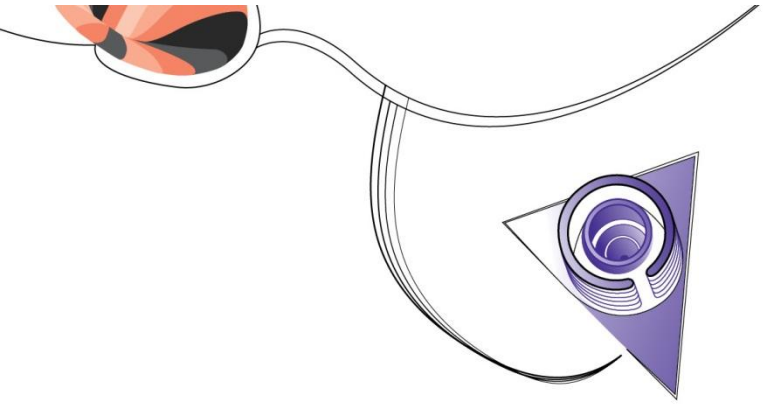
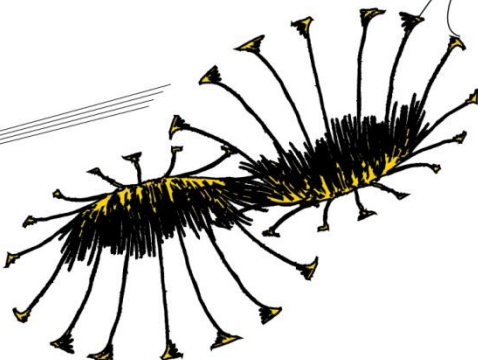


Exploratief onderzoek naar het gebruik van fysiologische metingen tijdens het leren autorijden:

de relatie tussen subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting en het skin conductance level.



Serena Maria Dorrestijn (s1096982), Juli 2014

Faculteit der Gedragswetenschappen

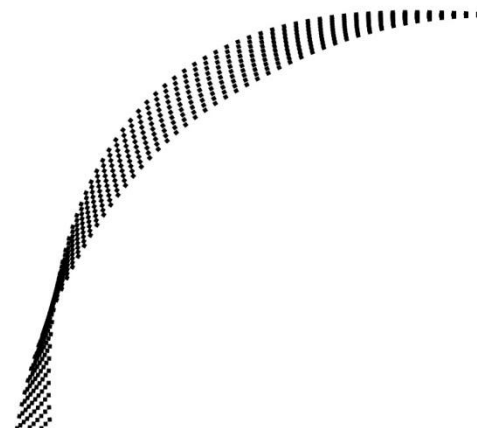
Opleiding Psychologie

Departement Human Factors & Cognitive Engineering



Eerste begeleider: Dr. M. L. Noordzij

Tweede begeleider: S. Vosslander



Samenvatting

Deze exploratieve studie heeft als doel te onderzoeken in hoeverre het mogelijk is om fysiologische maten te gebruiken om de cognitieve belasting te meten tijdens het leren autorijden. Naast het onderzoeken of de gehanteerde methode bruikbare resultaten oplevert, wordt er aandacht besteed aan de mogelijke relatie tussen subjectieve inschattingen en objectieve weergaven van de cognitieve werkbelasting.

De objectieve weergave van de cognitieve werkbelasting is gemeten door middel van het fysiologische EDA, electrodermale activiteit. Voor verdere analyses is gebruik gemaakt van de gemiddelde huidgeleiding (Skin Conductance Level, SCL). De subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting zijn gemaakt door middel van de Rating Scale of Mental Effort.

Aan dit onderzoek hebben 6 participanten van rijkschool Irma van den Berg deelgenomen met een leeftijd tussen de 17 en 22 jaar. Deze leerlingen kregen gedurende alle rijlessen de Q-sensor van Affectiva om hun linkerpols om de hoogte van het SCL te meten. Naast deze meting vulde elke leerling bij aanvang en afsluiting van de les de RSME in, waarmee zij aangeven hoe cognitief belast zij zichzelf op dat moment inschatte.

Er is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een ideografische opzet. Dit houdt in dat er een klein aantal proefpersonen gedurende een lange tijd, in dit geval het gehele leertraject, gevolgd zijn. Door deze opzet te hanteren is er rekening gehouden met de complexiteit van fysiologische data en de variaties over tijd in fysiologische waarden binnen een persoon.

Uit de resultaten is gebleken dat de gehanteerde methode van dataverzameling succesvol is. Er is bruikbare data voortgekomen uit het gebruik van de Q-sensor en de RSME. Verder bleek dat er niet gesproken kon worden van een verband tussen de subjectieve en objectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting. Dit bleek niet significant. Wel significant is het verband tussen de cognitieve inschattingen over de leerling van leerling en van de instructeur. Het bleek dat de instructeur in staat was de leerlingen goed in te schatten, geregeld op hetzelfde niveau van belasting als dat de leerlingen zelf deden.

In dit onderzoek is geen sprake geweest van habituatie. Tijdens het leren rijden is er geen afname van de cognitieve belasting waargenomen. Tot slot is er geen verschil in cognitieve belasting waargenomen tussen een reguliere rijles en het rijexamen.

Er kan geconcludeerd worden dat de gebruikte methode van het verzamelen van fysiologische data bij personen die leren autorijden succesvol is. Door het beperkte aantal proefpersonen kan echter niet gesteld worden of de gevonden resultaten op alle lerende bestuurders en hun docenten van toepassing zijn. Hoewel uit de resultaten opviel dat de docent de leerling goed in kan schatten, is niet bekend of andere docenten over dezelfde vaardigheden beschikken, hierover kan niets geconcludeerd worden gebaseerd op data van één persoon. Ook is het een mogelijkheid dat waar in de gebruikte populatie geen verband tussen objectief en subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting aangetoond kon worden, dit in andere populaties wel het geval zou kunnen zijn. De resultaten dienen dus met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Wel bieden de verkregen resultaten en conclusies veel aanknopingspunten en mogelijkheden tot vervolgonderzoeken.

Summary

The goal of this explorative study is to determine if it is possible to use physiological measurements while following students who are learning how to drive a car. Besides investigating if the methods used in this study are capable of producing usable data, the relationship between subjective and objective measures of the cognitive workload will be also be focused upon.

The objective measurement of cognitive workload is measured by using the physiological EDA, Electro dermal Activity. For further analysis we made use of the Skin Conductance Level (SCL). The subjective measurements were made with the Rating Scale of Mental Effort.

Six participants from the driving school Irma van den Berg took part in this study. The participants were between 17 en 22 years old. During all the driving lessons the Q-sensor, as produced by Affectiva, was worn around the left wrist to measure the SCL. Apart from this measurement every student filled in the RSME at the beginning and end of the driving lessons. By doing so they estimated the amount to which they felt the cognitive workload was called upon.

This study is ideographic. This means that we followed a small amount of participants during a longer period in time. We measured during the entire learning process, from never driven a car until the final driving exam. By maintaining this study type we accounted for the complexity of physiological measurements and the variations in physiological data that can occur within a participant.

The results show that the chosen method can be considered successful. Usable data followed the use of the Q-sensor and the RSME. The results show that there is no connection between subjective and objective measurements of the cognitive workload. The correlations between the two variables were not significant.

However, it was shown that the driving instructor had the capabilities to give good estimations as to the experience of the cognitive workload as estimated by the student. Often the estimation was equal to the experience reported by the student.

There was no matter of habituation present in this study. While learning how to drive there was no decline in the cognitive workload.

While unexpected, the results show no difference in cognitive workload between a regular driving lesson and the final driving exam.

It can be concluded that the presented method and the measurement of physiological data of people who are learning to drive, can be considered successful. However, due to the small amount off participants it is unknown whether the gained results are applicable to all learning drivers and driving instructors. The results showed that the instructor present in this study is very skilled at judging the amount of cognitive workload as perceived by the student. Based on this study it is not possible to make inferences about the population of driving instructors based on this single case study. It is also a possibility that although this study did not show a relationship between subjective and cognitive workload, that there could be a relationship between the two in another population. This all together makes that the results and conclusions of this research are usable but should be interpreted with care. However, the results and conclusions of this research show several possibilities for further research to be conducted.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
1.1 Electrodermale Activiteit.....	5
1.2 Cognitieve/Mentale werkbelasting.....	6
1.3 Habituatie	8
1.4 Relevantie.....	8
1.5 Onderzoeksvragen.....	9
2. Methode	10
2.1 Participanten	10
2.2 Materialen	11
Q-sensor	11
Rating Scale of Mental Effort (RSME)	12
2.3 Procedure	12
Informed consent	12
Data verzameling.....	12
Feedback.....	12
2.4 Data Analyse.....	13
3. Resultaten.....	14
3.1 Bruikbaarheid van de verzamelde data.....	14
3.2 Verband tussen subjectieve en objectieve inschattingen van de cognitieve belasting.....	17
3.3 Habituatie	19
3.4 Vergelijking reguliere rijles met het rijexamen.....	20
4. Discussie	23
4.1 Resultaten.....	23
Kwaliteit van de verzamelde data	23
Verband subjectief – cognitief	23
Aanwezigheid habituatie	24
Verschil reguliere rijles - rijexamen	24
4.2 Beperkingen.....	25
4.3 Vervolgonderzoek	26
5. Conclusie	27
6. Referenties	28
7. Appendix.....	31
Appendix 1: Rating Scale of Mental Effort	31

Appendix 2: Gemaakte code om gemiddelden en grafieken te genereren. Geschreven in Python.	32
Appendix 3: EDA weergave Proefpersoon 0213	33
Appendix 4: EDA weergave Proefpersoon 0712	36
Appendix 5: EDA weergave Proefpersoon 0713	37
Appendix 6: EDA weergave Proefpersoon 0813	39
Appendix 7: EDA weergave Proefpersoon 1013	42
Appendix 8: EDA weergave Proefpersoon 1113	44
Appendix 9: Beschrijvende gegevens niet weergegeven in de resultatensectie	47
Gemiddelde SCL voor alle proefpersonen.....	47
Correlatie tussen inschattingen RSME van docent en leerling bij aanvang van de les	47
Correlatie tussen inschattingen RSME van docent en leerling aan het eind van de les	47
Correlaties tussen inschattingen RSME van docent en leerling, niet uitgesplitst per proefpersoon	47
Appendix 10: Weergave van SCL per persoon, uitgezet tegen tijd	48
Appendix 11: Staafdiagrammen begin-eind inschattingen RSME door de leerling per les	50
Appendix 12: Staafdiagrammen van de gemiddelde RSME door de leerling per les.....	52

Voorwoord

Deze bachelorthese is mogelijk gemaakt door samenwerking tussen de Universiteit Twente en de rijschool van Irma van den Berg. Ik zou graag via deze weg beide partijen willen bedanken om mij de mogelijkheid te bieden op dit onderwerp mijn bachelorthese te mogen baseren. Irma van den Berg zou ik in het bijzonder willen bedanken voor het vrijmaken van tijd in haar rijlessen om de data te verzamelen en het uitgebreid beantwoorden van de vragen die ik had. Deze antwoorden hebben eraan bijgedragen dat ik meer begrip kreeg voor de verzamelde data. Daarnaast zou ik graag Matthijs Noordzij willen bedanken voor de actieve begeleiding tijdens dit onderzoek en het prikkelen van mijn interesse in het vakgebied. De opbouwende kritiek en feedback en enthousiasme hebben mij geregeld meer motivatie gegeven.

1. Inleiding

Electrodermale activiteit (EDA) werd in 1888 door Féré, en een jaar later onafhankelijk ervan door Tarchanoff ontdekt (Boucsein, 2012). EDA kan accuraat reacties van het sympathische zenuwstelsel isoleren (Henriques, Paiva, Antunes, 2013). Het sympathische zenuwstelsel is betrokken bij activatie en inspanning van het lichaam. EDA kan inzicht geven in de mate van opwindings, aandacht en in zekere mate onderscheid maken tussen verschillende emotionele gewaarwordingen (Jerritta, Murugappan, Nagarajan, Wan, 2011).

Door de jaren heen heeft EDA diverse toepassingen gevonden. Zo wordt er bijvoorbeeld al jaren gebruik gemaakt van EDA bij het afnemen van leugendetectietesten door de politie. Maar ook in het verkeer is er veel interesse voor de mogelijkheden die EDA biedt voor voertuigen en haar bestuurders. Zo hebben Rigas, Goletsis en Fotiadis (2012) onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om stress van de bestuurder tijdens het rijden te signaleren.

1.1 Electrodermale Activiteit

Het gebruiken van EDA biedt de mogelijkheid om de hoogte van arousal (opwinding) te meten. EDA wordt geproduceerd door activiteit van de zweetklieren. Deze zweetklieren worden aangestuurd door het sympathische deel van het autonome zenuwstelsel (Dawson, Schnell, Filion, 2007). Het sympathische deel van het autonome zenuwstelsel bereidt het lichaam voor op actie. Het is dan ook het deel van het zenuwstelsel dat verantwoordelijk is voor het fight or flight response. (Picard, 2009). Het lichaam wordt voorbereid op activiteit door bijvoorbeeld een toename van de hartslag, bloeddruk en zweetuitscheiding. Een verhoogde uitscheiding van zweet leidt tot een verandering in huidgeleiding, wat onder de noemer electrodermale activiteit (EDA) valt (Dawson, Schnell, Filion, 2007). Walin (1981) ondersteunt de bevinding dat het sympathische zenuwstelsel verantwoordelijk is voor veranderingen in de huidgeleiding. Uit zijn onderzoek is gebleken dat onder normale omstandigheden van temperatuur en temperatuurregulering, er een hoge correlatie aanwezig is tussen pieken in activiteit van de zenuwen in het sympathische zenuwstelsel, en de skin conductance response.

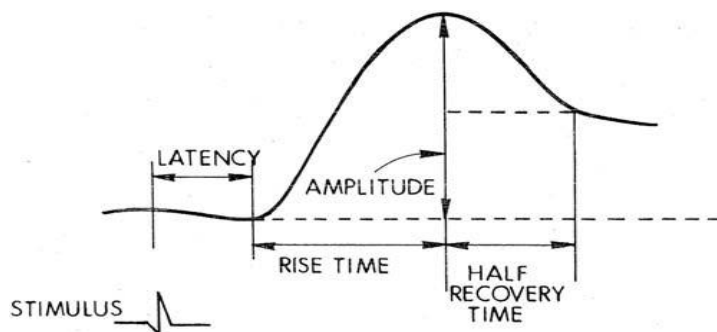
Binnen de EDA zijn skin conductance(huidgeleiding) en skin resistance(huidweerstand) wederkerig aan elkaar (Dawson, Schnell, Filion, 2007). Huidgeleiding kan opgedeeld worden in het skin conductance level (SCL) en de skin conductance response (SCR) (Dawson, Schnell, Filion, 2007).

Het skin conductance level (SCL) kan beschouwd worden als het algemene niveau van de huidgeleiding dat afgegeven wordt wanneer er geen externe stimulus aanwezig is. Het SCL verandert langzaam en kan tussen, maar ook binnen personen verschillen. Factoren die hierop van invloed zijn onder andere interne en externe temperatuur, de psychologische staat, en de kwaliteit van de huid van een persoon. Ook een toename in luchtvochtigheid kan een hogere SCL waarde met zich meebrengen. (Dawson, Schnell, Filion, 2007).

Wanneer het lichaam in totale rust verkeerd wordt het SCL de baseline genoemd. De baseline mag volgens Dawson, Schnell en Filion (2007) begrepen worden als de ondergrens van een individu.

Een skin conductance response(SCR) treedt op als er een spontane verandering in EDA plaatsvindt. Dit kan ontstaan als reactie op een externe stimulus. Door deze stimulus wordt het sympathische zenuwstelsel geactiveerd, wat een snelle en sterke toename van de huidgeleiding met zich mee

brengt. Dit is terug te vinden in een sterke en steile stijging van het SCL. In figuur 1 is skin conductance response weergegeven.



Figuur 1: figuur 7.5 in: Dawson, M.E., Schell, A.M., Filion, D. (2007). *The electrodermal system*. In Cacioppo, J.T., Tassinari, L.G., Berntson, G.G. (2007). *Handbook of Psychophysiology* (3rd ed., pp. 159-181). Cambridge: Cambridge University Press

Er zijn in de literatuur verschillende manieren beschreven om EDA-data en het SCL te analyseren. Zo kan het Skin Conductance Level begrepen worden als simpelweg alle waarden die aanwezig zijn op de grafiek, als losse datapunten. Een volgende methode is om gebruik te maken van verschillende algoritmes (Boucsein, 2012). Een derde aanpak, die ook in dit onderzoek gebruikt zal worden, is om gebruik te maken van het gemiddelde SCL.

Bij het gebruik van het gemiddelde SCL kan weer onderscheid gemaakt worden tussen het totale gemiddelde (alle aanwezige waarden/aantal) of het berekenen van een gemiddelde SCL lijn die goed bij de verzamelde data past. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het totale gemiddelde van het SCL zoals gebruikt door Hogervorst, Brouwer en Vos (2014). Het gebruik maken van het totale gemiddelde van de EDA versimpelt het rekenen (Fowles, Roberts & Nagel, 1977) en is een goede maat van arousal bevonden (Walin, 1981) (Raskin, 1973).

1.2 Cognitieve/Mentale werkbelasting

Er zijn meerdere factoren bekend die cognitief functioneren en leren kunnen beïnvloeden. Een van deze factoren is de cognitieve werkbelasting die door een bepaalde taak veroorzaakt wordt (Kirschner, 2002).

Cognitieve werkbelasting (ook wel mentale werkbelasting genoemd) is veel onderzocht door onderzoekers met interesse voor human factors en onderwijszaken (Tomprowski, 2003). Cognitieve werkbelasting is een fenomeen dat de interacties tussen de karakteristieken van de taak en de karakteristieken van de leerling reflecteert (Tomprowski, 2003) en kan beschreven worden als het gebruik van de cognitieve middelen die een individu tot zijn beschikking heeft (Gopher, Donchin, 1986). De hoeveelheid cognitieve middelen die worden gebruikt staan gelijk aan de cognitieve werkbelasting (Young, Stanton, 2006).

Het uitvoeren van een taak vereist een bewust gebruik van aandacht, wat een verhoging van de cognitieve werkbelasting met zich mee brengt. Het gebruiken van aandacht is geassocieerd met autonomistische activatie (Jennings, 1986) en zou dus gemeten kunnen worden door middel van EDA. Het onderzoek van Munro et al. (1988) ondersteunt deze bevinding. Hij observeerde dat grote toenames in het SCL werden veroorzaakt door proefpersonen in een situatie te plaatsen die veel aandacht vereiste en waarbij het belangrijk was de gegeven taak correct uit te voeren. Aangezien

het SCL een hogere waarde aanneemt tijdens taakuitvoering, kan EDA gebruikt worden voor processen die gerelateerd zijn aan energie regulatie of mobilisatie (Boucsein, 2012).

De verwachting en uitvoering van een taak laten de SCL en de frequentie van de SCR (Skin Conductance Response) toenemen. (Dawson, Schnell, Filion, 2007). Tijdens het uitvoeren van een taak wordt de SCL verhoogd tot boven de baseline. Volgens Brookhuis en De Waard (2001) is een fysiologische meting een niet invasieve methode om de relatieve cognitieve werkbelasting van een persoon te meten. Ook zou dit type meting bijdragen om een vollediger beeld van de werkbelasting tijdens het besturen van een auto te vormen. (Wu, Liu, 2007).

Problemen bij taakoplossing kunnen zich voordoen wanneer de eisen van de taak hoger zijn dan de cognitieve capaciteiten van een persoon (Kirschner, 2002; Tsang, 2006). De Yerkes-Dodson law (Boucsein, 2012; Teigen, 1994; Yerkes & Dodson, 1908) beschrijft de relatie tussen arousal en prestatie als een omgekeerde U-curve. Deze wet houdt in dat prestatie toeneemt met arousal, tot een optimaal punt. Vervolgens neemt de prestatie weer af wanneer de werkbelasting en de arousal die hiermee komt blijft stijgen (Reimer et al. 2009a). Bestuurders van auto's functioneren geregeld in een afgeleide staat. Hierdoor zijn ze niet optimaal aroused, wat tot een hogere kans op ongelukken kan leiden. (Stedmon et al. 2001) (Wu and Liu, 2007).

Volgens Verwey (2000) ervaren beginnende bestuurders een hogere werkbelasting dan ervaren bestuurders. Dit omdat beginners continu de volgende stappen en handelingen moeten evalueren, terwijl dit bij ervaren bestuurders automatisme geworden is. Een gevaar van deze verhoogde cognitieve werkbelasting zou kunnen zijn dat beginners overvraagd kunnen worden. Volgens de Yerkes-Dodson law (Yerkes, Dodson, 1908) wordt er dan niet op een optimaal arousal niveau gefunctioneerd, wat de prestatie vermindert. Tijdens de rijlessen is het van belang in te kunnen schatten in welke mate leerlingen cognitief belast zijn.

Een andere manier om de mate van cognitieve belasting te bepalen is door middel van subjectieve inschattingen. Tijdens de rijlessen behorende bij dit onderzoek worden zowel door de leerling als de instructeur deze subjectieve inschattingen over de cognitieve belasting gemaakt. Deze inschattingen geven informatie over de perceptie die mensen hebben van de benodigde mentale belasting die vereist is om een bepaalde taak uit te kunnen voeren.

De inschattingen die een persoon maakt over zijn mentale belasting (zowel bewust als onbewust) kunnen het gedrag van de leerling beïnvloeden. (Boer, Hoedemaeker, 1998). De handelingen die vervolgens worden uitgevoerd als gevolg van de inschatting van de mentale belasting kunnen van invloed zijn op de mate waarin de leerling leert.

Deze cognitieve inschattingen kunnen met de Rating Scale of Mental Effort (RSME) worden gemeten (Zijlstra, 1985). De RSME is een unidimensioneel, simpel en betrouwbaar instrument. Dit maakt dat het snel en gemakkelijk gebruikt kan worden door participanten. (Doorn, Zijlstra, 1988). Uit onderzoek van Verwey & Veltman (1996) blijkt dat dit instrument goed gebruikt kan worden om de cognitieve werkbelasting te meten en niet onder doet voor complexere meetinstrumenten zoals de SWAT (Verwey, Veltman, 1996). Subjectieve metingen van de cognitieve werkbelasting zijn populair omdat ze makkelijk te gebruiken zijn en weinig kosten. Ook is het weinig belastend voor de proefpersoon aangezien de meting snel plaats kan vinden en weinig tijd inneemt (de Waard, 1996).

Zoals eerder gesteld, kan EDA gezien worden als een objectieve maat voor de cognitieve belasting (Boucsein, 2012). Aangezien in het verkeer men continue uitgaat van subjectieve inschattingen van de werkbelasting, is het belangrijk dat deze inschattingen ook overeenkomen met de fysieke belasting en lichamelijke reacties.

1.3 Habituatie

Tijdens dit onderzoek worden de proefpersonen gevolgd tijdens een leerproces, het leren rijden. Dit creëert een nieuwe invalshoek ten opzichte van eerdere werken, waarin beginnende bestuurders of al ervaren bestuurders gevolgd werden (de Waard, 1996) (Verwey, 2000) (Brookhuis, de Waard, 2001).

Een van de zaken die op kan treden tijdens een leerproces is habituatie. Habituatie houdt in dat een persoon gewend raakt aan een bepaalde stimulus of situatie waardoor er op een andere, vaak minder intensieve wijze, gereageerd wordt op de aangeboden prikkel (Joshua, Iacono, Malone, 2013). Een voorbeeld hiervan tijdens het rijden is dat waar schakelen in het begin als een spannende en moeilijke handeling gezien kan worden, dit op de lange termijn een automatisch proces wordt waarbij bestuurders niet veel meer nadenken. Deze vorm van habituatie is van invloed op de cognitieve werkbelasting (Collet, Clarion, Morcel, Chapon, Petit, 2009). Wanneer een proces plaatsvindt zonder dat mensen hier bij stil staan, wordt het werkgeheugen minder belast dan wanneer een proces actief aandacht vereist. Dit leidt ertoe dat de cognitieve belasting afneemt wanneer er habituatie plaatsvindt.

1.4 Relevantie

Het meten van EDA bij personen die leren rijden is belangrijk aangezien het informatie geeft over de cognitieve belasting van een persoon. Cognitieve werkbelasting is van belang voor de veiligheid in het verkeer. Bij het leren van een nieuwe vaardigheid is er sprake van een andere mate van cognitieve werkbelasting dan het geval is dan wanneer de vaardigheid beheerst wordt. Onderzoek naar de cognitieve werkbelasting van personen die leren rijden is weinig uitgevoerd.

Meer informatie over dit onderwerp zou tot diverse (mogelijke) toepassingen kunnen leiden. Zo zou EDA ingezet rijinstructeurs kunnen ondersteunen in het monitoren van de hoeveelheid stress die de leerling ervaart. Vanwege de vele mogelijkheden van het inzetten van EDA in het verkeer en de geringe hoeveelheid onderzoek dat zich gericht heeft op de cognitieve belasting tijdens het leren rijden is een onderzoek dat gebruik maakt van EDA tijdens het leren rijden wenselijk.

Dit onderzoek kijkt naar de subjectieve inschattingen en de objectieve data van de cognitieve werkbelasting in de echte wereld. Aangezien dit onderzoek in de praktijk is uitgevoerd wordt er rekening gehouden met alle omstandigheden die bij het leren rijden kunnen optreden op een wijze dat niet na te bootsen is in een laboratorium onderzoek. Dit onderzoek heeft de vorm van een ideografisch onderzoek (Picard, 2009). Hierbij wordt er een klein aantal proefpersonen over een langere periode gevolgd. Er wordt data verzameld over de gehele periode van het leren rijden, van het begin tot aan het rijexamen. Deze vorm van onderzoek sluit aan bij het gebruik van EDA, aangezien de opwinding en belasting van een persoon per dag kunnen verschillen. Door een langere periode dezelfde mensen te volgen wordt er met al deze omstandigheden rekening gehouden.

1.5 Onderzoeksvragen

In dit onderzoek wordt er gekeken naar de cognitieve belasting van personen die leren rijden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van subjectieve en objectieve methodes.

Aangezien dit een exploratief onderzoek betreft, wordt er niet met een nulhypothese gewerkt. Het is niet het doel van dit onderzoek om uitspraken over populaties te kunnen doen. Het doel is te analyseren of de verzamelde data bij de gehanteerde methode bruikbaar is en of er eventuele aanleidingen tot verder onderzoek zijn. Om een volledig beeld te creëren van de mogelijke opties zijn er meerdere onderzoeksvragen opgesteld die uitgewerkt worden in dit onderzoek.

Allereerst wordt er gekeken naar een objectieve manier om de cognitieve belasting te meten, EDA. De kwaliteit van de metingen zijn van belang om tot goede uitspraken te komen. Het is dan ook belangrijk dat zowel het meetinstrument als de metingen betrouwbaar zijn. In hoeverre deze metingen geslaagd zijn is in eerste instantie te zien aan de grafieken en data die hieruit voortkomen. Naast objectieve gegevens wordt er ook gebruik gemaakt van subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting. Deze gegevens worden verkregen door middel van the Rating Scale of Mental Effort. Hierbij is het belangrijk dat de formulieren goed worden ingevuld door de respondenten om de data bruikbaar te laten zijn. Om te bepalen of de hieruit volgende data bruikbaar is zal door middel van grafieken gekeken worden naar opvallendheden en patronen in de response. De eerste vraag die in dit onderzoek behandeld zal worden is: *Zijn de verzamelde objectieve data (EDA) en de subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting (RSME), met de gehanteerde methode en gebruikte instrumenten bruikbaar?*

Nadat is vastgesteld of deze middelen en methode van onderzoek bruikbare resultaten oplevert, kan er naar de data zelf gekeken worden. Zoals eerder aangegeven in de inleiding maken leerlingen tijdens het rijden voortdurend inschattingen over de eigen cognitieve werkbelasting. Hieruit vloeit de vraag of deze inschattingen overeenkomen met de fysiologische signalen die afgegeven worden. Een vergelijkbare vraag is ontstaan bij onderzoek naar stress (Niehoff, 2014). Hierbij wordt stress als volgt gedefinieerd: "Stress is een toestand waarin geen evenwicht bestaat tussen de eisen die aan iemand gesteld worden en diens mogelijkheden om aan die eisen te voldoen" (Houtman, 1999). Deze definitie van stress komt overeen met de in dit onderzoek eerder geformuleerde definitie van cognitieve belasting. In de literatuur is er verdeeldheid over het verband tussen subjectieve maten en fysiologische metingen.

Waar in een aantal onderzoeken verbanden gevonden zijn (Het et al, 2012)(Oldehinkel et al., 2011), blijkt uit een meta-analyse van Campbell en Ehlert (2012) dat dit niet het geval is. Hoewel het vermoeden bestaat dat de cognitieve inschattingen van de werkbelasting overeen zullen komen met de fysiologische metingen, toont vergelijkbaar onderzoek naar stress dat het niet vanzelfsprekend is dat subjectieve en fysiologische metingen met elkaar overeenkomen.

Niet alleen de leerling, maar ook de instructeur heeft in dit onderzoek inschattingen over de cognitieve werkbelasting van de leerling gemaakt. Hierbij is het interessant in hoeverre de docent erin slaagt om de cognitieve belasting van een leerling goed in te schatten. De verwachting hierbij is dat de rijinstructeur dit relatief goed kan. De rijinstructrice is immers getraind in het lesgeven en heeft ervaring met leerlingen die een hoog niveau van stress vertonen. Daarentegen zou het opmerkelijk zijn wanneer een docent dit voortdurend correct in kan schatten. Dit zou een grote mate van inzicht in de ervaringen van anderen weergeven.

De tweede onderzoeksvraag in dit onderzoek is als volgt geformuleerd: *Komen de subjectieve inschattingen van de cognitieve belasting van zowel leerling als docent met elkaar overeen en staan deze inschattingen in verband met de objectieve maat van cognitieve belasting, het Skin Conductance Level?*

Zoals eerder vermeld in paragraaf 1.3 kan habituatie van invloed zijn op de cognitieve werkbelasting (Collet, Clarion, Morcel, Chapon, Petit, 2009). Het is aannemelijk dat de spanning die ervaren wordt bij het beginnen met rijlessen afneemt naarmate het proces bekender wordt. De verwachting is dat er sprake is van habituatie tijdens het leren rijden. Of deze verwachting terecht is wordt onderzocht door de hoogte van het SCL te bekijken per les. Wanneer er sprake is van habituatie zal het gemiddelde SCL afnemen naarmate er meer lessen gevolgd worden. De derde onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *Is er sprake van habituatie tijdens het leren rijden wanneer er gekeken wordt naar de hoogte van het SCL gedurende het gehele leerproces?*

Hoewel er verwacht wordt dat er habituatie op zal treden, ervaren veel leerlingen tijdens het leren rijden het rijexamen als meer belastend en stressvol dan een reguliere les. (Hamsul, Khairunnisa, Ng, Syah, 2014). Dit kan verklaard worden doordat er extra druk op het examen gelegd wordt (Benoit, Esa, Ralph, 2001). Het examen bepaalt immers of het rijbewijs behaald kan worden, terwijl bij een reguliere les fouten als onderdeel van het leerproces worden gezien. De verwachting is dat tijdens het examen hogere waarden op de RSME (subjectieve inschattingen van de cognitieve belasting) worden gerapporteerd. Ook het niveau van het SCL zal waarschijnlijk hoger liggen bij het examen dan dat het geval is bij een reguliere rijles. Dit door de toegevoegde druk op presteren tijdens het examen. De vierde en laatste onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *Zijn er verschillen in waarden, zowel op objectief als subjectief niveau, tussen de cognitieve belasting tijdens de reguliere rijlessen en het rijexamen?*

2. Methode

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd en op welke wijze de data geanalyseerd is.

2.1 Participanten

Aan dit onderzoek hebben 6 leerlingen van rijsschool Irma van den Berg uit Maarssen deelgenomen. Irma van den Berg geeft rijles sinds 1979, schrijft over verkeer in auto en vakbladen en geeft trainingen aan rijinstructeurs in het omgaan met autisme en ADHD. Meer informatie over de rijsschool is te vinden op www.irmavandenbergh.nl.

Er hebben 7 deelnemers meegedaan aan de dataverzameling. Deze leerlingen hebben allemaal een toestemmingsverklaring formulier ondertekend. Een proefpersoon is vervolgens niet meegenomen in het onderzoek aangezien deze uiteindelijk geen rijlessen meer gevolgd heeft. Van de 6 resterende deelnemers waren er 4 vrouwelijk en 2 mannelijk met een leeftijd tussen de 17 en 22 jaar. Alle deelnemende leerlingen zijn tijdens het onderzoek hun rijbewijs behaald. Een preciezere uitsplitsing per persoon is weergegeven in Tabel 1.

Proefpersoon nummer	Geslacht	Leeftijd	Evt. Bijzonderheden
0213	V	18	EMDR therapie
0712	V	21	
0713	V	18	
0813	V	17	
1013	M	22	ADD
1113	M	21	ASS

Tabel 1: Weergave van gegevens van proefpersonen en eventuele bijzonderheden

2.2 Materialen

Q-sensor

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de Q-sensor, geproduceerd door het bedrijf Affectiva (www.affectiva.com). De Q-sensor kan om de pols gedragen worden als armband, zonder dat er draden aan verbonden hoeven te zitten. Door deze constructie belemmert de sensor de drager niet in handelingen en beschikt de drager over volledige bewegingsvrijheid. De Q-sensor is uitgerust met een draadloze biosensor welke huidgeleiding, temperatuur en beweging registreert. Dit instrument meet EDA in MicroSiemens, met een frequentie van 32 Hertz. Het voordeel van de Q-sensor is dat de theoretische karakteristieken van de sensor waarover de Q-sensor beschikt door onderzoek bevestigd zijn. Dit maakt het een goed middel om EDA te registreren (Sharma, Gedeon, 2012). EDA wordt gemeten door twee elektroden aan de binnenkant van de armband. Deze elektroden zorgen voor een constante voltage over de huid van de drager. Op deze manier kunnen veranderingen in EDA geregistreerd worden als variaties van de voltages (Boucsein, 2012).

Het berekenen van de huidgeleiding of huidweerstand gebeurt door middel van de wet van Ohm. Deze wet stelt dat de huidweerstand (R) gelijk is aan het voltage (V) dat geleid wordt tussen twee elektroden op het huidoppervlakte, gedeeld door de stroom (I) dat door de huid heen stroomt. Dit kan uitgedrukt worden als $R=V/I$ (Dawson, Schnell, Fillion, 2007). Wanneer de stroom constant gehouden wordt, kan het voltage tussen de elektrodes gemeten worden. Vervolgens kan met de formule $R = 1 / \text{huidgeleiding}$, de huidgeleiding berekend worden (Dawson, Schnell, Fillion, 2007). Deze huidgeleiding wordt gemeten in microSiemens (Dawson, Schnell, Fillion, 2007).

Het is mogelijk dat de bewegingsvrijheid die de Q-sensor biedt van invloed is op de data die verzameld wordt. Om de invloed van beweging te beperken is er gekozen om de linkerpols te dragen. Deze arm wordt alleen gebruikt bij signalering en sturen, waardoor schokkende bewegingen van het schakelen voorkomen worden. De linkerarm maakt vooral draaiende bewegingen die geleidelijk voorkomen, waardoor de invloed waarschijnlijk minimaal zal zijn (Setz, 2011). Ter controle kan er in de Q-sensor gekeken worden op welke momenten er veel beweging geregistreerd is en kan de EDA van dit moment vergeleken worden met een moment waarop de pols weinig beweegt om de effecten te bestuderen.

In het artikel van Setz (2011) wordt gezocht naar een nieuwe locatie voor het meten van EDA. In dit artikel wordt vermeld dat de handpalm de meest efficiënte locatie is om EDA te meten, maar wordt geconcludeerd dat ook de voeten een geschikte locatie zijn, met geen significant verschil ten opzichte van de handpalmen. Poh et al. (2010) heeft eerder al een polsband ontwikkelt om op een niet beperkende manier EDA te kunnen meten, zoals ook in dit onderzoek het geval is met de Q-sensor. In zijn artikel is ook de locatie van de pols vergeleken met de traditionele locatie van de

vingertoppen. Hiermee is aangetoond dat de pols vrijwel even goed bruikbaar is voor het meten van EDA als de vingertoppen (Poh et al. 2010).

Rating Scale of Mental Effort (RSME)

De Rating Scale of Mental Effort (RSME) (Zijlstra, 1993) is een simpel, betrouwbaar instrument dat de subjectieve mentale werkbelasting meet en is veel gebruikt in Europa en Noord Amerika (Widyantia, Johnsona, de Waard, 2013). De RSME bestaat uit een 150-punts lijn van 15 centimeter lang. De lijn is gemarkeerd om de centimeter en bevat 9 punten die een beschrijving bevatten van 'helemaal niet inspannend' (rond de 0 op de schaal van 0 -150) naar 'tamelijk inspannend' (rond de 57 op de schaal) tot 'ontzettend inspannend' (rond 112 op de schaal). Antwoorden worden gegeven door de lijn te markeren die het best in de buurt komt bij de mentale werkbelasting zoals deze ervaren wordt (Doorn, Zijlstra, 1988). De RSME zoals deze is gebruikt in dit experiment (Zijlstra, 1985) is weergegeven in appendix 2.

2.3 Procedure

Informed consent

Bij alle leerlingen is alvorens met het verzamelen van de data te starten toestemming gevraagd via een informed consent formulier. Dit formulier is bijgevoegd in appendix 1.

Bij leerlingen jonger dan 18 jaar tijdens de aanvang van het onderzoek is toestemming van de ouders verkregen. Het is de leerlingen duidelijk gemaakt dat dit onderzoek geen invloed mag hebben op het verloop of de snelheid waarmee de rijopleiding gevolgd wordt en dat ze op elk moment, zonder zichzelf te hoeven verklaren, mogen stoppen met het onderzoek. Ook is het onderzoek anoniem en wordt de data vertrouwelijk behandeld.

Data verzameling

Bij aanvang van elke les wordt de Q-sensor omgedaan en geactiveerd waarna de rijles wordt gestart. Aangezien het om losse lessen gaat is het voorgekomen dat een leerling een les niet aanwezig was of geheel stopte met de lessen. Dit is terug te vinden in missende datafiles.

Ook bijzonderheden tijdens de rijlessen zijn geregistreerd. Voorbeelden hiervan zijn tussentijdse toetsen en examens. De data is verzameld over een lange periode en er is gemeten tot de participant het rijbewijs behaalde.

Na de les wordt de Rating Scale of Mental Effort ingevuld door zowel de docent als de leerling. Dit neemt ongeveer een minuut tijd in beslag na het beëindigen van de rijles. De formulieren worden vervolgens door de instructeur bewaard, verzameld en opgestuurd naar de Universiteit Twente. Ook word na elke les de data van de Q-sensor gehaald door de instructeur en worden deze bestanden opgeslagen op een locatie waar zowel de onderzoekers als instructeur toegang tot hebben. Op deze manier is een snelle uitwisseling van informatie mogelijk.

Feedback

Vanuit de participanten is het verzoek om feedback te krijgen op hun data. Om aan deze wens te voldoen wordt na afloop van het onderzoek zowel dit verslag als een visuele weergave van de EDA data verspreid. Hierbij zullen bijzondere gebeurtenissen of opvallende zaken worden genoteerd.

2.4 Data Analyse

Aangezien er veel verschillende aspecten onderzocht worden aan de verzamelde data, worden er ook verschillende manieren van het analyseren van de verkregen data toegepast.

Allereerst is er een programma ontwikkeld in de programmeertaal Python, dat per les aan data een gemiddelde waarde van het SCL en een grafiek genereert. Dit script is weergegeven in Appendix 3. Vervolgens worden deze grafieken bekeken en wordt er beoordeeld of de data bruikbaar is en de meting geslaagd. Hierbij worden bijzonderheden genoteerd en foutieve metingen verwijderd. Vervolgens wordt er een weergave gemaakt in de vorm van een staafdiagram van de inschattingen op de RSME voor, en na afloop van de les. Hiermee kunnen trends en verschillen per persoon opgespoord worden. Verdere grafieken en statistische analyses en bewerkingen worden uitgevoerd in het statistisch analyse programma SPSS 22.

Om te bepalen in hoeverre de inschattingen op de RSME aan het begin van de rijles in verband staan met de inschatting aan het eind van de rijles, wordt er gebruik gemaakt van een correlatie-analyse. Bij een perfect lineair verband zal er een correlatie van $r=1$ aanwezig zijn.

Vervolgens zal er gekeken worden naar de mate waarin de subjectieve inschattingen van de cognitieve belasting overeenkomen met de objectief verkregen EDA-data. Ook hiervoor wordt gebruik gemaakt van een correlatie-analyse. De gemiddelde waarde van de RSME ($\text{begin} + \text{eind} / 2$) en het gemiddelde SCL, zoals verkregen uit het script in python, worden hiervoor gebruikt. Deze analyse wordt zowel per proefpersoon als algemeen over alle proefpersonen uitgevoerd. Op deze manier kunnen uitschieters per persoon opgespoord worden.

Aangezien het interessant is om te zien of de inschattingen van de cognitieve belasting van de docent overeenkomen met hoe de leerling zich voelt, zullen ook deze gegevens met elkaar vergeleken worden door middel van een correlatie analyse. Deze analyse wordt wederom zowel op algemeen als persoonlijk niveau uitgevoerd.

Om te onderzoeken of er sprake is van habituatie van de cognitieve belasting tijdens het leerproces dat plaatsvindt tijdens de rijlessen, wordt er allereerst naar een visuele weergave van de data gekeken. In SPSS worden grafieken gemaakt die de hoogte van het gemiddelde SCL per les weergeven. Aan deze grafieken kan vervolgens worden afgelezen of er sprake is van een algemene daling van de data. Ook wordt er gebruik gemaakt van de eerder in Python gegenereerde SCL grafieken per les. Er wordt gekeken naar een les aan het begin, in het midden en aan het eind van het traject van het leren rijden.

Tot slot wordt er gekeken in hoeverre de cognitieve belasting tijdens het rijexamen verschilt van de reguliere rijlessen. Om deze kwestie te kunnen analyseren worden er tabellen opgesteld waarin het gemiddelde van de reguliere lessen en het gemiddelde per persoon van de rijexamens weergegeven is. Vervolgens wordt er gekeken naar grafieken die de hoogte van het gemiddeld SCL per rijles weergeven. De laatste les in deze grafieken zal het rijexamen betreffen. Door de grafieken en de tabel te bekijken kan er worden afgelezen of er een verschil aanwezig is tussen de reguliere lessen en het rijexamen. Hierbij wordt niet alleen het gemiddeld SCL bekeken, maar ook het gemiddelde RSME tijdens de reguliere lessen als tijdens het rijexamen worden op eenzelfde manier met elkaar vergeleken.

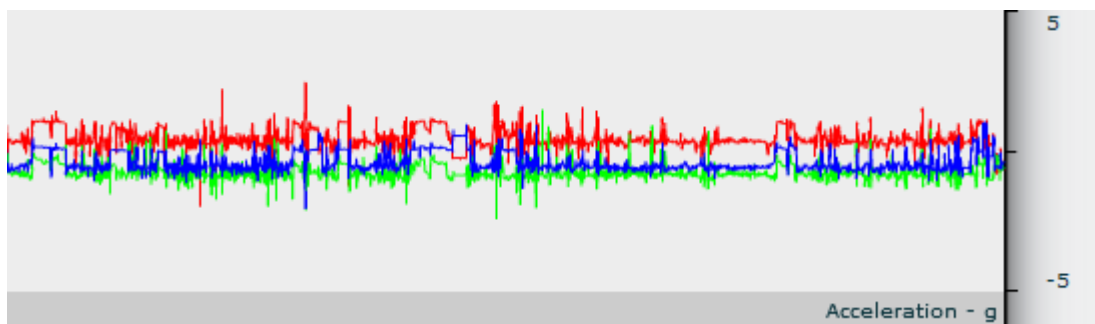
3. Resultaten

In deze sectie zullen de resultaten aan de hand van de verzamelde data uiteengezet worden. Opvallende en/of interessante gegevens zullen worden gerapporteerd. Resultaten die niet direct bijdragen aan dit onderzoek of niet significant zijn, zijn weergegeven in de appendix. Hier wordt indien nodig naar verwezen.

3.1 Bruikbaarheid van de verzamelde data

In dit onderzoek hebben 99 EDA-metingen plaatsgevonden. Van deze 99 zijn er 86 bruikbaar. Dit bedraagt 85% van de metingen. Een voorbeeld van een geslaagde meting is weergegeven in figuur 2. Het aantal metingen verkregen bij de RSME wijkt af van het aantal metingen van EDA. Er waren in totaal 89 RSME formulieren ingevuld door de leerling tegenover 70 door de docent. Deze aantallen wijken af van de 85 bruikbare EDA metingen. Per analyse is zo veel mogelijk relevante data gebruikt.

Om te kunnen beoordelen in hoeverre de bewegingen tijdens het autorijden van invloed kunnen zijn op de metingen is in de software bijgeleverd bij de Q-sensor gekeken naar de mate waarin er bewegingen geregistreerd zijn en welke maat aan deze bewegingen toegekend werd. Hieruit bleek dat vrijwel alle metingen waarden hadden tussen -2 en 2 g. Hierin waren diverse uitschieters aanwezig, maar deze bleven binnen de genoemde waarden. 1 g staat gelijk aan de versnelling die de zwaartekracht biedt. (van Eekelen, de Jong, 2008). Een tijdelijke versnelling van 2 g kan makkelijk behaald worden wanneer er een sturende beweging gemaakt wordt, maar is niet van zodanige grootte dat er mogelijk sprake is van invloed door versnelling op de verzamelde EDA-data. Een screenshot van een gedeelte van de uitslag van de versnelling zoals weergegeven door het programma Q is weergegeven in figuur 2.

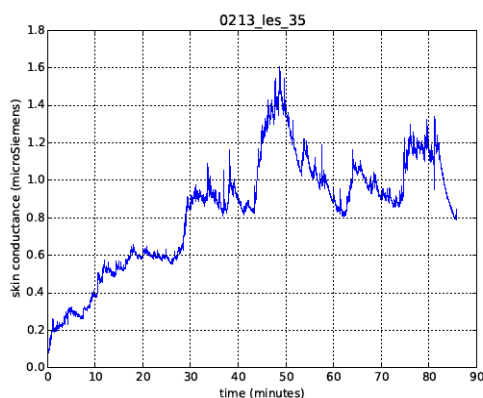


Figuur 2: Weergave van de versnellingsuitslag (g) van proefpersoon 0213 in les 29.

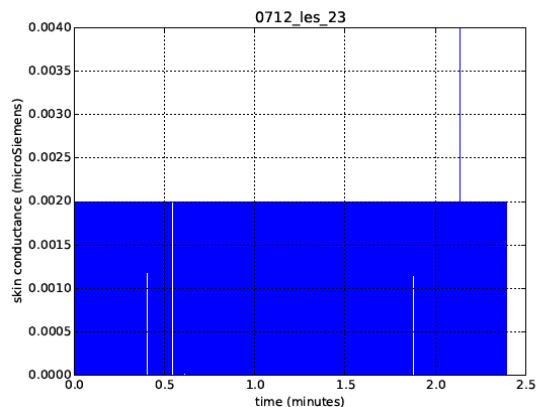
Er is beoordeeld welke EDA-metingen bruikbaar zijn door de grafieken, zoals weergegeven in Appendix 3 tm 8 te bekijken. Om te beoordelen of een meting bruikbaar is wordt er gekeken naar het signaal. Belangrijk is dat het signaal loskomt en er variatie in de grafiek aanwezig is. Ook wordt er gekeken of de waarden zoals weergegeven in de grafiek overeenkomen met de karakteristieken en verachtingen van een weergave van het SCL. Voor een correct EDA signaal is het van belang dat er ook Skin Conductance Responses (SCR) aanwezig zijn. Volgens Dawson(2007) kan er in rust minimaal 1 SCR per minuut verwacht worden. Grafieken van de SCL die hier niet aan voldoen of die hele snelle sprongen maken die niet als SCR geassocieerd kunnen foutieve metingen bevatten.

Belangrijk bij het analyseren van de grafieken is dat iedere grafiek een andere as heeft. Op deze manier kan de data zo goed mogelijk weergegeven worden, met een schaal waarin de karakteristieken per dataset het beste zichtbaar zijn. Hierdoor kan het echter lijken dat een grafiek met een zeer lage en onwaarschijnlijke waarde een geslaagde meting is.

Foutieve metingen zijn niet meegenomen in de verdere analyses. Een voorbeeld van een foutieve meting is weergegeven in figuur 3. In figuur 3 is te zien dat de waarde fluctueert tussen de 0 en 0,002 waardoor er een vierkant datablok weergegeven wordt. Dit is niet realistisch aangezien dit signaal zou betekenen dat deze persoon over een zeer laag niveau van activatie vanuit het sympathische zenuwstelsel beschikt tijdens het leren rijden. Dit is een gegeven dat niet goed strookt met de realiteit. Iedereen ervaart immers wel eens een moment van spanning, stress of warmte waardoor er meer zweet uitgescheiden wordt.



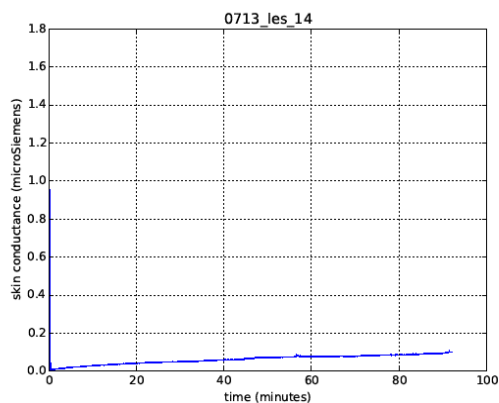
Figuur 3: Voorbeeld van een geslaagde meting



Figuur 4: Voorbeeld van een mislukte meting

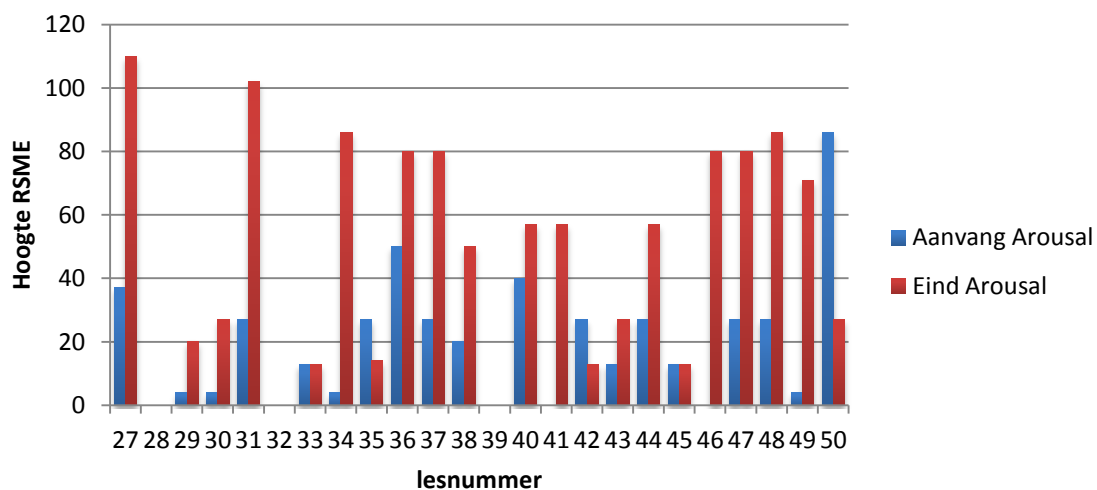
Naast een aantal foutieve metingen viel het ook op dat bij een gering aantal proefpersonen de methode van het meten van EDA niet altijd goed bleek te werken. Bij deze personen lijkt de lijn niet goed los te komen waardoor een goede meting niet mogelijk is. Dit is meerdere malen waargenomen bij proefpersoon 0713. Deze persoon lijkt weinig response te geven bij EDA-metingen. Dit is ook te zien aan het feit dat deze persoon over een verloop van 80 minuten geen enkele SCR vertoont. Zoals eerder gesteld mag er in rust al 1 SCR per minuut verwacht worden. Deze meting is zowel door het lage SCL als door het ontbreken van SCR niet geslaagd. Er is besloten om bij 0713 alleen nog bij het rijexamen te meten. Hiervoor is gekozen aangezien bij het rijexamen de druk om te presteren verhoogd wordt. Deze verhoging zou tot een grotere activatie van het sympathische zenuwstelsel kunnen leiden, waardoor de EDA-meting wellicht wel mogelijk is bij proefpersoon 0713.

Een voorbeeld van een mislukte meting waarbij de methode niet slaagt is weergegeven in figuur 4.



Figuur 5: Voorbeeld van niet bruikbare metingen

Na bruikbare EDA-metingen geselecteerd te hebben, is er gekeken naar de inschattingen van de RSME. Zowel aan het begin als aan het einde van de les. Deze inschattingen zijn vormgegeven in staafdiagrammen om een direct overzicht te geven. Deze diagrammen zijn weergegeven in Appendix 11. Een voorbeeld van deze staafdiagrammen is weergegeven in figuur 5.



Figuur 6: Weergave van de eigen inschattingen van de cognitieve belasting van proefpersoon 0213.

Na de staafdiagrammen bekeken te hebben zijn de gemiddelde waarden berekend. Deze zijn samengevat in tabel 2 .

De cognitieve belasting wordt aan het begin van de les door de leerling over het algemeen lager ingeschat dan aan het einde van de les. Opvallend is echter dat bij twee proefpersonen de situatie juist omgekeerd is. Bij persoon 0813 en bij persoon 1013 is juist het gemiddelde RSME aan het begin hoger dan aan het einde.

Naast deze omgekeerde situatie valt ook proefpersoon 1113 op. Deze persoon schat vrijwel alle metingen op hetzelfde niveau in. Hierdoor is het de vraag in hoeverre deze gegevens bruikbaar zijn. Dit zal in de discussie nog verder toegelicht worden.

Proefpersoon (aantal lessen)	Gemiddelde RSME Begin	Gemiddelde RSME Einde
0213 (20)	22	52
0712 (7)	44	83
0713(9)	27	49
0813(18)	43	39
1013 (13)	33	32
1113 (17)	24	20

Tabel 2: Gemiddelde van de inschattingen van de RSME per persoon, zowel aan het begin als einde van de rijles

3.2 Verband tussen subjectieve en objectieve inschattingen van de cognitieve belasting

Nadat de inschattingen van de RSME aan het begin van de les en het eind zijn bekeken is het interessant om te bekijken in hoeverre deze inschattingen van voorspellende waarde op elkaar kunnen zijn. Dit is getest door middel van een correlatieanalyse tussen de begin en eindwaarden van de RSME per persoon en alle personen bij elkaar genomen.

Proefpersoon	Correlatie(r) Leerling	Significantie(p) Leerling	Correlatie (r) Docent	Significantie(p) Docent
0213	-0,009	0,97	0,26	0,33
0712	0,36	0,43	0,22	0,63
0813	0,56	0,007*	0,55	0,029*
0713	0,65	0,04*	-0,26	0,62
1013	-0,30	0,32	0,26	0,44
1113	0,51	0,04*	0,59	0,025*
Samengevoegd	0,29	0,007*	0,28	0,02*

Tabel 3: Correlaties tussen de cognitieve inschattingen van de werkbelasting aan het begin en het einde van de rijles. Significante waarnemingen ($p < 0,05$) zijn gemarkeerd met *

Uit tabel 2 is af te lezen dat bij 3 van de 6 proefpersonen een positieve correlatie is gevonden die significant bevonden kan worden met een significantieniveau van $p < 0,05$. Hieronder valt ook proefpersoon 1113, die vrijwel overal dezelfde waarden ingevuld heeft. Het is dan ook geen verrassing dat voor deze persoon de begin en eindscore van voorspellende waarde op elkaar zijn. Wanneer alle metingen samengevoegd werden bleek $r = 0,29$ met $p = 0,007$. Correlaties kleiner dan 0,30 worden als een matige correlatie geclassificeerd (Moor & Maccabe, 2006). Als alle proefpersonen samengenomen worden blijkt dus dat met de beginwaarde een voorspelling gedaan kan worden over de eindscore op de RSME. Hoewel deze waarde significant is, is het een zwak verband. Er is dus een voorspellende waarde aanwezig, deze is echter niet sterk. Dit blijkt ook het geval te zijn voor de inschattingen van de cognitieve belasting van de leerlingen die de docent gemaakt heeft. Over alle metingen samen correleert dit met $r = 0,28$ en $p = 0,02$. Bij de docent is bij 2 van de 6 proefpersonen een positieve correlatie gevonden die significant bevonden kan worden met een significantieniveau van $p < 0,05$.

Een van de vragen in dit onderzoek is of subjectieve inschattingen van de cognitieve belasting overeenkomen met objectieve data over de cognitieve belasting. De manier om deze vraag te kunnen beantwoorden is door de gemiddelde EDA waarde per les te correleren met de gemiddelde waarde van de RSME. Een correlatie tussen deze twee variabelen toont aan dat er geen verband bestaat. De correlatie tussen het gemiddelde SCL en de gemiddelde RSME zoals ingeschat door de

leerling bedroeg $r = -0,005$ met $p = 0,96$. Voor de inschattingen van de RSME van de docent bleek $r = 0,002$ met $p = 0,99$. Voor zowel de docent als de leerling geldt dat de subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting niet overeenkomen met het gemiddelde SCL zoals gemeten in dit onderzoek.

Om er zeker van te zijn dat deze bevinding juist is, is er ook op persoonlijk niveau een correlatieanalyse uitgevoerd. De correlaties met bijbehorende significantieniveaus zijn weergegeven in tabel 3.

Proefpersoon	Correlatie(r)	Significantie(p)	Correlatie (r)	Significantie(p)
	Leerling	Leerling	Docent	Docent
0213	0,22	0,35	0,078	0,77
0712	0,90	0,006*	0,93	0,002*
0813	-0,29	-0,031	0,19	0,91
0713	0,64	0,057	0,53	0,26
1013	-0,24	0,43	-0,42	0,20
1113	0,17	0,52	-0,10	0,73
Samengevoegd	-0,005	0,95	0,002	0,99

Tabel 4: Correlaties tussen SCL en RSME inschattingen van zowel leerling als docent. Significante waarnemingen ($p < 0,05$) zijn gemarkeerd met *

Uit tabel 3 is af te lezen dat bij proefpersoon 0712 sprake is van een significante correlatie tussen SCL en RSME voor zowel de inschattingen van de docent als van de leerling. Wel beschikt deze proefpersoon maar over 7 metingen, wat het gegeven minder betrouwbaar maakt. Dit zal verder worden besproken in de discussie sectie. De rest van de gegevens uit tabel 3 komen overeen met de eerder beschreven correlatie tussen SCL en RSME over alle metingen samengenomen.

Tijdens dit onderzoek hebben zowel de leerling als de docent aan het begin en het eind van de les ingeschat hoe cognitief belast zij dachten dat de leerling was. Hierbij ontstaat de vraag of de docent en de leerling de cognitieve belasting hetzelfde inschatten. Dit is getoetst door de ingevulde waarden van de leerling te correleren met die van de docent. Wanneer er naar alle metingen gekeken wordt blijkt hieruit $r = 0,75$ met $p < 0,0005$ bij $N = 70$. De waarden die de docent aan een meting geeft staan dus een duidelijk in verband met de inschattingen die de leerling zelf maakt. In tabel 4 zijn per persoon de gemiddelde RSME-waarden vergeleken. De correlaties tussen begin docent-leerling en eind docent-leerling zijn weergegeven in Appendix 9.

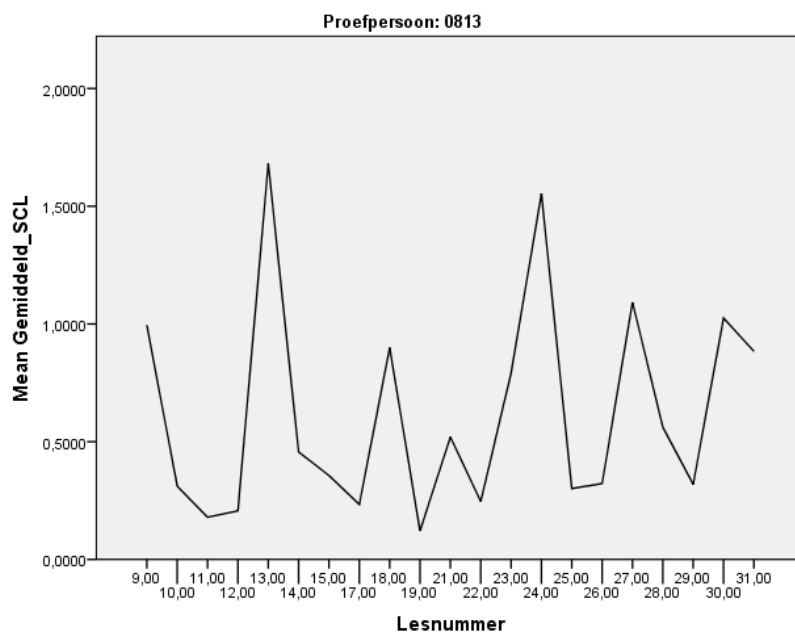
Proefpersoon	Correlatie (r)	Significantieniveau (p)	Aantal metingen (N)
0213	0,66*	0,005	16
0712	0,91*	0,005	7
0713	0,29	0,57	6
0813	0,86*	<0,0005	16
1013	0,45	0,16	11
1113	0,46	0,10	14
Totaal	0,75*	<0,0005	70

Tabel 5: Correlaties tussen inschattingen van de cognitieve belasting van docent en leerling. Significante waarnemingen ($p < 0,05$) zijn gemarkeerd met *

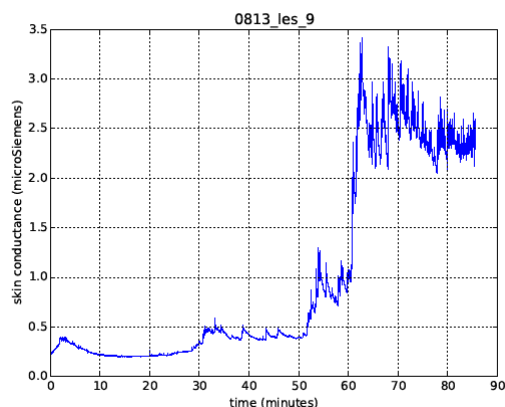
Uit tabel 4 blijkt dat bij 3 van de 6 proefpersonen een lineair verband aan te tonen was tussen de inschattingen van de docent en de inschattingen van de leerling. Dit houdt in dat de docent goed in staat was om bij deze leerlingen de staat van belasting in te schatten. Wanneer naar de tabellen in Appendix 9 gekeken wordt, valt het op dat de docent vooral bij aanvang van de les goed in staat was in te schatten hoe belast de leerling zich voelde.

3.3 Habituaie

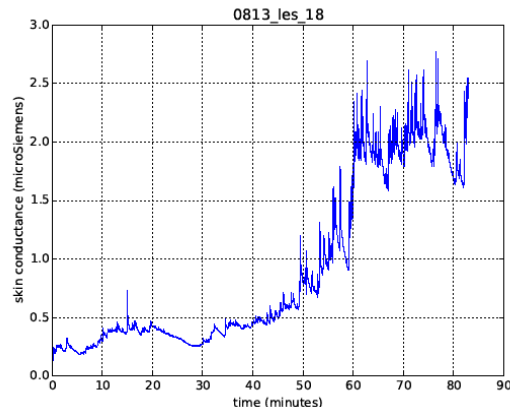
Aangezien er naar lerende bestuurders wordt gekeken is het interessant om te onderzoeken in hoeverre er sprake is van habituaie(gewenning) tijdens het traject van leren rijden. Hier is naar gekeken door een les aan het begin van het traject, het midden, en een les voor het uiteindelijke examen te bekijken. Allereerst is er op visueel niveau naar deze data gekeken. Hiervoor zijn grafieken gegenereerd in SPSS die per les weergeven hoe hoog het gemiddelde SCL was. Uit deze grafieken is duidelijk te zien dat er geen verschil is tussen begin en eind in de hoogte van het gemiddelde SCL. Alle grafieken zijn weergegeven in Appendix 10. Een voorbeeld van deze grafieken is weergegeven in figuur 6 waaruit duidelijk blijkt dat er geen sprake is van habituaie bij proefpersoon 0813. Ook wanneer er naar de figuren van het SCL per les wordt gekeken, zoals weergegeven in Appendix 3 tm 8, zijn er geen grote verschillen door de tijd zichtbaar. Ter illustratie zijn er van proefpersoon 0813 in figuur 6, 7 en 8 voorbeelden gegeven van het verloop van de SCL bij een les aan het begin, midden en einde van het voltraject.



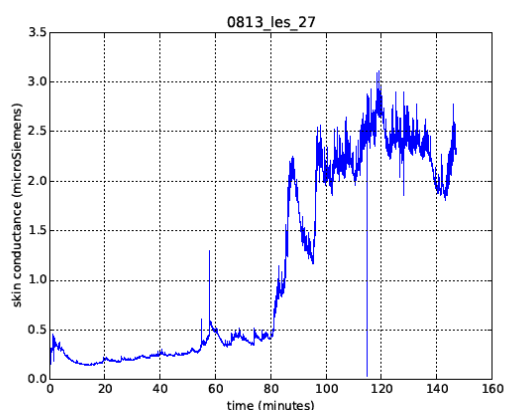
Figuur 7: Grafiek van de gemiddelde SCL per les. Het is duidelijk te zien dat er geen afnemende trend in de hoogte van de SCL aanwezig is bij proefpersoon 0813



Figuur 8: EDA weergave persoon 0813 begin rijlessen



Figuur 9: EDA weergave persoon 0813 midden rijlessen



Figuur 10: EDA weergave persoon 0813 eind rijlessen

Wanneer er naar deze drie grafieken gekeken wordt valt het op dat ook hier geen grote verschillen in hoogte van SCL aanwezig zijn. Deze trend is ook van toepassing op de andere proefpersonen in dit onderzoek en om deze reden niet verder weergegeven in deze resultatensectie. De resterende visuele weergave van de data in de vorm van grafieken zijn weergegeven in Appendix 10.

3.4 Vergelijking reguliere rijles met het rijexamen

Een volgend vraagstuk is of men tijdens het rijexamen zwaarder cognitief belast is dan tijdens een reguliere rijles. Tijdens een rijexamen zijn leerlingen toch geregeld zenuwachtig en meer gespannen dan tijdens de rijles het geval kan zijn. Om te onderzoeken in hoeverre dit effect daadwerkelijk optreedt, is er gebruik gemaakt van de gemiddelde waarden van de RSME en het SCL per persoon (examen data buitengelaten). Deze data is vervolgens vergeleken met de data die verkregen is tijdens het daadwerkelijke examen. De data die hiervoor gebruikt is, staat weergegeven in tabel 5.

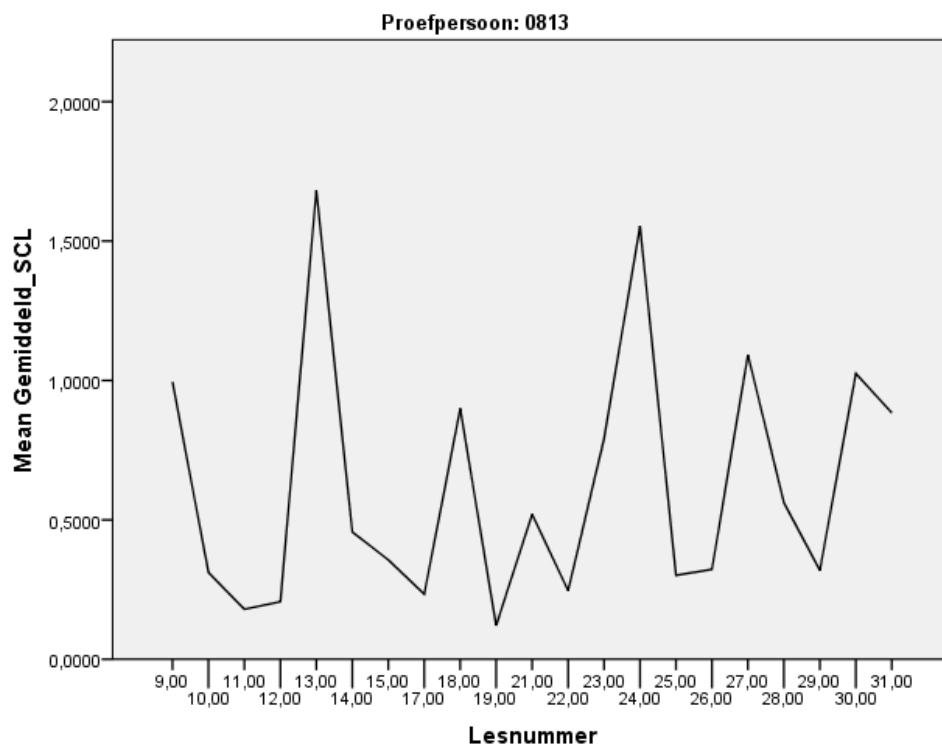
Proefpersoon	Gemiddeld EDA (mS)	Gemiddelde RSME	Gemiddeld EDA Examen (mS)	Gemiddelde RSME Examen
0213	1,21 mS	35,97	1,90 mS	56,50
0712	1,20 mS	65,08	1,16 mS	54,00
0713	0,41 mS	38,00	0,33 mS	80,00
0813	0,61 mS	41,81	0,88 mS	61,00
1013	1,72 mS	34,00	2,69 mS	13,00
1113	0,93 mS	22,56	1,55 mS	13,00

Tabel 6: Gemiddelde EDA per proefpersoon

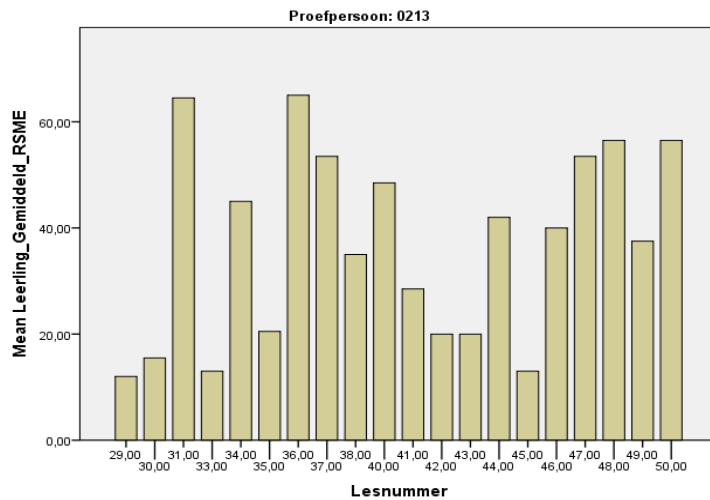
Wanneer er naar tabel 5 gekeken wordt lijkt het op het oog alsof de hoogte van de SCL bij het examen inderdaad hoger uitvalt dan bij de reguliere lessen. Alleen bij proefpersonen 0712 en 0713 is dit niet het geval. Bij de cognitieve inschattingen blijkt de helft van de proefpersonen zich meer belast te voelen dan gemiddeld bij de reguliere lessen. Belangrijk bij het gebruik van gemiddelden is echter dat eventuele patronen en uitschieters niet meer zichtbaar zijn. Om de trends te bekijken is wederom gebruik gemaakt van de grafieken zoals weergegeven in appendix 3 tm 8 en 10. Ter illustratie is er gebruik gemaakt van figuur 10 en 11.

In figuur 10 is de hoogte van de SCL per les uitgezet tegen de tijd. Het laatste lesnummer is hierbij het examen. Wanneer er op deze manier naar data gekeken wordt, is wellicht niet te concluderen dat er een verschil aanwezig is tussen reguliere lessen en examens. In tegenstelling tot tabel 4 doet figuur 10 vermoeden dat er juist geen verschil aanwezig is, dit omdat er al eerder al vergelijkbare pieken aanwezig zijn, en er sprake is van een grote schommeling per les. Deze bevindingen komen overeen voor alle proefpersonen.

Vergelijkbaar met figuur 10, is figuur 11. In figuur 11 is de hoogte van de gemiddelde RSME uitgezet tegen de tijd. Hierbij is wederom het laatste lesnummer het examen. Ook deze grafieken spreken, net als bij figuur 10 het geval was, de gegevens uit tabel 4 in zekere mate tegen. De grafieken van de overige proefpersonen zijn weergegeven in appendix 10.



Figuur 11: gemiddelde SCL van proefpersoon 0813 per rijles tijdens het gehele leertraject.



Figuur 12: Gemiddelde RSME inschatting van proefpersoon 0213 per les gedurende het gehele leertraject

Bij het bekijken van alle RSME inschattingen van de leerlingen, valt het op dat bij proefpersoon 0213 de inschattingen bij aanvang van de les aanzienlijk hoger zijn bij het rijexamen dan bij een reguliere les. De grafiek hiervan is weergegeven in figuur 5. De andere proefpersonen vertonen echter geen opvallende begin en eindwaarden op de RSME bij het rijexamen. Ook het verschil tussen begin en eind inschatting lijkt alleen significant bij proefpersoon 0213. De staafdiagrammen begin-eind RSME zijn weergegeven in Appendix 11.

4. Discussie

Om de verschillende onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is er gebruik gemaakt van een ideografische onderzoeksopzet (Picard, 2009). Dit houdt in dat er een klein aantal personen gedurende het gehele traject van leren rijden gevolgd zijn. Aangezien het meten van fysiologische data per persoon per dag kan verschillen is door gebruik te maken van deze methode rekening gehouden met de variabiliteit en complexiteit van EDA. Naast rekening houden met complexiteit was deze methode ook minder belastend voor de rijinstructeur en kan op kleine schaal goed bekeken worden of de onderzoeksopzet en methode toepasbaar zijn op vervolgonderzoeken.

4.1 Resultaten

Kwaliteit van de verzamelde data

De objectieve maat van cognitieve werkbelasting werd gemeten met gebruik van EDA door middel van de Q-sensor. De literatuur deed vermoeden dat het gebruiken van de pols als meetlocatie geen problemen met zich mee zou brengen (Poh et al. 2010). De resultaten van dit onderzoek hebben dit gegeven bevestigd. De sensor geeft geen significante uitslag door bewegingen tijdens het rijden, zoals ook verwacht aan de hand van onderzoek van Setz (2011). De Q-sensor kan dus gebruikt worden om EDA data te verzamelen tijdens het leren rijden en SCL kan gebruikt worden om de cognitieve werkbelasting te meten. Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Mehler, Reimer & Coughlin (2012) die aantoonde dat het SCL toeneemt wanneer er een taak uitgevoerd wordt die hogere eisen stelt aan de mentale belasting van een persoon. Het SCL kan volgens hen gebruikt worden om onderscheid te maken tussen takken van verschillende niveaus van belasting. Het SCL, zoals gebruikt in deze studie, is dus een goede maat om inschattingen over de cognitieve belasting van de leerlingen te maken.

De subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting zijn vergaard door middel van de Rating Scale of Mental Effort (RSME) (Zijlstra, 1985). Het gebruik van de Rating Scale of Mental Effort werd als prettig ervaren. Het is een medium dat weinig tijd van de instructeur en de proefpersonen in beslag neemt. Uit de resultaten is gebleken dat de RSME goed gebruikt kan worden om de subjectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting tijdens het leren rijden te meten. Dit komt overeen met het onderzoek van Verwey en Veltman (1996).

Er is echter wel een kanttekening bij het gebruik van de RSME gebleken in dit onderzoek. Zo heeft Proefpersoon 1113 bij vrijwel elke les zowel bij aanvang als na afloop dezelfde waarden ingevuld. De vraag bij deze resultaten is in hoeverre ze ontstaan zijn omdat de proefpersoon de opdracht niet begreep, omdat hij/zij er geen interesse voor had of omdat hij/zij dit daadwerkelijk ervaren heeft.

Verband subjectief – cognitief

Uit de resultatensectie is gebleken dat er geen verband aanwezig was tussen de subjectieve inschattingen en de objectieve gegevens van de cognitieve werkbelasting. Dit is in overeenstemming met het metaonderzoek van Campbell en Ehlert (2012) waaruit bleek dat hoewel het logisch lijkt dat de fysiologische en emotionele/subjectieve ervaringen met elkaar overeenkomen, dat dit verband niet vanzelfsprekend is. Voor zowel de inschattingen van leerling als docent is in dit onderzoek geen verband met het objectief verkregen SCL aangetoond.

Wanneer per proefpersoon gekeken werd was er een proefpersoon aanwezig waarbij er wel een significant verband bleek. Dit was bij proefpersoon 0712 het geval. Deze proefpersoon beschikte echter maar over 7 metingen. Dit is minder dan bij andere proefpersonen zoals 0213 het geval was.

Een verschil in het aantal lessen veroorzaakt mogelijk het verschil in uitkomst. Zoals eerder omschreven betreft het hier een ideografisch onderzoek waarbij proefpersonen gedurende lange tijd gevolgd worden. Proefpersoon 0712 is relatief niet lang gevolgd, waardoor de individuele verschillen per persoon wellicht minder goed gecompenseerd/gemiddeld zijn dan bij de proefpersonen die over meer metingen beschikken het geval was. Aangezien het niet duidelijk is in hoeverre er uitspraken gemaakt mogen worden op basis van deze gegevens, is het aan te raden in een vervolgstudie nogmaals het verband tussen subjectieve en objectieve inschattingen van de cognitieve werkbelasting te analyseren.

Het tweede element in deze onderzoeksvraag betreft de mate waarin de leerling en docent dezelfde inschattingen over de cognitieve werkbelasting van de leerling maken. Uit de resultaten blijkt dat de instructeur goed in staat was om de cognitieve belasting van de leerlingen in te schatten op het niveau dat de leerlingen dit zelf ook deden. Hierbij viel op dat de docent vooral voordat de rijles begon de leerlingen goed in kon schatten. Uit onderzoek van Victoir (2004) blijkt een positieve correlatie tussen inschattingen van de docent en leerling aanwezig te zijn van $r=0,43$, $p<0,001$ en $r=0,28$, $p<0,05$. Dit is volgens Moor & Maccabe (2006) een matige correlatie waar degene aanwezig in dit onderzoek een hoge correlatie betrof. De resultaten van dit onderzoek komen dus overeen met de literatuur, maar bevatten hogere waarden. Dit verschil in waarden zou ontstaan kunnen zijn door de kleinere onderzoeksopzet, de gebruikte instructeur kan bijvoorbeeld bovengemiddeld scoren op het inschatten van haar leerlingen.

Aanwezigheid habituatie

Habituatie kan van invloed zijn op de cognitieve werkbelasting (Collet, Clarion, Morcel, Chapon, Petit, 2009). Door een handeling vaak te herhalen treedt habituatie op (Joshua, Lacono, Malone, 2013). De verwachting met betrekking tot habituatie was dat er habituatie plaats zou vinden gedurende het leertraject. Wanneer leerlingen wennen aan de omstandigheden en handelingen autonoom ervaren worden, zou de cognitieve belasting afnemen (Verwey, 2004). Uit de resultaten bleek echter dat er geen habituatie plaats heeft gevonden bij de deelnemers van dit onderzoek.

Er was geen verschil in SCL waarneembaar tussen het begin, midden, en einde van het leertraject. Ook grafieken die de gemiddelde waarde van het SCL door verloop van tijd tonen, geven aan dat er geen sprake is van habituatie. De grafieken vertonen variatie, waarin geen afnemende trend zichtbaar is. Dit gegeven gaat tegen verwachtingen en bestaande onderzoeken naar cognitieve belasting in het verkeer in (Verwey, 2004). Een variabele die mogelijk van invloed zou kunnen zijn is het feit dat de proefpersonen in dit onderzoek nog lerende zijn en niet genoeg ervaring hebben om de handeling van autorijden autonoom te laten worden. Om deze hypothese te bevestigen is onderzoek naar het optreden van habituatie tijdens het leren rijden nodig.

Verskil reguliere rijles - rijexamen

Uit de resultaten blijkt dat er een lichte verhoging in de rapportage van de cognitieve belasting tijdens het rijexamen ten opzichte van een reguliere rijles is waargenomen. Hierbij moet er echter wel rekening gehouden worden met het feit dat er met gemiddelde waarden gewerkt is. Door gebruik te maken van gemiddelden wordt de weergave van uitschieters of eventuele trends verhinderd. Een van de proefpersonen vertoonde in de zijn staafdiagram waarin begin-eind inschattingen was waargegeven een erg hoge cognitieve belasting bij aanvang van het examen. Dit bleek echter alleen bij proefpersoon 0213 het geval te zijn. De overige proefpersonen vertoonden

geen significant verschil tussen rijles en rijexamen wanneer er gekeken wordt naar de verschillscore op de RSME.

Deze bevindingen komen niet overeen met de literatuur (Hamsul, Khairunnisa, Ng, Syah, 2014)(Benoit, Esa, Ralph, 2001), waarin aangenomen wordt dat men in moeilijke situaties en tijdens het examen een hogere cognitieve belasting en arousal ondergaat. Ook komen deze resultaten niet overeen met de algemene indruk en persoonlijke ervaringen dat vrijwel iedereen extra belast is tijdens het rijexamen. Gezien de hoeveelheid literatuur en de ervaringsgebonden verwachtingen over het rijexamen niet overeenkomen met de resultaten van dit onderzoek, zijn er wellicht verschillende factoren die bijdragen aan het feit dat in dit onderzoek geen effect gevonden is. Allereerst is het een mogelijkheid dat deze leerlingen minder druk ervaren dan verwacht wanneer naar de gemiddelde populatie gekeken wordt. De proefpersonen waren dan niet representatief voor de populatie. Dit gegeven kan gemakkelijk onderzocht worden door dezelfde onderzoeksmethode te hanteren op een grotere onderzoekspopulatie.

Ook de omgeving kan van invloed zijn geweest op de uitkomsten van dit onderzoek. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de gemiddelde waarde van het SCL. Deze maat staat echter onder invloed van diverse factoren zoals omgevingstemperatuur (Boucsein, 2012). Wanneer de temperatuur hoger wordt, neemt het gemiddelde SCL toe. Er wordt in dit onderzoek niet gecompenseerd voor temperatuur waardoor het voor kan komen dat er een hogere SCL waarde geregistreerd wordt terwijl er niet meer cognitieve werkbelasting aanwezig was. Wanneer er een andere maat gebruikt zou worden zoals het aantal SCR per minuut, worden de invloeden van de omgeving beperkt (Dawson, Schnell, Fillion, 2007). Wanneer mensen zenuwachtiger zijn, en zich dus meer cognitief belast voelen dan wanneer ze geen extra druk ervaren zullen er meer SCR per minuut voorkomen(Dawson, Schnell, Fillion, 2007). Door gebruik te maken van deze maat worden de omgevingsinvloeden zoals temperatuur niet meegenomen. Een nadeel van het gebruik van SCR als maat is dat het een moeilijkere maat is om mee te rekenen (Fowles, Roberts & Nagel, 1977).

4.2 Beperkingen

Er zijn enkele beperkingen in dit onderzoek aanwezig geweest waar rekening mee gehouden dient te worden. Allereerst kunnen deze resultaten niet gegeneraliseerd worden naar de populatie van mensen die leren rijden. Dit onderzoek heeft gebruik gemaakt van weinig proefpersonen met een ideografisch ontwerp. De nadruk lag op het onderzoeken in hoeverre de gebruikte methodes handzaam zijn en of het haalbaar is om leerlingen tijdens het gehele proces van leren rijden te volgen.

Hoewel er gebruik is gemaakt van verschillende technieken om de data te analyseren zijn er andere manieren waarop naar de data gekeken kan worden. Zo is er in dit onderzoek gekozen voor het SCL vanwege het gemak en de handzaamheid van deze maat. Echter zou ook met de skin conductance response (SCR) gewerkt kunnen worden(Boucsein, 2012). Wanneer de SCR gebruikt wordt als maat voor de cognitieve belasting SCR wordt er gekeken naar hoeveel SCR aanwezig zijn binnen een minuut. Hoe hoger dit aantal, hoe groter de arousal en dus de ervaren cognitieve belasting (Boucsein, 2012). Er is geen gebruik gemaakt van de SCR aangezien dit bewerkelijker is in de dataverwerking dan het gebruik van het gemiddelde SCL. Ook zou het SCL volgens de literatuur voldoende betrouwbare en bruikbare data opleveren. (Mehler, Reimer & Coughlin, 2012) (Walin, 1981) (Raskin, 1973)

Een andere beperking in dit onderzoek zijn de foutieve metingen die ontstaan zijn tijdens het verzamelen van de data. Een van de mogelijke oorzaken van deze foutieve metingen kan zijn dat de huidige methode van dataverzameling als belastend ervaren wordt door de rijsschool. Hoewel niet tijdrovend, moet iedere les aandacht besteed worden aan het correct bedienen van de Q-sensor en het invullen van de RSME. Hierdoor kan het zijn dat er metingen niet genoteerd zijn of dat de Q-sensor niet geactiveerd werd tijdens een les. Het ontbreken van lessen in de data heeft de betrouwbaarheid van de data verminderd. De kracht van een ideografisch ontwerp is dat een klein aantal personen gedurende langere tijd (het gehele leertraject) gevolgd worden. Wanneer dit niet het geval is kunnen eventuele ontwikkelingen in het leerproces niet goed bestudeerd worden en wordt er minder goed gecompenseerd voor persoonlijke verschillen per meting (Picard, 2009). Dit draagt eraan bij dat de data minder betrouwbaar is en er minder betrouwbare conclusies volgen.

Voor dit onderzoek is een programma geschreven in de programmeertaal Python. Dit programma leest alle verzamelde EDA-data in, maakt hier grafieken van en slaat per les het gemiddelde SCL op. Voor een vervolgonderzoek is het aan te raden om dit programma verder uit te breiden zodat ook statistische analyses in hetzelfde programma plaatsvinden. Ook kunnen analyse methodes die het aantal SCR per minuut berekenen worden toegevoegd. Op deze manier kan het gebruik van SCL tegenover het gebruik van SCR gemakkelijk met elkaar vergeleken worden. Wanneer deze zaken in het script verwerkt worden beschikt men altijd over de meest recente en correcte berekeningen en worden menselijke fouten die gemakkelijk gemaakt worden wanneer men data met de hand aan moet passen vermeden.

4.3 Vervolgonderzoek

De resultaten van dit onderzoek geven aanleiding tot verdere studies. Er is aangetoond dat de gehanteerde methode bruikbaar is en data oplevert dat zich leent voor verder onderzoek. Hierbij is het aan te raden te onderzoeken of er nog verbeteringen mogelijk zijn binnen de gebruikte methode. Zo zou het gebruiken van het aantal SCR per minuut wellicht een betere maat voor de cognitieve belasting kunnen zijn dan het gebruiken van het gemiddelde SCL. De resultaten zijn zodanig betrouwbaar dat wanneer de effectiviteit van SCR tegenover SCL onderzocht wordt, de methode zoals gebruikt in dit onderzoek verder toegepast kan worden op een grotere populatie. Door het onderzoek op een grotere populatie te betrekken, kunnen er betere uitspraken gedaan worden over de cognitieve belasting tijdens het leren rijden.

Afgezien van de verbeteringen in de gebruikte methode zijn er diverse onderwerpen die uitgediept kunnen worden in vervolgonderzoeken. Zo waren er in dit onderzoek proefpersonen met een aandacht-en/of psychische stoornis aanwezig. In dit onderzoek is geen onderscheid gemaakt tussen leerlingen. Er is geen rekening gehouden met mogelijke diagnosticeringen en de effecten hiervan op EDA en de cognitieve werkbelasting. In een vervolgstudie is het interessant om te onderzoeken in hoeverre deze stoornissen van invloed zijn op de EDA en cognitieve werkbelasting van deze leerlingen tijdens het rijden. Eventuele gevolgen hiervan zouden zijn dat wanneer er een verschil blijkt, leerlingen beter ondersteund kunnen worden wanneer er meer informatie over het leren rijden met een aandacht-en/of psychische stoornis bekend is.

Opvallend in de resultaten was dat de instructeur goed in staat bleek om de subjectieve cognitieve belasting van de leerling in te schatten. De docent maakte over het algemeen inschattingen die dicht bij de inschattingen van de leerling lagen. Aangezien de precisie waarmee dit gebeurde opvallend

hoger was dan bleek uit andere studies is het interessant om dit gegeven nogmaals te onderzoeken. Was de instructrice uit deze studie een expert in het inschatten van emotionele stemmingen en opwindings/belasting of zijn alle instructeurs hier beter toe in staat dan momenteel bekend? Hierover is relatief weinig bekend in de literatuur wat verder onderzoek over dit onderwerp wenselijk maakt.

Er bleek in dit onderzoek geen sprake te zijn van habituatie. Dit komt echter niet overeen met de literatuur en de verwachting dat rijden met verloop van tijd grotendeels een automatisch proces wordt. Hierdoor is het aan te raden in een vervolgonderzoek wederom habituatie tijdens het leren rijden te bestuderen. Wanneer hierbij ook gebruik maakt van zowel het gemiddelde SCL als het aantal SCR per seconden kan direct vergeleken worden of de in dit onderzoek gebruikte proefpersonen afwijken van de populatie van studenten die leren rijden.

5. Conclusie

Deze studie onderzocht de mogelijkheden van het gebruik van fysiologische metingen tijdens het leren autorijden en het mogelijke verband tussen subjectieve en objectieve weergaven van de cognitieve werkbelasting. Dit is onderzocht door 6 personen gedurende het gehele traject van leren rijden te volgen door middel van objectieve (EDA) en subjectieve middelen (RSME) om de cognitieve belasting te meten. Zowel de leerling als de instructeur hebben hierbij inschattingen gemaakt over de cognitieve belasting van de leerling per les.

Er is bevonden dat het gebruiken van EDA met de gehanteerde methode een succesvolle manier is om de leerlingen gedurende het leerproces te volgen. Hierbij is het echter wel aan te raden bij een vervolgonderzoek het gebruik van SCL te vergelijken met het gebruik van SCR tijdens de dataverwerking. De RSME bleek een goede maat voor het meten van inschattingen van de cognitieve werkbelasting.

De resultaten toonden geen verband aan tussen subjectieve inschattingen en objectieve metingen van de cognitieve werkbelasting. Over de aanwezigheid van een dergelijk verband is in de literatuur discussie (Het et al, 2012) (Oldehinkel et al., 2011) (Campbell en Ehlert, 2012).

Ook bleek er in dit onderzoek geen sprake te zijn van habituatie. Dit gegeven is niet in overeenstemming met verwachtingen en eerdere literatuur (Verwey, 2004), waardoor vervolgonderzoek dat zich nogmaals richt op dit fenomeen tijdens het leren rijden wenselijk is.

Er is geen verschil aangetoond in objectieve en subjectieve cognitieve belasting tussen een reguliere rijles en het rijexamen. Dit gegeven komt niet overeen met de bestaande literatuur (Hamsul, Khairunnisa, Ng, Syah, 2014) (Benoit, Esa, Ralph, 2001) en verwachtingen, waardoor vervolgonderzoek op dit onderwerp met de huidige onderzoeksopzet wenselijk is.

Er is gebleken dat de instructeur goed in staat was om de cognitieve belasting zoals ervaren door de leerling in te schatten. De resultaten in dit onderzoek waren hoger dan aangetoond in de literatuur (Victoir, 2004). Dit verschil in waarden kan haar oorsprong vinden in de gehanteerde onderzoeksopzet. Een vervolgonderzoek dat meerdere rijinstructeurs met elkaar vergelijkt kan onderzoeken in hoeverre de gebruikte rijinstructrice bovengemiddeld heeft gepresteerd.

De resultaten van dit onderzoek zijn van toevoeging aan de huidige onderzoeken over het gebruik van EDA in het verkeer. De gehanteerde methode van dataverzameling bleek succesvol. Gezien de ideografische opzet van dit onderzoek zijn de resultaten bruikbaar, maar dienen ze met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. De resultaten dienen niet ter generalisatie naar een populatie, maar dienen als houvast voor verder onderzoek. De bevindingen, conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek onderstrepen het belang en de relevantie van dit onderzoek.

6. Referenties

- Boer, E. R., Houdemaeker, M., (1998) Modeling driver behaviour with different degrees of automation: A Hierarchical Decision Framework of Interacting Mental Models. *Conference on human decision making and manual control*, Valenciennes, December 14-16, 1998
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity* (2nd ed.). Boston, MA: Springer; Springer US.
- Brookhuis, K.A. and De Waard, D., 2001. Assessment of drivers' workload: performance and subjective and physiological indexes. In: P.A. Hancock and P.A. Desmond, eds. *Stress, workload, and fatigue*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 321–333.
- Campbell, J., & Ehler, U. (2012). Acute psychosocial stress: Does the emotional stress response correspond with physiological responses?. *Psychoneuroendocrinology*, 37(8), 1111-1134.
- Collet, C., Clarion, A., Morel, M., Chapon, A., Petit, C. (2009) Psychological and behavioural changes associated to the management of secondary tasks while driving. *Applied Ergonomics*, 40(6), 1041-1046.
- Dawson, M.E., Schell, A.M., Filion, D. (2007). The electrodermal system. In Cacioppo, J.T., Tassinary, L.G., Berntson, G.G. (2007). *Handbook of Psychophysiology* (3rd ed., pp. 159-181). Cambridge: Cambridge University Press
- Dugué, B., Leppänen, E., Gräsbeck, R., (2001). The driving license examination as a stress model: Effects on blood picture, serum cortisol and the production of interleukins in man. *Life Sciences*, 68, 1641–1647.
- Eekelen, van, G.C.M., Jong, de, R. e.a. (2008) *Systematische Natuurkunde kernboek*. 1e druk. ThiemeMeulenhoff bv.
- Fowles, D. C., Roberts, R., & Nagel, K. E. (1977). The influence of introversion/extraversion on the skin conductance response to stress and stimulus intensity. *Journal of Research in Personality*, 11(2), 129-146.
- Gog, van T., Kirschner, F., Kesster, L., Paas, F., (2012). Timing and Frequency of Mental Effort Measurement: Evidence in Favour of Repeated Measures, *Applied Cognitive Psychology*, 26, 833-839
- Gopher, D., Donchin, E., Workload – an examination of the concept, in: K.R. Boff, L. Kaufman, J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance, Cognitive Process and Performance*, vol. II, Wiley Interscience, New York (1986), pp. 41-1–41-49

- Henriques, R., Raiva, A., Antunes, C., (2013) Accessing Emission Patterns from Affective Interactions using Electrodermal Activity, *Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 43-48) DOI 10.1109/ACII.2013.14
- Hogervorst, M.A., Brouwer, A., Vos, W.K., (2014?). *Psychological correlates of stress in individuals about to undergo eye laser surgery*, TNO soesterberg.
- Isen, J., D., Iacono, W., G., Malone, S., M., (2013) Characterizing electrodermal response habituation: A latent class approach with application to psychopathology. *Psychopathology*, 50(10). 954-962.
- Jennings, J. R. (1986). Bodily changes during attending. In M. G. H. Coles, E. Donchin, & S. W. Porges (Eds.), *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications* (pp. 268–289). New York: Guilford Press.
- Jerritta, S., Murugappan, M., Nagarajan N., Wan K., (2011) “Physiological signals based human emotion recognition: a review,” in *CSPA, IEEE 7th International Colloquium on*, 2011, pp. 410–415.
- Kirschner, P. A. (2002) Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12, 1–10.
- Mehler, B., Reimer, B. & Coughlin, J.F (2012). Sensitivity of physiological measures for detecting systematic variations in cognitive demand from a working memory task: An on-road study across three age groups. *Human Factors and Ergonomics Society*, 54(3), 396-412
- Moore, D.S., McCabe, G.P. *Statistiek in de Praktijk*, 5^e druk. Schoonhoven: Academic Service, 2006.
- Munro, L. L., Dawson, M. E., Schell, A. M., & Sakai, L. M. (1987). Electrodermal lability and rapid performance decrement in a degraded stimulus continuous performance task. *Journal of Psychophysiology*, 1, 249–257.
- Picard, R. W. (2009). Future affective technology for autism and emotion communication. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3575–3584.
- Poh, M.Z.; Swenson, N.C.; Picard, R.W. A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 2010, 57, 1243–1252.
- Raskin, D. C. Attention and arousal. In W. F. Prokasy and D. C. Raskin (Eds.), *Electrodermal activity in psychological research*. New York: Academic Press, 1973.
- Reimer, B., Coughlin, J.F., and Mehler, B., 2009a. Development of a driver aware vehicle for monitoring, managing & motivating older operator behavior. In: *Proceedings of ITS America's 2009 Annual Meeting*, Intelligent Transport Society of America, Washington, DC.
- Rigas, G., Goletsis, Y., Fotiadis, D.I., 2012. Real-Time Driver's Stress Event Detection. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 13(1), 221-234
- Setz, C., Gravenhorst, F., Schumm, J., Arnrich, B., Tröster, G., 2011. Towards long term monitoring of electrodermal activity in daily life, *Pers Ubiquit Comput*, DOI: 10.1007/s00779-011-0463-4

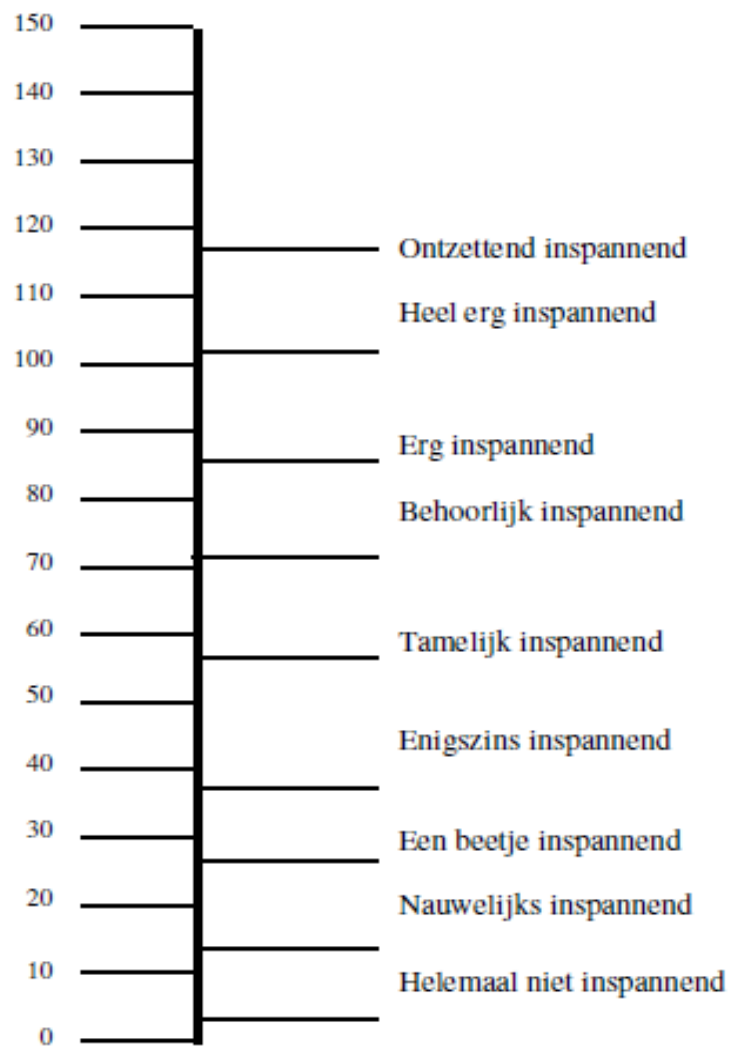
- Shamsul, B.M.T., S. Khairunnisa, Y.G. Ng and M.Y.I. Syah, 2014. Stress; the vulnerability and association with driving performance. *American Journal of Applied Sciences.*, 11: 448-454.
- Sharma, N., & Gedeon, T. (2012). Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. *Computer methods and programs in biomedicine*.
- Stedmon, A.W., Carter, C., and Bayer, S.H., 2001. Baseline behavior: driving towards more realistic simulations? In: D. Harris, ed. *Engineering psychology and cognitive ergonomics*. Vol. 5. Burlington: Ashgate, 415–423.
- Teigen, K. H. (1994). Yerkes-Dodson: A law for all seasons. *Theory Psychology*, 4(4), 525–547.
- Tomporowski, P.D. (2003). Performance and Perceptions of Workload among Young and Older Adults: Effects of Practice During Cognitively Demanding Tasks. *Educational Gerontology*, 29, 447-466
- Ünal, A.B., Waard, de D., Epstude, K., Steg, L., (2013). Driving with music: Effects on arousal and performance
- Verwey, W., B., Veltman, H., A., (1996) Detecting Short Periods of Elevated Workload: A Comparison of Nine Workload Assessment Techniques. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(3), 270-285.
- Verwey, W.B. (2000). On-line driver workload estimation. Effects of road situation and age on secondary task measures. *Ergonomics*, 43(2), 187-209.
- Victor, A., Eertmans, A., Berg, van den, O., Broucke, van den, S. (2005). Learning to drive safely: Social-cognitive responses are predictive of performance rated by novice drivers and their instructors. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(1), 59-74.
- Waard, de D., 1996. The Measurement of Drivers' Mental Workload. PhD thesis. University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- Wallin, B. G. (1981). Sympathetic nerve activity underlying electrodermal and cardiovascular reactions in man. *Psychophysiology*, 18, 470–476.
- Widianti, A., Johnson, A., Waard, de, D., 2013. Adaptation of the Rating Scale Mental Effort (RSME) for use in Indonesia. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43:1, 70-76
- Wu, C., and Liu, Y., 2007. Queuing network modeling of driver workload and performance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 8 (3), 528–537.
- Yerkes, R. M., Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–482.
- Zijlstra, F.R.H., 1993. Efficiency in Work Behavior: a Design Approach for Modern Tools. Doctoral thesis. Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Zijlstra, F., van Doorn, L. (1985). The construction of a scale to measure subjective effort. In *Technical Report*. Delft University of Technology.

7. Appendix

Appendix 1: Rating Scale of Mental Effort

Instructie:

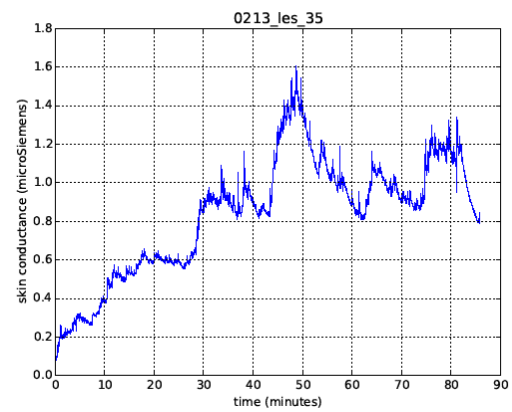
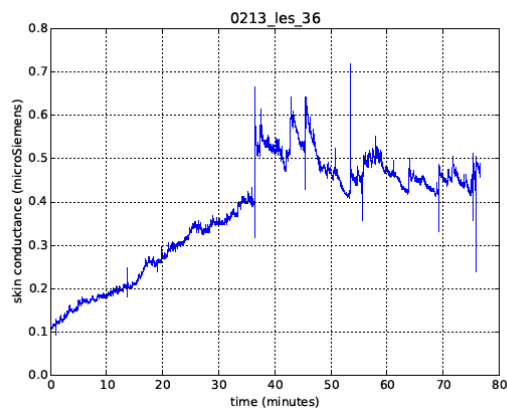
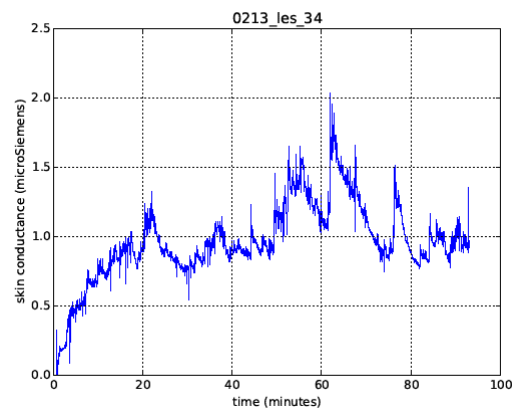
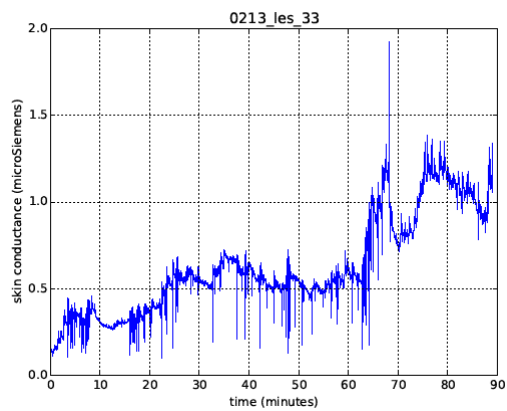
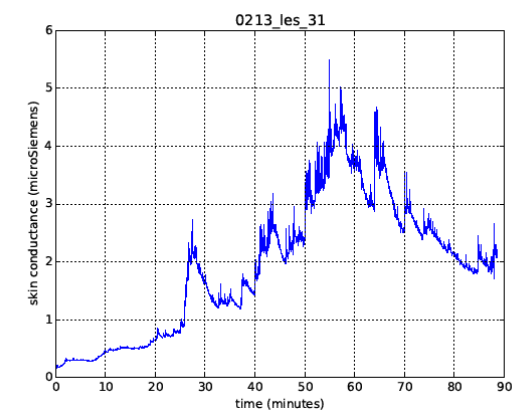
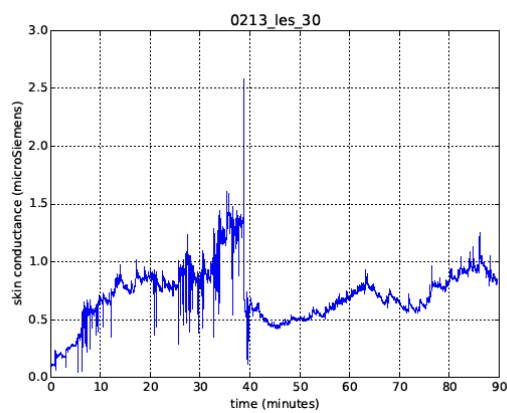
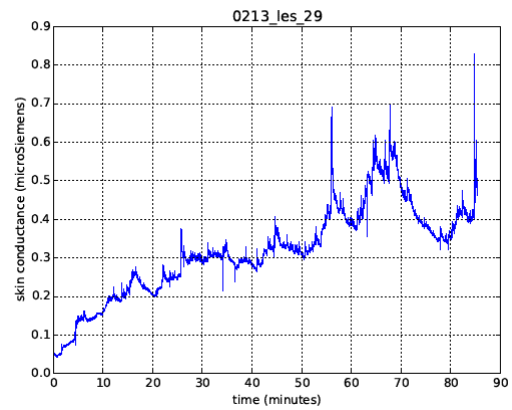
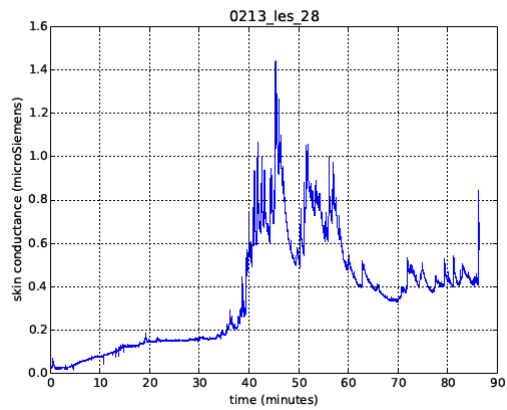
Wilt u door een kruisje te zetten op de onderstaande lijn aangeven hoe inspannend u de rit vond.

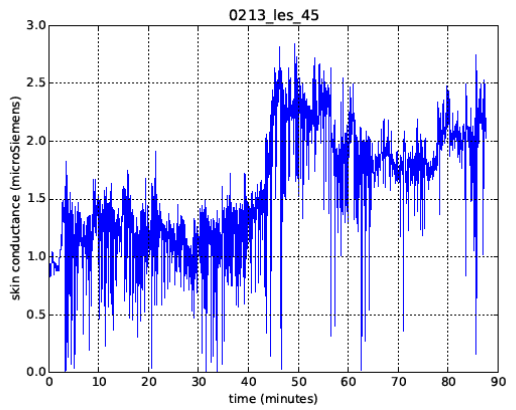
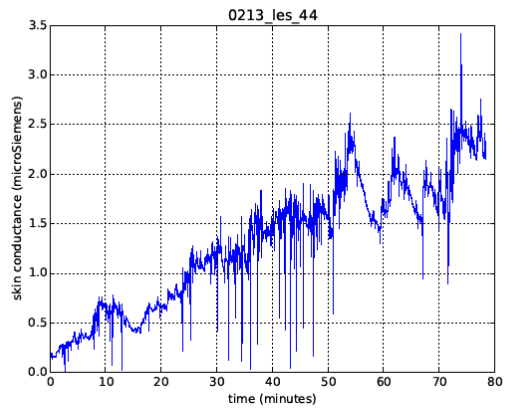
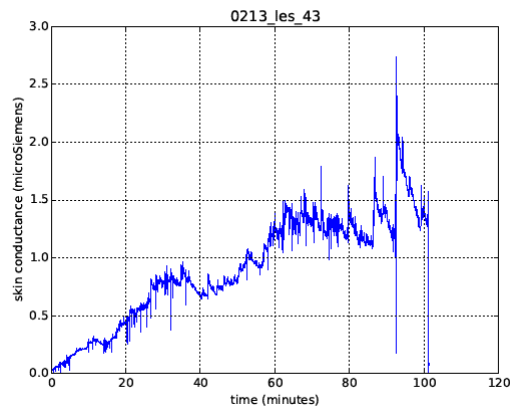
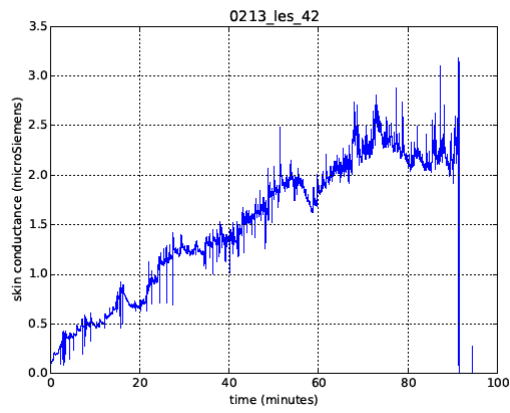
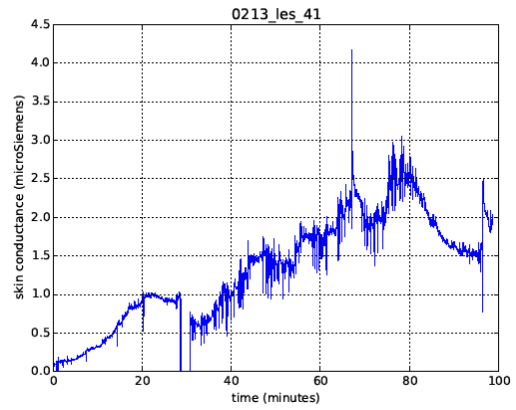
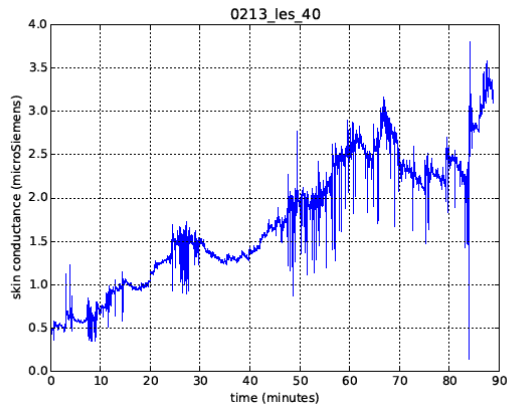
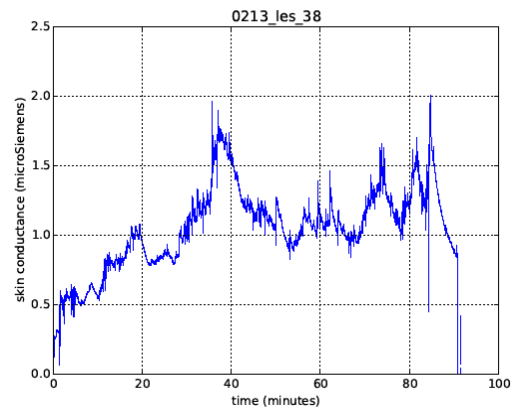
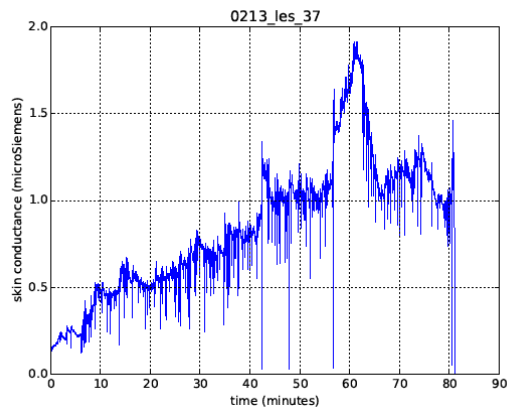


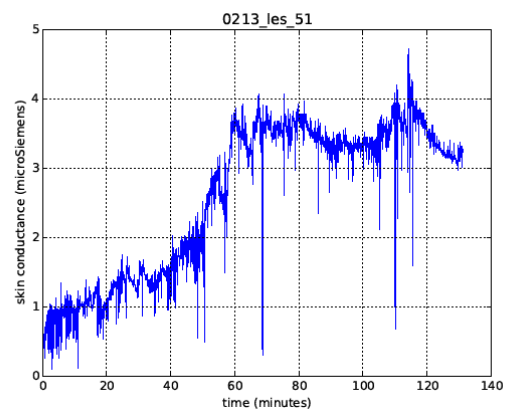
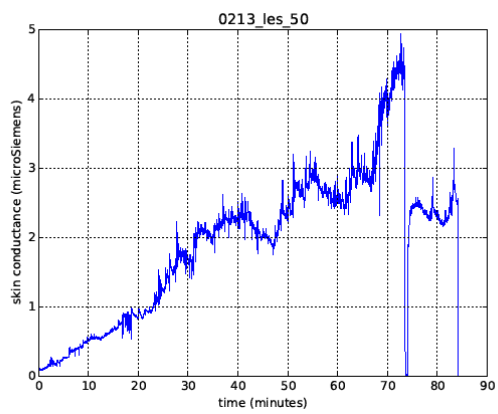
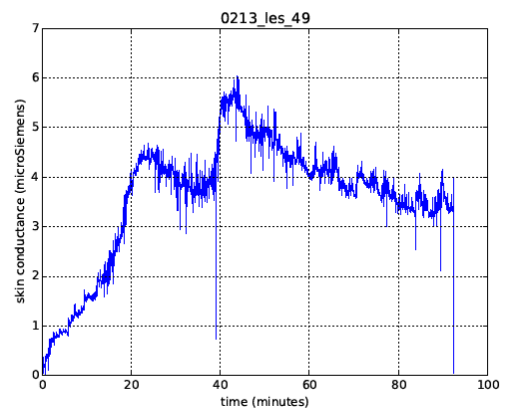
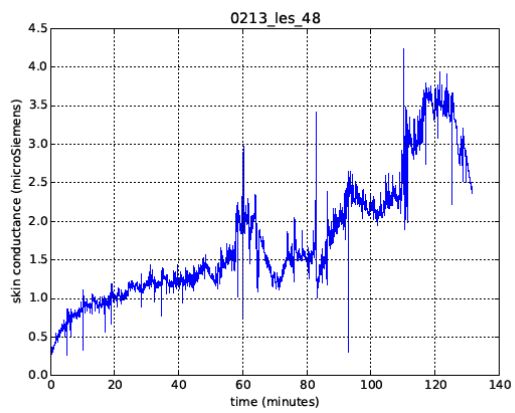
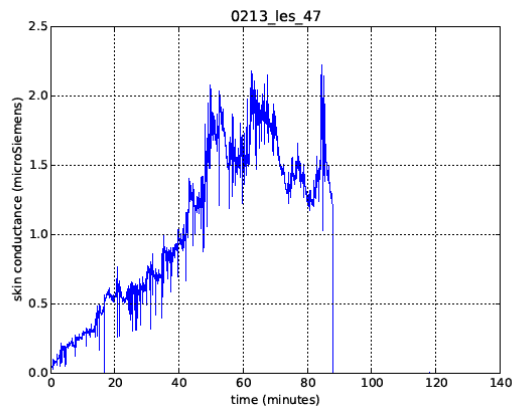
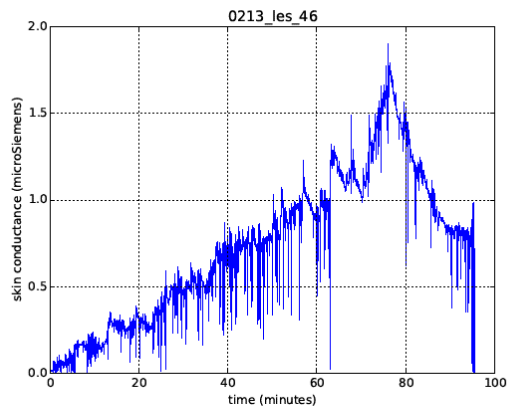
Appendix 2: Gemaakte code om gemiddelden en grafieken te genereren. Geschreven in Python.

```
1 #Alle benodigde bibliotheken importeren
2 import os
3 import numpy as np
4 import math
5 import gc
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 from matplotlib.backends.backend_pdf import PdfPages
8
9 proefpersonen = ['0813','0712','0213','0713','1013','1113'] #Alle proefpersonen in een array plaatsen
10 gemfile = open('gemiddelden.csv','w') #Bestand aanmaken waarin de gemiddelden uiteindelijk opgeslagen kunnen worden
11 gemfile.write("Persoonnr, Lesnr, EDA Gemiddeld\n") #Bovenste regel aanmaken met kolomaanduidingen in het bestand
12
13 for proefpersoon in proefpersonen: #Voor elk proefpersoon in de array
14
15     print "Verwerken van proefpersoon "+proefpersoon #Output weergeven voor mijzelf aangezien het programma soms lang kan draaien
16     os.chdir('C:\\Users\\Jeroen\\Dropbox\\Studie\\BA-THESE\\q_data_irma_rijlessen\\'+proefpersoon)#Verander de locatie van de map waarin het script data moet ophalen.
17
18     for x in np.arange(1,52): #Gekozen voor 1 tm 50 aangezien dit de uiterste leswaarden zijn die aanwezig zijn.
19         try: #gebruik gemaakt van try in verband met missende data
20             data = np.genfromtxt(proefpersoon+'_les_' + str(x) + '.csv', skip_header = 8, delimiter = ',')
21         except IOError:
22             continue #Continue gaat verder bij het volgende getal als er een getal ontbreekt. Op deze manier worden alleen files aangemaakt van bestaande lessen.
23         eda = data[0:,5:] #snijdt de EDA data uit de file waardoor alleen de lijst met EDA over blijft
24
25         # Berekenen van gemiddelde
26         totaal = 0 #begingetallen
27         aantal = 0
28         for y in eda:#uitvoeren voor elke waarde van eda
29             if float(y[0]) > 0: #alleen iets doen als een getal groter is dan 0, bij een witregel in een excelfile wordt er dus niets uitgevoerd
30                 totaal += float(y[0])#telkens het volgende getal erbij optellen.
31                 aantal += 1
32         gemiddelde = totaal/aantal
33
34         gemfile.write(str(proefpersoon)+", "+str(x)+", "+str(gemiddelde)+"\n") #gegevens opslaan in bestand
35
36         try:
37             file_as_list = open(proefpersoon+'_les_' + str(x) + '.csv').readlines()
38         except IOError: #Bij ontbrekende data overslaan
39             print "Data ontbreekt"
40             SR = int (file_as_list[4][15:]) #Haalt de SR uit de data op dezelfde manier als eda
41
42         time = np.arange(eda.shape[0]) #Slaat op in Array
43         time = time/(SR*60.) #tijd in minuten
44
45         #tekenen van de grafiek, gebruik gemaakt van workshop voor vorm
46         verzamelfiguur = PdfPages('EDA' + str(x) + '.pdf')
47         plt.figure()
48         plt.plot(time, eda)
49         plt.title(proefpersoon+'_les_' + str(x) + '.csv Gemiddeld SCL: '+str(int(gemiddelde))) #Zowel het proefpersoonnummer als het gemiddelde SCL in de grafiektitel
50         plt.xlabel("time (minutes)")
51         plt.ylabel('skin conductance (microSiemens)')
52         plt.grid(True)
53         verzamelfiguur.savefig() #file afronden en afsluiten
54         verzamelfiguur.close()
55         plt.clf()#haalt alle geopende bestanden uit het geheugen
56         plt.close()#sluit alle geopende figuren
57         gc.collect()#verwijdert overgebleven data uit het geheugen
58
59 gemfile.close() #sluit het gemiddelden bestand af en sla het op
60 print "Klaaar" #spreekt voor zich!
```

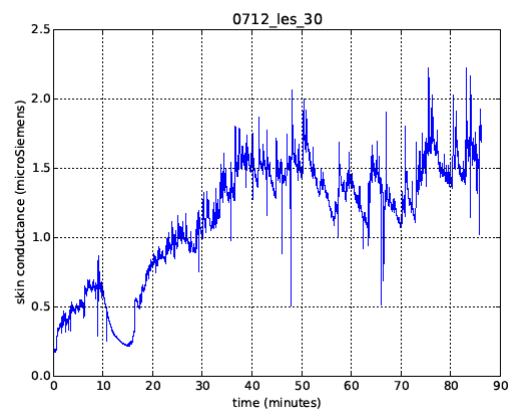
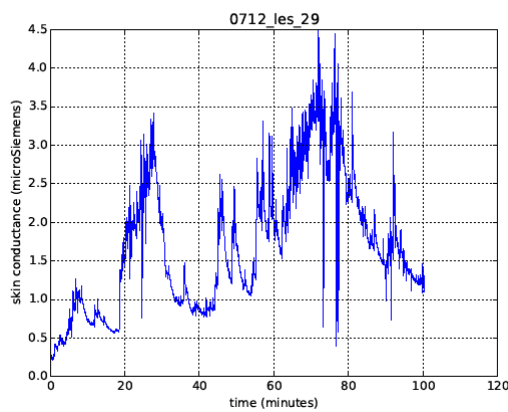
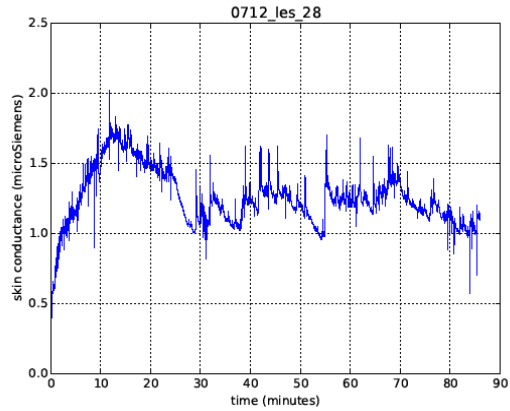
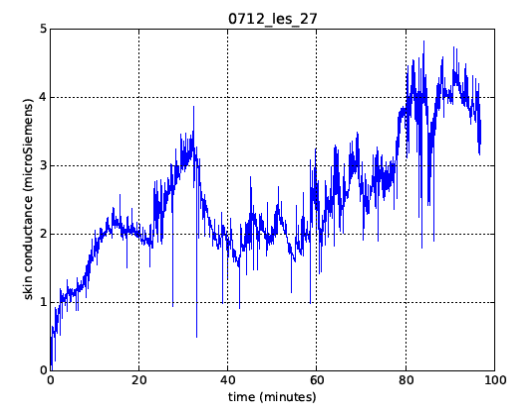
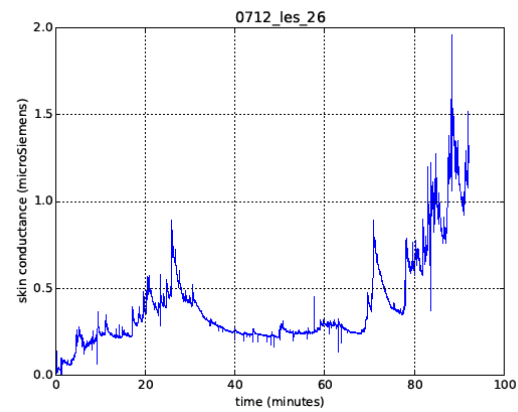
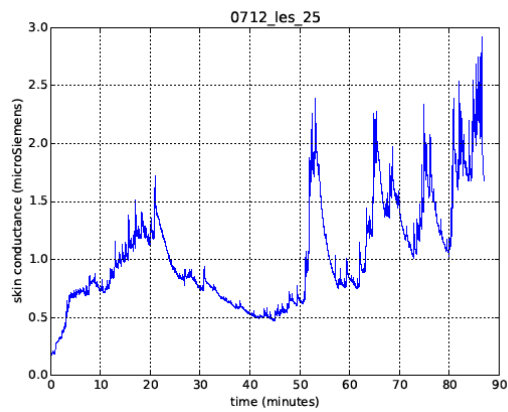
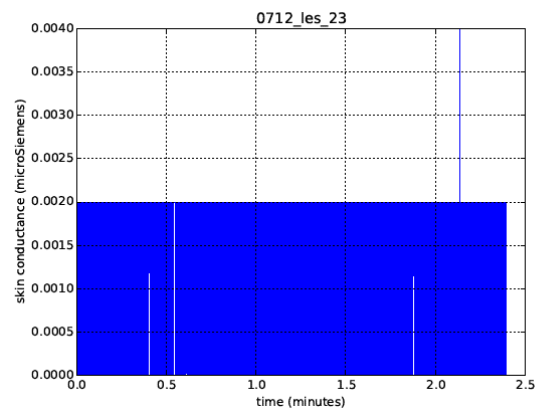
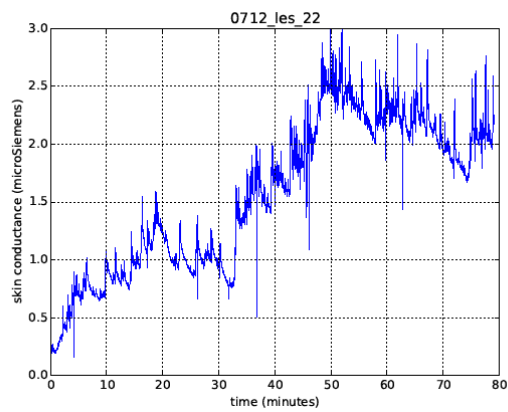
Appendix 3: EDA weergave Proefpersoon 0213



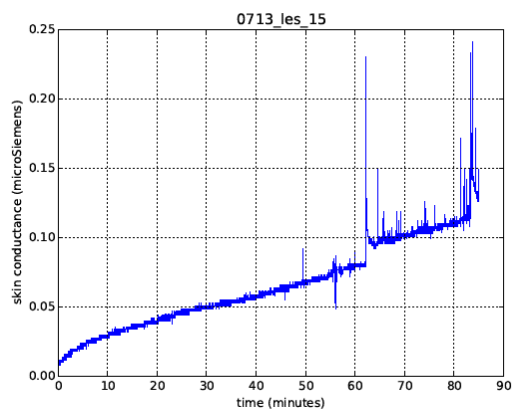
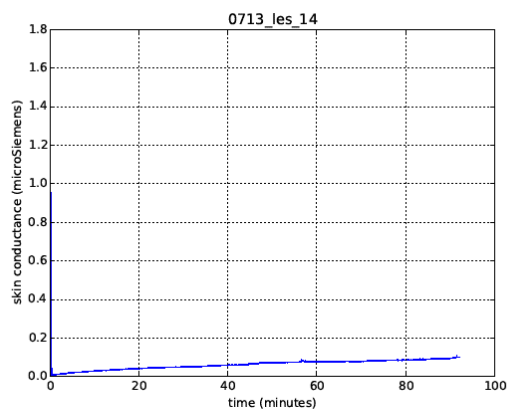
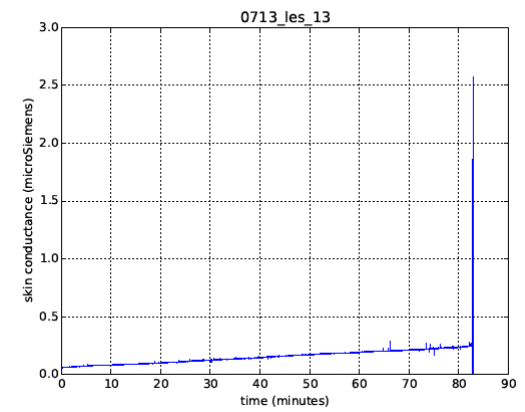
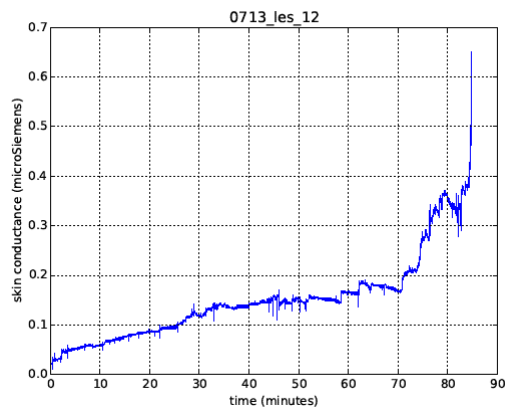
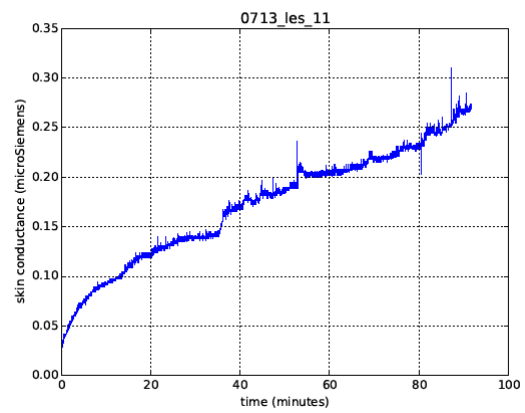
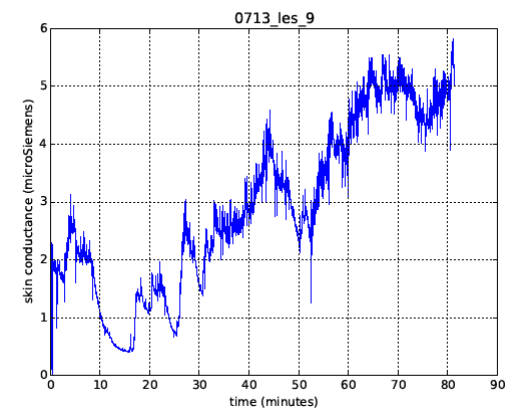


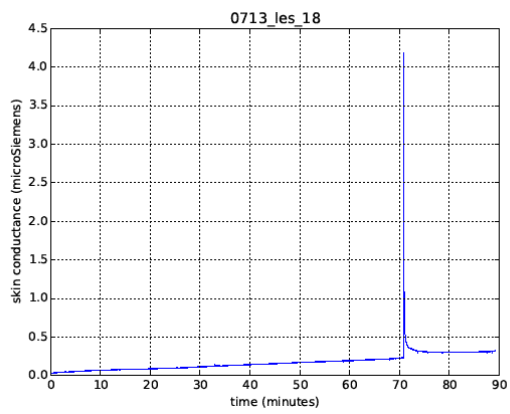
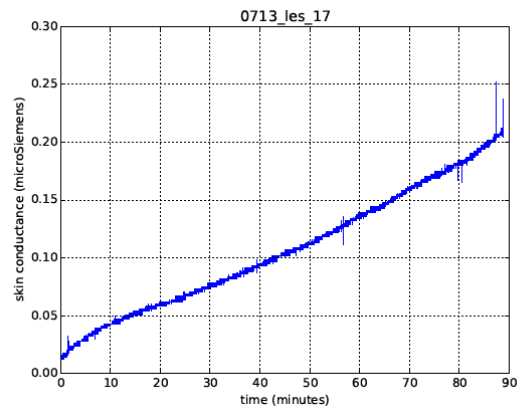
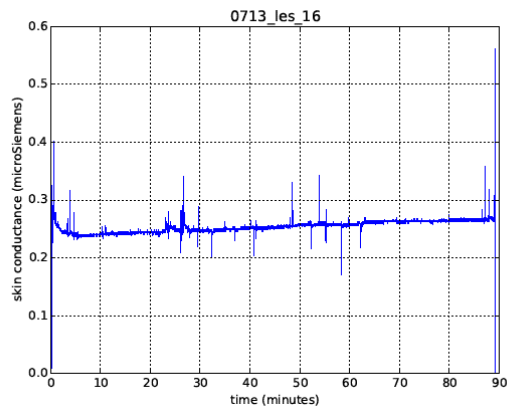


Appendix 4: EDA weergave Proefpersoon 0712

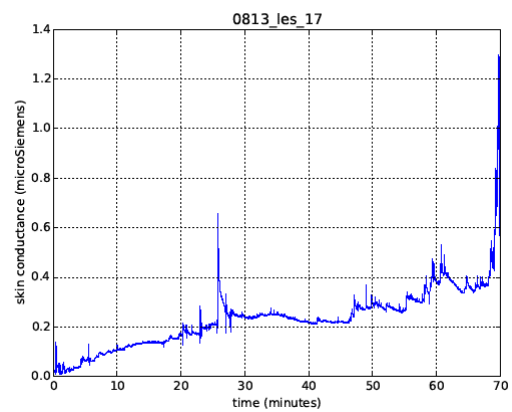
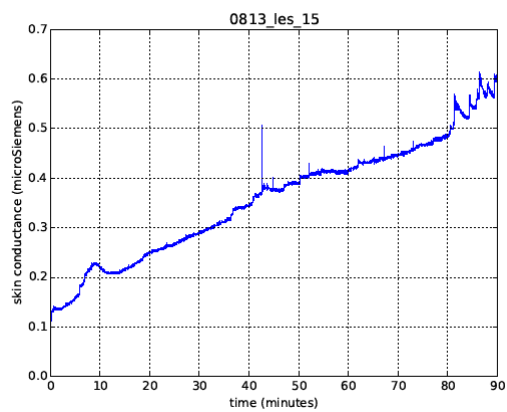
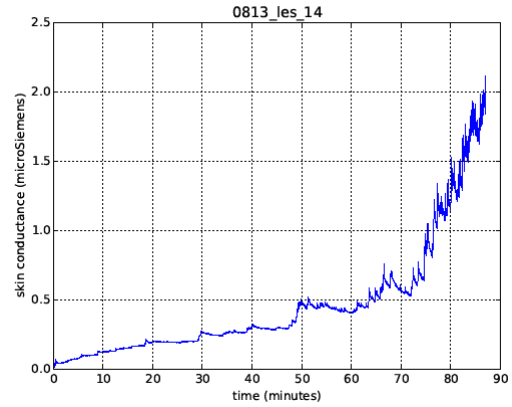
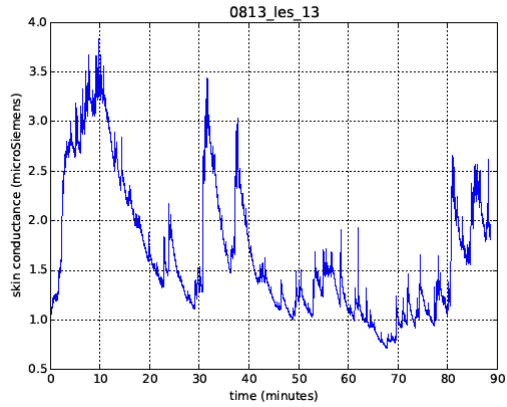
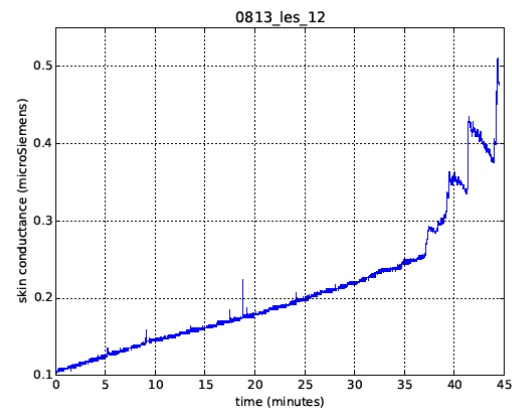
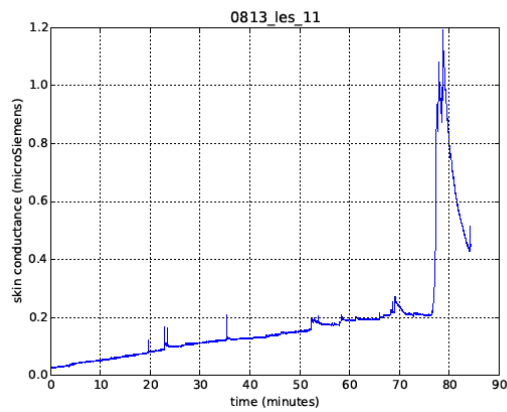
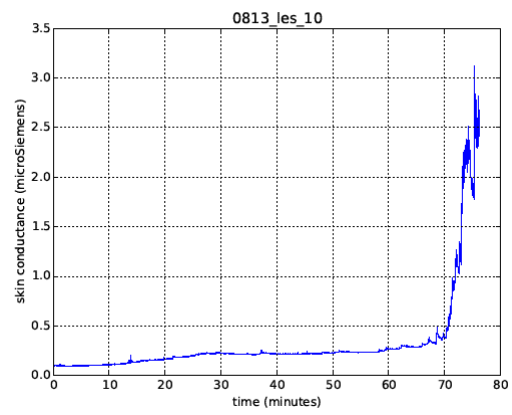
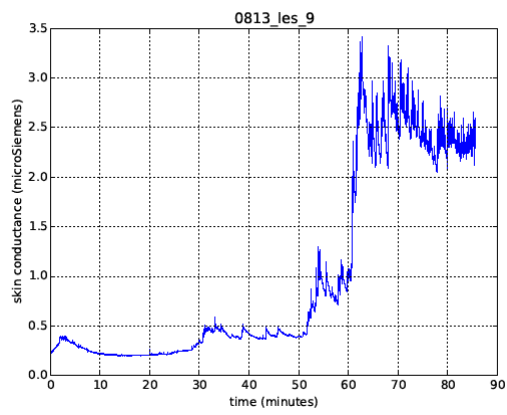


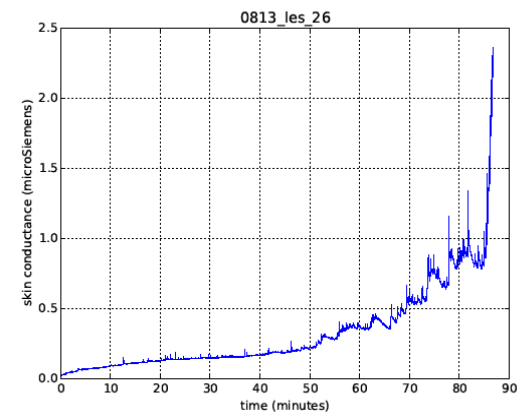
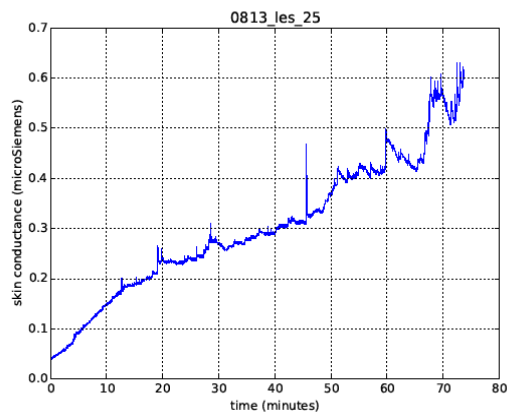
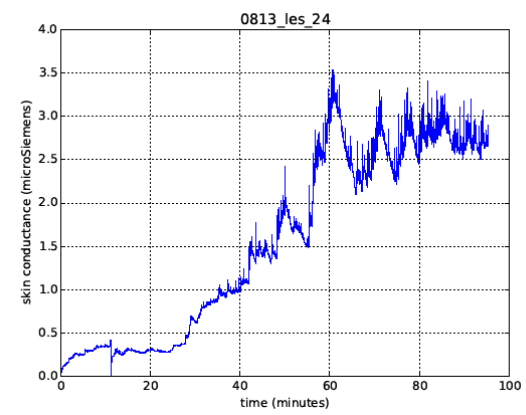
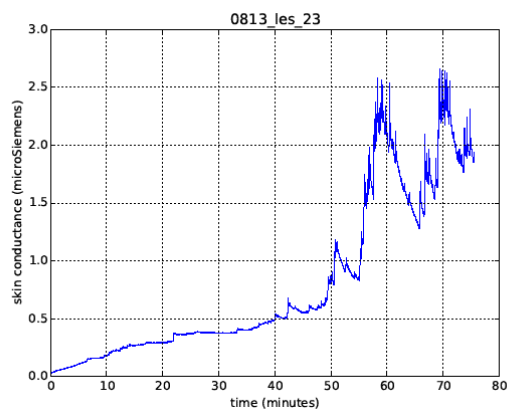
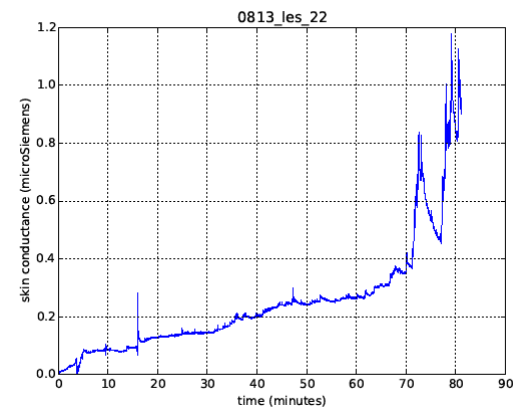
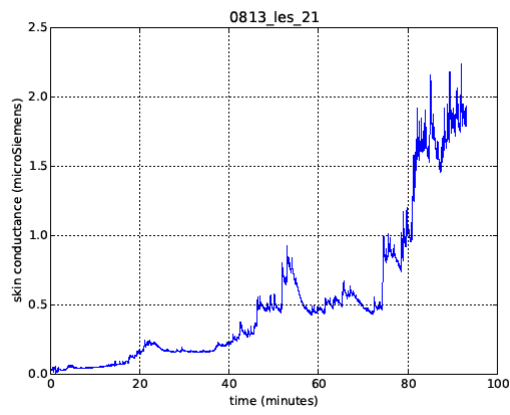
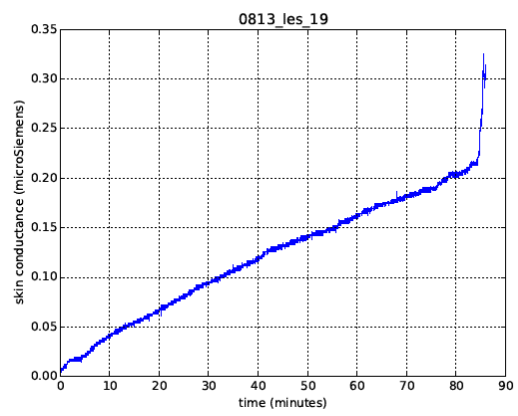
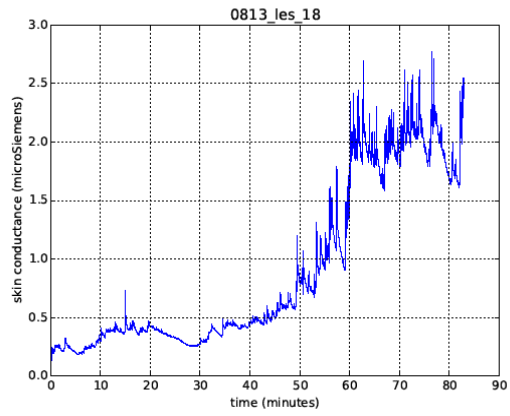
Appendix 5: EDA weergave Proefpersoon 0713

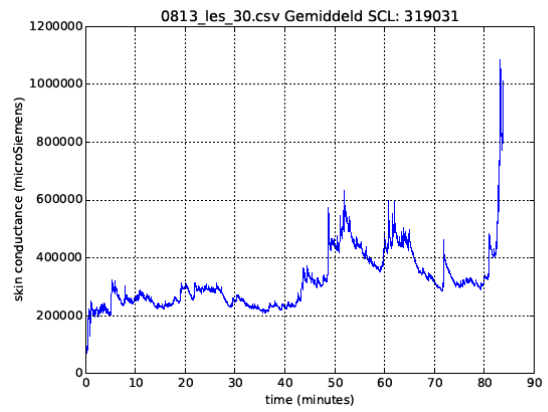
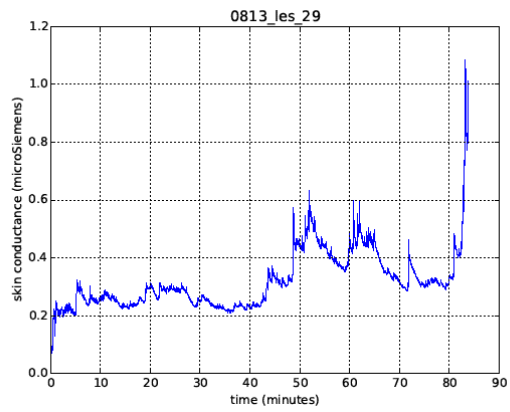
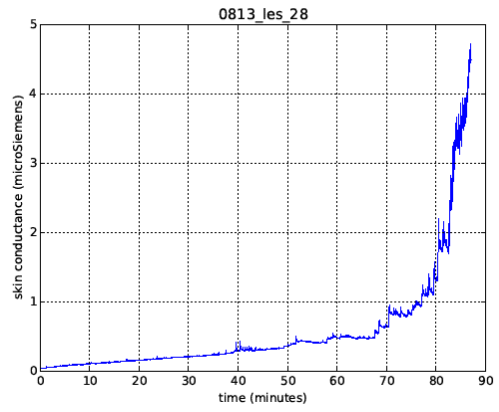
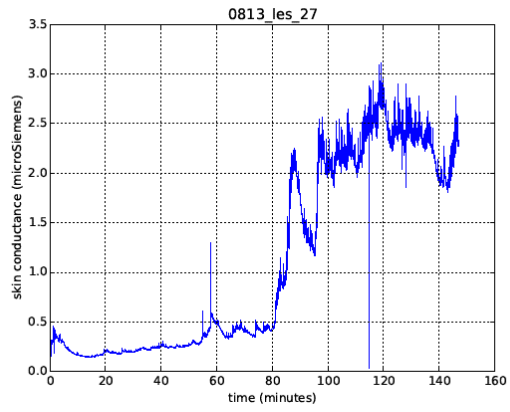




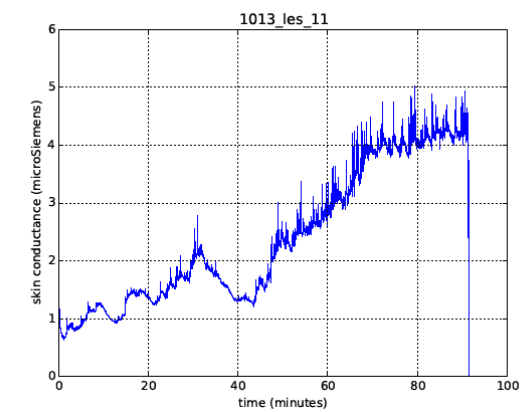
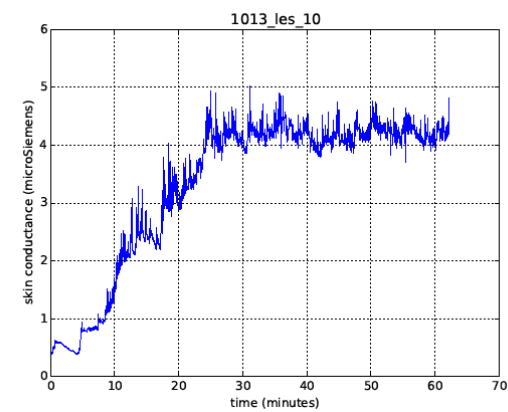
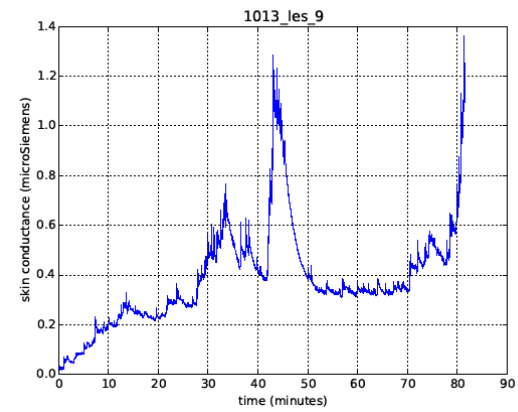
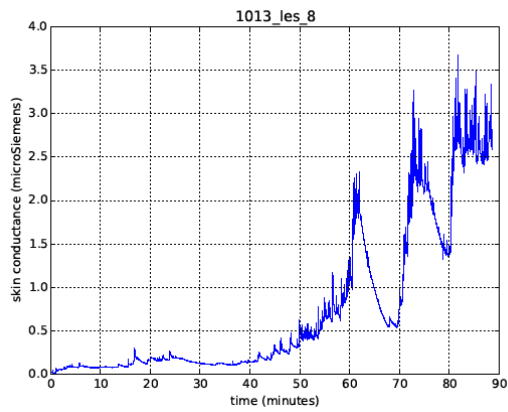
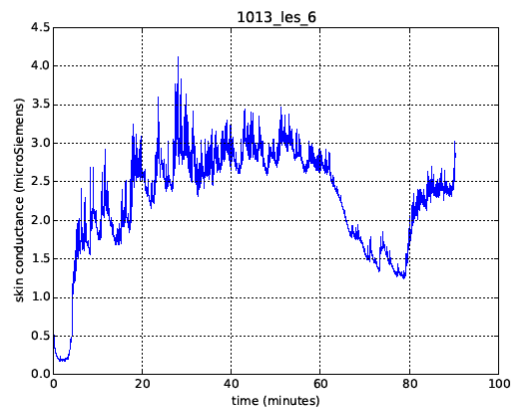
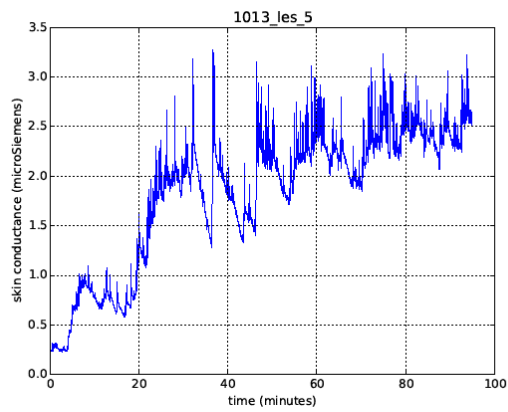
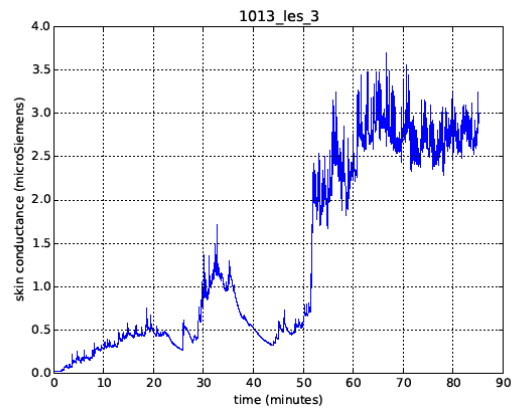
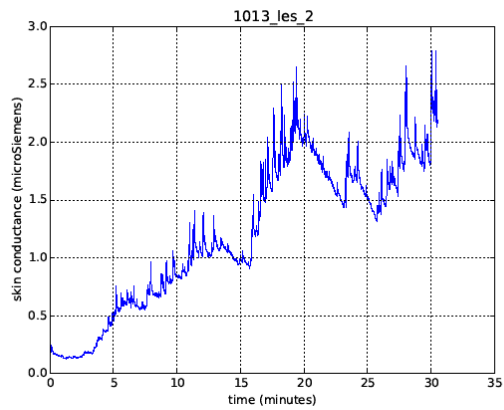
Appendix 6: EDA weergave Proefpersoon 0813

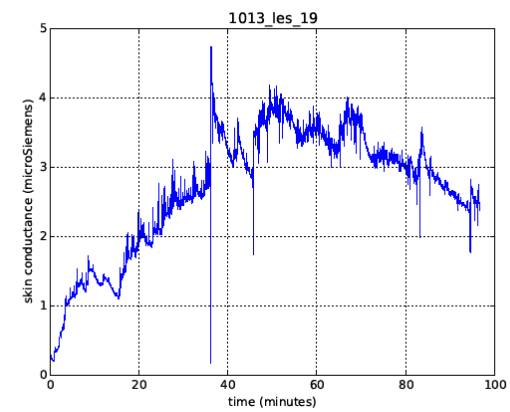
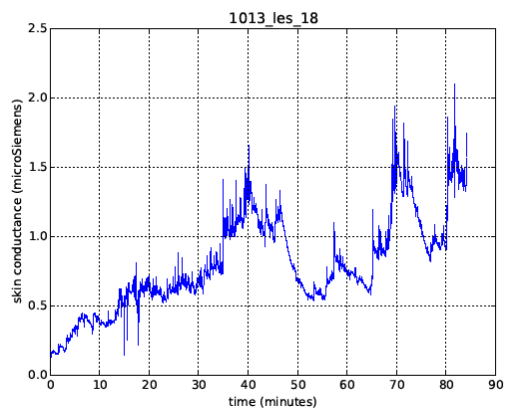
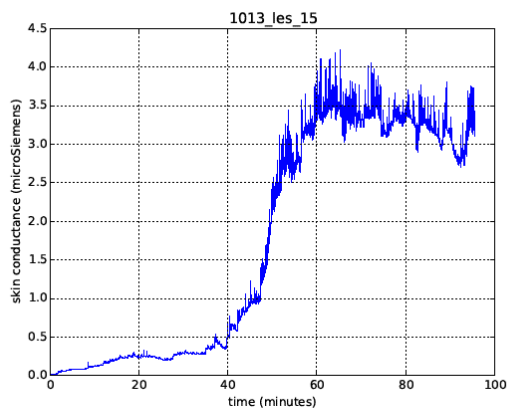
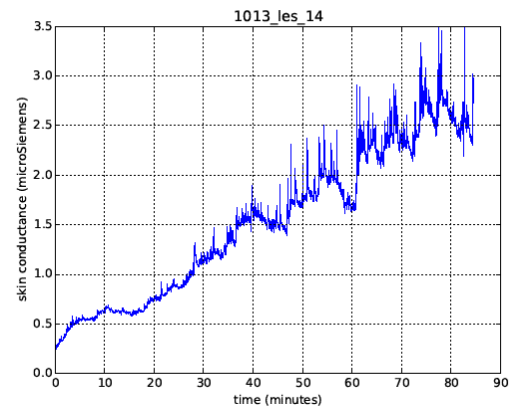
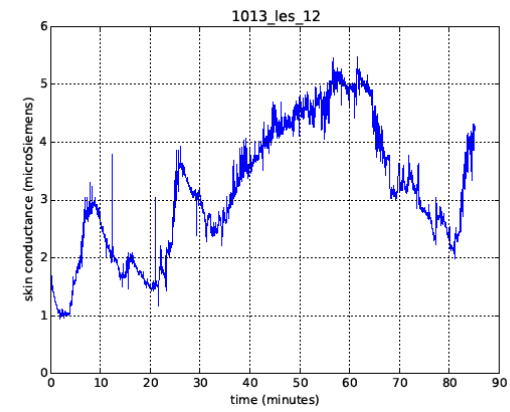




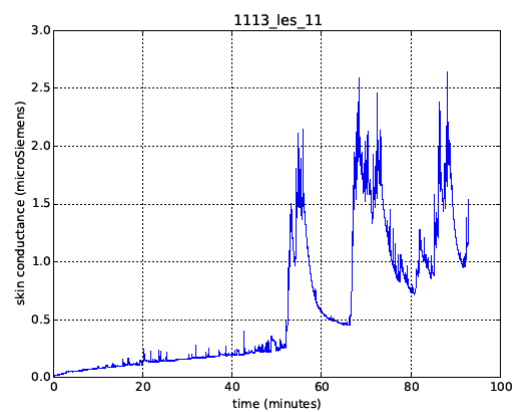
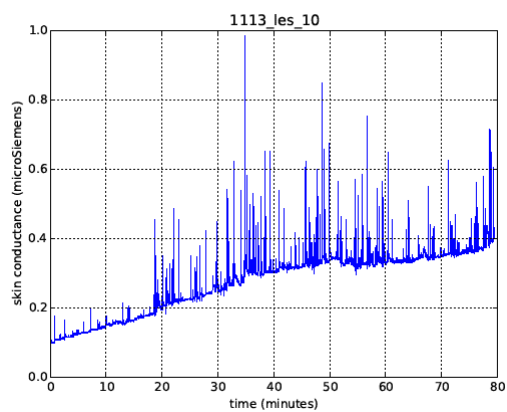
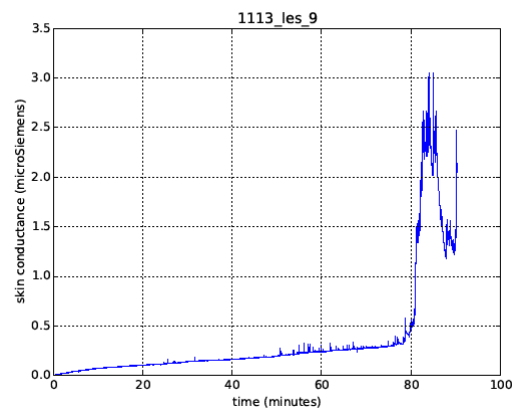
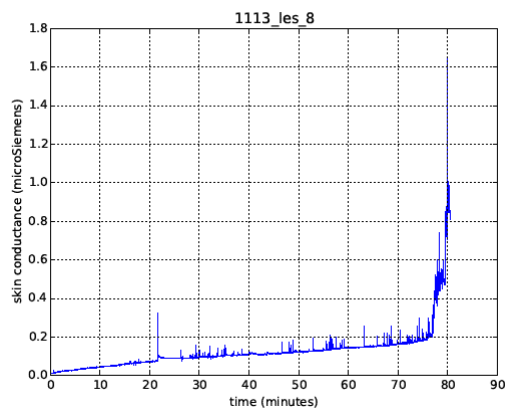
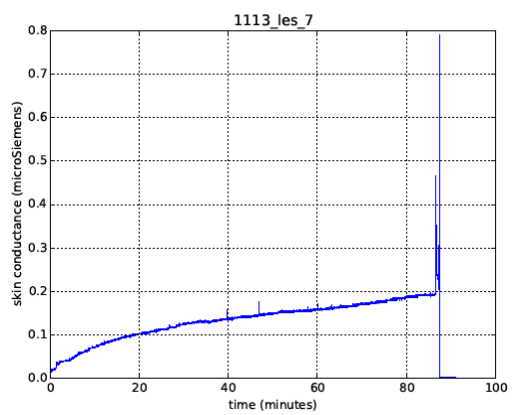
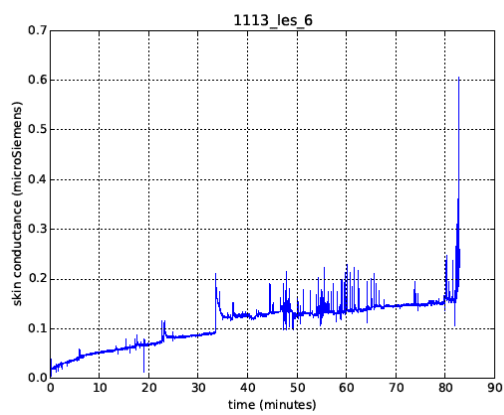
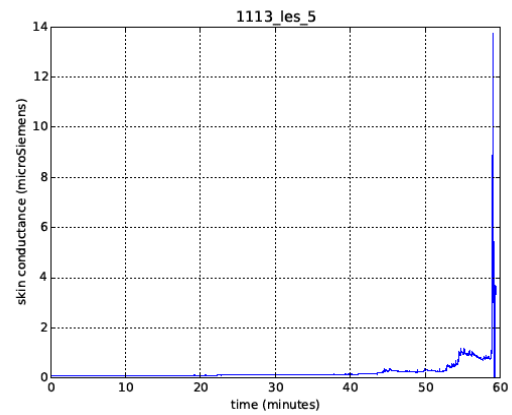
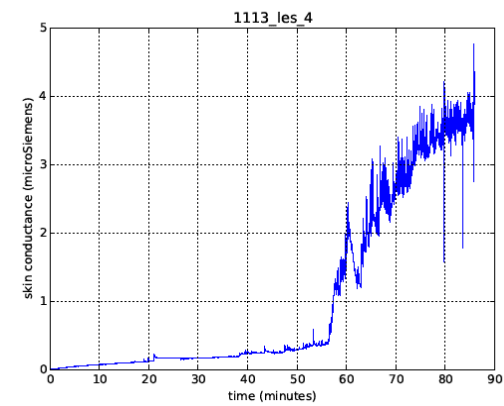


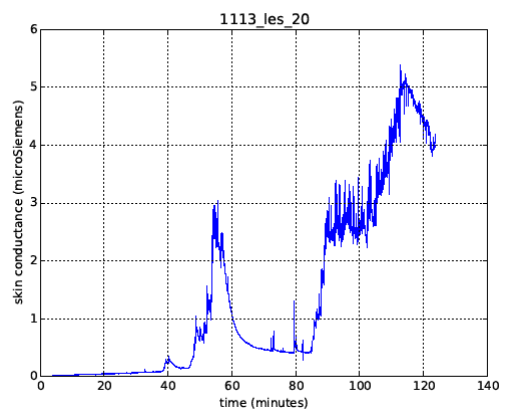
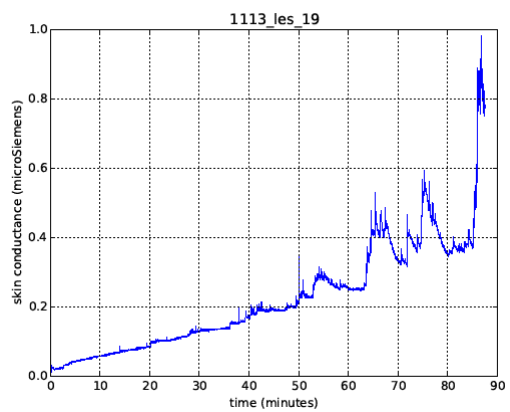
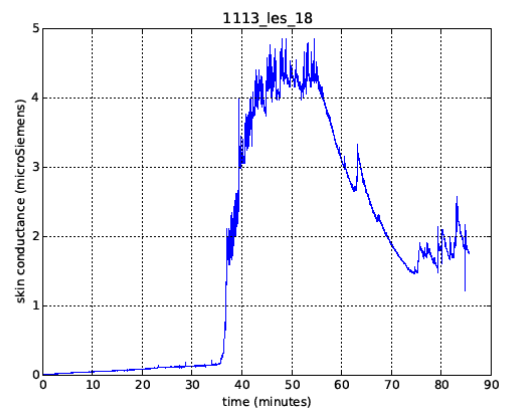
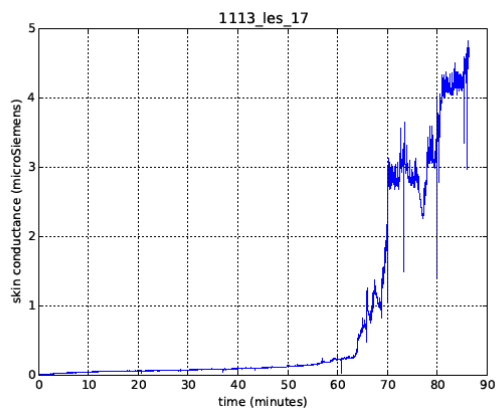
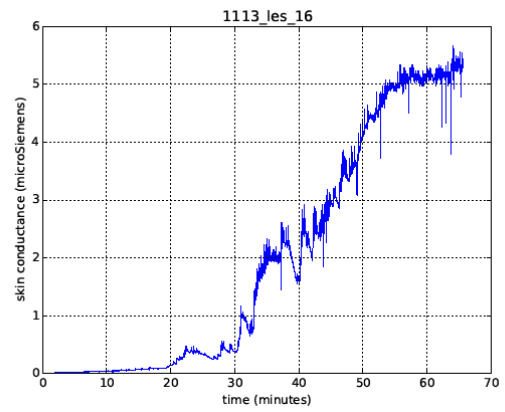
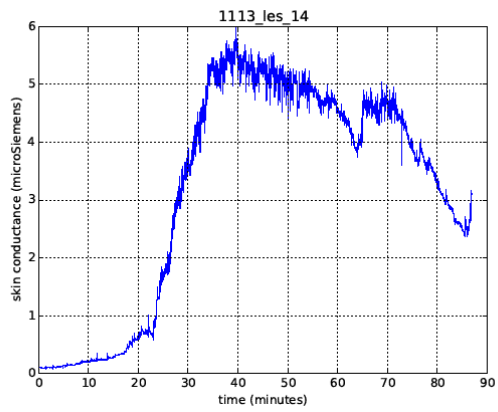
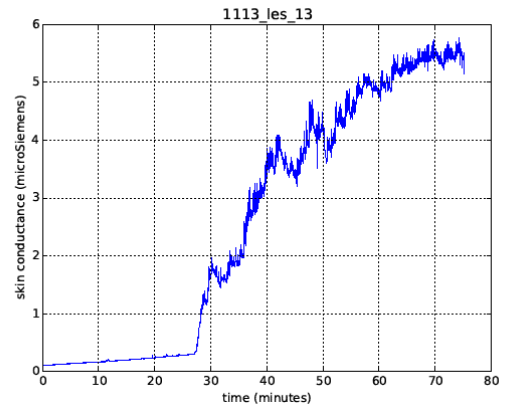
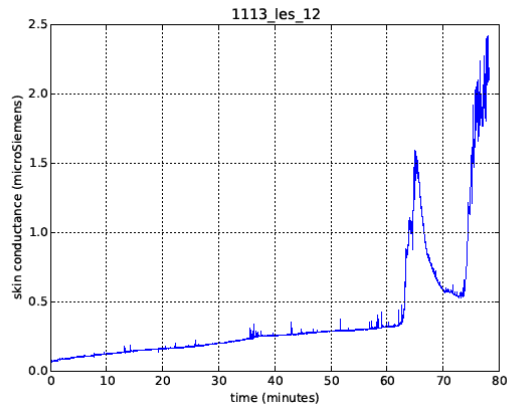
Appendix 7: EDA weergave Proefpersoon 1013

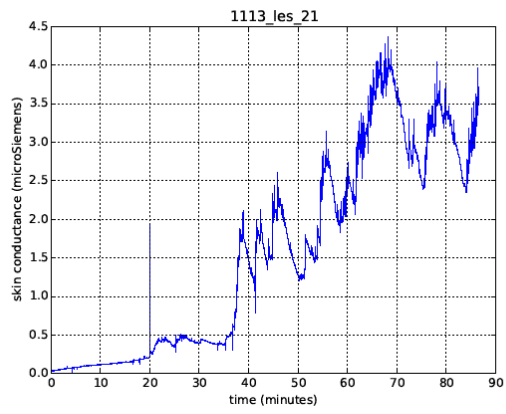




Appendix 8: EDA weergave Proefpersoon 1113







Appendix 9: Beschrijvende gegevens niet weergegeven in de resultatensectie

Gemiddelde SCL voor alle proefpersonen

Proefpersoon	Gemiddeld EDA (mS)	Standaardafwijking (σ)
0213	1,27 mS	0,79
0712	1,20 mS	0,77
0713	0,41 mS	0,88
0813	0,59 mS	0,46
1013	1,80 mS	0,93
1113	0,96 mS	0,94

Overzicht van het gemiddelde EDA voor alle proefpersonen

Correlatie tussen inschattingen RSME van docent en leerling bij aanvang van de les

Proefpersoon	Correlatie (r)	Significantieniveau (p)	Aantal (N)
0213	0,538	0,032	16
0712	0,78	0,038	7
0713	0,95	0,004	6
0813	0,79	<0,0005	16
1013	0,45	0,16	11
1113	0,73	0,003	14

Tabel 2: Correlatie tussen de inschattingen op de RSME van docent en leerling bij aanvang van de rijles

Correlatie tussen inschattingen RSME van docent en leerling aan het eind van de les

Proefpersoon	Correlatie (r)	Significantieniveau (p)	Aantal (N)
0213	0,89	<0,0005	16
0712	0,75	0,05	7
0713	0,16	0,76	6
0813	0,87	<0,0005	16
1013	0,67	0,024	11
1113	0,14	0,62	14

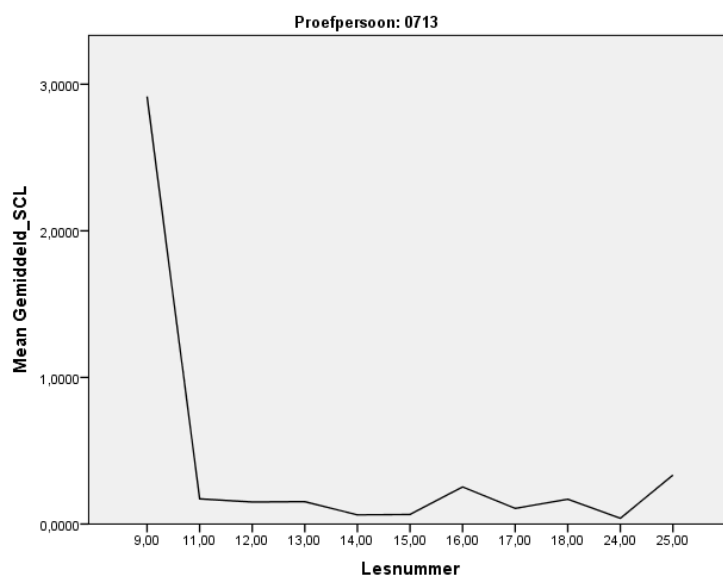
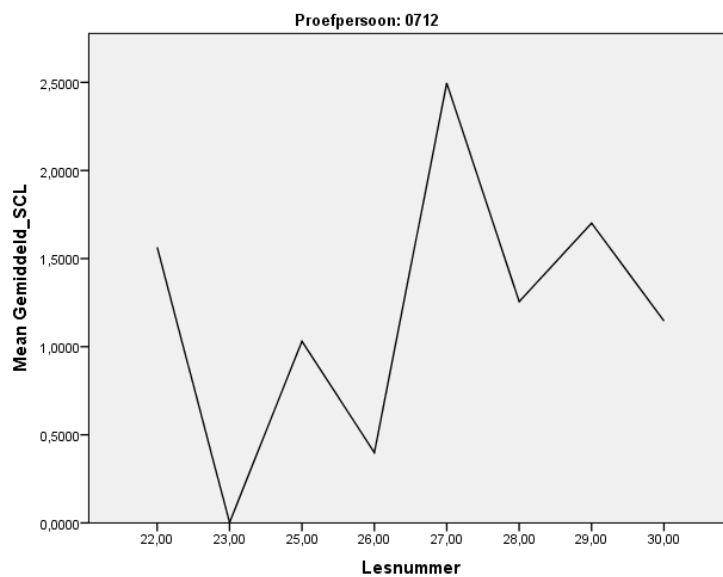
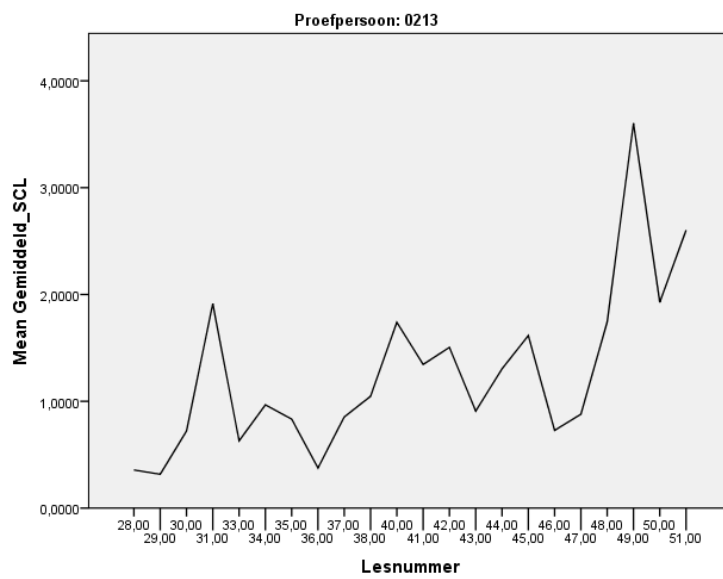
Tabel 3: Correlatie tussen de inschattingen op de RSME van docent en leerling aan het einde van de rijles

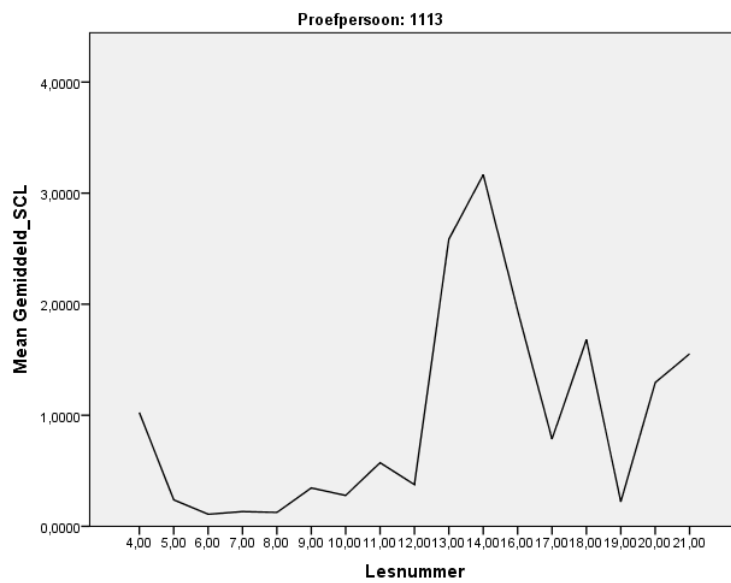
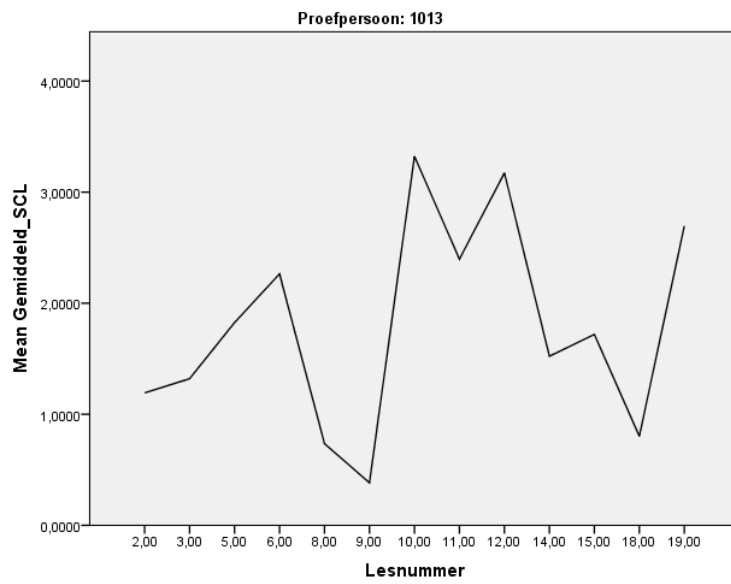
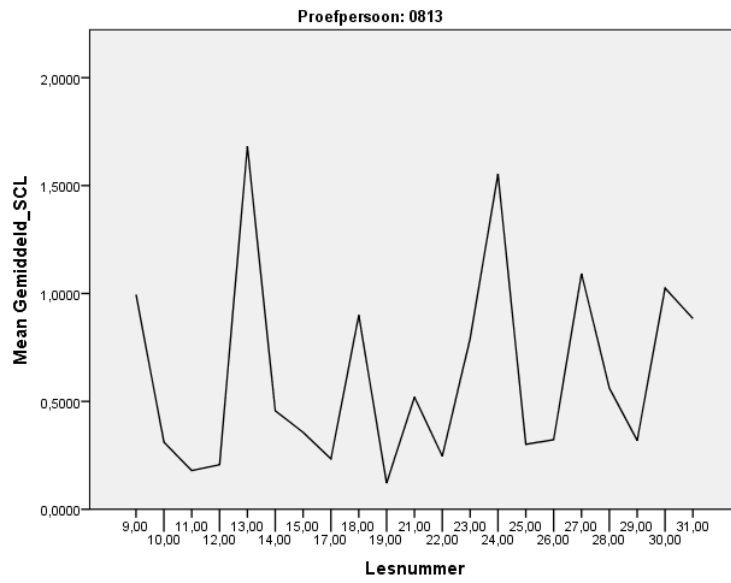
Correlaties tussen inschattingen RSME van docent en leerling, niet uitgesplitst per proefpersoon

Tijdstip	Correlatie (r)	Significantieniveau (p)	Aantal (N)
Begin	0,76	P<0,0005	70
Eind	0,80	P<0,0005	70

Tabel 4: Correlatie tussen de inschattingen op de RSME van docent en leerling aan het einde van de rijles

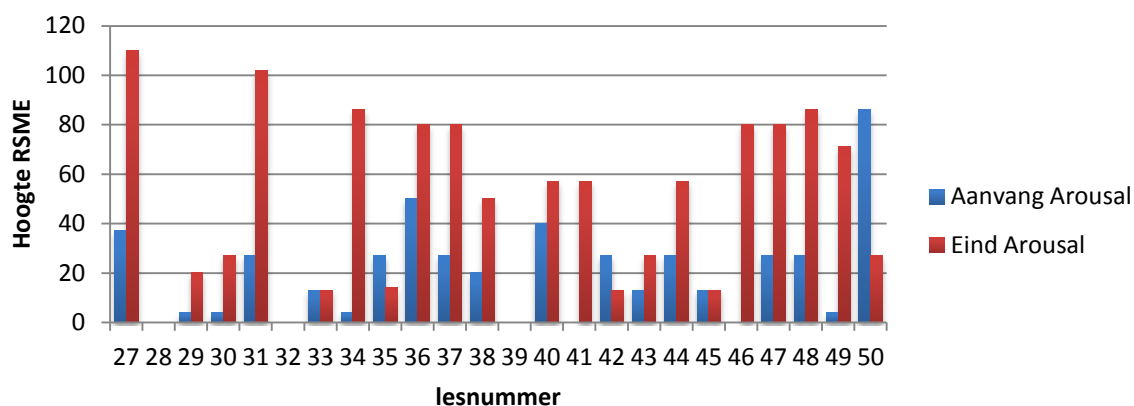
Appendix 10: Weergave van SCL per persoon, uitgezet tegen tijd



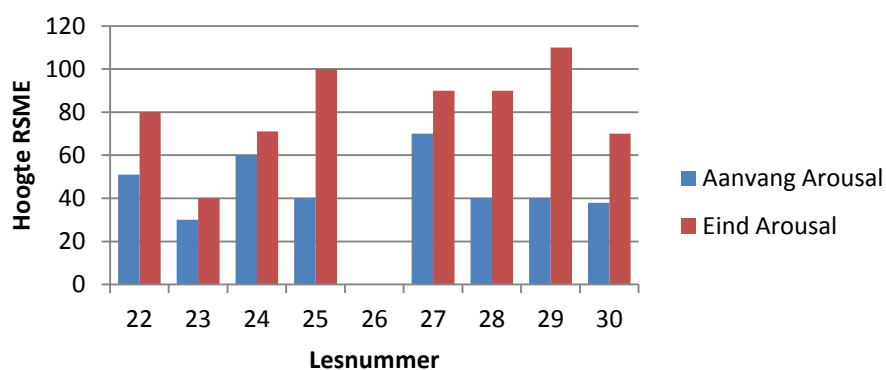


Appendix 11: Staafdiagrammen begin-eind inschattingen RSME door de leerling per les

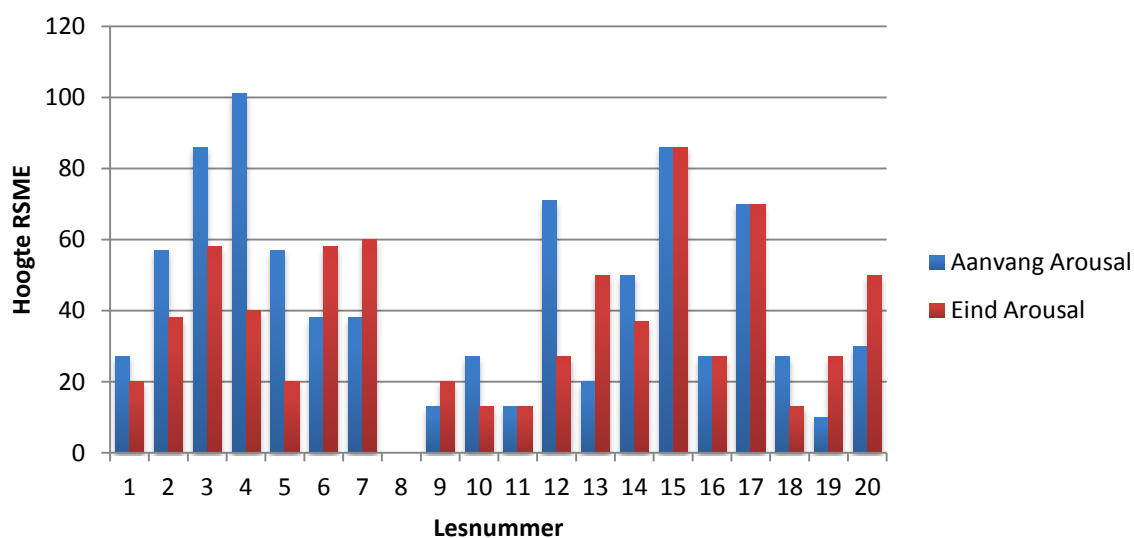
RSME 0213



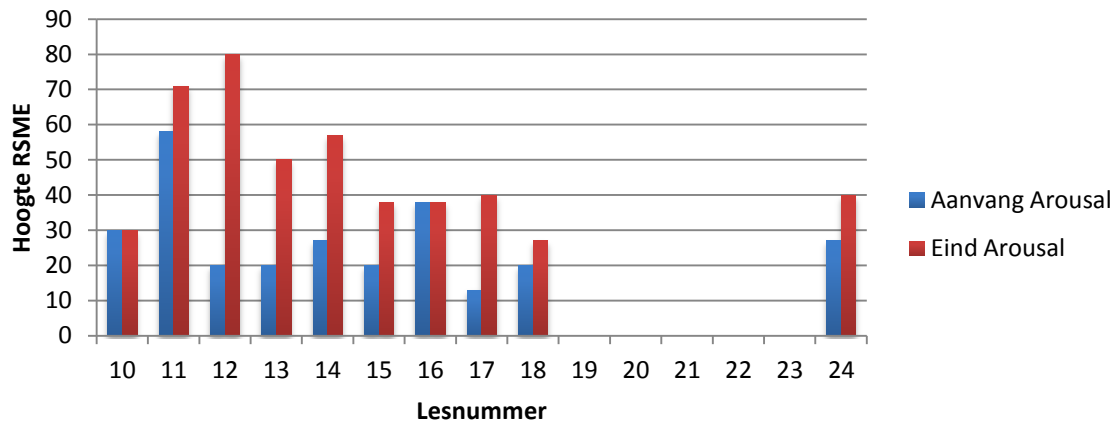
RSME 0712



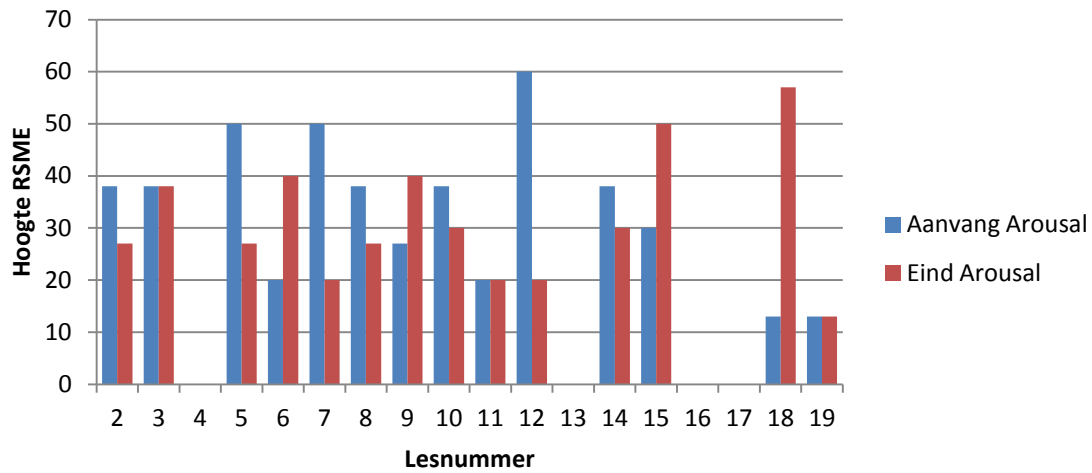
RSME 0813



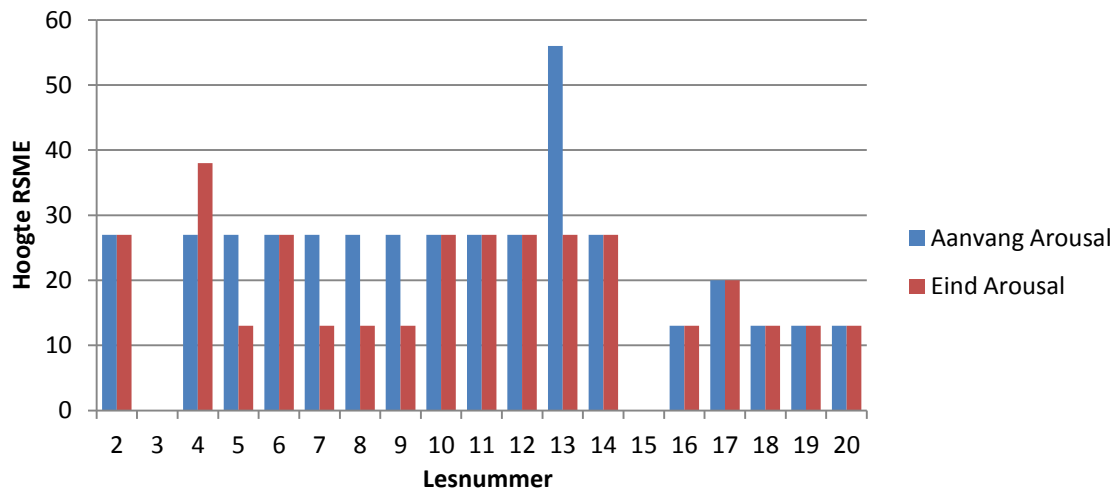
RSME 0713



RSME 1013



RSME 1113



Appendix 12: Staafdiagrammen van de gemiddelde RSME door de leerling per les

