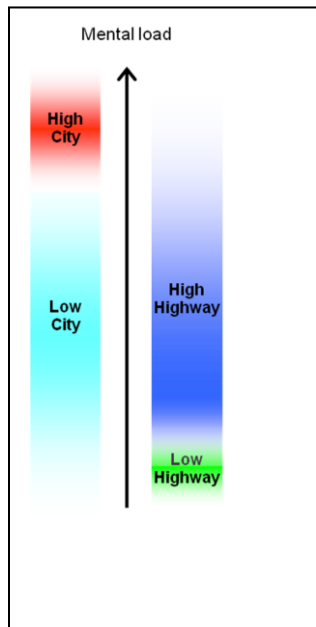
För att minska den fysiologiska variationen inom individer sattes följande regler upp som alla testförare var ombudade att följa inför varje testtillfälle: Ingen koffeinkonsumtion 6 h innan körning; inte vaccinera sig senaste veckan; inte lämna blod de senaste 2 veckorna; inte lämna plasma de senaste 2 dygnen; inte röka/snusa/använda nikotinpreparat på 5 dygn; inte äta kryddstark mat samma dag; inte genomföra några träningspass samma dag; inga tandläkarbesök senaste 5 dagarna; ingen alkoholkonsumtion senaste dygnet och inte inta mer än 2(kvinna)/3(man) standardglas senaste 2 dygnen; samt sova ordentligt senaste 3 nätterna.

Totalt deltog 5 kvinnor och 4 män i MS1.

4.4.2 *Procedur*

Mätserie 1 bestod som redan nämnts av två delar; MS1a, i vilken 4 testförare deltog vid 9 tillfällena vardera, samt MS1b i vilken 6 testförare deltog vid 3 tillfällena vardera. En av testförarna i MS1a ströks ur studien pga. att personen inte följt givna anvisningar. 3 testförare i MS1a deltog under 2010, resterande personer deltog under 2011. Däremellan byttes hela mätsystemet i bilen ut pga. stora problem med databortfall under körningarna. Även mätutrustningen för EDA byttes för att inkluderas i den övriga fysiologiska mätutrustningen. Sammanlagt genomfördes 53 testkörningar, varav 41 kunde användas i analysen. Hälften av testtillfällena utfördes på förmiddagar (07:00-14:30) och hälften på eftermiddagar (12:00-19:00). Alla körningar innehöll körning i stadstrafik, på motorväg samt på landsväg och varade i nästan 3 h. Hälften av körningarna inleddes med stadstrafikkörning, andra hälften avslutades med densamma. Testföraren var ensam i bilen under hela körningen och var ombedd att följa ett antal regler, däribland att hålla ljudanläggning och aktiva säkerhetsfunktioner avstängda och att följa hastighetsbegränsningar.

Varje testkörning inleddes och avslutades med 5 minuters vila för testföraren, under vilken hen satt stilla i bilen, parkerad i ett parkeringsgarage, och slappnade av med slutna ögon i 5 minuter.



Figur 5. Jämförelse av den mentala belastning för de olika klasserna.

Efter varje testkörning genomfördes en intervju med testföraren, i vilken hen mha video och karta beskrev sin körning och sina körupplevelser i fria ord, samt skattade sin upplevda mentala belastning under körningens samtliga delar på en skala. I kombination med video av föraren och miljön runt bilen, GPS-information och bilsignaler användes intervjudatan av 3-4 testledare för extrahering av segment i fyra segmentklasser;

1. Motorvägskörning med låg mental belastning (Low Highway).
2. Motorvägskörning med högre mental belastning jämfört med Low Highway (High Highway),
3. Stadstrafikkörning med hög mental belastning (High City).
4. Stadstrafikkörning med lägre mental belastning jämfört med High City (Low City).

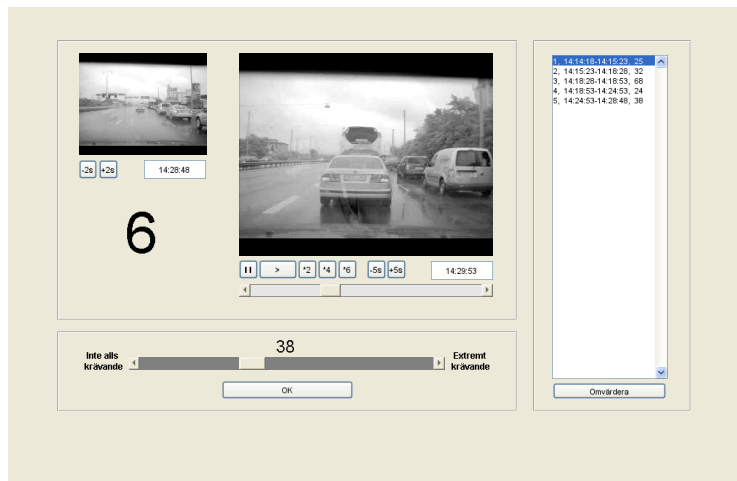
För att besvara frågeställningen i MS1 analyserades skillnaderna mellan Low Highway och HighCity. Överlappningen i mental belastning mellan dessa är med stor säkerhet obefintlig vilket illustreras i Figur 5. För att ytterligare undersöka känsligheten i de fysiologiska variablerna studeras även skillnaderna mellan de båda Highway betingelserna och skillnaderna mellan de båda

City betingelserna, samt skillnader mellan City och Highway (detta resultat utgör grunden för ett manus som ska skickas in för eventuell publicering i vetenskaplig internationell tidsskrift).

En faktoranalys genomfördes även utifrån testförarens självskattningar av sin egen mentala belastning samt de olika fysiologiska variablerna. Faktoranalysen ger besked om de olika variablerna tycks mäta samma eller olika underliggande faktorer. Algoritmer är under utveckling som kan särskilja normal/låg mental belastning från högre mental belastning från de olika fysiologiska signaler som registrerades under mätserien.

4.4.3 Segmentextraktion: intervju och självskattning

Under intervjun delade testföraren upp körningen i segment. Testföraren beskrev varje segment i fria ord och markerade på en kontinuerlig skala, utan skalmarkeringar, hur krävande hen upplevt situationen. Skalan gick från *Inte något krävande alls* till *Extremt krävande*. Testföraren instruerades att föreställa sig att hen fört ett telefonsamtal samtidigt som hen körde. En situation där det vore lika lätt att tala i telefon som om hen suttit vid ett skrivbord skulle motsvara *Inte något krävande alls*, medan det vid *Extremt krävande* inte vore möjligt för hen att tala alls samtidigt med bilkörningen (videodisplysen ses i Figur 6).



Figur 6. Momentanbild av videon testförarna hade framför sig då de delade in körningen i segment som ansågs likartade och gav varje segment ett värde på krävande-skalan.

Testförarnas svar på intervjufrågorna analyserades av 3-4 testledare och körsträckan skattades utifrån svaren och videon som hög resp lågbelastande alternativt lämnades oskattad. Bara segment som skattades som hög resp låg från både intervju, video av testförarens beteende och körmiljö samt bilvariabler klassades som hög resp lågbelastande (benämnda segmentklasser). Antalet sträckor som slutligen gavs klasserna hög resp låg belastning varierade mellan testkörningar (medel 18.1 segment/körning, std 6.5 segment/körning). Segmenten skattades utifrån hur mentalt belastande de tycktes vara för testföraren i relation till resten av körningen och med hänsyn tagen till miljön. Därför kan körsegment som bedömts orsaka hög mental belastning på motorväg inte jämföras med högt belastande segment i stadstrafik.

Förutom att klasserna Low Highway och High City ligger klart separerade i mental belastning (Figur 5) är de också pga. kraven på miljö och trafiksituation också

tidsmässigt separerade. Körningarna skiljer sig också åt rent fysiskt mellan klasserna, körning i stadstrafik kräver mer rörelser i form av rattande och huvudvridningar medan körning på motorväg i regel innehåller färre rörelser och av andra orsaker, såsom att klia sig eller rätta till sig i sätet.

4.5 Mätserie 2

Mätserie 2 var ett samprov med en studie inom Efesos (ett annat FFI-projekt). Efesos-studiens syfte var att undersöka hur ett quiz med trafikmiljörelaterade frågor kan påverka vigilansnivå och reaktionstid vid enkel monoton körning.

4.5.1 Testförare

Kraven på testförarna i MS2 var desamma som ställdes på förarna i MS1 rörande körerfarenhet och fysiologisk spridning. Totalt deltog 41 testförare i studien (19 kvinnor och 21 män), varav 29 (13 kvinnor och 16 män) kunde användas i analysen efter databortfall och tekniska problem i simulatorm.

4.5.2 Procedur

Mätserie 2 kördes i Volvos körsimulator, en simulator med fast bas (fixed base) och 180 graders förarvy av omgivningen. Bilen har dessutom displayer för de inre och yttre backspeglarna och en 10 tums pekskärm för självskattning (RSME) och för att svara på frågor om trafikmiljön.

Körningen gjordes på en dubbelriktad landsväg med två filer i varje riktning avdelade med mitträcke. Trafikintensiteten var låg. Vägsträckningen som bestod av svaga kurvor och däremellan rakor, 4 avfarter/påfarter, en bensinstation och vägs skyltar, var gjord för att vara lågbelastande och tråkig.

Under körningen i simulatorm mättes fysiologiska signaler, ögonrörelser med eyetrackerutrustning och beteendevariabler på körningen. Testförarna körde först 10 minuter för att känna på simulatorm som träning och sedan ca 30 minuter körning under provet. Under körningen tillfördes några händelser (belastningsfall) av olika karaktär: Alla testförare tillfrågades två gånger om sin subjektiva uppfattning om sin belastning (möda); hälften av testförarna fick 10 frågor om trafikmiljön fördelat under hela körningen; alla testförare utsattes för en stark sidvind vid ett tillfälle; alla testförare utsattes dessutom för en händelse där en bil körde om och bromsade in kraftigt. Testförarna var omedvetna om att händelserna med sidvind och den bromsade bilen skulle inträffa, de kände till frågorna om belastning och att de skulle svara på trafikmiljöfrågor.

4.6 Mätserie 3

Mätserie 3a, som ännu inte hunnit analyserats, ingick som en del av en pilotstudie inför MS1 och utfördes därmed på samma sätt som MS1 fast vid vinterväglag. Testkörningarna bestod av körning i stadstrafik, på motorväg och på landsväg och efterföljdes av intervju. Enbart körningarna på landsväg ingår i MS3a.

4.6.1 Testförare

Kraven på testförarna i MS3a var desamma som ställdes på förarna i MS1. Totalt deltog 9 testförare i studien (2 kvinnor och 7 män).

4.6.2 Procedur

Testkörningarna kördes vid vinterväglag på landsvägar av olika storlek. Vägarna var snötäckta med uppkörda hjulspår. De mindre landsvägarna var så pass smala och lite trafikerade att de enbart hade totalt tre hjulspår. Vid möte krävdes därmed att bilarna tvingades lämna de uppkörda spåren. Antagandet är att dessa mötessituationer ökar den visuella, sensoriska och motoriska belastningen. Ytterligare fler analyser av "MS3-karaktär" är planerade att utföras utifrån data insamlad i MS1.

5 Resultat

5.1 Mätserie 1

Teknikproblem i det ursprungliga mätsystemet orsakade databortfall och i analysen av MS1a användes data (mer eller mindre komplett) från 23 körningar (testförare 1: 6 körningar, testförare 2: 8 körningar, testförare 3 (utförd 2011): 9 körningar). Alla körningar från MS1b är inkluderade i analysen.

På grund av tidsbrist har signalerna för testförare 1 och 2 inte tidssynkats fullständigt. En feluppskattning har gjorts som visar att tidsfelet har en marginell effekt på resultaten.

De fysiologiska variabler som studerats kräver normalisering pga. stor spridning både inom och mellan individer. Flera normaliseringsmetoder har testats i projektet och metoder med rimliga resultat för de mätserier som utförts hittills har tagits fram. Arbetet med att finna normaliseringsmetoder som fungerar i fler situationer fortgår. Den normaliseringssekvation som använts vid analyserna presenterade nedan är

$$Par_{norm} = \frac{Par - Par_{pLow}}{Par_{pHigh} - Par_{pLow}} \quad (1)$$

där Par är den onormerade variabeln, Par_{pLow} är ett lågt percentilvärde på variabeln, t ex 10 percentilen på variabeln, och Par_{pHigh} är ett högt percentilvärde på variabeln, t ex 90

percentilen på variabeln. Percentilerna är beräknade över hela körningarna (inkluderar ej viloperioderna).

Segment som klassats som någon av de fyra segmentsklasserna delades upp i 30 sekunders segment. Kortare segment samt slutet på segment som inte gick att dela upp i hela 30 sekunders segment uteslöts ur analysen. Värden (t ex medelvärden) beräknade över längre segment leder till stabilare mätvärden med högre sensitivitet och specificitet. Samtidigt minskar antalet segment i analysen drastiskt då segmentlängden ökas. 30 sekunders segment valdes då de sågs som den bästa kompromissen.

För varje variabel beräknas t ex ett medelvärde per segment. Jämförelser mellan värdena tillhörande de olika segmentsklasserna görs sedan på tre nivåer;

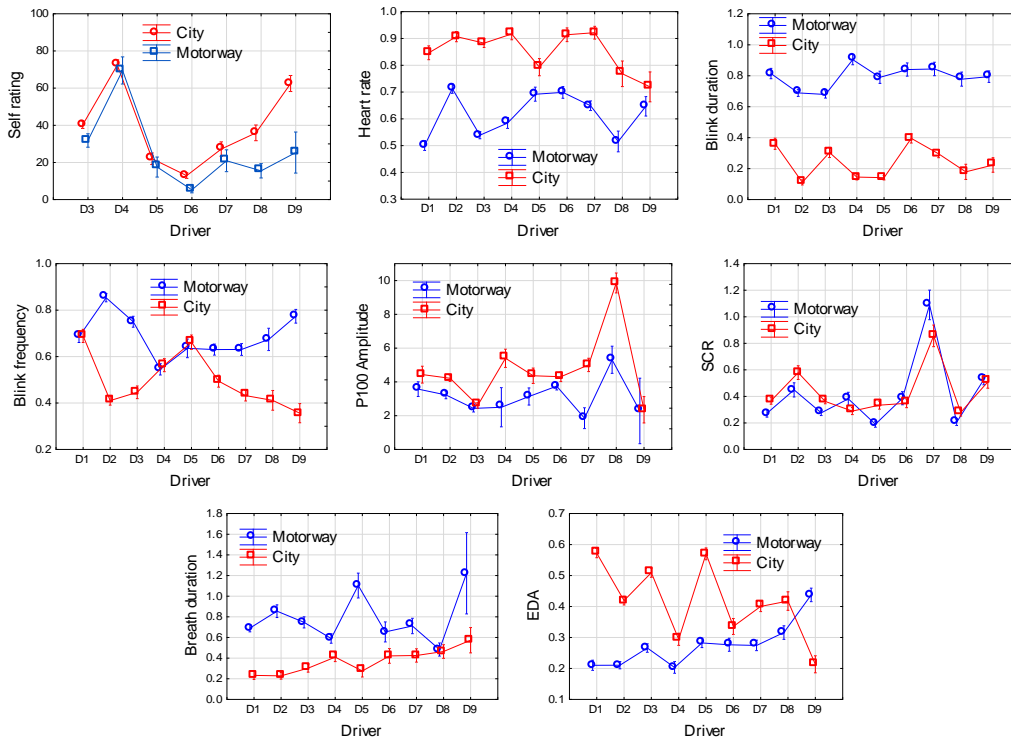
1. Inom varje körning.
2. Inom varje individ.
3. Inom hela gruppen, där varje individ bidrar med tre körningar. Testförarna från MS1a bidrar med sina tre första körningar som innehåller flest mätsignaler och data från flest segmentsklasser.

Jämförelser inom körningar görs på beskrivande nivå eftersom antalet mätvärden är lågt. På individ- och gruppnivå görs statistiska jämförelser mellan segmentsklasserna med oparade t-tester.

De variabler som beräknades var hjärtfrekvens (medelvärde och 98 percentilvärde), andetagsduration (medianvärde), EDA (medelvärde och 2 percentilvärde), SCR (98 percentilvärde), P100 amplitud, blinkfrekvens (medelvärde) samt blinkduration (medelvärde).

5.1.1 Motorväg respektive Stadskörning

I figur 7 visas de olika variablerna separat över motorväg respektive stadstrafik för varje testförare (D1-D9). Endast i undantagsfall kan vissa variabler för vissa testförare inte skilja dessa körningar åt. Förutom för självskattningar har för varje 30 sekunders segment av körningarna ett variabelvärde samlats in. Man kan anta att motorvägskörning resulterar i lägre mental belastning än stadskörning vilket får stöd av självskattningarna där testförarna själva efter körningen delade upp sina körningar i segment som bedömdes vara lika belastande. Motorvägskörningarna gav oftast få och långa segment med låg belastning, där kortare händelser i trafiken (exempelvis oväntade situationer) gav momentant höga skattningar. Därför är medelvärden av självskattningarna vid motorvägskörning förmodligen överdrivet höga eftersom självskattningarna inte har viktats med avseende på de olika segmentens duration.



Figur 7. Självsfattningar, de fysiologiska variablerna, och hjärnaktivitet (P100 amplitud) för varje testförare (D1-D9) uppdelat på stads och motorvägskörning. Självsfattningar utförda på D1-D2 var av annat format och har ej tagits med här. Spridningsmättet anger konfidensintervall på 95 %.

5.1.2 Låg respektive Högklassade segment

Störst skillnader mellan klasserna fanns, som väntat, i High City och Low Highway. Samtliga variabler hade på gruppnivå signifikanta skillnader mellan dessa klasser. Skillnaderna mellan klasserna var mindre, men fortfarande signifikanta, för High Highway och Low Highway, undantaget EDA (medelvärde och 2 percentilvärde) och SCR (98 percentilvärde) som inte hade några signifikanta skillnader mellan klasserna. För High City och Low City var blinkduration (medelvärde) den enda variabel som inte hade signifikant skillnad mellan klasserna på gruppnivå. Hjärtfrekvens och blinkduration var de mest stabila variablerna att separera High City och Low Highway på individ- och körningsnivå. För att separera High Highway och Low Highway var blinkduration (medelvärde) den bästa variabeln. Även P100 amplitud presterade bra på individnivå, men sämre på körningsnivå. Orsaken kan vara instabilitet i P100 amplitud vid lågt antal ögonrörelser. Bäst på att separera High City och Low City var hjärtfrekvens (medelvärde och 98 percentilvärde). Även andtagsduration (medianvärde) visade en stabil trend.

Multivariata modeller för klassificering av segmentsklasserna gjordes med multipel logistisk regressionsanalys (MLRA), klassificerings- och regressionsträd (CART) samt partiell minsta kvadrat diskriminantanalys (PLS-DA). Samtliga tre modeller lyckades väl i att klassificera High City och Low Highway med ett medelvärde på korrekt klassificeringsandel på 95% per klass. Medelvärdet på den korrekta

klassificeringsandelen var lägre för High City och Low City (73% per klass) och för High Highway och Low Highway (68% per klass).

Utifrån de fysiologiska variabler som inkluderades i de multivariata modellerna går det att se att olika variabler är olika känsliga för olika segmentsklasser. Blinkvariabler är känsligare för låga belastningsnivåer och inkluderas i modellerna som klassificerar High City och Low Highway samt High Highway och Low Highway. Andetagsduration förekommer vid alla klassjämförelser, men mest konsekvent vid High City och Low City. HR är vanligast förekommande i både klassjämförelser och modeller.

Ett antal HRV-variabler (LF, HF, LF/HF, LF normerad och HF normerad) beräknades för de olika segmentsklasserna över 30 sekunders segment. Variablerna uppvisade vissa trender men med stor spridning mellan segment av samma klass även inom körningar. För att öka stabiliteten i mätvärdena beräknades HRV-variablerna även över 5 minuters segment från hela stadstrafikkörningen respektive hela motorvägskörningen. Även då var spridningen stor med stora överlapp mellan miljöerna. Några individer uppvisade konsekventa trender mellan sina körningar men det fanns inte någon entydig trend på gruppnivå.

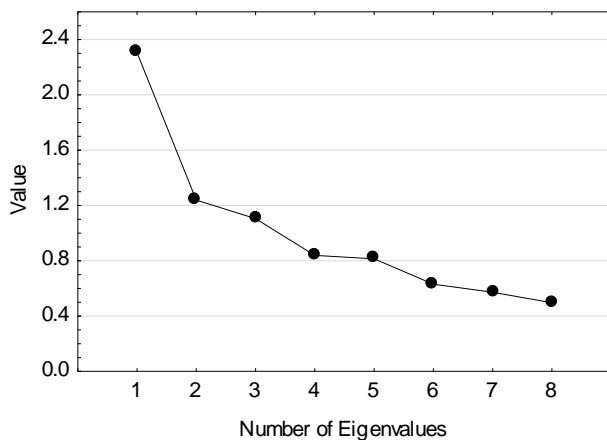
5.1.3 Faktoranalys

Resultaten från faktoranalysen antyder att de olika variablerna inte mäter samma underliggande faktor utan snarare flera (2 olika faktorer enligt Schlee plot, Figur 8A). Figur 8B visar faktorladdningar på två faktorer beräknade på hela datasetet över alla testförare. Den förklarade variansen är faktorladdningen i kvadrat. Den förklarade variansen är hur mycket av variansen i en variabel som förklaras av en specifik faktor.

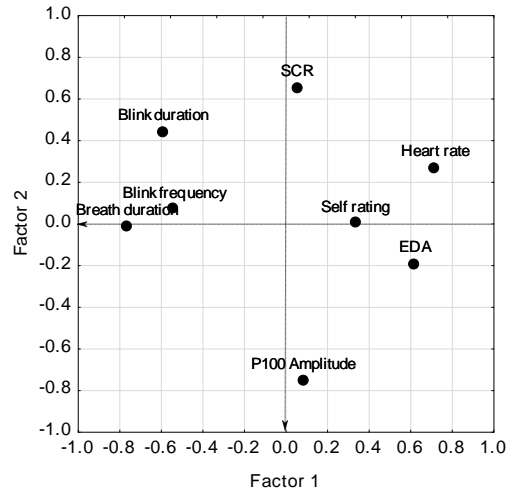
Över alla testförare tycks SCR och P100 amplitud mäta samma faktor, medan andetagsduration, blinkfrekvens, självskattning, hjärtfrekvens och EDA tycks vara mer känsliga för den andra faktorn. Blinkdurationen tycks vara lite känslig för båda faktorerna (faktorladdningar 0,4 respektive -0,6)

Individuella skillnader uppträder dock där en viss variabel mäter en faktor för en testförare men en annan faktor för en annan testförare.

A



B



Figur 8. A. Schlee plot över ackumulerade data. Kurvan har en tendens att bryta av vid 2 egenvärden. Detta tolkas som att variablerna mäter 2 olika separata underliggande variabler. B. Faktorladdningar (Varimax normalized) för en faktoranalys begränsad till två faktorer, över ackumulerade data.

5.2 Mätserie 2

Fysiologiska signalers och variablers reaktionsmönster vid de olika belastningsfallen studerades i kontinuerliga kurvor och i boxplottar. Drygt tio nya variablerna som fungerade som mått på de reaktionsmönster som identifierats togs fram. Dessa variabler är mått på nivåförändringar i utvalda signaler. Med hjälp av de nya variablerna utvecklades funktioner för belastningsfallsdetektion.

Belastningsfall detekterades med MLRA där 10 variabler ingår. På de detekterade belastningsfallen gjordes därefter en klassificering i Quiz, RSME, Vind och Omkörning med CART analys. Andelen av de inträffade belastningsfallen som detekterades i MLRA:n, och andelen av de detekterade belastningsfallen som sedan klassificerades korrekt var för Quiz 63% och 75%, för RSME 60% och 54%, för Vind 83% och 53% och för Omkörning 100% och 89%. Under s.k. baseline-körning, körning där inga belastningsfall inträffat, detekterades belastningsfall felaktigt i snitt med 3:14 minuters mellanrum. De felaktigt detekterade belastningsfallen klassificerades oftast som Quiz, följt av RSME, Vind och mest sällan Omkörning.

5.3 Mätserie 3

Mätdata finns men analys har ej ännu gjorts.

5.4 Bidrag till FFI-mål

Detta projekt stärker **konkurrenskraften hos den svenska fordonsindustrin** genom att ha:

1. Byggt upp kunskap kring hur fysiologiska variabler påverkas av förarens olika mentala tillstånd och hur dessa går att mäta och detektera. Kunskap som kan omsättas i utveckling och framtagning av nya aktiva säkerhetssystem.
2. Tagit fram metodik och verifieringsmetoder för uppbyggnad och analys av studier kring aktiv säkerhet i allmänhet och studier av förarens mentala belastning i synnerhet.
3. Byggt upp kunskap kring hur fysiologisk mätutrustning bör vara utformad för att vara robust nog att ge tillförlitliga mätresultat vid riktig bilkörning, även i stadstrafik. Denna kunskap kan omsättas till utveckling av implementerbar mätutrustning.
4. Stärkt samverkan mellan industri och högskola inom området kognitiv/mental belastning och dess fysiologiska följdverkningar.

Detta projekt har även bidragit till att:

1. Teknik utvecklas med riktningen att uppfylla regeringens etappmål för 2020 avseende trafikdödade genom förbättrade utvecklings- och verifierings metoder vad det gäller förartillstånd (alkohol, trötthet, etc.) och belastning (taktisk, distraktion, etc.). Delar av projektresultatet är redan implementerat i interna metoder.
2. De svenska fordonsföretagen förblir världsledande när det gäller utvecklingen av säkra fordon och system genom att ha ett state of art fysiologi-/neurolaboratorium inom bilindustrin för fortsatta experiment och studier.

6 Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Projektet har i mångt och mycket agerat en konkret motor inom området "Human Monitoring" som möjliggjort att flera discipliner har kunnat samlats kring de behov som

finns för att förstå människan bakom ratten. För att öka spridningen av resultatet men även effektivt bygga upp bredare och djupare kunskap planeras att tillgängliggöra delar eller hela datamängden för externa aktörer. En "open source" modell undersöks där vi skall göra en pilot studie på Mat/Stat institutionen på CTH och tillgängliggöra data för en grupp utvalda masters studenter för att göra data-mining baserat på ett antal frågor. Det pågår även dialog med högt ansedda internationella akademier med liknande upplägg.

Dialog förs med flera parter från industri, institut och akademier för att skriva en ansökan på ett steg 2 inom området ställt mot FFI. Inom dessa samtal har vi hittat ett stort behov av forskningsfältet men även ett antal konkreta sätt att i fortvarighet svara på dessa behov.

Vi utvärderar även möjligheten att skriva fler paper:s då underlaget och arbetet är så pass omfattande. Utmaningen består i att bestämma vilka fält de skall sikta mot då arbetet har spänt över många olika forskningsområden.

6.2 Publikationer

Ett manus baserat på resultaten från MS 1 är under produktion för att skickas in till en internationell "peer review" tidsskrift.

7 Slutsatser och fortsatt forskning

Variationen avseende de undersökta variablerna både inom och mellan individer är ett problem som måste hanteras. Ansatser har gjorts med normaliseringsmetoder vilka visat på goda resultat, men som behöver utvecklas för att kunna användas i fler/andra testsituationer. Metoden är lovande, vi har visat att det är möjligt att mäta psykofysiologiska data på ett reliabelt sätt vid verklig bilkörning. Man kan särskilja hög mental belastning vid stadstrafik från låg belastning vid motorväg. Det går även att särskilja hög- och lågbelastande avsnitt vid motorvägs respektive stadskörning, men med mindre precision. Precisionen skulle kunna ökas genom att utveckla algoritmer som tar hänsyn till flera/andra variabler.

Resultatet från faktoranalysen visar att de olika variablerna mäter olika faktorer eller konstrukt. Arbetet med att särskilja dessa har bara påbörjats men man kan spekulera eller framkasta olika hypoteser om vilka konstrukt som mäts av variation i de underliggande variablerna. En möjlighet är att de motsvaras av underbelastning respektive överbelastning, arousal respektive effort, alternativt motsvaras de av sympatikusaktivitet respektive parasympatikusaktivitet, eller på annat sätt mäter olika komponenter av belastning vilket delvis undersöktes i MS 2 och 3. En komplicerande omständighet är att för enskilda förare laddar de olika variablerna olika på de två faktorerna, det är alltså inte alltid samma variabler som mäter samma sak för alla förare.

MS2 och MS3 undersökte om det går att särskilja olika belastningsfall via de olika variablerna. Resultaten visade att detta är möjligt, framförallt kraftig belastning i form av en omkörande bil som gör en häftig inbromsning framför.

Det krävs fortsatt arbete med att hantera spridning inom och mellan individer. Vi har data från över 100 timmars körning i stadstrafik, på motorväg och på landsväg. Vi har fysiologisk data med den sannolikt högsta ekologiska validiteten i världen just nu. Arbetet kommer att fortgå för att analysera flera ytterligare frågeställningar utifrån denna datamängd. Datan är även tänkt att användas i planering och validering av framtida tester och eventuellt projektarbeten och/eller examensarbeten för studenter.

Projektet har under hela sin tid haft stora problem med tidssynkning mellan de olika mätsystemen. Det har lett till stora förseningar i projektet och varit ett extremt tidskrävande arbete att lösa. Därför planeras att skapa ett nytt mätsystem i vilket alla mätsignaler samlas, så att de är tidssynkade redan från start.

Projektet har identifierat och samarbetat med medicinskt mycket kompetenta personer. Det man fortfarande söker är framförallt en kompetens inom signalbehandling och avancerad analys av EEG-signaler från icke labbliknande situationer. Insamling av EEG-data vid körning på verklig väg, även i stadstrafik, har visat sig vara framgångsrik. Dock är det oundvikligt att sådana data innehåller en stor mängd artefakter från framförallt muskelaktivitet och ögonrörelser. De mindre analyser som hittills gjorts av EEG-datan har visat på stor potential vad gäller att diskriminera mellan olika belastningsnivåer. Andra studier (t ex Sonnleitner et al., 2012 och Papadelis et al., 2007) visar även på möjlighet att diskriminera mellan olika belastningstyper med hjälp av EEG. Vi ser därför fortsatt arbete med EEG-analys som prioriterat.

Vi har sammanfattningsvis kommit fram till en övergripande kunskap om hur tester bör göras. Hög respektive låg belastning kan särskiljas via vissa fysiologiska mätmetoder. Analysverktyg har utvecklats för hantering av rådata, signalbehandling, artefaktrensning etc. Vi har också identifierat ett antal fysiologiska variabler som är intressanta att gå vidare med.

7.1.1 Fortsatt forskning

Genom projektet har vi kunnat bygga upp ett kontaktnät och identifierat ett flertal företag, institutioner och akademier som har stort intresse inom området. Företag och institutioner har primärt ett intresse i att ha en fungera plattform för att använda för förståelse och återgårdar inom trafiksäkerhetsområdet och akademier har primärt ett intresse i att applicera och utveckla avancerade analytiska teorier och instrument. Det finns även ett stort intresse i det faktum att området är väldigt tvärvetenskapligt och har behov av hög ekologisk validitet vilket ställer stora krav på den kunskap som för närvarande finns inom området.

Inom Volvo Personvagnar har vi identifierat kunskapsområdet som strategiskt viktigt och har därför godkänt en industridoktorand som kommer påbörja sina studier under 2013. Volvo Personvagnar tillsammans med flera parter planerar också att lämna in en större ansökan till FFI för fortsatt arbete inom området. På många sätt kan man konstatera att området har många likheter med biomekanik in passiv säkerhet, har man en uppbyggd kompetens att utföra studier på (t.ex. PMHS inom biomekanik) är antalet områden att applicera det på mångfaldigt.

8 Deltagande parter och kontaktpersoner

En extern referensgrupp med mycket erfarna personer från ett antal olika medicinska och psykologiska discipliner skapades. Tre diskussionsmöten hölls med referensgruppen under projektets första år.

Projektet har genomförts i samverkan med Centrum för sömn- och vakenhetsstörningar, Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs Universitet (sömnlabbet). Sömnlabbet har haft en person stationerad på plats på Volvo PV 1 dag i veckan för utveckling av analysmetoder. Vi har haft kontinuerliga möten med hela sömnlabbets forskningsgrupp med jämna mellanrum för att analysera och diskutera experimentellt upplägg, analys och förklaringsfaktorer.

Som ett led inom kunskapsuppbyggnad har VHM projektet genomfört en förstudie in SAFER's ramar kallat Human Monitoring på Chalmers, SAFER. Syftet med det har varit att göra en nationell genomlysning av kompetenser inom området (som är stort och diversifierat). Ett relativt stort antal personer och institutioner identifierades och kontaktades. Flertalet av dessa kompetenser är intresserade av att ingå i nätverket och framtida projekt. Vi kommer försöka få SAFER att anordna en mini - konferens inom området för att konkret skapa kontaktytor inom området.

I referensgruppen ingår docent Leo Poom, forskare i kognitiv/perceptionspsykologi från inst för psykologi Uppsala universitet, som har bidragit med kompetens inom sitt ämnesområde och har även varit involverad i resultat analys, vetenskaplig revision, rapportskrivning samt paper skrivning.

Under 2012 genomfördes ett examensarbete i vilket två högskoleingenjörstudenter (Filip Johansson och Hilda Lindstrand) vidareutvecklade det befintliga, internt skapade verktyget för detektion av andetag för att göra det mer valitt. Studenterna genomförde mätningar i bil med befintlig utrustning (Respiratorisk induktans pletysmograf, RIP) samt referensutrustning, sammanställde hur och varför artefakter uppkommer i RIP-signalen, samt gjorde förändringar i det Matlab-baserade verktyget i vilket in- och utandningar detekterades.

8.1 Kontaktpersoner

Henrik Wiberg; 031-3252198; 0701-424376; hwiberg@volvocars.com

9 Referenser

- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., Quigley, K. S., & Fabro, V. T. (1994). Autonomic space and psychophysiological response. *Psychophysiology*, *31*, 44-61.
- Brookings, J. B., Wilson, G. F., & Swain, C. R. (1996). Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control. *Biological Psychology*, *42*, 361-377.
- Caffier, P. P., Erdmann, U., Ullsberger, P. (2003). Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure. *European Journal of Applied Physiology*, *89*, 319-325.
- Daimoto, H., Takahashi, T., Fujimoto, K., Takahashi, H., Kurosu, M., & Yagi, A. (2007). Effects of a dual-task tracking on eye fixation related potentials (EFRP). In *Proceedings of the 12th international conference on Human-computer interaction: intelligent multimodal interaction environments (HCI'07)*, Julie A. Jacko (Ed.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 599-604.
- De Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Phd thesis, university of Groningen. Haren, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Centre.
- Itoh, K., Miki, Y., Kubo, N., Takeda, Y., & Tanaka, H. (2006). A Study on Estimating the Variation of Driver's State by EEGs and EOGs. *SAE Technical Paper 2006-01-0575*.
- Marek Malik, (1996). Heart Rate Variability, Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use, *Circulation*.
- Papadelis, C., Chen, Z., Kourtidou-Papadeli, C., Bamidis, P.D., Chouvarda, I., Bekiaris, E. & Maglaveras, N. (2007). Monitoring sleepiness with on-board electrophysiological recordings for preventing sleep-deprived traffic accidents. *Clinical Neurophysiology*, *118*, 1906-1922.
- Sonnleitner, A., Simon, M., Kincses, W.E., Buchner, A. & Schrauf M. (2012). Alpha spindles as neurophysiological correlates indicating attentional shift in a simulated driving task. *International Journal of Psychophysiology*, *83*, 110-118.
- Takeda, Y., Sugai, M., & Yagi, A. (2001). Eye fixation related potentials in a proof reading task. *International Journal of Psychophysiology*, *40*, 181-186.
- Wilson, G.F. (1993). Air-to-ground training missions: a psychophysiological workload analysis. *Ergonomics*, *36*, 1071-1087.
- Yagi, A., Sakamaki, E., & Takeda, Y. (1997). Psychophysiological measurement of attention in a computer graphic task. *Proceedings of 5th International Scientific Conference on Work With Display Units (WWDU)*, 203-204.
- Bärgman, J., Svanberg, E., Selphi, Lönn, M., Heinig, K., Kotiranta, R., Moesclin, F., Tiselius, C., Tegehall, J., Emardsson, R. & Hurtig, S. (2010). *Sweden-Michigan Naturalistic Field Operational Test (SeMiFOT) Phase 1, WP3, Datamanagement – Final Report*, SAFER Report 2010:05, Project C3 SeMiFOT.
- Selphi, Borgen, S., Bärgman, J., Svanberg, E., Dozza, M., Nisslert, R., Norell, C., Kovaceva, J., Sanchez, D., Saez, M., Val, C., Küfen, J., Benmimoun, M. & Metz, B. (2011). *Deliverable D3.3, Data Management in euroFOT*. EuroFOT Project Report, EuroFOT Consortium.