3 JUNI 2019

Advanced Emergency Braking Systems

Remanalyse en Activatie herkenning

AFSTUDEERRAPPORT

MARTIN BUNSKOEKEN
POLITIEACADEMIE TE APELDOORN
TEAM FORENSISCHE OPSPORING

Samenvatting

De kopstaart aanrijding is een veel voorkomend type ongeval op de Nederlandse wegen. De impact van deze ongevallen leveren doorgaans veel schade aan voertuigen en wegbeheerder materieel. Ook zijn de gevolgen voor inzittenden van de betrokken voertuigen ernstig. Zwaar letsel en overlijden als gevolg van het ongeval is vaak de afloop.

Advanced Emergency Braking System is het geavanceerde noodremsysteem wat de impact van kopstaart botsingen moet verminderen of de impact ervan geheel moet voorkomen.
Als blijkt dat er opkomend gevaar is, zal AEBS de bestuurder waarschuwen door middel van optische, akoestische en haptische waarschuwingen. Als de bestuurder hier niet op reageert, zet AEBS een automatische noodremming in om het voertuig tot stilstand te brengen wanneer voldoet wordt aan bepaalde condities.

AEBS is sinds 2015 verplicht op vrachtwagens en omdat dit type voertuig vaak een rol speelt in fatale kopstaart ongevallen, focust dit onderzoek zich op deze groep.
Rijkswaterstaat merkt op dat ondanks de verplichting van het systeem, er nog steeds veel ongevallen gebeuren waarbij AEBS had moeten ingrijpen. De Politieacademie is op zijn beurt geïnteresseerd of AEBS een rol heeft gespeeld bij een ongeval. Het kunnen terughalen van data voortkomend uit een AEBS remming bevat belangrijke informatie voor een ongevalsonderzoek.

Om remgedrag tijdens een AEBS remming te analyseren is er in dit onderzoek een testdag georganiseerd. Doel van de testdag was om data te verzamelen voortkomend uit manuele en AEBS noodremmingen. Tijdens de uitvoering van de testdag zijn verschillende voertuig parameters gelogd. Bij het verwerken van data en het uitzetten van snelheid en acceleratie in grafieken, blijkt dat een AEBS remming ten opzichte van een manuele noodremming een duidelijk verschillende remkarakteristiek vertoond. Ook snelheidsdata voortkomend uit de tachograaf van het voertuig toont aan dat bij de uitgevoerde remmingen een AEBS remkarakteristiek kan worden afgeleid.

Mocht de Politieacademie deze resultaten gaan willen gebruiken voor het verifiëren van data voortkomend uit een ongevalsvoertuig, wordt geadviseerd om een grootschalige test op te zetten om meer vergelijkingsdata te verkrijgen. Daarnaast wordt aangeraden om verschillende voertuigen in te zetten om zo remanalyses te kunnen creëren van meer dan één type voertuig.
Aangeraden wordt ook om de ruwe CAN bus data welke verkregen is bij de testdag te verwerken tot bruikbare data. De gegevens kunnen een bijdrage leveren aan het opstellen van een vervolgonderzoek als blijkt dat AEBS gerelateerde activatie berichten over de CAN bus worden verspreid.

Voorwoord

Graag neem ik een moment om terug te blikken op de afgelopen vier maanden waarin ik dit onderzoek in opdracht van de Politieacademie en Rijkswaterstaat heb mogen leiden en uitvoeren. Tijdens het onderzoek heb ik ontzettend veel geleerd op verschillende gebieden en veel personen hebben hun bijdrage daaraan geleverd.

Voor de prettige samenwerking, goede begeleiding en de expertise op het gebied voertuiggedrag wil ik dan ook speciaal Sander de Goede bedanken voor zijn tijd en inzet. Ook heeft dit onderzoek niet de weg kunnen bewandelen zoals deze heeft gedaan zonder de input en kennis van Rijkswaterstaat. Ook dank ik in het bijzonder ex-collegastudent Edwin Beekman voor de inzet bij de testdag en de ondersteuning gedurende het verloop van het onderzoek.

Naast het persoonlijke dankwoord wil ik ook graag de gehele afdeling Forensische Opsporing binnen de Politieacademie bedanken voor de ontzettend leerzame tijd en behulpzame collega's! Het bekende slogan "De politie is je beste vriend" heeft zich hier zeker bewezen. Ook persoonlijke begeleiders vanuit de HAN dank ik voor hun bijdrage aan het afstudeeronderzoek.

Tot slot wil ik mijn vrienden en familie bedanken voor de steun tijdens mijn afstudeertraject.

Martin Bunskoeken, Bergentheim, Juni 2019

Inhoudsopgave

Samenvatting 2
Voorwoord 3
Inhoudsopgave 4
Lijst met afkortingen 6
Lijst met figuren 7
Lijst met tabellen 7
1 Inleiding 8
1.1 Aanleiding en Probleemanalyse 8
1.2 Doelstelling 8
1.3 Afbakening 9
1.4 Onderzoeksvraag 9
1.4.1 Deelvragen 9
2 Theoretisch kader 10
2.1 AEBS 10
2.2 Systeemoverzicht 10
2.3 Systeemwerking 11
2.3.1 Systeemcyclus 11
2.3.2 AEBS overrule functie 13
2.4 Europese verplichtingen 13
2.5 Remgedrag analyse 14
2.5.1 Tachograaf 14
2.6 Rijkswaterstaat onderzoeken 15
2.7 Onderzoek keuze 16
2.7.1 Tachograaf log capaciteit 16
3 Methodologie 19
3.1 Testplan 19
3.1.1 Uit te voeren testen 19
3.1.2 Data verkrijgen 20
3.1.3 Log apparatuur 20
3.1.4 Testvoertuig en Testobject 21
3.1.5 Testomgeving 22
3.1.6 Checklists 22
3.2 Data verwerking 23
3.2.1 Valide metingen 23
3.3 Testdag reflectie 23
4 Remanalyse resultaten 24
4.1 Legenda 24
4.2 Data verantwoording 25
4.2.1 Verwerking keuze 25
4.2.2 Data keuze 25
4.3 Remkarakteristiek analyse 26
4.3.1 Movilog 26
4.3.2 Tachograaf 27
4.3.3 AEBS remkarakteristiek vergelijking 30
4.4 Remweg analyse 32
4.4.1 Optische waarschuwing 33

4.4.2 Akoestische waarschuwing 33
4.4.3 Haptische waarschuwing 33
5 Conclusie 34
6 Aanbevelingen 35
Bibliografie 36
Bijlage 1. SLB-verklaring 37
Bijlage 2. Plan van Aanpak 38
Bijlage 3. Voertuigcategorieënlijst en AEBS test vereisten 46
Bijlage 4. Matlab Simulink Tachograaf Simulatiemodel 47
Bijlage 5. Originele Testplan 50
Bijlage 6. Testdag Resultaten 64

Lijst met afkortingen

Afkorting	*Betekenis*
ADAS	Advanced Driver Assistance System
AEBS	Advanced Emergency Braking System
FO	Forensische Opsporing
RWS	Rijkswaterstaat
PA	Politieacademie
PD	Plaats delict
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administation
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
CW	Collision Warning
FCW	Forward Collision Warning
HCW	Haptic Collision Warning
AEB	Advanced Emergency Braking
CW-AB	Collision Warning & Emergency Braking
DACU	Driver Assistance Control Unit
Mov	Movilog
DL1	DL1 PRO

Lijst met figuren

Figuur 1: Illustratie Volvo (Dan Hambe, 17). 11
Figuur 2: AEBS faseverloop volgens het OnGuardACTIVE systeem van WABCO (WABCO, 2017). 12
Figuur 3: AEBS faseverloop volgens het CW-EB systeem van Volvo (Örtlund, 2017) 12
Figuur 4: Zichtbare Collision Warning LED waarschuwing door weerkaatsing in de voorruit bij een Volvo FH (Trucks, 2013) 13
Figuur 5: Voertuigsnelheid analysegrafiek (Szczotka, 2019) 15
Figuur 6: Gesimuleerde remvertraging input 17
Figuur 7: Snelheidsverloop als gevolg van remvertraging-input uit Figuur 6 bij 30km/h 17
Figuur 8: Snelheidsverloop als gevolg van remvertraging-input uit Figuur 6 bij 90km/h 18
Figuur 9: Gebruikte Testvoertuig + Soft target tijdens de testdag 22
Figuur 10: Baanopstelling voor de Testdag. Politiecircuit, Lelystad 22
Figuur 11: Ruwe domphoeksnelheid data vergelijking. Movilog en DL1 25
Figuur 12: Movilog snelheidsdegradatie resultaten uit Test 1 en 2 26
Figuur 13: Movilog remvertraging resultaten uit Test 1 en 2 26
Figuur 14: Tachograaf snelheidsdegradatie. Afkomstig uit Test 1 en Test 2 27
Figuur 15: Tachograaf remvertraging. Afkomstig uit Test 2 27
Figuur 16: Tachograaf remvertraging. Afkomstig uit Test 2 28
Figuur 17: Tachograaf remvertraging vergelijking 28
Figuur 18: Tachograaf en Movilog snelheidsdata vergelijking 29
Figuur 19: Tachograaf en Movilog remvertraging data vergelijking 29
Figuur 20: Movilog snelheid vergelijking Test 2 en Test 3 30
Figuur 21: Movilog remvertraging vergelijking Test 2 en Test 3 30
Figuur 22: Tachograaf snelheid vergelijking Test 2 en Test 3 31
Figuur 23: Tachograaf remvertraging vergelijking Test 2 en Test 3 31
Figuur 24: Movilog remweg vergelijking tussen Test 1 en Test 2 32
Figuur 25: Tijdlijn behorende bij meting 004a en 012b alvorens impact 32

Lijst met tabellen

Tabel 1: Voertuigcategorieën met een AEBS verplichting sinds 2015 (UNECE, 2011). 9
Tabel 2: Input parameters voor Matlab Simulink model 16
Tabel 3: Inhoud van Test 1 op voorbereiding op de testdag 20
Tabel 4: Inhoud van Test 2 op voorbereiding op de testdag 20
Tabel 5: Inhoud van Test 3 op voorbereiding op de testdag 20
Tabel 6: Gebruikte meetinstrumenten tijdens testdag 21
Tabel 7: Overzicht van bestandstypes voortkomend uit log apparatuur 23
Tabel 8: Grafiekcode overzicht tabel 24

1 Inleiding

Omdat ADAS systemen in het dagelijks verkeer een steeds grotere rol innemen en automatische remsystemen een standaard verplichting wordt, stelt de Politieacademie in samenwerking met Rijkswaterstaat een onderzoek in naar AEBS (Advanced Emergency Braking Systems). Uit reeds voltooide onderzoeken blijkt dat deze systemen niet altijd naar verwachting werken.

1.1 Aanleiding en Probleemanalyse

ADAS (Advanced Driver Assistance System) systemen om de verkeersveiligheid te vergroten en om het rijden comfortabeler te maken zijn tegenwoordig bijna vanzelfsprekend toegevoegd aan een voertuig. AEBS is een ontwikkeling die de laatste jaren een versnelling lijkt te ondervinden. Zo is het automatische noodremsysteem op vrachtwagens met meer dan 3,5 ton verplicht gesteld vanaf 2015 en wordt een standaard verplichting van AEBS op personenwagens naar verwachting ingevoerd vanaf 2020 (UNECE, 2019).

De Politieacademie en Rijkswaterstaat zijn twee instanties die de systeem ontwikkelingen op de voet volgen en de positieve en negatieve effecten van ADAS systemen ervaren in het dagelijks verkeer. Zo blijkt dat ondanks het integreren van AEBS op vrachtverkeer, gevaarlijke situaties zich nog te vaak voor doen door het niet opmerken van potentieel bots gevaar door AEBS. Materiële schade en fatale ongevallen zijn vaak de afloop. Objecten en wegwerkers van Rijkswaterstaat, hulpdiensten en normale voertuigbestuurders zijn hier de dupe van.
In het belang van veiligheid voor haar werknemers is Rijkswaterstaat op zoek naar waarom sommige overduidelijke verkeersobjecten voor de normale mens, niet worden opgemerkt door het AEBS systeem, en wat Rijkswaterstaat er aan kan doen om de detectie van verkeersobjecten te vergroten voor AEBS.

Team FO verkeer (Forensische Opsporing) is de eenheid binnen de politie die het onderzoek bij een ernstig verkeersongeval uitvoert. Door de komst van geavanceerde rijhulpsystemen in voertuigen is het voor team FO verkeer soms lastig om deze sneltrein van technieken bij te houden en om gewenste informatie te verkrijgen uit een ongevalsvoertuig. Het probleem bij bijvoorbeeld AEBS is dat alleen fabrikanten gemakkelijk gedetailleerde data uit een voertuig kunnen krijgen. Omdat FO verkeer ook een groot belang heeft bij deze data om een onderzoek uit te kunnen voeren, vindt de Politieacademie dat hier verandering in moet komen. Om mee te gaan met de geavanceerde technieken heeft de Politieacademie voornamelijk interesse in verdere technische kennis over het AEBS systeem, remgedrag voortkomend uit een automatische remming en zou graag na een ongeval inzage hebben in of een AEBS systeem actief is geweest. Deze informatie kan namelijk van cruciaal belang zijn bij de uitvoering van een onderzoek en kan bewijzen leveren voor een mogelijke vervolging van de verdachte.

1.2 Doelstelling

De problemen waar Rijkswaterstaat en de Politieacademie tegenaan lopen zijn divers. Om een gericht onderzoek in te stellen en verdiepende informatie te verkrijgen over iets specifieks zullen er keuzes moeten worden gemaakt. Om deze reden is de doelstelling van dit onderzoek als volgt:

Verdiepende technische informatie over AEBS verkrijgen, AEBS remgedrag in kaart brengen en remkarakteristieken analyseren.

Met deze informatie zijn zowel Rijkswaterstaat als de Politieacademie een stap dichterbij kennis over ADAS systemen. Ook kan team FO verkeer mogelijk met het vergelijken van remkarakteristieken een AEBS activering aantonen wat kan bijdragen aan een onderzoek. RWS kan mogelijk met nieuwe

informatie over het AEBS systeem een passend nieuw onderzoek laten uitvoeren wat zich meer richt op voertuig/object herkenning.

1.3 Afbakening

Ondanks dat AEBS systemen zich tegenwoordig in vele typen voertuigen bevinden zal dit onderzoek zich beperken tot het voertuigtype met categorienaam N3 (zie Tabel 1 voor een overzicht). Naast de al bestaande verplichting van AEBS op dit voertuig, is dit ook het voertuig wat meestal grove materiële schade aanbrengt, ernstig letsel veroorzaakt bij personen of verantwoordelijk is voor verkeersslachtoffers.
Voor het analyseren van remgedrag en systeemwerking zal alleen worden gerefereerd naar een N3 voertuig in het algemeen en zal het onderzoek zich niet per se focussen op één specifieke fabrikant. Een volledige AEBS analyse van elke fabrikant past niet in het tijdsbestek van dit onderzoek.

Tabel 1: Voertuigcategorieën met een AEBS verplichting sinds 2015 (UNECE, 131, 2011).

Categorie Code	**Voertuigkenmerken**
M2	Voertuigen met passagiersvervoer doeleinden. Zitplekken > 9, Gewicht < 5 ton.
M3	Voertuigen met passagiersvervoer doeleinden. Zitplekken > 9, Gewicht > 5 ton.
N2	Voertuigen met goederenvervoer doeleinden. Gewicht > 3.5 ton, < 12 ton.
N3	Voertuigen met goederenvervoer doeleinden. Gewicht > 12 ton.

1.4 Onderzoeksvraag

Kan op basis van beschikbare voertuigdata een AEBS remming herkend worden?

Om deze hoofdvraag te beantwoorden en om de doelstelling te bereiken zijn deelvragen opgesteld. Deze deelvragen worden gedurende het onderzoek beantwoord aan de hand van of bestaande theorie, of nieuw verkregen informatie uit het onderzoek zelf.

1.4.1 Deelvragen

- Wat is de algemene werking van AEBS?
- Zijn er AEBS systemen die zich onderscheiden van elkaar?
- Hoe ziet de werkingscyclus van een AEBS ingreep eruit?
- Welke relevante onderzoeken hebben reeds plaatsgevonden naar de effectiviteit van AEBS?
    - Zit er verschil in prestatie per fabrikant of systeem?
- Op welke manier kan informatie over remgedrag van bestuurder en AEBS in kaart worden gebracht?
- Is AEBS aangesloten op de CAN bus en zijn deze berichten in te zien?
- Welke parameters van het voertuig kunnen bestudeerd worden om onderscheid te maken tussen een manuele en automatische remming?
- Welke wettelijke verplichtingen zijn er gesteld aan AEBS?
    - Waar moet het voertuig aan voldoen voor een typegoedkeuring?

2 Theoretisch kader

Dit hoofdstuk gaat in op de beantwoording van een aantal deelvragen. Het basis onderzoek wordt hier weergegeven en er wordt ingegaan op systeemwerking en systeemverplichtingen. Ook wordt de log-capaciteit van de tachograaf getest op het herkennen van een remkarakteristiek.

2.1 AEBS

Advanced Emergency Braking System is een geavanceerd automatisch noodremsysteem waarvan de productie tot stand is gekomen om de veiligheid in het verkeer vergroten. Het systeem is ontwikkeld om kopstaart botsingen te vermijden of de impact ervan te verminderen. Het systeem doet dit door middel van het automatisch bedienen van de remmen als het voertuig ervan overtuigd is dat de chauffeur opkomend gevaar niet opmerkt en niet een remming zal inzetten. De eerste lichting AEBS systemen zijn toegekend aan het zwaardere verkeer zoals vrachtwagens en passagiersvervoer doeleinden met meer dan 9 zitplekken (Unie, 2012). Wegens de potentie van AEBS om zwaar letsel te voorkomen en mensenlevens te redden ligt er een wetsvoorstel klaar om het systeem ook te verplichten op personenwagens.

De perskamer van Volvo Car Nederland (media.volvocars, 2006) publiceert onderstaande opsomming op haar website:

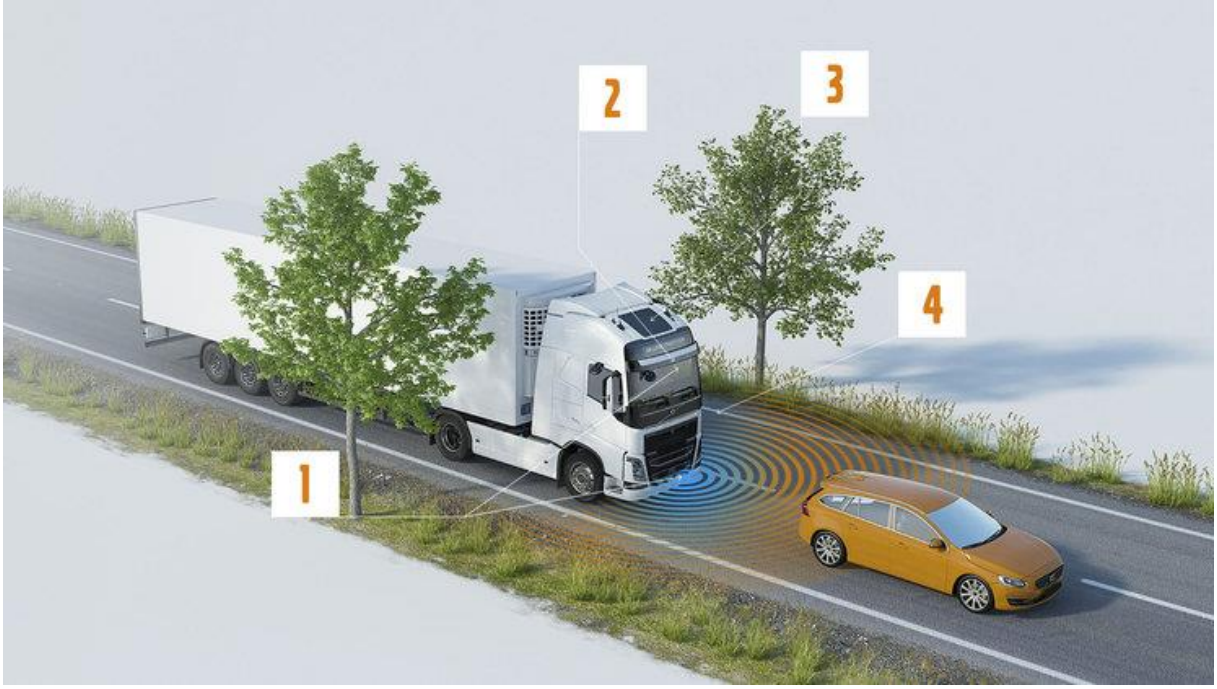
- Bij verreweg de meeste verkeersongevallen gaat het om een kop-staartbotsing. Maar liefst 29 procent van alle geregistreerde aanrijdingen is een kop-staartbotsing, volgens de NHTSA.
- In meer dan 50 procent van de hierboven genoemde aanrijdingen heeft de bestuurder in het geheel niet geremd (!)
- Bij 90 procent van alle kop-staartbotsingen is sprake van een onoplettende bestuurder (100 Cars Study, Virginia Tech)
- Verkeersonderzoek uit Zweden, Duitsland en de Verenigde Staten wijst uit dat kop-staartbotsingen ongeveer 5 procent van al het verkeersgerelateerde zware letsel veroorzaken.

Ook schrijft De Telegraaf, baserend op een uitgevoerd onderzoek door SWOV (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid) het volgende: “De meeste verkeersdoden op rijkswegen vallen bij kopstaartaanrijdingen, waarbij een voertuig vaak zonder te remmen op volle snelheid inrijdt op een file.” (Gijsbert Termaat, 2018).

Om bovenstaande redenen wil UNECE AEBS standaardiseren als actief veiligheidssysteem op voertuigen en zo de verkeersveiligheid vergroten.

2.2 Systeemoverzicht

AEBS is een mix van bestaande technieken, aangevuld met nieuwe hard- en software. Zo is een belangrijke toevoeging aan het remsysteem een radar en-/of camera (afhankelijk van fabrikant) aan de voorzijde van het voertuig om verkeer aan de voorzijde te monitoren. Tijdens het monitoren van het verkeer aan de voorzijde van het voertuig zal een control eenheid het uiteindelijke order geven tot een bekrachtiging van de remmen. Deze control eenheid houdt rekening met een relatief snelheidsverschil, afstand tot volgobject, objectherkenning, dynamisch gedrag van het volgobject en genomen acties van de chauffeur. Zie Figuur 1 voor AEBS in een bedrijfssituatie. Afbeelding bevat het volgende: (1) Radar & Camera, (2) Sensor fusie, (3) Control unit, (4) Remsysteem.



Figuur 1: Illustratie Volvo (Dan Hambe, 17).

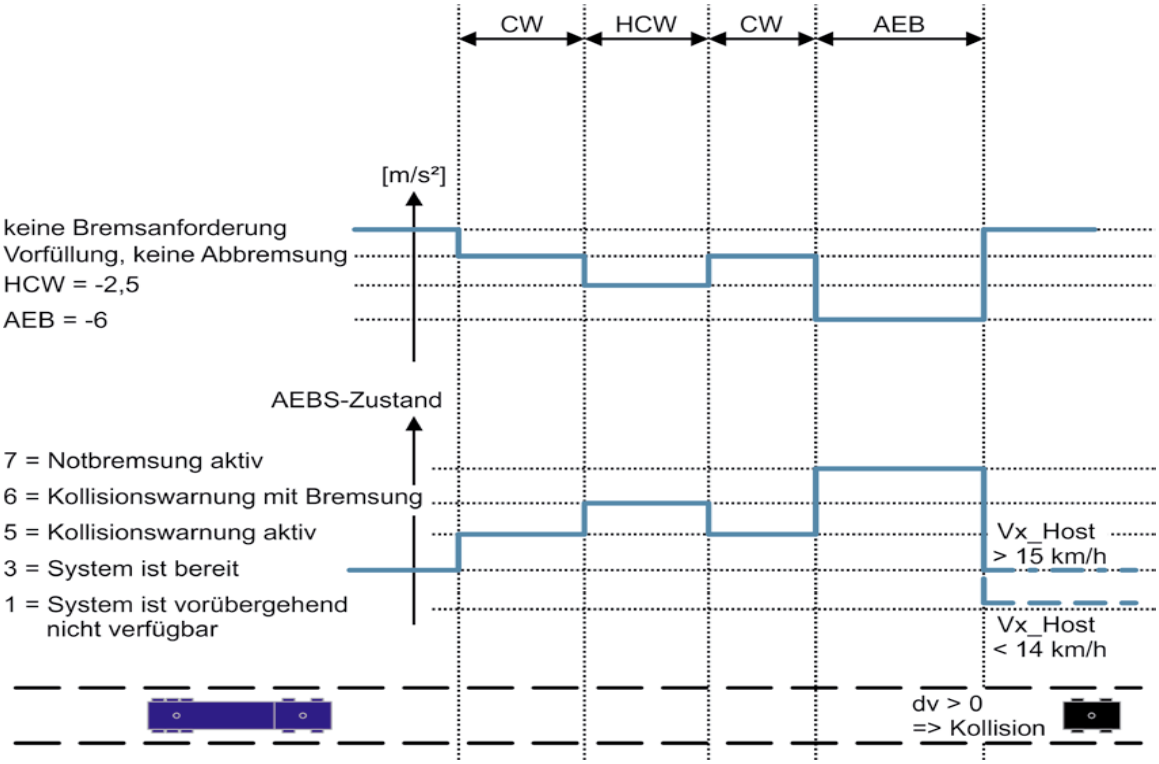
2.3 Systeemwerking

In het algemeen verzorgt de radar informatie over snelheid en afstand terwijl de camera dient ter observering van het object voor het voertuig. Beide sensoren sturen verwerkte informatie naar een control unit. Bij Volvo vrachtwagens wordt deze module de DACU (Driver Assistance Control Unit) genoemd. In deze module wordt naast radar en camera informatie, ook informatie over de bestuurder en truck verwerkt (Volvo Trucks, 2015).
Specifieke informatie over systeemcomponenten en werking worden door fabrikanten niet vrijgegeven.

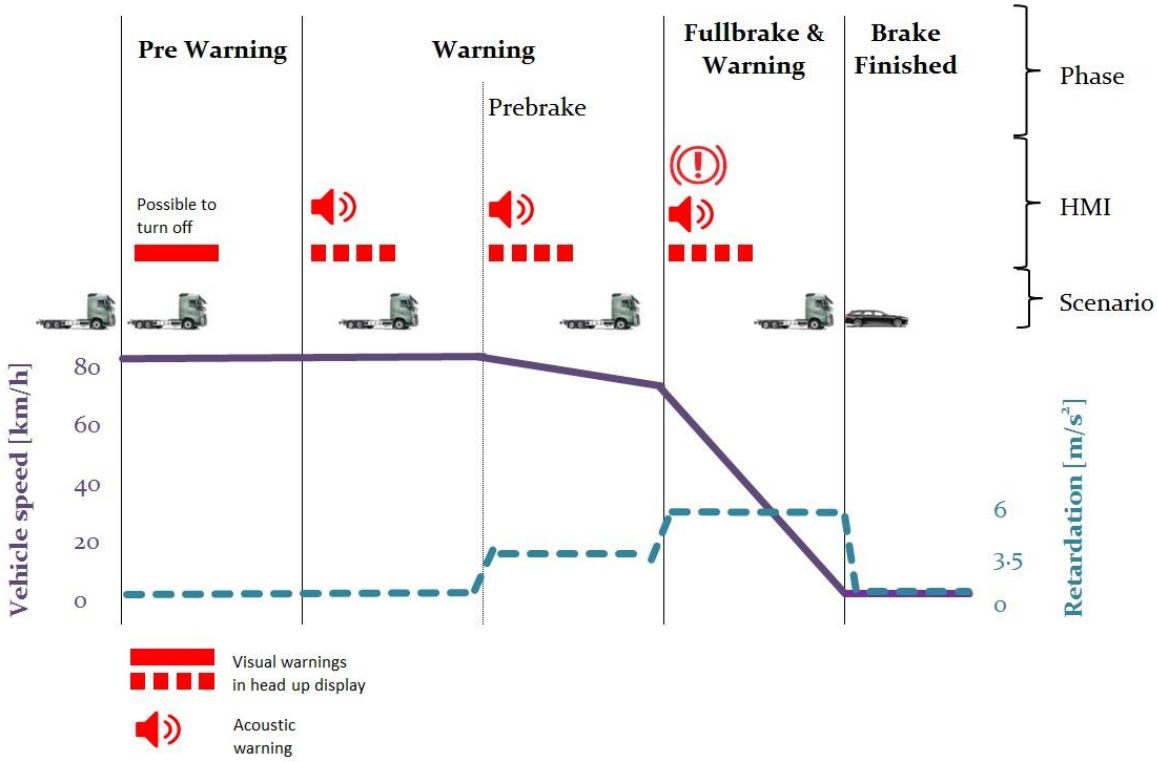
2.3.1 Systeemcyclus

Voordat AEBS een daadwerkelijke noodremming uitvoert zal de chauffeur in zijn voertuig eerst worden gewaarschuwd door middel van een optisch, akoestisch of haptisch signaal. AEBS is namelijk niet ontworpen om voor elke gelegenheid een remming in te zetten, maar puur als aller laatste redmiddel. De automatische noodremming zal dus ook pas worden ingezet als het systeem geen andere oplossing meer ziet. De voor-waarschuwingen zijn bedoeld om de chauffeur in te lichten over opkomend gevaar en probeert de chauffeur hierop te laten anticiperen.

Fases in een AEBS remming kunnen per fabrikant/systeem verschillen. Regelgeving laat dit toe en iedere fabrikant heeft zijn eigen visie over wat het beste is (UNECE, 2014). Figuur 2 en Figuur 3 geven een typische AEBS cyclus weer. Figuur 3 toont ook duidelijk een optisch, akoestisch en haptisch waarschuwingssignaal in de fases. De vier rode blokjes stellen een knipperend LED balkje voor welke bij Volvo door weerkaatsing oplicht in de voorruit en actief is bij elke Warning fase (Figuur 4).



Figuur 2: AEBS faseverloop volgens het OnGuardACTIVE systeem van WABCO (WABCO, 2017).



Figuur 3: AEBS faseverloop volgens het CW-EB systeem van Volvo (Örtlund, 2017)

Figuur 4: Zichtbare Collision Warning LED waarschuwing door weerkaatsing in de voorruit bij een Volvo FH (Trucks, 2013)

2.3.2 AEBS overrule functie

Een belangrijke functie van AEBS is het kunnen overrulen van een actieve cyclus. Het systeem is namelijk ontwikkeld met de gedachte om de verantwoording te allen tijde bij de chauffeur neer te leggen.
Vanaf het eerste moment dat een voertuig een waarschuwingssignaal afgeeft tot en met het moment van inzetten van een volwaardige automatische remming kan de chauffeur het systeem overrulen. Dit doet de chauffeur door zelf te remmen, de kick-down te bedienen, een duidelijke stuurbeweging in te zetten of een knipperlicht te activeren. De exacte beschikbare opties zijn fabrikant specifiek en kunnen dus verschillen per vrachtwagen (UNECE, 2014).

2.4 Europese verplichtingen

Voordat een voertuig een typegoedkeur krijgt zal het moeten voldoen aan drie verschillende testen. Met betrekking tot de test met een stationair target schrijft artikel 131 van UNECE het volgende:

> "Het testvoertuig zal het stationaire target in een rechte lijn benaderen voor tenminste twee seconden, te richten op de middellijn van het target waarbij een maximale offset van 0,5m is toegestaan. Het functionele deel van de test begint wanneer het testvoertuig zich voortbeweegt met een snelheid van 80 +- 2 km/h en ten minste op een afstand van 120 m van het doelwit verwijderd is. Vanaf het begin van het functionele deel van de test tot aan het moment van botsen zullen er geen besturing acties van de chauffeur worden uitgevoerd, met uitzondering van kleine aanpassingen aan het stuurwiel om eventuele drift tegen te gaan." (UNECE, 2014)

De testen moeten ook voldoen aan volgende omstandigheden:

- De test zal worden uitgevoerd op een vlak, droog betonnen of asfalt baan welke een goede hechting biedt.
- De omgevingstemperatuur zal tussen de 0 °C en 45 °C liggen.
- Het horizontale zichtbereik moet het mogelijk maken het target te observeren tijdens de test.
- De test zal worden uitgevoerd waarbij geen wind is die de resultaten kan beïnvloeden.
- Het doelwit dat voor de tests wordt gebruikt, is een groot volume serieproductie auto van de categorie M1, of als alternatief een “soft target” welke een zojuist benoemde voertuig type representeert waarbij rekening is gehouden met het sensor systeem van het te testen AEBS.

Specificaties over wanneer een voertuig voldoet of faalt is bijgevoegd in Bijlage 3. Ook worden hier de verplicht te voeren waarschuwingen beschreven en is een tabel met voertuigcategorie codes toegevoegd.

2.5 Remgedrag analyse

Om remgedrag van een voertuig te analyseren zijn remweg, voertuigsnelheid, remvertraging, weersomstandigheden, gewichtsverdeling, wegdek en type remsystemen interessante topics. Hoofdstuk 2.3.2 stelt dat een AEBS systeem een zogenoemde voorremming inzet voordat het systeem een noodremming uitvoert op vol remvermogen. Een AEBS voorremming is dus van directe invloed op voertuigparameters als remweg, voertuigsnelheid en remvertraging. UNECE 131 beschrijft ook dat een AEBS cyclus moet voldoen aan een haptische waarschuwing (voorremming), wat inhoudt dat een voorgeprogrammeerde cyclus bepaald wanneer deze haptische waarschuwing wordt ingezet.

AEBS doorloopt dus een patroon. Een combinatie van parameters als remweg ,snelheid en acceleratie kunnen dit patroon weergeven als deze gegevens worden gemonitord of gelogd. Voertuigsnelheid bevindt zich onder andere op de CAN-bus maar wordt ook in iedere vrachtwagen opgeslagen in de digitale tachograaf.

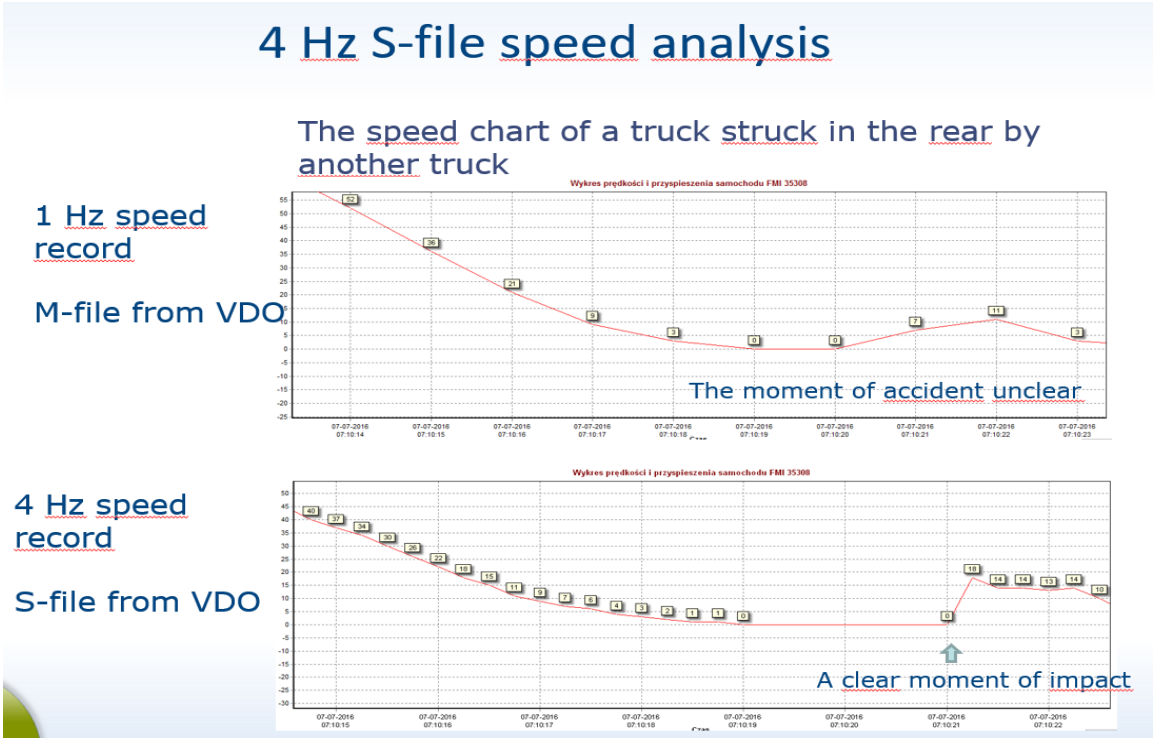
2.5.1 Tachograaf

Hoewel de digitale tachograaf hoofdzakelijk is ontworpen en verplicht is gesteld om rij- en rusttijden te bewaken om oneerlijke concurrentie tegen te gaan, slaat de tachograaf ook voertuigsnelheid op. Deze data wordt onder andere geanalyseerd bij het vermoeden van tachograaffraude[1] maar de voertuigsnelheid kan ook gebruikt worden voor andere doeleinden.
FO verkeer gebruikt soms tachograafdata om een indicatie te krijgen van de gereden snelheid en vertraging bij het moment van botsen. Na validatie van de data kan met deze informatie een ongeval gereconstrueerd worden en kunnen vraagstukken mogelijk worden opgelost.

De tachograaf ontvangt het snelheidssignaal van een snelheidsgever (KITAS) die gemonteerd is op de zijkant van de versnellingsbak (VDO, Sensor KITAS, 2008).

Tachograaf data kan ook inzichten bieden in het remgedrag bij een AEBS-remming en kan belangrijk zijn in dit onderzoek. In tegenstelling tot andere tachografen heeft de digitale tachograaf van VDO Siemens de functie dat bij een “event”, een minuut voor en een minuut na het event voertuigsnelheid wordt opgeslagen met een frequentie van 4 Hz. Een trigger voor het aanmaken van een event ontstaat door het behalen van een buitengewone vertraging. In het geheugen van een VDO Siemens tachograaf worden maximaal 3 events opgeslagen. De opslag reeks verloopt als first in first out. Als event 1 wordt overschreven door een nieuw event verliest event 1 zijn 4 Hz log en is de snelheidsdata op dat punt alleen nog maar in een log van 1 Hz beschikbaar (VDO).

Inelo is een bedrijf wat hard- en software maakt om tachografen uit te lezen. Contact met Inelo leverde een snelheid tegen tijd grafiek op, voortkomend uit tachograaf data van een vrachtwagen. De verwerkte data in de grafieken komen voort uit een ongeval. Bij dit ongeval is een vrachtwagen achterop de vrachtwagen in kwestie ingereden. In deze grafiek is duidelijk te zien dat de 4Hz log van het snelheidssignaal een beter beeld geeft over de gebeurtenis. Zo is bij de 4Hz log een grote piek te zien in het snelheidssignaal welke voortkomt uit een hoge versnelling. Inelo wijst hier op een moment van impact omdat de versnelling van het voertuig niet door haar eigen aandrijflijn kon worden veroorzaakt (Szczotka, 2019).



Figuur 5: Voertuigsnelheid analysegrafiek (Szczotka, 2019)

[1] Tachograaffraude is het manipuleren van onderdelen waarvan de tachograaf informatie moet ontvangen om beweging van een voertuig te kunnen registreren. Bij een succesvol fraudesysteem kunnen chauffeurs ritten maken zonder dat de tachograaf rij-uren registreert en zonder dat de tachograaf een fout registreert. Tachograaffraude wordt gezien als economisch delict waarbij boetes al gauw hoog kunnen oplopen (Bunskoeken H. v., 2018).

2.6 Rijkswaterstaat onderzoeken

In opdracht van Rijkswaterstaat hebben in Nederland een aantal onderzoeken naar AEBS plaatsgevonden. De onderzoeken uitgevoerd door Royal HaskoningDHV (HaskoningDHV, 2018) (HaskoningDHV, 2017) waren voornamelijk gericht op het opmerken van verschillende targets door AEBS en of het opmerken van deze targets constant was. Targets in de test waren motorvoertuigen en verkeersobjecten. De gebruikte testvoertuigen, uitgerust met AEBS, waren personenauto's en vrachtwagens van verschillende fabrikanten. Tijdens deze testen scoorden voornamelijk de personenauto's slecht. Ook is er tijdens een test geëxperimenteerd met het toevoegen van materialen op de op te merken targets. Dit in de hoop om een object beter te laten detecteren door een AEBS systeem. In de meeste gevallen mocht dit niet baten. Conclusies van beide rapporten stellen dan ook dat AEBS nog niet is waar het zou kunnen zijn en dat de voertuigindustrie gestimuleerd moet worden om tot verdere ontwikkeling van het systeem te komen. Met name het detecteren van objecten anders dan een testkussen of personenauto zou van toegevoegde waarde zijn.

2.7 Onderzoek keuze

Uit vorig hoofdstuk is onder andere duidelijk geworden dat AEBS fases doorloopt en dat deze fases mogelijk te herkennen zijn in parameters als voertuigsnelheid en voertuig acceleratie. Duidelijke herkenningspunten in één of meerdere van deze fases, voortkomend uit remkarakteristieken, kan mogelijk een antwoord geven op de hoofdvraag. Om deze reden is het dan ook van belang dat op deze parameters wordt ingezoomd tijdens dit onderzoek.

Terug refererend naar de doelstelling van dit onderzoek kan een remkarakteristiek van een AEBS-remming theoretisch gezien op verschillende manieren benaderd worden en in kaart worden gebracht. Om remkarakteristieken te verkrijgen zal er een realistisch softwaremodel, een realistisch rekenmodel of een daadwerkelijke fysieke test met een voertuig moeten worden uitgevoerd. Gezien de complexiteit van een vrachtwagen en alle verschillende parameters die van invloed kunnen zijn op het activeren van een AEBS remming is het eigenhandig maken van een software of rekenkundig model niet realistisch. De software die gemoeid is met een activering van AEBS bestaat uit een complexe reeks algoritmes en valt daarom buiten de mogelijkheid om de doelstelling te halen met de binnen dit onderzoek beschikbare middelen.

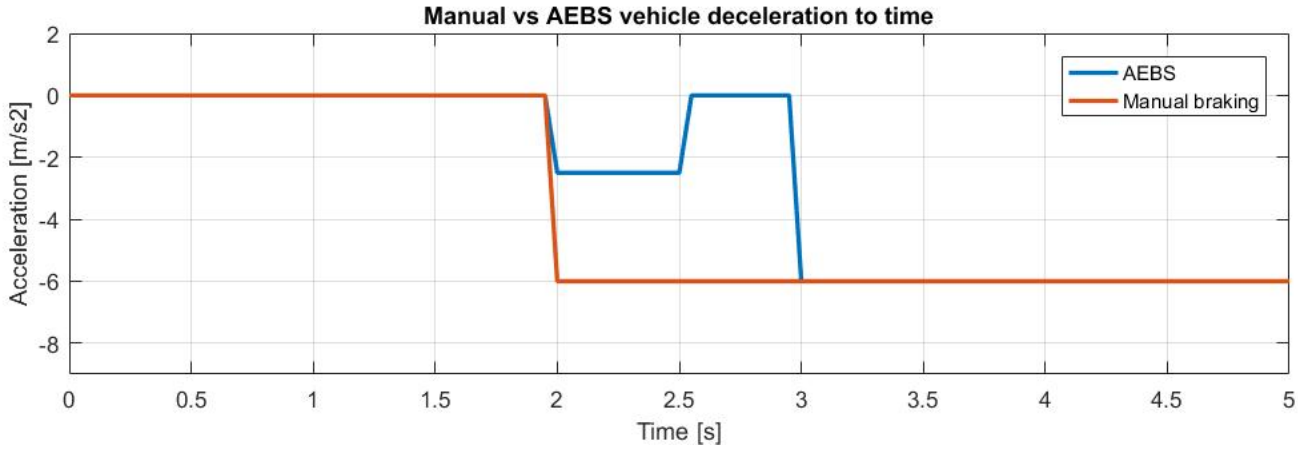
De meest effectieve manier om realistisch remgedrag te analyseren zal dus ook moeten voortkomen uit daadwerkelijke voertuigtesten. Tijdens deze testen is het van belang dat op zijn minst voertuigparameters als snelheid en acceleratie worden gelogd. In een latere fase van het onderzoek zullen verkregen testresultaten geanalyseerd moeten worden om iets te kunnen zeggen over mogelijke verschillen in remkarakteristieken tussen manuele en geautomatiseerde remmingen.

2.7.1 Tachograaf log capaciteit

Om verder in te gaan op de bruikbaarheid van tachograafdata als remgedrag-analyse middel tijdens een AEBS remming, is het van belang om dit vroegtijdig te onderzoeken en niet een voertuigtest compleet van deze data afhankelijk te maken. Om deze reden is er een simulatie model opgezet waarbij gebruik is gemaakt van Matlab Simulink. Dit model representeert een AEBS remming gebaseerd op remfases uit een AEBS werking-document van WABCO (WABCO, 2017). Voortkomend uit deze fases komt een snelheidsverloop. In dit model is uitgegaan van een VDO Siemens tachograaf met een log capaciteit van 4 Hz. Ondanks dat het input signaal te clean is en de gesimuleerde remming onrealistisch constant is, voldoet het model wel omdat het een goede indicatie kan weergeven of de logfrequentie van 4 Hz een AEBS remkarakteristiek kan tonen. Grafieken voortkomend uit het model zijn afgebeeld in Figuur 6, Figuur 7 en Figuur 8. Bijbehorende parameters staan beschreven in
Tabel 2. De volwaardige modellen zijn opgenomen in Bijlage 4.

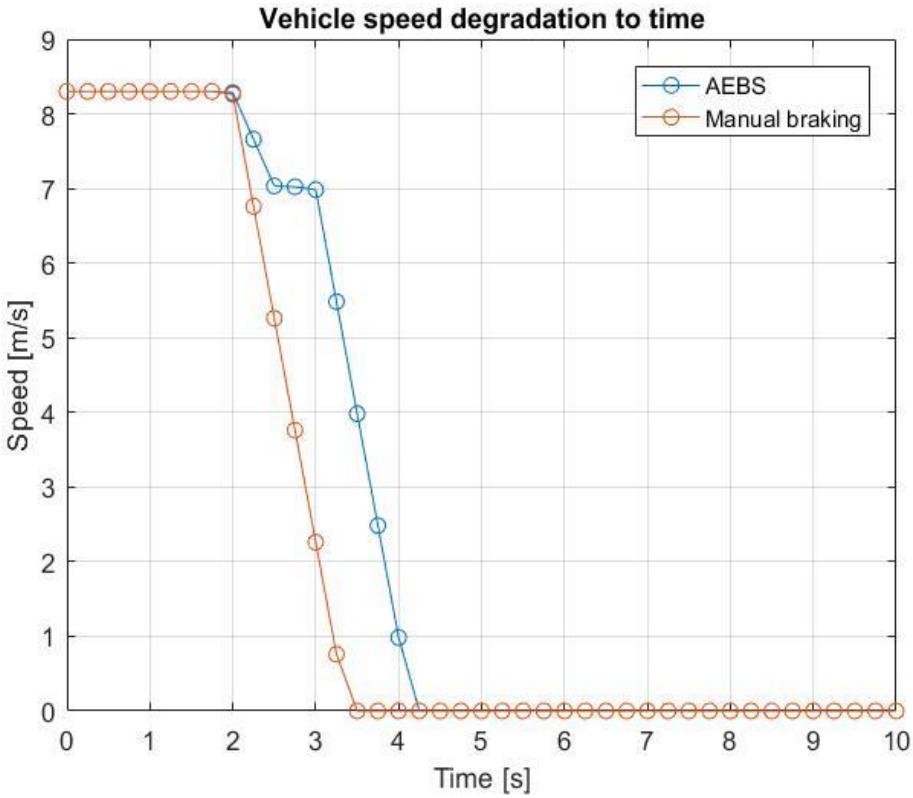
Tabel 2: Input parameters voor Matlab Simulink model

	Vertraging AEBS	Vertraging manuele remming	Beginsnelheid
Figuur 6	2.5 [m/s^2] – 6 [m/s^2]	6 [m/s^2]	n.v.t.
Figuur 7	2.5 [m/s^2] – 6 [m/s^2]	6 [m/s^2]	$8\frac{1}{3}$ [m/s] = 30 [km/h]
Figuur 8	2.5 [m/s^2] – 6 [m/s^2]	6 [m/s^2]	25 [m/s] = 90 [km/h]

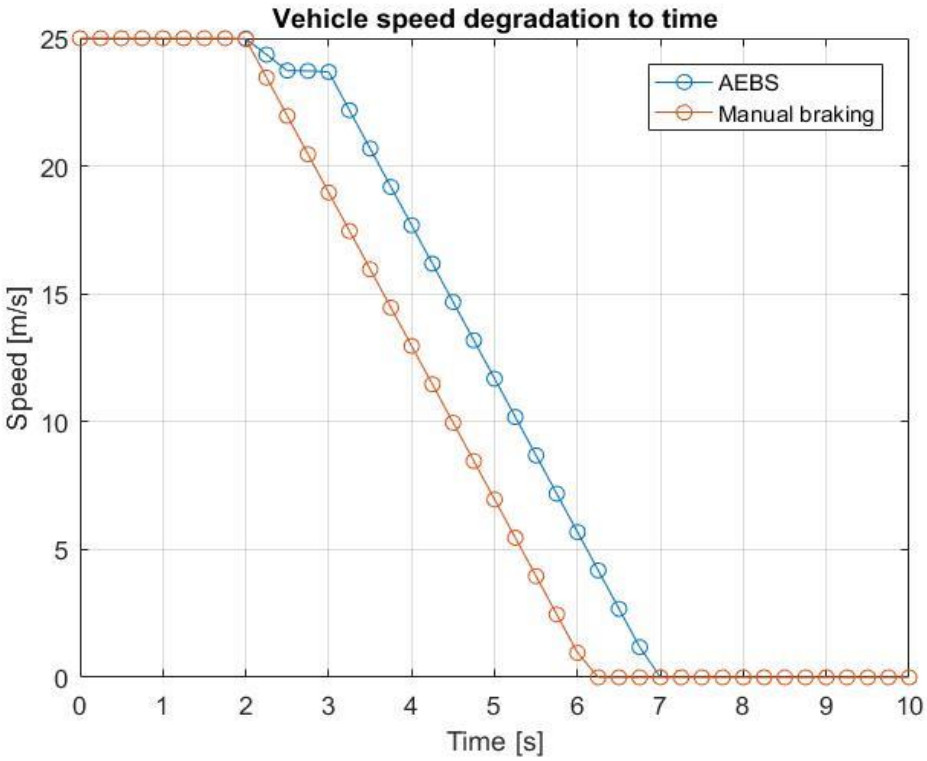


Figuur 6: Gesimuleerde remvertraging input

Bovenstaande Figuur 6 geeft de remvertraging weer welke als input is gebruikt om een bepaalde snelheid te laten afnemen. De *Manual braking* vertraging is gebaseerd op een persoon die een noodremming uitvoert en daardoor het rempedaal in één keer volwaardig bedient. De AEBS remvertraging is gebaseerd op het Wabco document en is gelijkgesteld aan het faseverloop die het document beschrijft zoals zichtbaar is in Figuur 2. Dat vertaalt zich in een voorremming van 2,5 m/s^2 gevolgd door een remming van 6 m/s^2 na 0.5 seconden. Voor eenzelfde vermindering van snelheid is bij de manuele remming ook gekozen voor een remvertraging van 6 m/s^2.



Figuur 7: Snelheidsverloop als gevolg van remvertraging-input uit Figuur 6 bij 30km/h



Figuur 8: Snelheidsverloop als gevolg van remvertraging-input uit Figuur 6 bij 90km/h

Bovenstaande snelheidsgrafieken tonen aan dat ondanks een log van 4Hz wel degelijk verschil is te zien in voornamelijk het beginstadium van de snelheidsafname. Het opmerkelijke beginstadium van een AEBS remming is weer te herleiden aan de remvertraging die hiermee gepaard gaat. In de grafieken is gekozen om een snelheidsafname vanaf 30 - en 90 km/h te simuleren om zo een breed gebied te dekken. 90km/h is gebruikt omdat deze snelheid een veel gereden snelheid is door vrachtverkeer. 30km/h is gebruikt om ook bij lage snelheden een karakteristiek te ontdekken.
Deze tachograaf-snelheidslog simulaties tonen aan dat het gebruiken van tachograafdata om remkarakteristieken te analyseren een veelbelovend middel kan zijn om een AEBS rempatroon te herkennen.

3 Methodologie

Na het afronden van het vooronderzoek, welke voornamelijk gericht was op het oriënteren van bestaande systemen, de werking ervan, wettelijke verplichtingen en reeds uitgevoerde relevante onderzoeken, zijn er keuzes gemaakt voor het vervolg van het onderzoek.

Om richting de doelstelling te werken is gekozen om een testdag te organiseren. Het doel van de testdag was om nieuwe informatie te verkrijgen in de vorm van rem data. Analyse van deze data kan mogelijk iets zeggen over een remkarakteristiek welke vervolgens weer kan verwijzen naar een AEBS of manuele remming. Om de juiste informatie te verkrijgen is er gekozen om te focussen op de volgende zaken:

- Voertuigsnelheid
- Voertuig acceleratie
- Remweg
- Visueel dynamisch voertuiggedrag
- AEBS gerelateerde CAN-bus berichten

3.1 Testplan

Om overzicht redenen is dit hoofdstuk samengevat. Bijlage 5 bevat het origineel, volledige Testplan met alle verwerkte onderdelen.

Om een testdag met verschillende remtesten te organiseren is een goede voorbereiding noodzakelijk. Tijdens de voorbereiding speelden volgende onderdelen een grote rol:

- Data loggen
- Uit te voeren testen
- Test plaats
- Voertuig + Reservatie
- Veiligheid
- Test object
- Taakverdeling tijdens testdag

3.1.1 Uit te voeren testen

In hoofdlijnen werd de testdag georganiseerd om drie soorten remtesten uit te voeren:

- 1. Manuele noodremming waarbij chauffeur maximaal remt tot stilstand
- 2. AEBS remming waardoor de vrachtwagen automatisch tot stilstand komt
- 3. Chauffeur bootst manueel een AEBS remming na

Deze drie remmingen zijn gekozen omdat remming 1 en 2 inzicht kunnen bieden in een verschil in remkarakteristiek. Remming 3 is toegevoegd zodat bij een mogelijk verschillende remkarakteristiek tussen test 1 en 2, er met enige zekerheid kan worden gesteld dat een chauffeur niet in staat zou zijn om een AEBS remkarakteristiek makkelijk na te bootsen.

Om bij een data analyse iets te kunnen concluderen uit remmingen en om een constante karakteristiek te ontdekken is het van belang dat metingen meerdere keren worden uitgevoerd. Om deze reden zijn van origine Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5 opgesteld. De verschillende snelheden zijn gekozen om inzicht te krijgen of remgedrag veranderd bij een hogere/lagere snelheid en om een AEBS remming veilig op te bouwen. De meeste testen worden vier keer uitgevoerd met als reden dat

als een log of uitvoering niet correct is verlopen, er met grote kans in ieder geval drie metingen goed zijn verricht. Bij de snelheid van 80km/h is gekozen om een testuitvoering vijf keer te herhalen omdat deze snelheid in het algemeen wordt gevoerd als bedrijfssnelheid. Ook is de remweg en de rem tijd bij 80km/h het langst ten opzichte van de ander gekozen snelheden waardoor deze de meeste data zal bieden.

Tabel 3: Inhoud van Test 1 op voorbereiding op de testdag

Uitvoering: Chauffeur remt in één keer met volle kracht tot stilstand

Rem uitvoering	Hulpmiddel	Snelheid	Herhaling
Chauffeur	n.v.t.	20	4
Chauffeur	n.v.t.	40	4
Chauffeur	n.v.t.	60	4
Chauffeur	n.v.t.	80	5

Tabel 4: Inhoud van Test 2 op voorbereiding op de testdag

Uitvoering: Chauffeur rijdt af op object en raakt besturingsmiddelen niet aan na activatie van AEBS

Rem uitvoering	Hulpmiddel	Snelheid	Herhaling
AEBS	Bots kussen	20	4
AEBS	Bots kussen	40	4
AEBS	Bots kussen	60	4
AEBS	Bots kussen	80	5

Tabel 5: Inhoud van Test 3 op voorbereiding op de testdag

Uitvoering: Chauffeur bootst remkarakteristiek AEBS na en remt tot stilstand

Rem uitvoering	Hulpmiddel	Snelheid	Herhaling
Chauffeur	n.v.t.	20	4
Chauffeur	n.v.t.	40	4
Chauffeur	n.v.t.	60	4
Chauffeur	n.v.t.	80	5

3.1.2 Data verkrijgen

Verschillende data is benodigd om een remanalyse te creëren welke inzicht zal kunnen bieden in een verschil tussen een AEBS en een manuele remming. Minimale parameters welke gelogd zullen moeten worden zijn voertuigsnelheid en voertuig acceleratie. Deze parameters kunnen een goed beeld geven over het remgedrag van een voertuig, afhankelijk van de manier waarop data wordt verkregen.

3.1.3 Log apparatuur

Omdat de tachograaf een snelheidslog maakt van maximaal 4Hz, wordt dit gezien als een onbetrouwbare bron van informatie om alleen hierop een remanalyse te baseren. Dit resulteerde in de keuze om gebruik te maken van extra externe logapparatuur. De Politieacademie bezit logapparatuur welke data kan loggen tot 1000Hz. Gezien de hoeveelheid data die gegenereerd wordt met het loggen op 1000Hz, is de 100Hz functie verkozen als logfrequentie. Een datapunt om de 0,01 seconde is voldoende om gedetailleerd inzicht te krijgen in remgedrag van een alledaags voertuig.

Naast de snelheid en acceleratie meting wordt gekozen om ondersteunende apparatuur in te zetten. Om een extra snelheidssignaal te ontvangen en om AEBS gerelateerde CAN bus berichten te verkrijgen is de inzet van een CAN bus logger noodzakelijk. Analyse van deze berichten kunnen een duidelijk beeld scheppen over de activatie procedure van een AEBS remming en kan hierdoor waardevolle informatie bezitten. Omdat vrachtwagens verplicht het J1939 protocol voeren zijn vele berichten op de CAN bus inzichtelijk voor derden.

Voor het vastleggen van visueel dynamisch voertuiggedrag en bestuurdersacties ter ondersteuning op ontvangen data, is gekozen om video apparatuur te installeren in- en naast het voertuig. Video beelden welke synchroon lopen aan log apparatuur en video beelden komend uit externe bronnen kunnen gezamenlijk met ontvangen data een complete inzage bieden over een remming.

Tabel 6 geeft een overzicht van de van te voren vastgelegde benodigde meetapparatuur.

Tabel 6: Gebruikte meetinstrumenten tijdens testdag

Meetinstrument	Randapparatuur	Meetfunctie
Movilog	-	acceleratie, snelheid, positie
DL1 PRO	VIDEO4	acceleratie, snelheid, positie, beeld, geluid
PEAK CAN dongle	Laptop	CAN bus berichten loggen
GoPro's	-	beeld, geluid
VDO Siemens Tacho.		snelheid
VDO DLK pro	-	tachograaf data downloaden

3.1.4 Testvoertuig en Testobject

Testvoertuig

Voor het uitvoeren van remtesten is gekozen om gebruik te maken van één voertuig, en wel een voertuig van het type N3. De bedoeling is om de test kleinschalig te houden en om één voertuig de volle aandacht te geven. Op deze manier is de data voorkomend uit remmingen te vergelijken met elkaar en kan er gezocht worden naar constante karakteristieken. Voor de testdag is ook een losse trekker verkozen boven een trekker met oplegger. De reden hiervan is dat een remkarakteristiek voortkomend uit een AEBS remming theoretisch gezien niet zou mogen afwijken wanneer het voertuig wel of niet is voorzien van een oplegger. Daarnaast zal een losse trekker de test kleinschaliger houden en vergemakkelijkt dit het manoeuvreren van het voertuig. Wel kan de lage aslast resulteren in een snel slippend achterwiel. Data zal dit moeten uitwijzen.

Voertuig Specificaties	
Merk	Volvo
Type	FH
Bouwjaar	2018
Motortype	Euro 6, 420

Testobject

Bij het uitvoeren van Test 1 en 3 (3.1.1) is er niks anders benodigd dan een vrachtwagen en goede baanomstandigheden om veilig tot stilstand te komen. Test 2 daarentegen kan niet worden uitgevoerd zonder hulpmiddel. De grootste kans om een succesvolle AEBS remming te verkrijgen is door een soft target (bots kussen) in het verlengde van het testvoertuig te plaatsen. Het testvoertuig herkent het soft target als een stilstaand voertuig waardoor een AEBS remming moet worden ingezet als de chauffeur geen acties uitvoert om het systeem te overrulen.

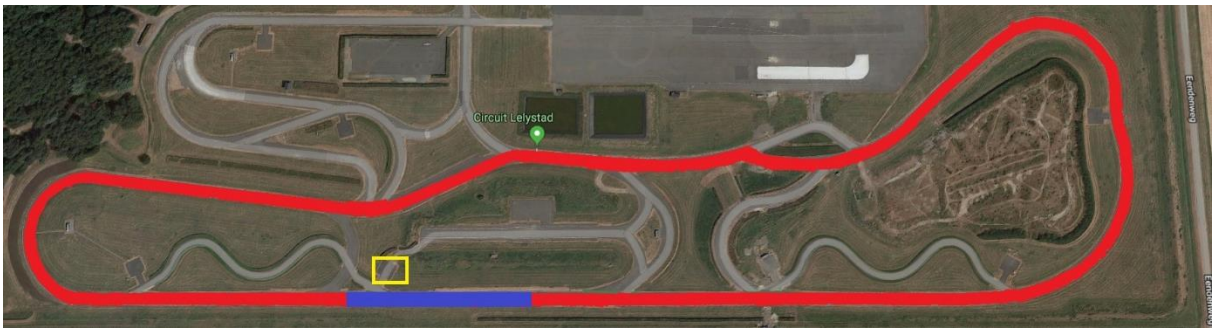
Ter voorbereiding op de testdag is een soft target gereserveerd via Rijkswaterstaat. Dit soft target is geconstrueerd door Moshon Data. Een professioneel bedrijf welke ook soft targets volgens de UNECE norm maakt. Figuur 9 is een afbeelding waarin het desbetreffende soft target en het gebruikte testvoertuig te zien zijn.

Figuur 9: Gebruikte Testvoertuig + Soft target tijdens de testdag

3.1.5 Testomgeving

Het Politiecircuit te Lelystad leent zich perfect om de remtesten uit te voeren. Er is voldoende ruimte om op snelheid te komen, uitwijk mogelijkheden zijn aanwezig, een veilige plek voor genodigden is makkelijk te realiseren en in geval van calamiteiten is het circuit goed toegankelijk voor hulpdiensten.

Zoals beschreven in het Theoretisch kader kan de tachograaf een maximum van drie events opslaan voordat er de mogelijkheid bestaat tot overschrijving van een vorig event. Na maximaal drie remtesten moet er dus een tachograaf download gemaakt worden die de gegevens opslaat op een laptop. Deze download wordt gemaakt direct na het uitvoeren van drie remmingen, op het circuit. Figuur 10 toont een afbeelding van de lay-out van het Politiecircuit zoals deze is ingedeeld op voorbereiding van de testdag. De in het geel omringde rechthoek stelt de veilige ruimte voor die gereserveerd is voor toeschouwers, en de blauwe strook toont waar er voor het voertuig ruimte is om een remming in te zetten.



Figuur 10: Baanopstelling voor de Testdag. Politiecircuit, Lelystad

3.1.6 Checklists

Voor het invullen van basis testresultaten zijn er checklists opgesteld die dienden ter ondersteuning van de planning en een goed overzicht gaven van het verloop van de dag. De originele checklists zijn te vinden in Bijlage 5.

3.2 Data verwerking

Data voortkomend uit loggers, tachograaf en camera's moeten allemaal aan elkaar te linken zijn voor een logisch overzicht. Om deze reden zullen alle bestanden die bij één remtest horen eenzelfde nummer ontvangen.

De bestandstypes welke de apparatuur aanbieden is verschillend. Een overzicht hiervan is te vinden in onderstaande Tabel 7.

Tabel 7: Overzicht van bestandstypes voortkomend uit log apparatuur

Apparatuur	Bestandstype	Openen met
Movilog	.CSV	Excel
DL1 PRO	.RUN	Race Technology software
Tachograaf	.DDD	Tacho File Viewer
PEAK CAN Dongle	.trc	Kladblok

Alle bovenstaande bestandstypes zijn om te zetten naar een .xlsx bestand (Excel werkmap) waardoor bewerking in Excel mogelijk wordt gemaakt. Data voortkomend uit verschillende apparatuur kan hierdoor worden samengevoegd in eenzelfde grafiek.

3.2.1 Valide metingen

Om gegevens te verwerken en om conclusies te trekken voortkomend uit data is de meetapparatuur onderzocht.
Een certificaat behorend bij de Movilog stelt dat de inwendige sensoren een nauwkeurigheid bezitten tot 2% van de gemeten waarde.
De DL1 PRO logger is een logger welke bij een eenheid om de twee jaar wordt geijkt.
Tachograafdata wordt opgeslagen met een tijdsindex, gebaseerd op een ingestelde tijd van de tachograaf. Om deze tijd te valideren kan deze worden vergeleken met atoomtijd. Enige afwijkingen moeten worden meegenomen in de verkregen data bij het willen tonen van een exacte tijdlijn.

3.3 Testdag reflectie

De testdag heeft plaatsgevonden op donderdag 2 juni tussen 8:00 en 18:00 op het Politiecircuit te Lelystad. Tijdens de testdag zijn er zoals gepland drie verschillende remtesten uitgevoerd welke informatie en data moesten opleveren over AEBS remmingen en manuele noodremmingen. Door omstandigheden was de noodzaak daar om wijzingen door te voeren in het Testplan. Dit resulteerde in een afname van tests herhalingen en een schrapping van de test met 80 km/h bij Test 2 en Test 3.

Gedetailleerde informatie over de daadwerkelijk uitgevoerde testen, een overzicht van de installatie van apparatuur en gegevens over het weer zijn beschikbaar in Bijlage 6.

4 Remanalyse resultaten

Onderstaand hoofdstuk geeft een overzicht over de verwerkte meetresultaten. Data voortkomend uit de Movilog, DL1 pro en de tachograaf wordt getoond. Hoewel de CAN bus logger tijdens de test ook data heeft verzameld is dit wegens tijdgebrek niet uitgewerkt en is de data alleen nog maar ruw beschikbaar. Door de noodgedwongen wijzingen in het testplan zijn de testen niet met dezelfde volgorde uitgevoerd zoals van origine is opgesteld. Om deze reden zal eerst een legenda worden getoond ter inleiding op de verwerkte data in grafieken.

4.1 Legenda

Volgende hoofdstukken tonen verschillende grafieken waarbij gebruik wordt gemaakt van cijfers en letters om bepaalde lijnen aan te duiden. Tabel 8 is opgesteld om in te zien aan welke test en snelheid deze lijn dan is gekoppeld.

Allereerst nogmaals de drie uitgevoerde testen:

- 1. Manuele noodremming waarbij chauffeur maximaal remt tot stilstand
- 2. AEBS remming waardoor de vrachtwagen automatisch tot stilstand komt
- 3. Chauffeur bootst manueel een AEBS remming na

Tabel 8: Verwerkte data overzicht tabel

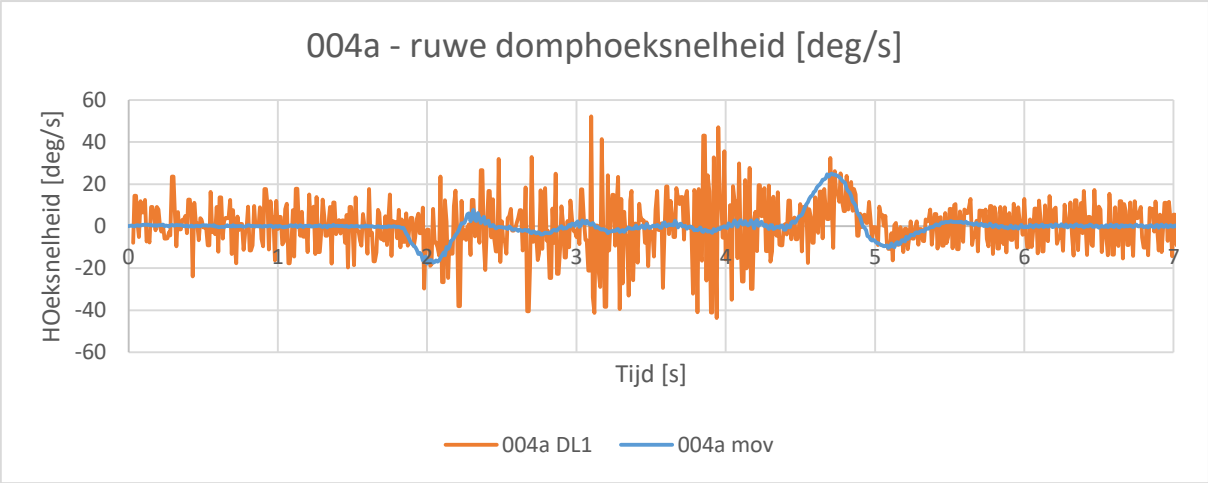
Code	Test nummer	Snelheid [km/h]
001	1	20
002	1	20
003a	1	40
003b	1	40
004a	1	60
004b	1	60
006a	2	20
006b	2	20
007	2	40
008	2	20
009	2	40
010	2	60
011	2	40
012a	2	60
012b	2	60
013	2	40
015a	3	60
015b	3	60
015c	3	60

4.2 Data verantwoording

Tijdens de testdag is er gebruik gemaakt van verschillende logapparatuur. Tevens zijn er bij remtesten verschillende snelheden verreden alvorens de remming werd ingezet. Dit hoofdstuk verklaart welke logger en welke snelheid als uitgangspunt wordt genomen om een antwoord te vinden op de hoofdvraag en om de doelstelling te bereiken.

4.2.1 Verwerking keuze

Om een werkelijke remvertraging te bepalen moeten er een aantal berekeningen en correcties worden doorgevoerd. Zo moet bijvoorbeeld de domphoeksnelheid worden meegenomen in combinatie met de longitudinale acceleratie om een juiste remvertraging te berekenen. De DL1 logger berekent intern de gemeten snelheid baserend op GPS snelheid, acceleratie sensoren en de gemeten domphoeksnelheid.
Bij het uitzetten van de gemeten snelheid van beide loggers blijkt dat deze enigszins afwijken van elkaar. Nadere inspectie van de domphoeksnelheid toont dat data van de DL1 een grote ruis bezit. De afwijkende berekende snelheid is een gevolg van dit gegeven. Om deze reden wordt de data van de Movilog gebruikt om verdere remanalyses uit te voeren. De ruis kan overigens een gevolg zijn van het direct plaatsen van de IMU op het chassis. Zie Figuur 11 voor het verschil in verkregen ruwe data van de domphoeksnelheid.



Figuur 11: Ruwe domphoeksnelheid data vergelijking. Movilog en DL1

4.2.2 Data keuze

Om een typische AEBS remkarakteristiek te herkennen wordt terug gerefereerd naar Figuur 2 en Figuur 3. Deze karakteristiek zal alleen aanwezig zijn bij een remtest onder omstandigheden van Test 2. Omdat snelheid een grote factor is in de remweg (en in het geval van de tachograaf ook het aantal datapunten), wordt in dit hoofdstuk de invloed van snelheid op het herkennen van een remkarakteristiek behandeld.

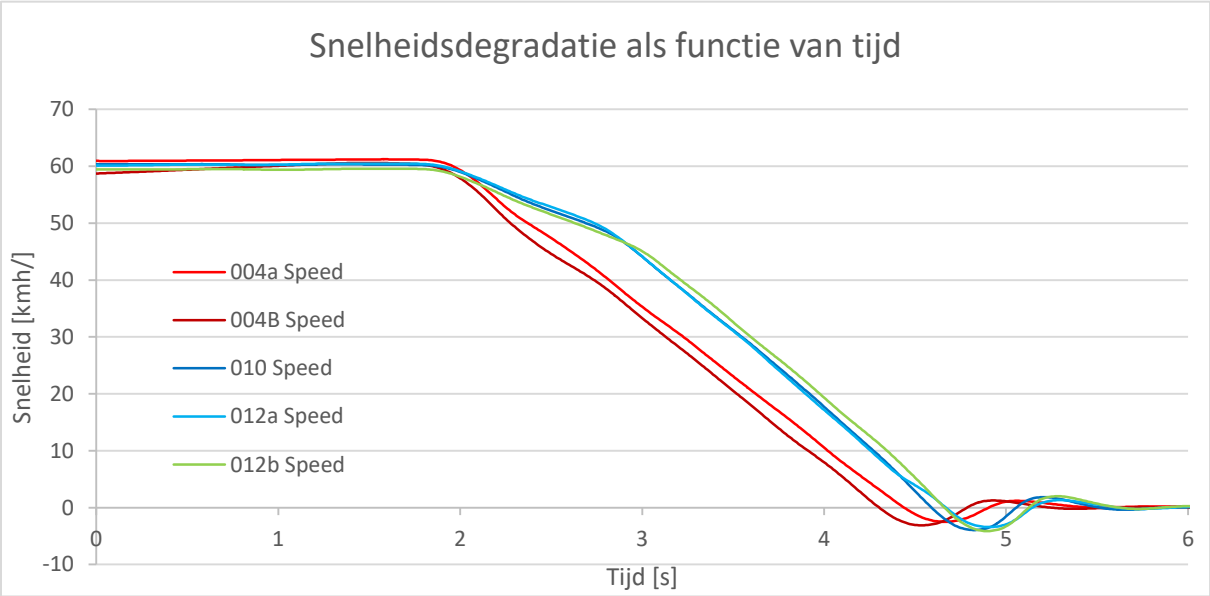
Uit uitgewerkte data blijkt dat de verkregen data bij een snelheid van 20 km/h niet bruikbaar is om een AEBS karakteristiek te ontdekken. Bij 40 km/h en 60 km/h is deze karakteristiek wel zichtbaar in de resultaten. Omdat de remanalyses een zo goed mogelijk beeld moeten geven over hoe een AEBS remkarakteristiek er uit ziet zullen analyses verder gefocust zijn op verkregen data uit remmingen bij 60 km/h. Dit geldt zowel voor verkregen data uit de Movilog als uit de tachograaf.

4.3 Remkarakteristiek analyse

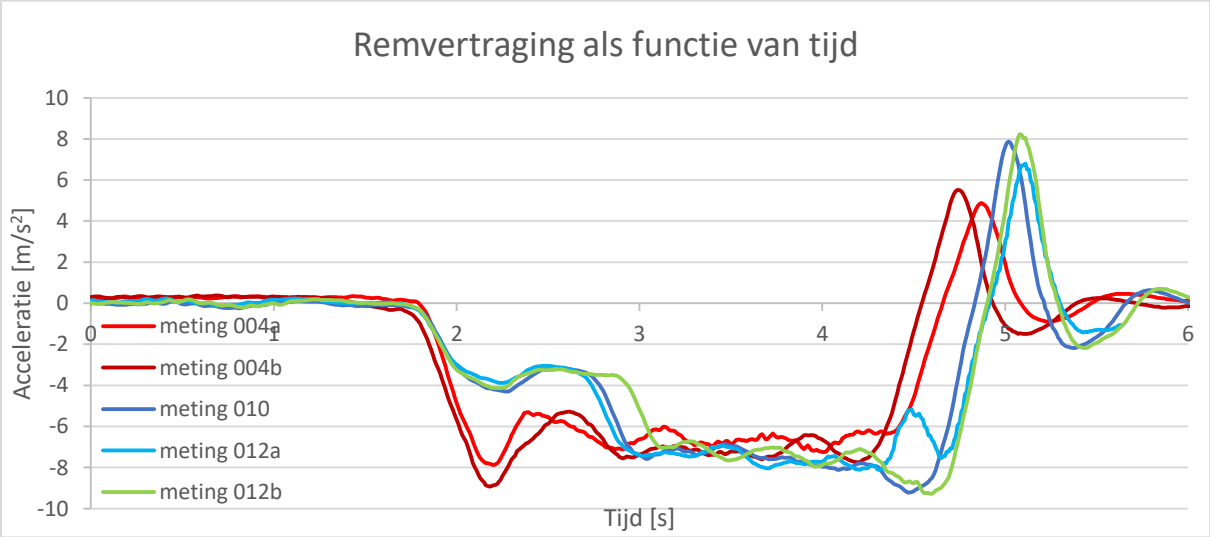
De figuren in dit hoofdstuk zijn opgesteld om een weergave te bieden van remkarakteristieken voortkomend uit Test 1, 2 en 3. De verschillen en opvallende data worden aangehaald. Tevens wordt data uit verschillende bronnen met elkaar vergeleken op overeenkomsten.

4.3.1 Movilog

In Figuur 12 en Figuur 13 is de snelheid en remvertraging tegen tijd uitgezet waarvan de data afkomstig is van de Movilog. Test 1 laat duidelijk een agressieve remming zien waarbij de remvertraging snel oploopt tot gemiddeld zo'n 7m/s^2. Resultaten uit Test 2 tonen echter een ander verloop. Bij alle drie de remmingen uit Test 2 houdt bijna een seconde lang een remvertraging van zo'n 3,3 m/s^2 aan. Vervolgens trekt de remvertraging door tot 7m/s^2. De snelheidsdegradatie van Test 1 als Test 2 is op deze manier te verklaren. Remmingen uit Test 1 en 2 tonen een duidelijk verschillende karakteristiek. De voorremming en volle remming zijn beide terug te vinden in de AEBS remkarakteristieken.



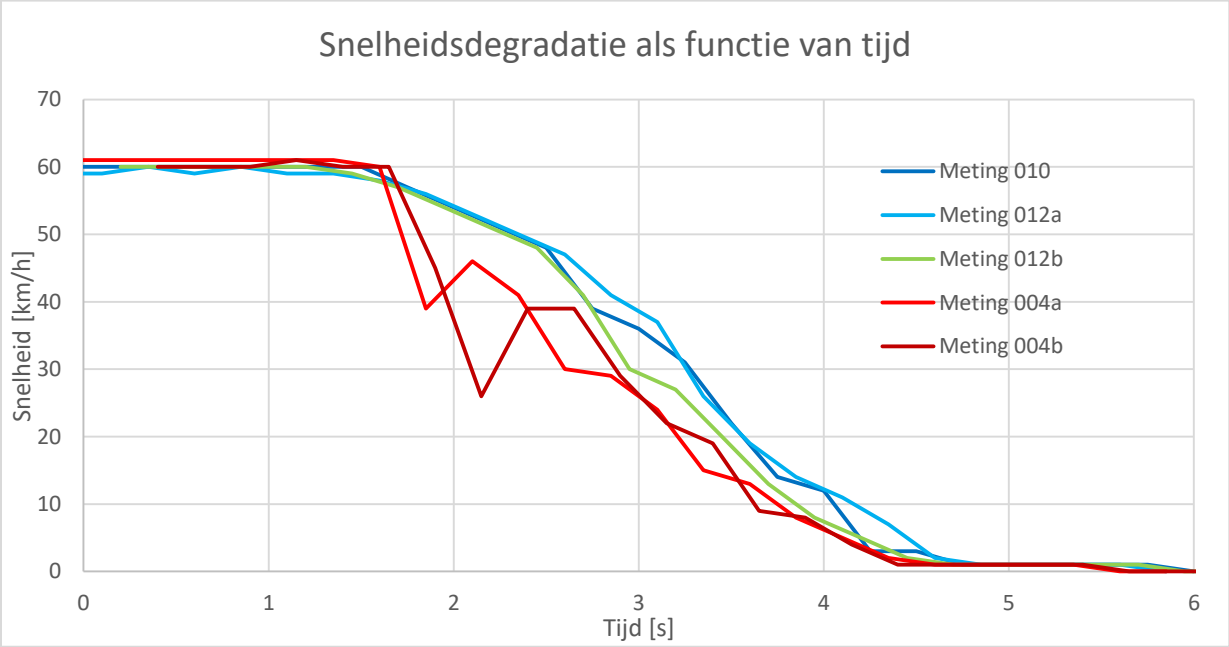
Figuur 12: Movilog snelheidsdegradatie resultaten uit Test 1 en 2



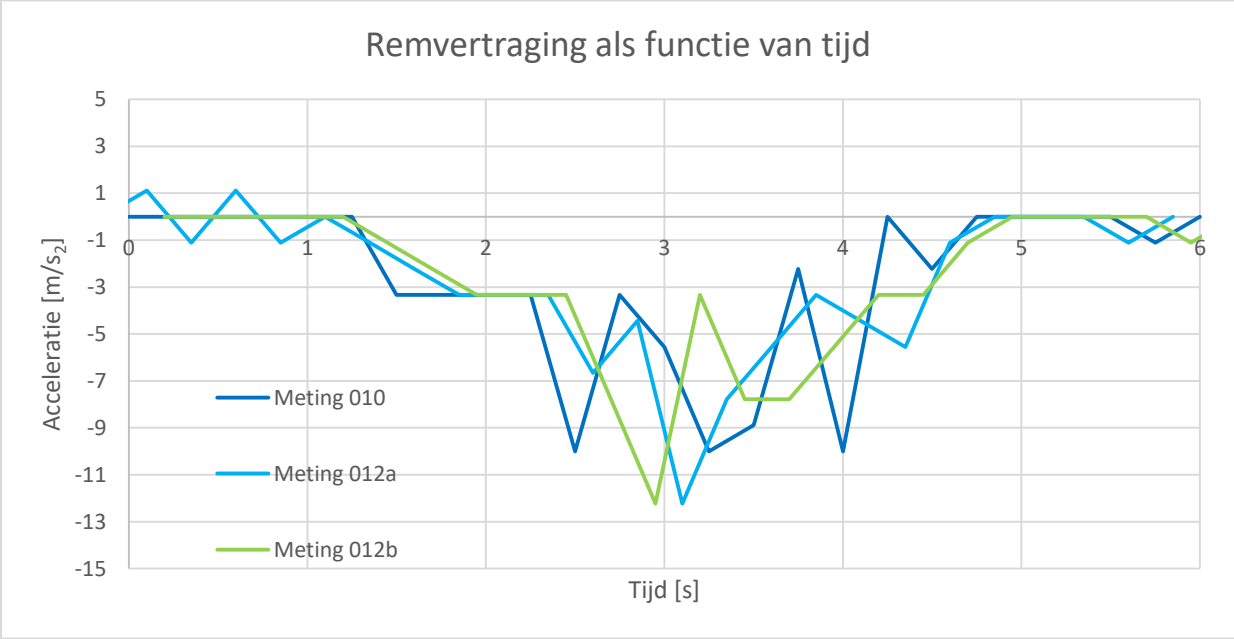
Figuur 13: Movilog remvertraging resultaten uit Test 1 en 2

4.3.2 Tachograaf

De 4Hz log capaciteit van de tachograaf is direct zichtbaar in data en grafieken door de grove verwerking van de lijnen. Figuur 14 en Figuur 15 tonen snelheid en de remvertraging bij 60 km/h. Figuur 15 bevat alleen data uit Test 2 en hier worden overeenkomsten in de drie AEBS remmingen vergeleken. Opvallend in deze grafiek zijn de twee verschillende fases. Net als bij data voortkomend uit de Movilog weerspiegelt dit de AEBS remcyclus. De verschillende fases vertalen zich vervolgens in Figuur 14 in de snelheidsdegradatie. Fase één van de AEBS remming resulteert in een constante snelheidsdegradatie terwijl metingen uit Test 1 direct grote pieken vertonen.



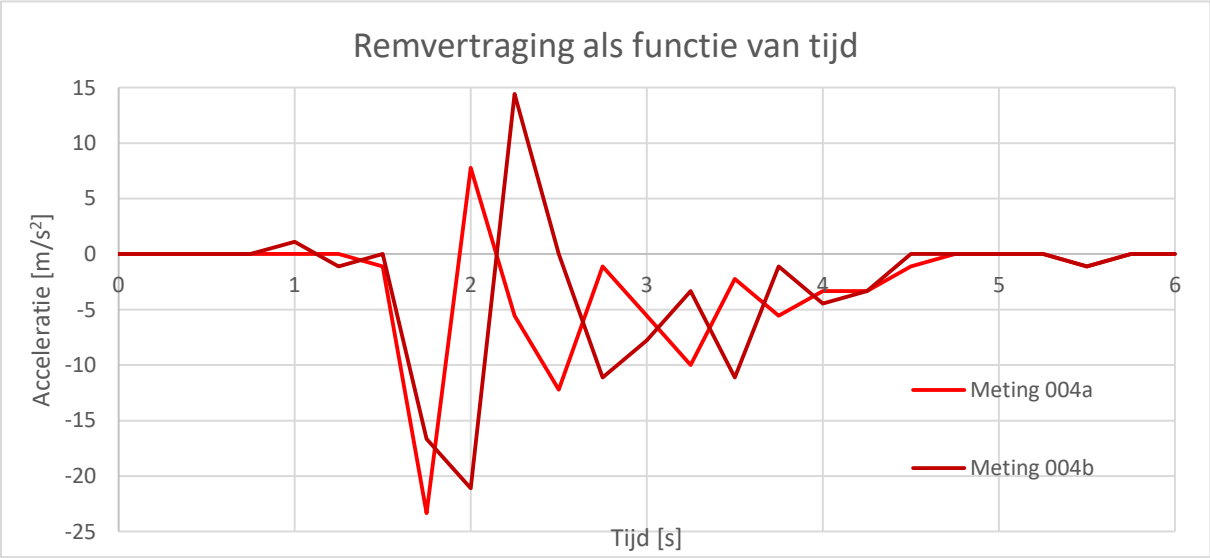
Figuur 14: Tachograaf snelheidsdegradatie. Afkomstig uit Test 1 en Test 2



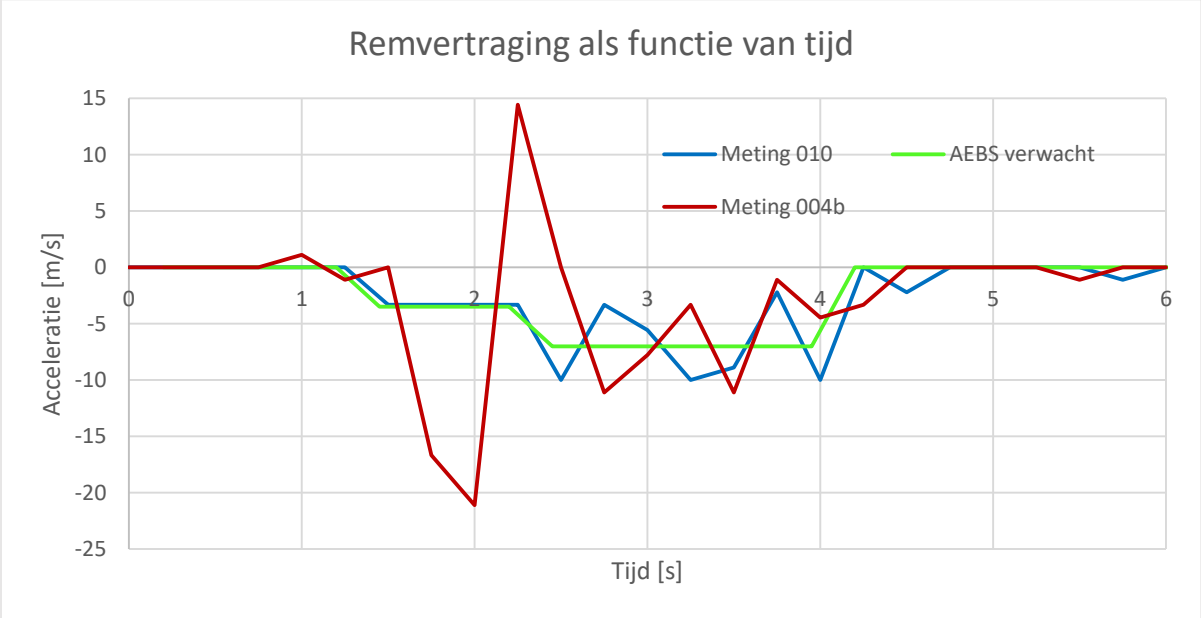
Figuur 15: Tachograaf remvertraging. Afkomstig uit Test 2

In Figuur 16 zijn de twee remmingen uit Test 1 verwerkt. Opvallend zijn de hoge acceleratie pieken. Zoals benoemd in het Theoretisch kader ontvangt de tachograaf het snelheidssignaal van de KITAS. De pieken zijn te verklaren door gemeten slip op een lage frequentie. Omdat de tachograaf alleen snelheidsdata opslaat, en de remvertraging naderhand wordt berekend op de snelheidsdata, resulteert dit in enorme vertraging/versnellingen.

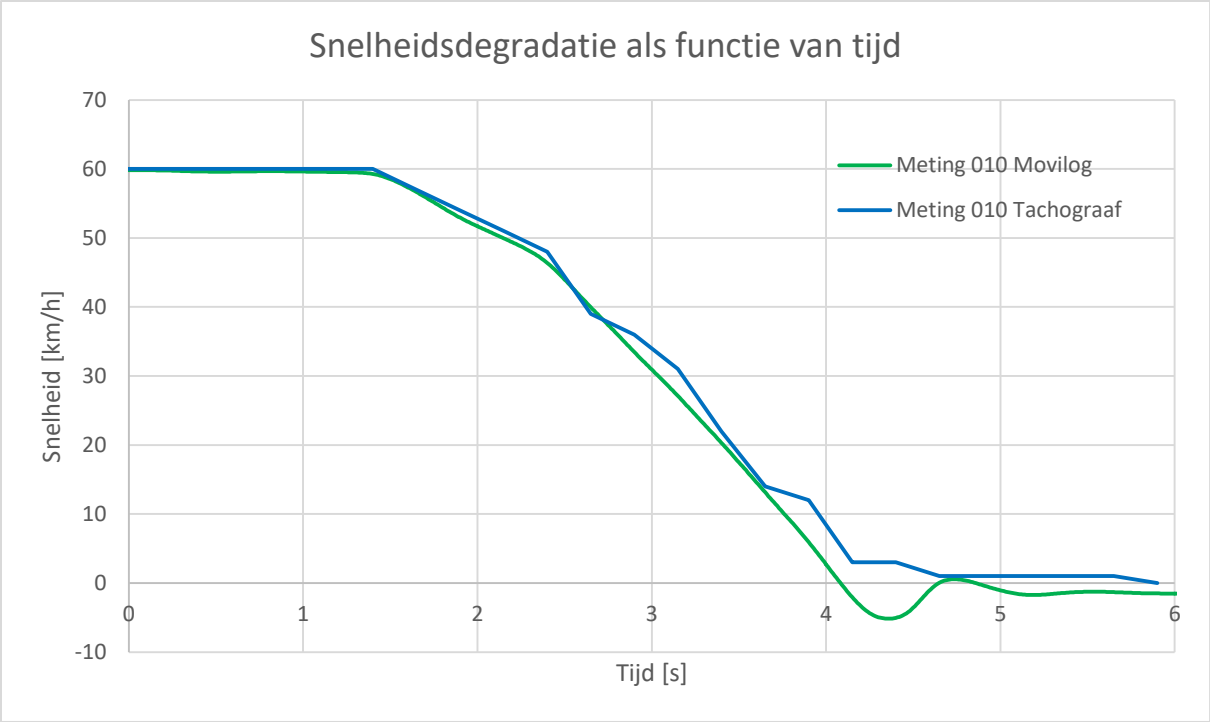
Figuur 17 toont een vergelijking tussen data uit Test 1 en Test 2 maar geeft ook een verwachtte AEBS lijn weer. Deze lijn is gebaseerd op Volvo haar AEBS remvertraging specificaties voortkomend uit een onderzoek (Örtlund, 2017). Meting 010 toont in Figuur 17 alleen een constante remvertraging in de eerste fase van de remming. Ook zijn in de tweede fase slippende wielen de oorzaak van de wisselende data in vertraging/versnelling. Ondanks deze pieken is wel een AEBS karakteristiek te herkennen wanneer vergeleken wordt met de “AEBS verwacht” lijn. Meting 004b uit Test 1 mist volledig de eerste fase.



Figuur 16: Tachograaf remvertraging. Afkomstig uit Test 2

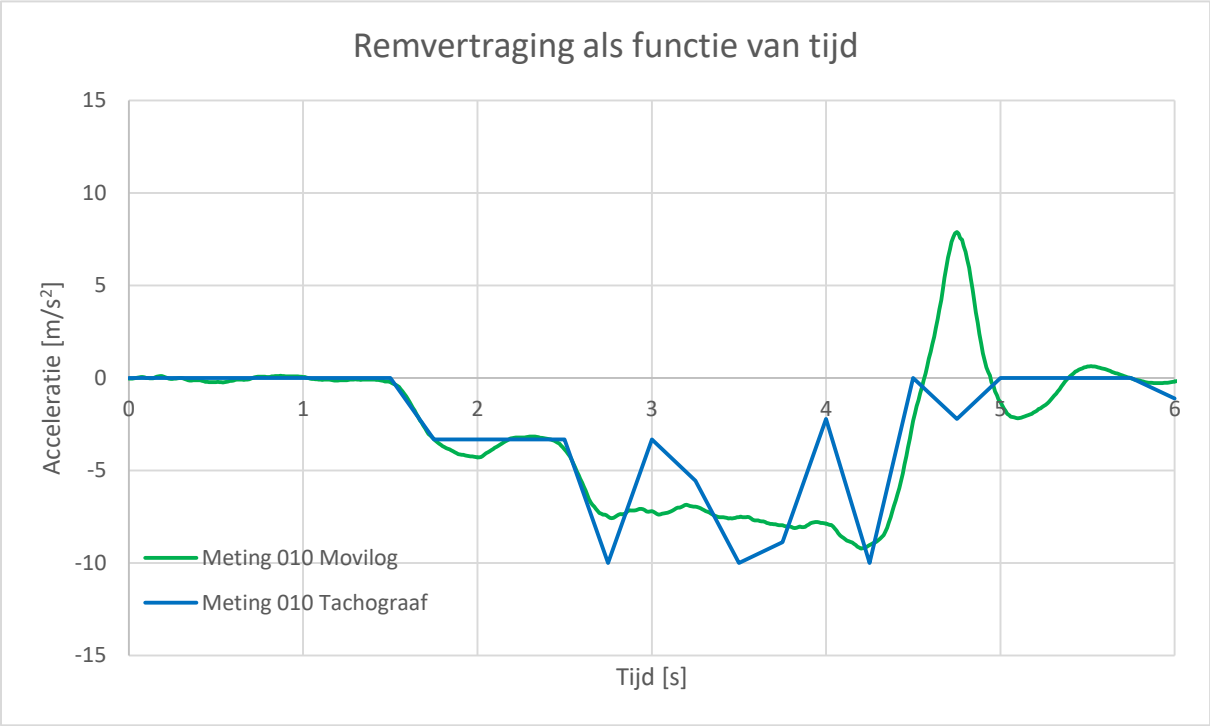


Figuur 17: Tachograaf remvertraging vergelijking



Figuur 18: Tachograaf en Movilog snelheidsdata vergelijking

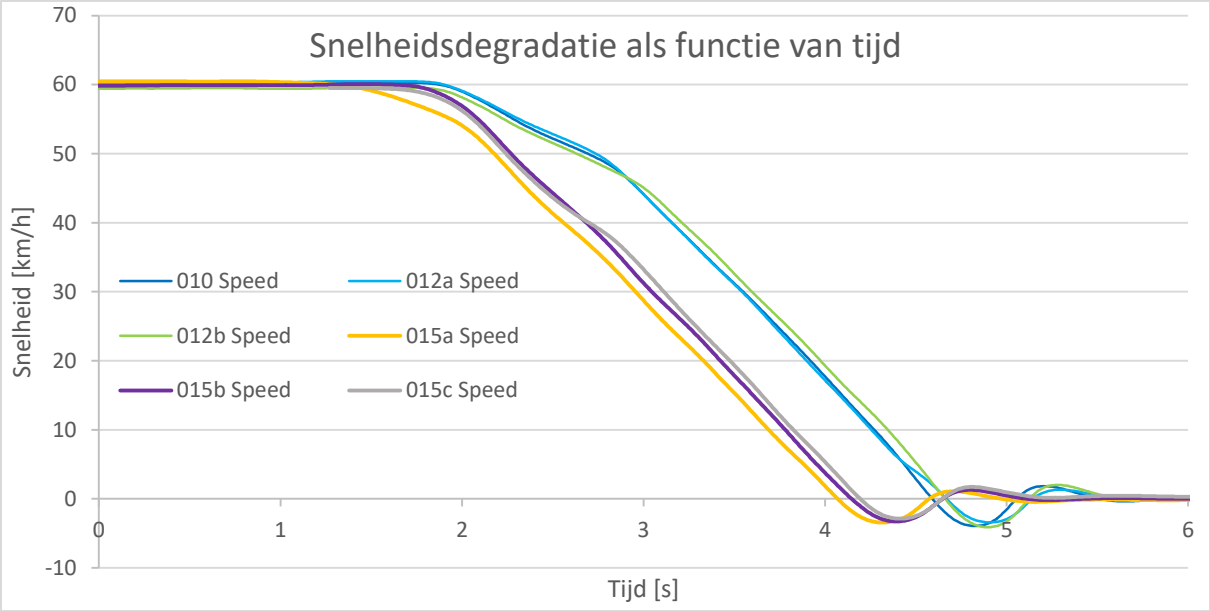
Om een vergelijking te maken tussen data voortkomend uit de Movilog en data voortkomend uit de tachograaf zijn Figuur 18 en Figuur 19 opgesteld. In deze figuren is data uit test 010 als uitgangspunt genomen. Meting 010 biedt namelijk de beste karakteristiek wanneer gerefereerd wordt naar een verwachtte AEBS karakteristiek. Ook is zichtbaar dat de tachograafdata ondanks een 4Hz log in grote lijnen de werkelijke snelheidsdegradatie en remvertraging weergeeft.



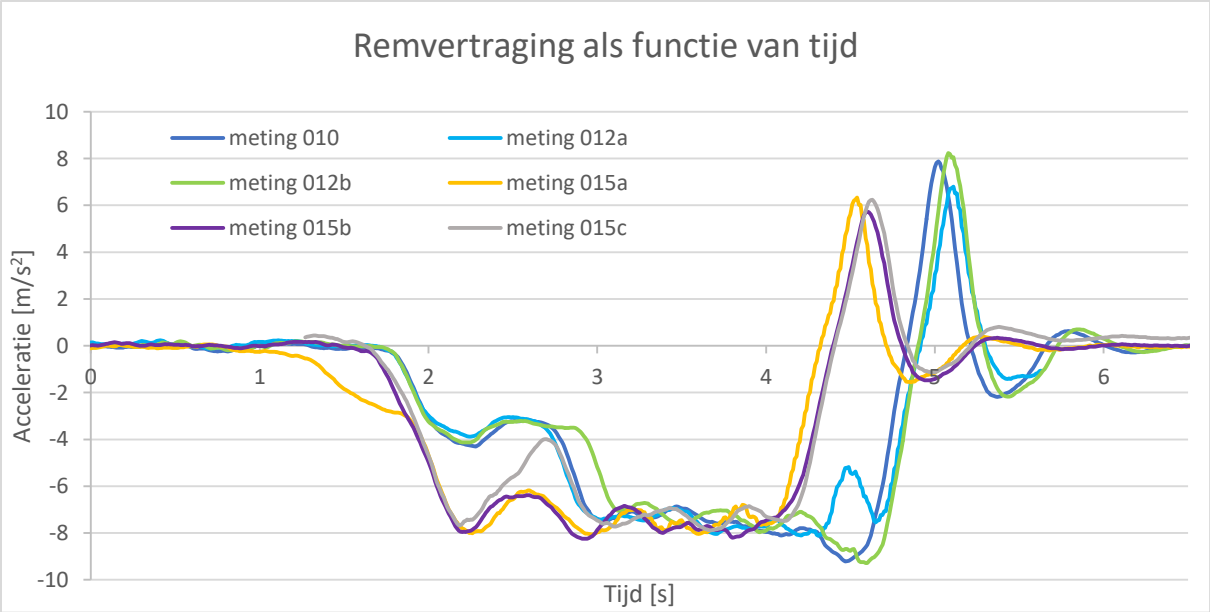
Figuur 19: Tachograaf en Movilog remvertraging data vergelijking

4.3.3 AEBS remkarakteristiek vergelijking

Test 3 is opgezet om te vergelijken of een AEBS remkarakteristiek écht eigen kenmerkend is, of dat deze makkelijk is om na te bootsen. De Movilog data en tachograaf data worden in dit hoofdstuk behandeld waarbij Test 2 en Test 3 tegen elkaar zijn uitgezet in Figuur 20 en Figuur 21. Zojuist genoemde figuren tonen resultaten voortkomend uit de Movilog. Latere figuren gaan in op resultaten voortkomend uit tachograafdata.



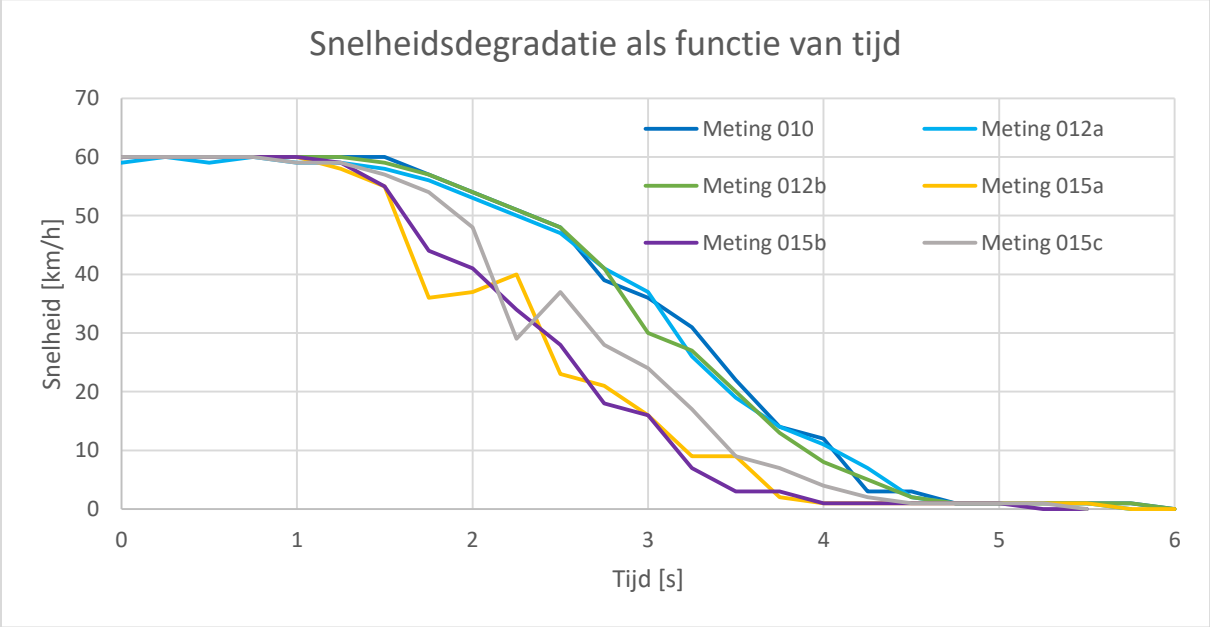
Figuur 20: Movilog snelheid vergelijking Test 2 en Test 3



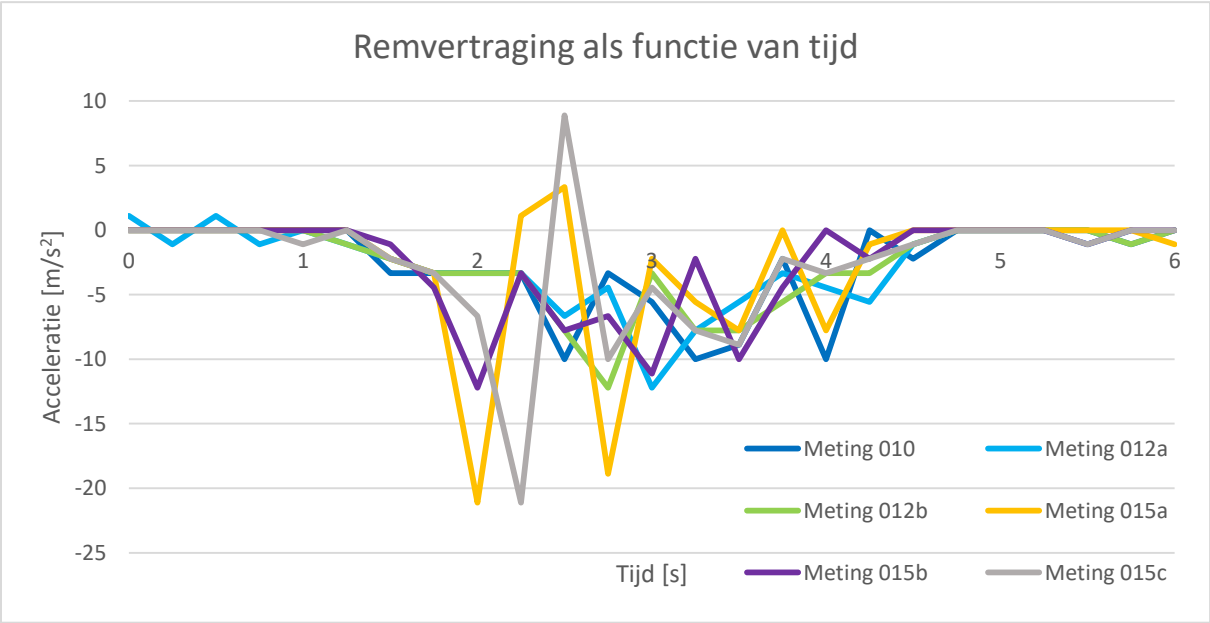
Figuur 21: Movilog remvertraging vergelijking Test 2 en Test 3

Remmingen voortkomend uit Test 3 staan niet in vergelijking tot remmingen uit Test 2. Meting 015 toont dat de chauffeur op drie verschillende manier heeft getracht om een AEBS remming na te bootsen maar dat dit niet is gelukt. Geen van de remmingen uit meting 015 toont de typerende AEBS remkarakteristiek wat tot nu toe is waargenomen.

Figuur 22 en Figuur 23 geven opnieuw een vergelijking tussen Test 2 en Test 3. Hoewel de tachograaf data minder accuraat is dan data uit de Movilog blijkt dat ook hier de remmingen uit Test 3 niet op de remmingen uit Test 2 lijken. Bij de remvertraging zijn er direct grote pieken aanwezig uit de 015 remmingen welke niet worden teruggezien in de 010, en 012 remmingen. Zichtbaar is dat bij een tijd van 2 seconden de remvertragingen uit Test 2 hier constant zijn. Alle drie de lijnen liggen hier over elkaar. Bij Test 3 lukt dit niet. Dezelfde constante vertraging is direct te koppelen aan het snelheidsverloop. Hier toont opnieuw Test 2 een meer constant verloop aan waaraan geen enkele remming uit meting 015 zich kan meten.



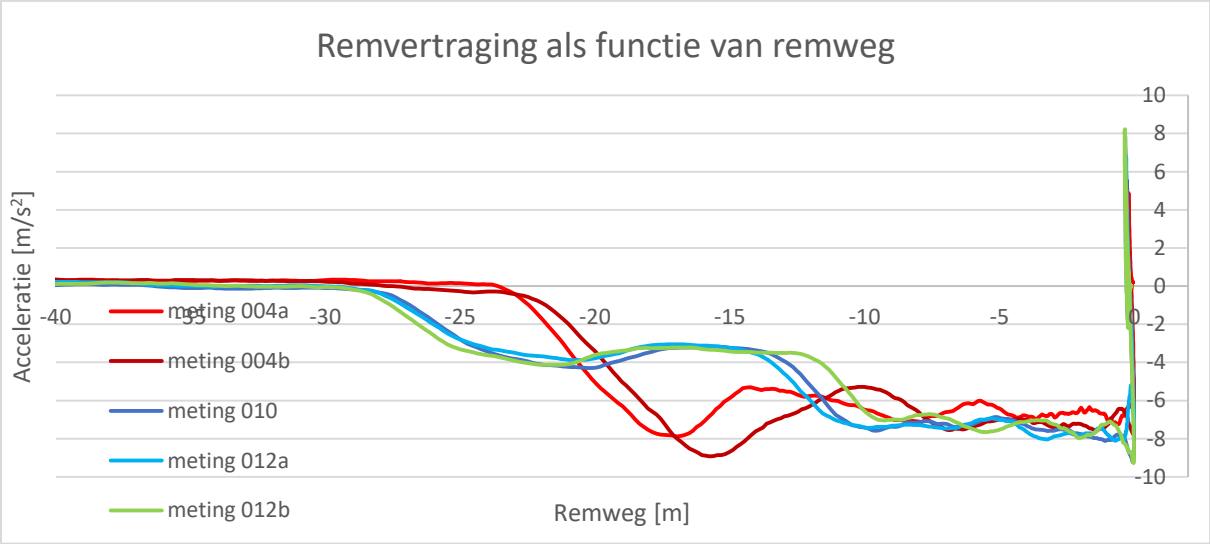
Figuur 22: Tachograaf snelheid vergelijking Test 2 en Test 3



Figuur 23: Tachograaf remvertraging vergelijking Test 2 en Test 3

4.4 Remweg analyse

Bij de remweg analyse wordt onderzocht tot aan welk punt de chauffeur zelfstandig het voertuig tot stilstand kan brengen. Hierbij wordt gerefereerd naar de optische, akoestische en haptische waarschuwingen.



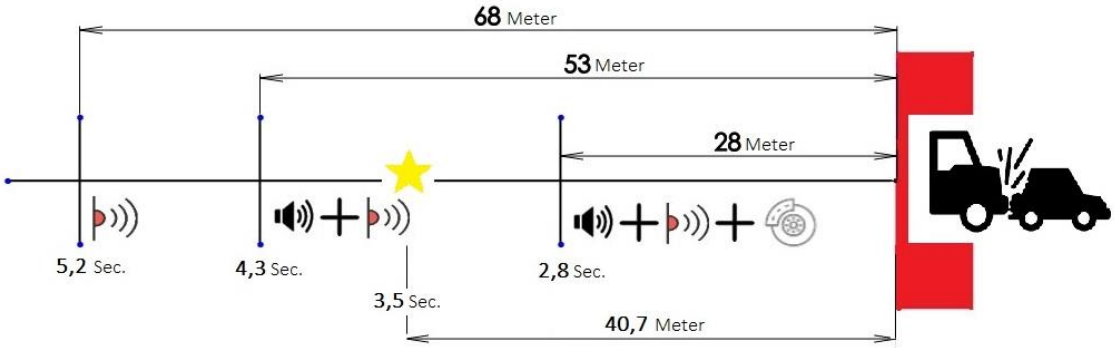
Figuur 24: Movilog remweg vergelijking tussen Test 1 en Test 2

Uitgaande van meting 004a en meting 012b uit Figuur 24, blijkt dat een manuele noodremming zo'n 24 meter nodig heeft en een AEBS remming zo'n 28 meter nodig heeft om tot stilstand te komen. Bij meting 004a staat dit gelijk aan 2,5 seconden en bij meting 012b aan 2,8 seconden vanaf inzet remming tot stilstand (zie Figuur 13).

meting 004a geeft aan dat er met de desbetreffende vrachtwagen, in de gebruikte configuratie bij 60 km/h de remweg dus minimaal 24 meter is.

Voor volgende berekeningen wordt een reactietijd van 1 seconde gerekend wat bij een snelheid van 60 km/h gelijk staat aan een afgelegde weg van 16,67 meter.

Bij de bepaling van het optische en akoestische signaalmoment is gebruik gemaakt van beeld en geluid materiaal behorende bij test 012b (Volvo012b). Zie Figuur 25 voor een tijdlijn. De afstand en tijd tot de ster behoort tot het uiterste punt waar de chauffeur zelfstandig een manuele remming kan inzetten. Dit is dus 2,5 + 1 seconde en 24 + 16,67 meter. De rest in het figuur behoort bij signaleringen met bijbehorende tijden en afstanden van meting 012b (AEBS remming).



Figuur 25: Tijdlijn behorende bij meting 004a en 012b alvorens impact.

4.4.1 Optische waarschuwing

De optische LED waarschuwing doet zich 2,4 seconden voor het eerst op voor de inzet van de voorremming. Dat staat gelijk aan de volgende afstand voor het uiterlijke stoppunt: $2{,}4 * \left(\frac{60}{3.6}\right) + 28 = 68\ m$eter.
Bij een manuele noodremming heeft de chauffeur 24 meter nodig. $68 - 24 = 44\ meter$ is de afstand waarin de chauffeur een keuze kan maken. Dit staat gelijk aan $\frac{44}{16{,}67} = 2{,}64\ sec.$ voordat er daadwerkelijk geremd moet worden. Wanneer de reactietijd er vanaf wordt gehaald blijft 1,64 seconden over.
Theoretisch gezien zou de chauffeur bij het direct waarnemen van de optische waarschuwing tijd hebben om zelf te remmen of uit te wijken en daarvoor 4,2 seconden de tijd voor hebben.

4.4.2 Akoestische waarschuwing

De eerste akoestische waarschuwing doet zich 1,5 seconden voor het eerst op voor de inzet van de voorremming. Dat staat gelijk aan de volgende afstand voor het uiterlijke stoppunt: $1{,}5 * \left(\frac{60}{3.6}\right) + 28 = 53\ m$eter.
Bij een manuele noodremming heeft de chauffeur 24 meter nodig. $53 - 24 = 29\ meter$ is de afstand waarin de chauffeur een keuze kan maken. Dit staat gelijk aan $\frac{29}{16{,}67} = 1{,}74\ sec.$ voordat er daadwerkelijk geremd moet worden. Wanneer de reactietijd er vanaf wordt gehaald blijft 0,75 seconden over.
Theoretisch gezien zou de chauffeur bij het direct waarnemen van de akoestische waarschuwing tijd hebben om zelf te remmen of uit te wijken en daarvoor 3,25 seconden de tijd voor hebben.

4.4.3 Haptische waarschuwing

Bij de inzet van de haptische waarschuwing (voorremming) is het voertuig zo'n 28 meter verwijderd van het target. Bij het direct opmerken en het ingrijpen van de chauffeur gaat een seconde reactietijd overheen. Door de verstreken tijd en de haptische waarschuwing is de vrachtwagen op dat moment afgeremd tot zo'n 46 km/h (Figuur 12). Dit is ook precies het moment waarop AEBS een volle remming gaat inzetten waarbij de remvertraging oploopt tot 7 m/s^2. De afstand tot het target is op dit moment zo'n 12 meter (Figuur 24). De vrachtwagen doet er 1,8 seconden over om de snelheid van 46 km/h over 12 meter terug te brengen naar 0 km/h.
Theoretisch gezien zou de chauffeur net als AEBS een volle remming van 7 m/s^2 kunnen inzetten direct na de haptische waarschuwing om tot stilstand te komen.

5 Conclusie

Het theoretisch kader beschrijft dat zolang fabrikanten voldoen aan de wettelijk gestelde eisen, een fabrikant vrij is om een AEBS systeem te ontwikkelen. Dit resulteert in het feit dat een remcyclus niet bij elk voertuig hetzelfde hoeft te zijn, maar de gestelde eisen maken wel dat de ruwe basis van een AEBS remming voorgeschreven is.

Inzicht in remgedrag en daardoor de remcyclus van AEBS is mede mogelijk gemaakt door uitvoering van de testdag. Het faseverloop zoals van de Volvo is afgebeeld in het Theoretisch kader komt overeen met de remanalyses.
De remkarakteristieken voortkomend uit de AEBS remmingen onderscheiden zich duidelijk van de remkarakteristieken uit manuele noodremming en de AEBS naboots test. Deze bevindingen tonen aan dat bij de uitgevoerde testen een AEBS remming te herkennen is voortkomend uit voertuiggegevens als snelheid en acceleratie. Ook blijkt dat het nabootsen van een AEBS remming zeer moeilijk is.

Onderzoeksresultaten tonen ook aan dat ondanks de 4 Hz log van de tachograaf ook hier een AEBS remkarakteristiek herkend kan worden. Hoewel de pieken in de data de tweede fase van de remming verstoren is fase één constant waarbij de remvertraging bijna een seconde lang 3 m/s^2 bedraagt.

De remweganalyse toont aan dat wanneer een chauffeur met een reactietijd van één seconde handelt, volledige controle door de chauffeur kan worden overgenomen na opmerken van de optische en akoestische FCW waarschuwingen. Theoretisch gezien kan de chauffeur gebaseerd op uitgevoerde testen zelfs na de haptische waarschuwing nog ingrijpen en controle overnemen.

Dankzij de uitvoering van dit onderzoek is er voor de Politieacademie en Rijkswaterstaat vernieuwende informatie beschikbaar betreft de activatie procedure, systeem werking en remgedrag behorend bij een AEBS systeem.

Ook de Forensische Opsporing beschikt nu over tachograafdata welke gelinkt kan worden aan een AEBS remming. In de regel komt de Forensische Opsporing alleen onderzoek doen als het om een ernstig ongeval gaat. Dit houdt in dat alleen snelheidsdata beschikbaar is tot impact van het voertuig. Een voordeel is dat uit het onderzoek blijkt dat juist deze beginfase van een remming de AEBS remkarakteristiek weergeeft.

6 Aanbevelingen

Zoals duidelijk is geworden in de verwerking van tachograaf data wordt deze verstoord door grote vertragingen en versnellingen. Uiteraard zijn deze acceleraties niet realistisch en het zou onderzocht moeten worden welke invloed een trekker met beladen trailer heeft op remgedrag en tachograaf data. De hogere aslast kan resulteren in een meer constante vertraging gedurende de volledige remming. Ook is de mogelijkheid daar dat de wielen alsnog slip vertonen doordat er meer remkracht ter beschikking is. Voornamelijk voor de tweede fase van een AEBS remming zal realistische data uitkomst bieden omdat dan nog beter een AEBS remkarakteristiek in kaart kan worden gebracht. Er kan mogelijk al onderzocht worden of bestaande tachograafdata uit ongevalsvoertuigen ook in zulke mate onrealistische acceleraties bevatten.

Naast dit wordt het uitwerken van ruwe CAN bus data aangeraden. Voornamelijk voor Rijkswaterstaat kan dit interessant zijn voor een vervolgonderzoek. Als blijkt dat de CAN bus informatie bevat over een AEBS activatie kan er bij volgende AEBS testen gerichter naar objectherkenning of materiaalherkenning worden gezocht.

Als de Forensische Opsporing gebruik wil gaan maken van tachograafdata als “AEBS activatie verifieermodel”, wordt aangeraden om een grootschalige test op te zetten waarbij meerdere N3 voertuigen van verschillende merken worden ingezet. Zoals het rapport aangeeft hoeft niet elke AEBS cyclus hetzelfde te zijn. Het zou goed zijn om dit in kaart te brengen voor in ieder geval de marktleiders van de vrachtwagen fabrikanten in Nederland.

Bij vervolgonderzoeken waarbij AEBS remmingen worden getest op functionaliteit en analyse doeleinden, wordt aangeraden om rekening te houden met de remweg analyse. Baserend op deze uitkomsten kan namelijk met markeringen worden aangegeven waar AEBS bij een correcte werking zou moeten beginnen met waarschuwingen geven, een voorremming inzetten of de volwaardige remming zou moeten inzetten. Ook de minimaal benodigde remweg om zelfstandig tot stilstand te komen wordt aangeraden om mee te nemen in testen. Dit implementeert een extra veiligheidsfactor.

Ondanks het feit dat de testen met 80 km/h door omstandigheden niet konden worden uitgevoerd, zou het goed zijn om hier wel inzicht in te krijgen door nieuwe testen uit te voeren. Deze snelheid is en blijft de meest gereden snelheid door vrachtverkeer op snelwegen. Door de hogere snelheid, langere remweg en langere rem tijd resulteert dit in meer datapunten voor de tachograaf. Dit zorgt waarschijnlijk weer voor meer realistische data. Bij het verwerken van testdag resultaten blijkt namelijk dat de hoogst gereden snelheid van 60 km/h resulteerde in de best bruikbare data.

Bibliografie

ANWB. (2017). *Bedrijfszekerheid noodstop remsystemen.*

Bunskoeken, H. (2019, 5 2). AEBS Testdag. *Video_Volvo_012b*. Lelystad, Flevoland, Nederland.

Bunskoeken, H. v. (2018). *Literatuuronderzoek, Project CAN Bus Fraude.*

C. Visser, RWS. (2018, 10). Ongevallen Filterbaar.

CSS Electronics. (2018, augustus). *J1939 PGN LIST*. Opgehaald van www.csselectronics.com: https://www.csselectronics.com/screen/page/j1939-pgn-list/language/en

Dan Hambe. (17, 7 7). *News & Stories*. Opgehaald van Volvotrucks: https://www.volvotrucks.com/en-en/news/volvo-trucks-magazine/2017/jul/tech-focus-emergency-brake.html

Gijsbert Termaat. (2018, 7 12). *Nieuws*. Opgehaald van De Telegraaf: https://www.telegraaf.nl/nieuws/2291059/meeste-doden-door-kop-staartbotsingen

HaskoningDHV, R. (2017). *AEBS en verkeersmaatregelen.*

HaskoningDHV, R. (2018). *AEBS and Traffic Measures 2.*

HaskoningDHV, R. (27-3-2017).

MAN. (2015, 08 11). *Press & Media*. Opgehaald van truck.man: https://www.truck.man.eu/de/en/man-world/man-in-germany/press-and-media/The-new-generation-of-safety-systems-at-MAN-217856.html

media.volvocars. (2006, 11 27). *Feiten en cijfers over ongevallen*. Opgehaald van media.volvocars: https://www.media.volvocars.com/nl/nl-nl/media/pressreleases/12240

Örtlund, R. (2017). *Evaluation of AEBS Real Life Performance.* Sweden: Chalmers University of Technology.

Szczotka, J. (2019, feb). Tachograph Logging Frequentie.

Trucks, V. (2013, 1 16). Volvo Trucks - Emergency braking at its best! Volvo Trucks. Opgehaald van https://www.youtube.com/watch?v=ridS396W2BY

UNECE. (2011). *CONCERNING THE COMMON DEFINITIONS OF VEHICLE CATEGORIES.*

UNECE. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the Advanced Emergency Braking Systems (AEBS).*

UNECE. (2014). *Addendum 130 - Regulation:131 .*

UNECE. (2019). *Agreed proposal based on ECE/TRANS/WP.29/GRVA/2019/5.*

Unie, E. (2012). *Commission Regulation No 347/2012.* Brussel.

VDO. (2008). *Sensor KITAS.*

VDO. (2017). *Digitale tachograaf - DTCO 3.0 - Gebruiksaanwijzing bedrijf & chauffeur.* Villingen-Schwenningen: Continental Automotive GmbH.

Verkehrssickerheitsrat, D. (2016). *Advanced emergency braking systems for commercial vehicles.* German Road Safety Council.

Volvo Trucks. (2015, 2). *magazine*. Opgehaald van volvotrucks: https://www.volvotrucks.nl/content/dam/volvo/volvo-trucks/markets/netherlands/news/volvo-trucks-magazine/VTM%202015_2.pdf

WABCO. (2017). *OnGuardACTIVE SYSTEEMBESCHRIJVING.* WABCO.

WABCO. (2017). *OnGuardACTIVE System DESCRIPTION.*

Bijlage 1. SLB-verklaring

Bijgevoegd de SLB-verklaring waarin Frank van der Laan toestemming geeft tot het belopen van het afstudeertraject.

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HAN Automotive

Datum : 7-12-18

SLB-verklaring Stage / Afstuderen

Studentgegevens:

Studentnummer : 552969

Achternaam : Bunskoeken

Voorletters : H.M. Roepnaam: Martin
E-mailadres : martinbunskoeken@hotmail.com Telefoonnummer: +316 11 97 36 32

Stroom : Constructeur/Beproever (CB) / ~~Technisch Commercieel (TC)*~~
Richting : ~~AD (Automotive Development) / AM (Automotive Management) / AS (Automotive Services)~~
AT (Automotive Testing) * * Doorhalen wat niet van toepassing is.

Minor : Autotronica

Studieloopbaan-begeleider : Frank van der Laan

Toestemming Studieloopbaanbegeleider

Bovengenoemde student heeft toestemming ontvangen om het hieronder aangegeven onderdeel van het buitenschoolse curriculum uit te gaan voeren: ☒ Ja ☐ Nee

Soort traject : ☐ ~~Stage~~ ☒ **Afstuderen**

Periode : Vanaf: 4-2-1019 Tot: 1-7-2019

Opmerkingen: .....

Handtekening Studieloopbaanbegeleider: Datum: 10-12-2018

Ingevuld formulier inleveren bij vertegenwoordiger Stage/Afstuderen van het betreffende Expertteam.
** Doorhalen wat niet van toepassing is*

Bijlage 2. Plan van Aanpak

Deze bijlage bevat het originele Plan van Aanpak. Om de inhoudsopgave gekoppeld te laten houden aan rapport relevante nummering is de nummering uit onderstaand PVA niet meegenomen in de inhoudsopgave.

Lijst met afkortingen

Afkorting	*Betekenis*
AEBS	Advanced Emergency Braking System
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
RWS	Rijkswaterstaat
FO	Forensische Opsporing
VOA	Verkeersongevallenanalyse

1. Inleiding

Advanced Emergency Braking System is een verplicht remsysteem voor een voorgeschreven voertuiggroep wat de verkeersveiligheid ten goede moet komen. Toch blijkt uit ongevalsdata en reeds voltooide onderzoeken dat deze systemen niet altijd naar verwachting werken.
Om deze reden wijdt de Politieacademie in samenwerking met Rijkswaterstaat een onderzoek aan dit gegeven, uit te voeren door een afstudeerstudent van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, opleiding Automotive Engineering.

In dit document is het plan van aanpak beschreven volgens de richtlijnen van IPMA-D. De volgende onderwerpen zullen behandeld worden: Aanleiding en Probleemanalyse. Dit hoofdstuk bestaat uit een introductie van het onderwerp en de noodzaak van het project. Hierop volgend een Scope en Afbakening waar duidelijk wordt wat wel en niet binnen het project zal vallen. Ook beschrijft dit hoofdstuk hoe dit project doorlopen zal worden. Hoofdstuk Doelstelling bied inzage in de op te leveren producten en wat het einddoel van het project is. In hoofdstuk Organogram worden de belanghebbenden ingedeeld in een blokdiagram. Na een overzicht van belanghebbenden in het RASCI model volgt tot slot een Risicoanalyse en een Planning in de vorm van een Gantt Chart.

2. Aanleiding en Probleemanalyse

2.1 Aanleiding

Medewerkers van de afdeling Forensische Opsporing van de politie maken dagelijks ongevallen mee die vragen om verdere analyse. Proces verbalen worden opgezet, onderzoeken worden uitgevoerd en ongeval details worden opgeslagen in databanken. Uit databank gegevens blijkt dat vrachtwagens al jaren een groot aandeel hebben in fatale ongelukken waarbij meerdere weggebruikers betrokken zijn geweest.

In de loop der jaren zijn voertuigen verder ontwikkeld en vandaag de dag speelt veiligheid nog steeds een grote rol in deze verdere voertuigontwikkelingen. Door deze ontwikkelingen is onder andere AEBS (Advanced Emergency Braking System) als veiligheidsmaatregel tot stand gekomen. AEBS is een automatisch remsysteem wat veelal wordt toegepast in de transportwereldvoertuigen waarbij sensortechnieken, control-eenheden en actuatoren een belangrijke rol spelen. De bedoeling van dit systeem is dat wanneer de bestuurder van het voertuig het naderende verkeer aan de voorzijde niet opmerkt, het automatische remsysteem controle overneemt en een noodremming inzet. Hoewel verschillende fabrikanten deze technieken al enige tijd als optie aanboden op haar voertuigen, is AEBS sinds november 2015 (Verkehrssickerheitsrat, 2016) dankzij wetgeving verplicht geworden voor goedgekeurde voertuigen met categoriecode: M2, N2, M3 en N3 (zie onderstaande tabel met bijpassende voertuigkenmerken).

Categorie Code	**Voertuigkenmerken**
M2	Voertuigen met passagiersvervoer doeleinden. Zitplekken > 9, Gewicht < 5 ton.
M3	Voertuigen met passagiersvervoer doeleinden. Zitplekken > 9, Gewicht > 5 ton.
N2	Voertuigen met goederenvervoer doeleinden. Gewicht > 3.5 ton, < 12 ton.
N3	Voertuigen met goederenvervoer doeleinden. Gewicht > 12 ton.

UNECE (United Nations Economic Commision for Europe) is de instantie die onder andere voor de transportwereld eisen opstelt waaraan het betreffende voertuig moet voldoen voordat een type goedkeuring wordt toegekend. UNECE definieert het AEBS systeem als volgt: “a system which can automatically detect a potential forward collision and activate the vehicle braking system to decelerate the vehicle with the purpose of avoiding or mitigating a collision” (UNECE, 2013).

Het automatische remsysteem heeft veel potentie maar reeds uitgevoerde praktijkonderzoeken leren ons dat AEBS systemen beneden verwachting presteren (HaskoningDHV, 27-3-2017). Hoewel voertuigen met het verplichte AEBS systeem voldoen aan de test voor een type goedkeuring, zijn de systemen niet in staat om vele objecten anders dan gebruikt tijdens de goedkeuring te herkennen als potentieel gevaar.
Eindconclusies van onderzoek “Rapport AEBS en verkeersmaatregelen”, uitgevoerd door Royal HaskoningDHV trekt conclusies als “De nu geteste verkeersmaatregelen worden niet of slechts incidenteel op voldoende veilige afstand opgemerkt door de AEBS systemen” en “In de praktijk blijkt het blind vertrouwen op de aanwezige systemen tot ernstige aanrijdingen te leiden” (HaskoningDHV, 27-3-2017).
Inzage in waarom AEBS systemen de voor weggebruikers goed waarneembare objecten niet opmerken, is een vraag die tot nu toe onbeantwoord is. AEBS is niet vastgelegd in een standaard

protocol. Dit betekent dat alleen fabrikanten van de systemen gedetailleerde systeemwerking en systeemdata tot haar beschikking heeft. Door het niet delen van deze gegevens met derden, maakt het dat het systeemgedrag na een ongeval niet kan worden geanalyseerd door bijvoorbeeld forensisch onderzoekers.
Omdat verschillende partijen interesse hebben in een onderzoek geweid aan AEBS, stelt de Politieacademie in samenwerking met Rijkswaterstaat een project beschikbaar.

2.2 Probleemanalyse

Zowel de FO verkeer (Forensische Opsporing) afdeling van de Politieacademie als RWS (Rijkswaterstaat) hebben belangen bij het uitvoeren van het AEBS remonderzoek. Wel lopen deze belangen enigszins uiteen en hebben beide partijen andere hoofdredenen om deel te nemen aan dit project. Hierom kan de probleemanalyse gesplitst worden in twee delen. Wel moet worden meegenomen dat FO en RWS ook baat hebben bij verdiepende informatie buiten hun voorkeuren om. Verdiepende technische kennis ontbreekt namelijk en kan beide belanghebbenden nieuwe inzichten geven over AEBS.

2.2.1 Probleemanalyse Rijkswaterstaat

Ondanks de implementatie van AEBS in vrachtwagens om de verkeersveiligheid te verbeteren voor zowel verkeersdeelnemers als wegwerkers, merken desbetreffende veiligheidssystemen veelal objecten die Rijkswaterstaat toebehoren niet op. Het gevolg hiervan is dat zich nog steeds veel gevaarlijke situaties voordoen waarbij ook ongevallen met een dodelijke afloop tot gevolg zijn. Zowel wegwerkers als ook voertuigbestuurders treft dit lot. Rijkswaterstaat zou graag haar objecten beter detecteerbaar maken voor AEBS systemen om zo onveilige verkeerssituaties te voorkomen. Tijdens een onderzoek in opdracht van Rijkswaterstaat, uitgevoerd door Royal HaskoningDHV, zijn testen uitgevoerd waarbij een metalen prisma werd toegevoegd aan een object om te onderzoeken of dit van invloed was op detectie van het object. Tijdens deze test werden vrachtwagens en personenauto’s ingezet. Bij de vrachtwagens had het prisma geen noemenswaardig positief effect.

2.2.2 Probleem analyse Politieacademie, FO verkeer

Het verplicht stellen van AEBS op vrachtwagens zou theoretisch gezien het aantal ongevallen moeten terugdringen. Met name ongevallen waarbij doden/zwaar letsel gevallen in het teken staan. De praktijk leert helaas anders. Nog steeds doen zich veel ongevallen voor waarbij een vrachtwagen uitgerust met AEBS betrokken is. Om bewijsmateriaal te verzamelen is het wenselijk om inzicht te krijgen of het veiligheidssysteem actief is geweest en wat het dan heeft gedaan. Inzage in dit soort systemen zijn tot vandaag de dag niet mogelijk voor partijen buiten de fabrikanten/dealerschappen om. Dit maakt het lastig om een uitspraak te doen over gedrag van het veiligheidssysteem en welke, dan wel óf het veiligheidssysteem een rol heeft gespeeld in het ongeval. Het resultaat hiervan is dat bij een mogelijke vervolging van de bestuurder, belangrijke bevindingen niet onderbouwd kunnen worden met feitelijk bewijsmateriaal.

3. Scope en afbakening

3.1 Scope

Gedurende het project zullen verschillende bezigheden getoond en/of opgeleverd worden. Om dit in kaart te brengen zijn de bezigheden verdeeld in projectonderdelen.

3.1.1 Vooronderzoek

De eerste periode van het project zal zich voornamelijk focussen op vooronderzoek. Wat reeds onderzocht is, wat de bevindingen uit die onderzoeken zijn en wat de invloeden van onderzoeksresultaten zijn op de aanpak van dit project. Tijdens deze periode zal onderzoek gedaan

worden naar basis systeemwerking, reeds uitgevoerde voertuigtesten en mogelijke manieren om testen te organiseren en uit te voeren.

3.1.2 Test uitvoering

Tijdens dit project zullen er voertuigtesten worden uitgevoerd gericht op het AEBS systeem. De te gebruiken voertuigen zullen vrachtwagens zijn en deze testen worden uitgevoerd op het terrein van de Politieacademie in Lelystad. Bij de uitvoering zal op zijn minst voertuigsnelheid en acceleratie worden gelogd zodat later uitspraak kan worden gedaan over invloeden van manuele remmingen t.o.v. automatische remmingen. Het loggen van CAN-bus berichten speelt hier een belangrijke rol.

3.1.3 Testresultaten

Remtest data zal worden geanalyseerd en uitgewerkt worden in tabellen en grafieken waarna er gezocht kan worden naar een relatie. Bevindingen uit deze data zullen worden opgenomen in het eindverslag met een toelichting betreft de resultaten. Ook wordt in dit eindverslag verantwoording afgelegd betreft de testmethode en de betrouwbaarheid van de testresultaten.

3.2 Afbakening

Ondanks dat AEBS zich tegenwoordig ook steeds meer in personenauto's laat zien, zal dit project zich in eerste instantie beperken tot de AEBS systemen bij voertuigen met categoriecode N3. De reden hiervan is dat naast de wettelijke verplichting van AEBS op dit type voertuig, een N3 voertuig ook vaak betrokken is bij ongevallen met zeer zwaar letsel als afloop (C. Visser, RWS, 2018).
Mocht er tijd over zijn kan na overeenkomen met de opdrachtgever AEBS op personenvoertuigen bestudeerd worden en soortgelijke testen worden uitgevoerd.

4 Doelstelling

4.1 Projectdoel

Omdat dit project niet beide probleemanalyses volledig kan onderzoeken maar wel gericht nieuwe technische informatie wil bieden, is het doel van dit project als volgt: Door middel van geanalyseerde voertuigsnelheid data of CAN bus berichten aantonen of AEBS in werking heeft getreden tijdens een noodremming.

4.2Op te leveren producten

Gezien dit project gericht is op een onderzoek, zullen de op te leveren producten bestaan uit de volgende documenten:

- Plan van Aanpak
- Testplan Voorstel
- Testresultaten
- Eindverslag

4.3 Tijdsdoel

De opgegeven tijd voor dit project is 19 weken. Dit vertaalt zich in de start op 4 februari en de opleverdatum van het eindverslag in de week van 10 juni.

4.4 Hoofdvraag

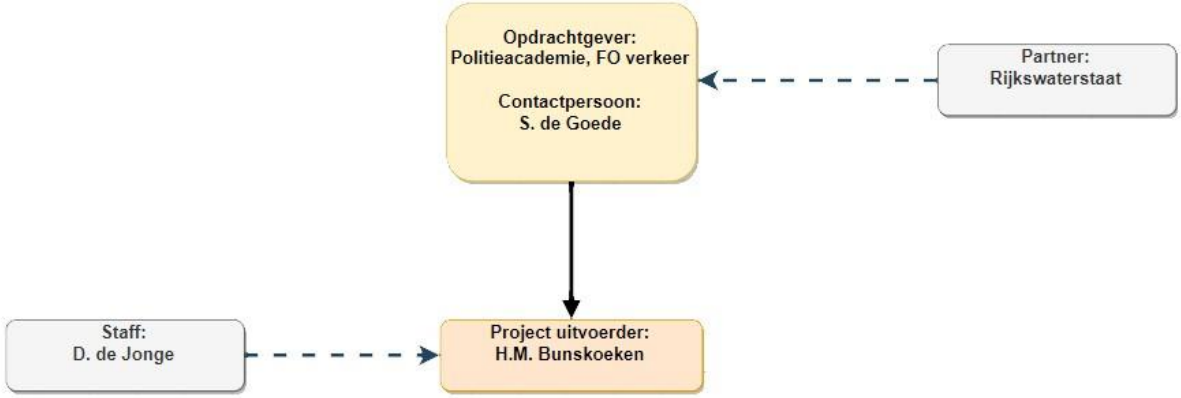
Is het mogelijk om buiten de middelen die een fabrikant/dealer bezit, betrouwbare en specifieke AEBS data te verkrijgen wat iets zegt over een AEBS activering?

4.5 Deelvragen

- Welke verschillende AEBS systemen treffen we aan op voertuigen met categorie N3?
- Welke elektronische onderdelen maken deel uit van de AEBS systemen?
- Welke onderzoeken hebben reeds plaatsgevonden naar AEBS?
    - Wat zijn hierin de prestaties van verschillende voertuigen?
- Op welke manieren kan informatie over remgedrag van bestuurder en systeem in kaart worden gebracht?
- Welke signalen, die in relatie staan met AEBS activatie, kunnen worden uitgelezen?
    - Kunnen CAN-bus berichten die informatie over AEBS bevatten inhoudelijk worden achterhaald?

5. Organogram

In onderstaand figuur is een blokdiagram opgenomen die de organisatiestructuur van dit project weergeeft. D. de Jonge is een stagiair binnen FO verkeer met wie samengewerkt kan worden en met wie informatie uitgewisseld kan worden.



6. RASCI model

In onderstaande tabel is het RASCI model opgenomen. Dit model beschrijft de hoofdactiviteiten van het project en geeft weer welk aandeel iedere deelnemer hier in heeft.

Legenda RASCI model:
R = Responsible
A = Accountable
S = Supportive
C = Consulted
I = Informed

Activiteit/Oplevering	**Project Deelnemers**				
	Opdrachtgever	Partner	Uitvoerder	Staff	HAN
Project definiëren					
PvA opleveren	**C**	**I**	**A**	**I**	**C**
Testplan Voorstel	**C**	**C**	**A**	**S**	**I**
Testdag					
Voertuig/Object	**A**	**A**	**R**	**S**	**I**
Meetbenodigdheden	**A**	**I**	**A**	**S**	**S**
Reserveren testbaan	**I**	**I**	**A**	**I**	**I**
Metingen	**S**	**S**	**A**	**S**	**I**
Veiligheid	**R**	**R**	**A**	**R**	**I**
Chauffeur	**A**	**I**	**R**	**I**	**I**
Gegevens Analyseren					
Data verwerking	**I**	**I**	**A**	**S**	**I**
Validatie	**I**	**I**	**A**	**I**	**I**
Eindrapportage	**C**	**I**	**A**	**I**	**C**

7. Risicoanalyse

Omdat dit project niet dermate groot is dat het sterk afhankelijk zal zijn anders dan van de Politieacademie en RWS, beperkt deze analyse zich tot de in te zetten middelen. Zie onderstaande tabel voor een overzicht.

Risico	Kans	Impact	Actie
Het politiecircuit in Lelystad stelt zich niet beschikbaar voor de gewenste uit te voeren testen.	Nihil	Ernstig	Vroegtijdig contact opnemen betreft reservatie en test mogelijkheden.
Gewenste voertuigen om mee te testen zijn niet te verkrijgen.	Gering	Ernstig	Opvragen welke middelen intern beschikking zijn en welke eventueel extern geregeld moeten worden.
Los van uitleesapparatuur is er geen manier om informatie over AEBS activatie te verkrijgen.	Gering	Middelmatig	Externe partijen inschakelen om uitleesapparatuur te gebruiken.
Snelheids- en acceleratiemetingen geven geen inzicht over remgedrag.	Gering	Catastrofaal	Onderzoeken welke signalen nog meer iets kunnen vertellen over AEBS activatie.

8. Planning

De hoofdplanning voor het project is verwerkt in een Gantt Chart. In deze Gantt Chart zijn verschillende project fases beschreven ter overzicht. Eveneens definiëren deze fases het verloop van het project. De Gantt Chart zal los bijgevoegd worden bij aanlevering de originele inlever deadline van het PVA.
Vaste deadlines die door de HAN zijn opgesteld zijn in onderstaande tabel te vinden.

Aan te leveren	Omschrijving	Week nummer
Afstudeer aanmelding	Project start melden bij tutor en HAN.	1
PVA	Inlever moment Plan van Aanpak .	2, 3
Concept eindverslag	Eindverslag in een gevorderd stadium inleveren ter controle.	14
Eindverslag	Eindverslag incl. alle benodigde onderdelen.	19
Afstudeerzitting	Eindassessment. Beoordeling door 1st, 2nd assessor en interne afstudeerbegeleider.	20, 21, 22

Bijlage 3. Voertuigcategorieënlijst en AEBS test vereisten

Voertuig categorieën lijst (UNECE, 131, 2011) en AEBS test vereiseten tabel (UNECE, 2014).

1. Summarized Comparison of Vehicle Categories between Japan, Europe and the United States of America

Categories	Japan	Europe	United States of America
Passenger Car	Passengers of 10 or less	Passengers of 9 or less (M1)	Passengers of 10 or less (Passenger Car) (MPV: truck chassis or off-road use)
Bus	Passengers of 11 or more	Passengers of 10 or more M2:GVM≤5t M3:GVM>5t	Passengers of 11 or more
Truck	Quantitative Definition Floor area (Passenger < Cargo) Weight (Passenger < Payload) Loading/Unloading openings (dimension / area)	Qualitative Definition ("designed and constructed for the carriage of goods") N1:GVM≤3.5t N2:GVM≤3.5t–12t N3:GVM>12t *Each country has different criteria.	Qualitative Definition ("carrying load or commercial goods")

Warning and activation test requirements – Pass/fail values

A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*Row*
	Stationary target			*Moving target*				
	Timing of warning modes		*Speed reduction (ref. paragraph 6.4.4.)*	*Timing of warning modes*		*Speed reduction (ref. paragraph 6.5.3.)*	*Target speed (ref. paragraph 6.5.1.)*	
	At least 1 (ref. paragraph 6.4.2.1.)	*At least 2 (ref. paragraph 6.4.2.2.)*		*At least 1 (ref. paragraph 6.5.2.1.)*	*At least 2 (ref. paragraph 6.5.2.2.)*			
M_3[1], N_2 > 8 t and N_3	Not later than 1.4 s. before the start of emergency braking phase	Not later than 0.8 s. before the start of emergency braking phase	Not less than 20 km/h	Not later than 1.4 s. before the start of emergency braking phase	Not later than 0.8 s. before the start of emergency braking phase	No impact	12 ± 2 km/h	1
$N_2 \leqq 8$ t [2, 4] and M_2 [2, 4]	Not later than 0.8 s before the start of the emergency braking phase	Before the start of the emergency braking phase [3]	Not less than 10 km/h	Not later than 0.8 s before the start of the emergency braking phase	Before the start of the emergency braking phase [3]	No impact	67 ± 2 km/h[5]	2

[1] Vehicles of category M_3 with hydraulic braking system are subject to the requirements of row 2.
[2] Vehicles with pneumatic braking systems are subject to the requirements of row 1.
[3] Values shall be specified by the vehicle manufacturer at the time of Type Approval (Annex 1, paragraph 15.).
[4] Manufacturers of vehicles covered by row 2 may elect to gain vehicle Type Approval to the values specified in row 1; in this instance compliance shall be demonstrated with all the values contained in row 1.
[5] The values for the target speed in cell H2 shall be reviewed before 1st November 2021.

Bijlage 4. Matlab Simulink Tachograaf Simulatiemodel

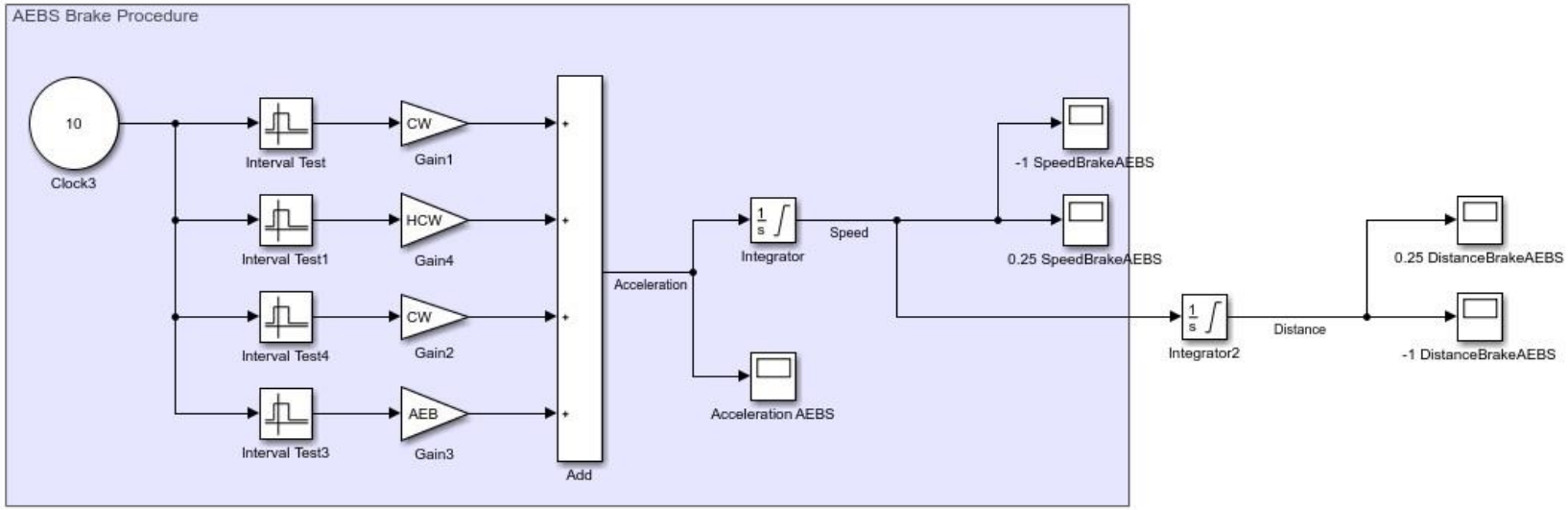
Onderstaande broncode en figuur tonen informatie over hoe het M- en S-file m.b.t. een tachograaf snelheidslog simulatie is opgebouwd. Resultaten in de vorm van grafieken voortkomend uit een simulatie geven inzicht over het snelheidsverloop van een vrachtwagen die remt. De grafieken vertonen een snelheidsverloop van een verwachtte manuele noodremming en een AEBS remming welke gebaseerd is op het faseverloop van het OnguardACTIVE remsysteem van WABCO. Simulatie resultaten zijn niet opgenomen in deze bijlage.

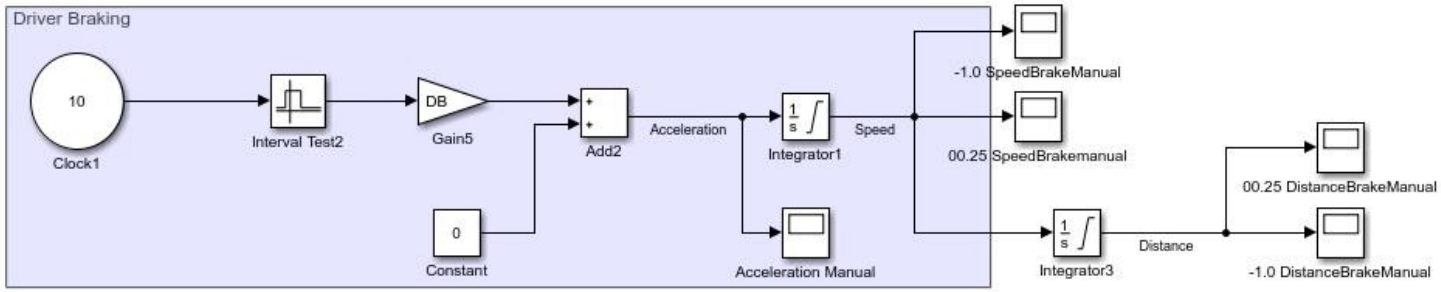
Matlab file

```
% clear all
close all
clc

%% Naming parameters

% Simulation time [t]
t = 10;

% Vehicle speed in [m/s]
v = 8.3;                        % v times 3.6 gives km/h. for
example; 25m/s = 90km/h

% AEBS phase declaration
CW = 0;                        % Collision Warning - No brake
HCW = -2.5;                    % Haptic Collison Warning -
Partial brake
AEB = -6;                      % Automated Emergency Brake -
Full brake
DB = -6;                       % Driver Brake - Brake Decel.
Depending Of Driver Input

%% Plots

% t = time
t1 = Speed_Brake_AEBS_0_25.time(:,1);            % 4Hz
t2 = Speed_Brake_AEBS_1.time(:,1);               % Oneindig

t4 = Speed_Brake_Manual_0_25.time(:,1);
t5 = Speed_Brake_Manual_1.time(:,1);

t6 = Acceleration_AEBS.time(:,1);
t7 = Acceleration_Manual.time(:,1);

% x = speed
x1 = Speed_Brake_AEBS_0_25.signals.values(:,1);      % 4Hz
x2 = Speed_Brake_AEBS_1.signals.values(:,1);         %
Oneindig
```

```
x3 = Speed_Brake_Manual_0_25.signals.values(:,1);
x4 = Speed_Brake_Manual_1.signals.values(:,1);

% s = distance
s1 = Distance_Brake_AEBS_0_25.signals.values(:,1);
s2 = Distance_Brake_Manual_0_25.signals.values(:,1);

% a = acceleration
a1 = Acceleration_AEBS.signals.values(:,1);
a2 = Acceleration_Manual.signals.values(:,1);


figure()
plot(t1,x1,'-o',t4,x3,'-o')
grid on
title('Vehicle speed degradation to time')
xlabel('Time [s]')
ylabel('Speed [m/s]')
legend('AEBS','Manual braking')


figure()
plot(t6,a1,t7,a2,'LineWidth',2)
grid on
title('Manual vs AEBS vehicle deceleration to time')
xlabel('Time [s]')
ylabel('Acceleration [m/s2]')
legend('AEBS','Manual braking')
```

Simulink file





Bijlage 5. Originele Testplan

Deze bijlage bevat het origineel opgezette Testplan. Dit Testplan bevat geen wijzigingen die door omstandigheden tijdens de testdag moesten worden doorgevoerd. De betreffende wijzigingen zijn met name van invloed geweest op het aantal uit te voeren testen waardoor de rest van het Testplan nog wel representatief is.

1 Introductie

Voor u ligt het Testplan. Dit document is tot stand gekomen om de uit te voeren remtesten, passend bij het Remonderzoek AEBS, juist voor te bereiden en uit te voeren.
Onderwerpen als planning, test uitvoeringen, procedures en veiligheid komen aan bod. Daarnaast bevat dit document een checklist welke leidend zal zijn bij het noteren van testresultaten.

De testdag is gepland op 2-5-2019, 10:30 – 16:00, PA circuit te Lelystad.

Wijzigingen in het testplan kunnen tijdens de testdag worden doorgevoerd wanneer genoodzaakt.

2 Achtergrond

De start van dit onderzoek is te danken aan de komst van het veiligheidssysteem AEBS. Het actieve automatische remsysteem dat ongevallen moet reduceren en zo een positieve invloed moet hebben op de verkeersveiligheid. Ondanks dit gegeven merken instanties als Politie en RWS op dat AEBS niet altijd verkeerssituaties juist beoordeeld. Zo worden voertuigen en verkeersobjecten van RWS te vaak aangereden door voertuigen met AEBS. Voornamelijk trucks zorgen ervoor dat auto's en objecten van RWS onherstelbare schade oplopen. Daarnaast kan het personeel van RWS en Politie hierdoor tijdens werkzaamheden in gevaarlijke situaties terechtkomen. Om met name de veiligheid van haar werknemers wijdt RWS graag een onderzoek aan AEBS die vraagstukken kan oplossen. De Politieacademie merkt op zijn beurt op dat er te weinig kennis is binnen de organisatie en dat de mogelijkheden tot het verkrijgen van AEBS data na een ongeval niet binnen handen van de Politie ligt. Graag ziet de Politieacademie dan ook een oplossing tot bovenstaand probleem en is alle kennis over AEBS welkom.

Om bepaalde vraagstukken op te lossen volgen er testen om onderzoek te doen naar de status van AEBS tijdens een noodremming. Dit onderzoek onderscheidt zich van vele andere omdat het onderzoek op zoek is naar een AEBS activatie-bevestiging door het bestuderen van data i.p.v. het alleen visueel waarnemen van een AEBS activatie.

3 Metingen

Ten behoeve van het verkrijgen van data zullen er op de testdag verschillende remproeven worden uitgevoerd. Data wordt verkregen door middel van het loggen van het CAN-bus netwerk, het downloaden van tachograaf data en het installeren van twee externe dataloggers. Verder zullen deze metingen ondersteund worden door camera's die in en buiten het voertuig beelden maken. Beelden van in de vrachtwagen zullen gesynchroniseerd zijn aan een datalogger. Op deze manier kunnen trigger-punten als een CW (Collision Warning) worden opgenomen zodat een uitspraak kan worden gedaan over een totale remcyclus. Beelden van buiten het voertuig laten voertuigdynamiek zien. Daarnaast kunnen de beelden helpen met het interpreteren van de verkregen data. Bijvoorbeeld een piek in de data, voortkomend uit een blokkerend wiel.

Met de verkregen data wordt er in een later stadium van het onderzoek data uit een manuele en een AEBS remming vergeleken. Als blijkt dat de manuele en AEBS remming een eigen kenmerkend beeld vormen, kan uit rem data worden achterhaald door wie het remsysteem is bediend. Gegevens als dit kunnen belangrijk zijn bij het onderzoek van een ongeval.

De te verrichten metingen moeten een viertal gegevens opleveren:

- Voertuigsnelheid
- Voertuig acceleratie
- Visueel voertuig dynamiek en acties van bestuurder
- AEBS gerelateerde CAN-bus berichten

De reden van het meten van specifiek deze vier gegevens is het volgende:
Uit werkingsdocumenten van AEBS van onder andere WABCO blijkt dat AEBS een bepaalde remkarakteristiek volgt tijdens een noodremming. Deze remkarakteristiek is afhankelijk van de situatie waarin het voertuig zich bevindt. Het bestuderen van verkregen rem data kan mogelijk nieuwe inzichten bieden in systeem werking maar geeft misschien ook prijs of AEBS actief is geweest. Om deze conclusie te trekken is het van belang dat er duidelijke relaties kunnen worden gelegd uit verkregen remproef data. Hierop volgt dat uitvoeringen van de remproeven van directe invloed zijn op de later te bestuderen data. Het belang van een correcte remproefuitvoering is dus groot.

3.1 Voertuigsnelheid

Voertuigsnelheid zal op vier manieren worden gelogd. Een VDO Siemens tachograaf bezit de capaciteit om voertuigsnelheid op te slaan met een frequentie van 4Hz. Dit betekent dat er om de 250ms een sample van de voertuigsnelheid intern wordt opgeslagen. Voor het verkrijgen van deze data zijn geen andere handelingen nodig dan de tachograaf data te downloaden met een tachograaf download key.

Een tweede vorm van voertuigsnelheid verkrijgen is door voertuigsnelheid uit de CAN bus berichten te loggen. Voertuigsnelheid wordt op dit netwerk hoger frequent aangeboden omdat dit een belangrijke parameter is voor verschillende modules in het voertuig.
Om naderhand relaties te leggen aan de hand van remkarakteristieken is het nodig om grafieken te creëren waarbij een hoge sample rate aanwezig was. Deze geeft een gedetailleerder snelheidsverloop weer en kunnen vergeleken worden met de tachograaf data.

Als derde en vierde hulpmiddel om de snelheid te bepalen zijn er twee dataloggers aanwezig in het voertuig die gedurende testen gegevens opslaan.

3.2 Voertuig acceleratie

Acceleraties en deceleraties worden op drie manieren verkregen. Met snelheidsdata uit de tachograaf kan een vertraging c.q. versnelling worden berekend. Naast deze methode zal er tijdens de test gebruik worden gemaakt van twee dataloggers. Deze meten versnellingen met behulp van gyroscopen en acceleratiesensoren.

3.3 Voertuig dynamiek

Voertuigdynamiek afhankelijk van een remming zal worden opgenomen door verschillende camera's. Binnen en buiten beelden van het voertuig kunnen naast elkaar worden gelegd om dynamisch gedrag van het voertuig visueel te maken. Daarnaast kan er zelfs een vertragingstijd worden gekoppeld aan bediening pedaal, opbouw voertuig vertraging en visueel dynamisch voertuiggedrag.

3.4 AEBS gerelateerde CAN bus berichten

Met zekerheid kan worden gezegd dat het voertuigsnelheid bericht via het J1939 protocol kan worden achterhaald uit een CAN bus log. Om de CAN bus log niet tot voertuigsnelheid alleen te beperken wordt de log ook ingezet om berichten op te sporen die een AEBS activatie kunnen bevestigen. Volgens een J1939 PGN lijst (Parameter Group Number) bevat het protocol een PGN met "External Brake Request" (CSS Electronics, 2018). Als deze PGN inzichtelijk kan worden gemaakt kan het interessante gegevens opleveren over AEBS gerelateerde berichten.

3.5 Meetinstrumenten

Onderstaande tabel geeft een opsomming van de te gebruiken meetinstrumenten met ondersteunende randapparatuur.

Meetinstrument	Randapparatuur	Meetfunctie
Movilog	-	acceleratie, snelheid, positie
DL1 PRO	VIDEO4	acceleratie, snelheid, positie, beeld, geluid
PEAK CAN dongle	Laptop	CAN bus berichten loggen
GoPro's	-	beeld, geluid
VDO DLK pro	-	tachograaf data downloaden

4 Uitvoering voorbereidingen

4.1 Testvoertuig

Het testvoertuig zal een voertuig zijn met classificatie code n2. Dit houdt in dat het een voertuig betreft voor goederen doeleinden die meer dan 12 ton mag vervoeren. Dit is niet alleen het meest voorkomende type vrachtvoertuig maar ook het type voertuig waar de verplichting van het voeren van een AEBS systeem geldt.
Tijdens de test zal er gebruik worden gemaakt van een losse trekker omdat het bij deze testen van belang is om data voortkomend uit remmingen te vergelijken. Het toevoegen van een oplegger is hierom niet van meerwaarde.

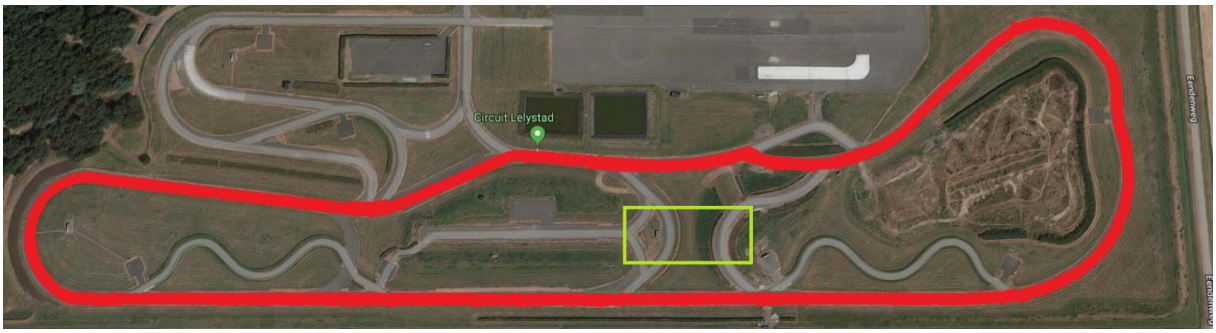
4.2 Test object

Tijdens het uitvoeren van een serie tests wordt er gebruik gemaakt van een bots kussen. Dit bots kussen zal als op te merken object dienen voor het AEBS systeem. Omdat de specificaties van het object gebaseerd zijn op UNECE richtlijnen uit artikel 131, wordt dit

aangenomen als een realistisch op te merken object. Exact dezelfde richtlijnen worden aangehouden bij het testen van een voertuig voor een type goedkeuring.

4.3 Baanopstelling

De uit te voeren testen zullen plaatsvinden op het circuit van de Politieacademie te Lelystad. Tijdens deze test zal er gebruik worden gemaakt van de omloopbaan, in het rood weergegeven in figuur 1. De omloopbaan is een niet onderbroken baan waarbij snelheden van 80km/h kunnen worden behaald. Gezien deze snelheid ook vaak de bedrijfssnelheid is van een vrachtwagen is er gekozen voor deze lay-out van het circuit.



figuur 1: Omloopbaan Politiecircuit

4.4 Downloaden data

Het downloaden van de data zal bij stilstand, na een remming worden uitgevoerd. Dit is met name voor het behouden van de tachograaf data belangrijk. Na tien seconden stil staan slaat de tachograaf een triggerpunt op waarbij de snelheid een minuut voor en een minuut na het triggerpunt wordt opgeslagen met 4Hz. Dit downloaden moet na maximaal 3 testritten worden uitgevoerd. Wanneer een vierde test wordt uitgevoerd is het risico groot dat een eerste triggerpunt wordt overgeschreven waardoor belangrijke data verloren gaat.
De exacte download plaats wordt aangehaald bij de briefing.

4.5 Uit te voeren testen

Voor het verkrijgen van gewenste data zijn er in de basis drie testen die worden uitgevoerd. De testen onderscheiden zich van elkaar met de manier waarop wordt geremd. Daarmee wordt het volgende bedoelt:

- noodremming door chauffeur
- noodremming door AEBS
- noodremming door chauffeur die een AEBS remopbouw nabootst

Onderstaande tabellen geven de drie verschillende testen weer. Per testsituatie is er één parameter gewijzigd. Herhalingen van de tests zijn er om foutieve data of onverklaarbare data te elimineren bij later analyseren van de data.

Uitvoering: Chauffeur remt in één keer met volle kracht tot stilstand

Rem uitvoering	Hulpmiddel	Snelheid	Herhaling
Chauffeur	n.v.t.	20	4
Chauffeur	n.v.t.	40	4
Chauffeur	n.v.t.	60	4
Chauffeur	n.v.t.	80	5

Uitvoering: Chauffeur rijdt af op object en raakt besturingsmiddelen niet aan na activatie van AEBS

Rem uitvoering	Hulpmiddel	Snelheid	Herhaling
AEBS	Bots kussen	20	4
AEBS	Bots kussen	40	4
AEBS	Bots kussen	60	4
AEBS	Bots kussen	80	5

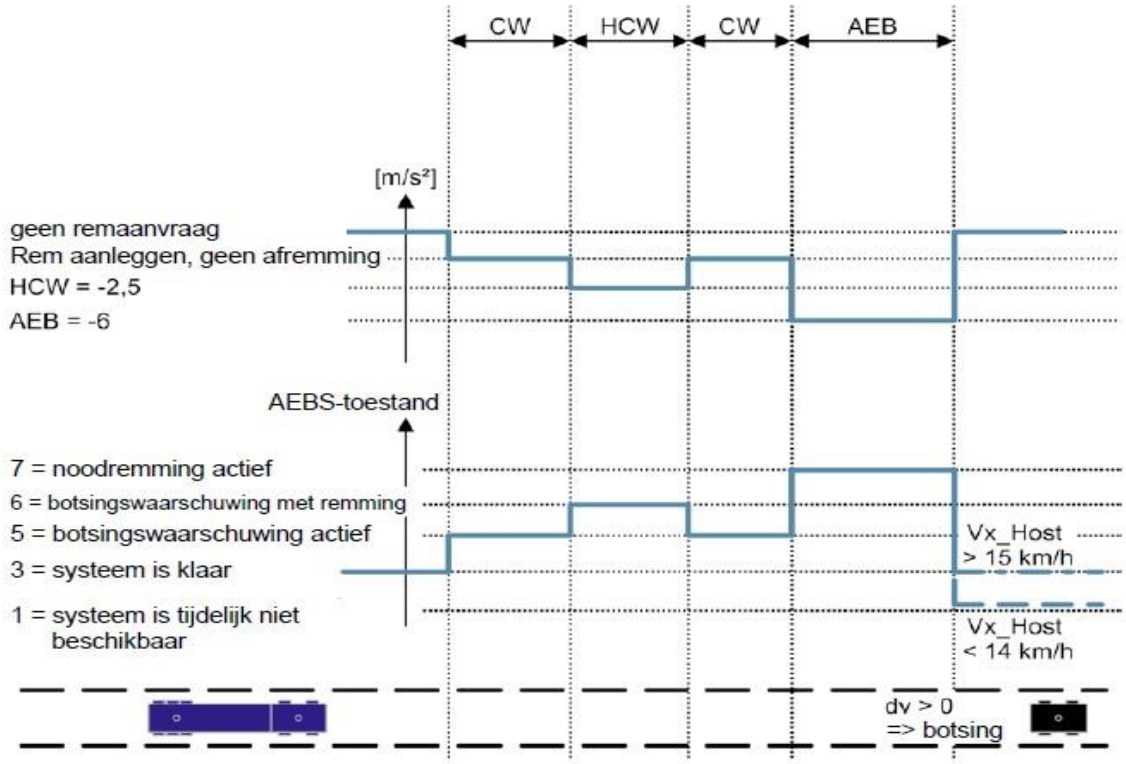
Uitvoering: Chauffeur bootst remkarakteristiek AEBS na en remt tot stilstand

Rem uitvoering	Hulpmiddel	Snelheid	Herhaling
Chauffeur	n.v.t.	20	4
Chauffeur	n.v.t.	40	4
Chauffeur	n.v.t.	60	4
Chauffeur	n.v.t.	80	5

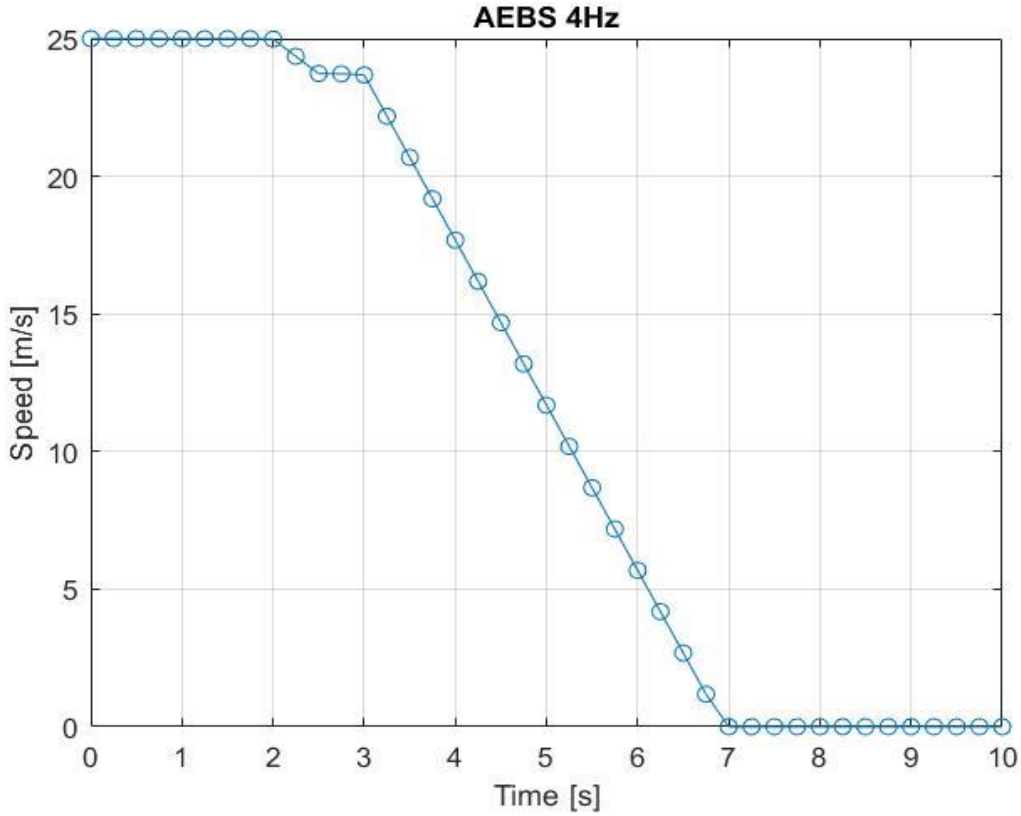
4.6 Verwachtingspatroon data

Ter voorbereiding op het analyseren van data is een verwachtingspatroon opgesteld. Hierbij is gebruik gemaakt van Matlab Simulink. Een gecreëerd model die gebaseerd is op de log frequentie van een VDO Siemens tachograaf toont de snelheid en negatieve acceleratie van een voertuig bij een remming (4Hz bij een event).
Het verwachte rempatroon behorend bij de AEBS remming in figuur 3 is gebaseerd op specificaties uit een AEBS systeemwerking document van WABCO (WABCO, 2017). Deze beschrijft namelijk dat AEBS bij het achterop een vertragend of stilstaand voertuig het rempatroon zal volgen zoals is afgebeeld in figuur 2.

CW (Collision Warning), HCW (Haptic Collison Warning, AEB (Advanced Emergency Braking)

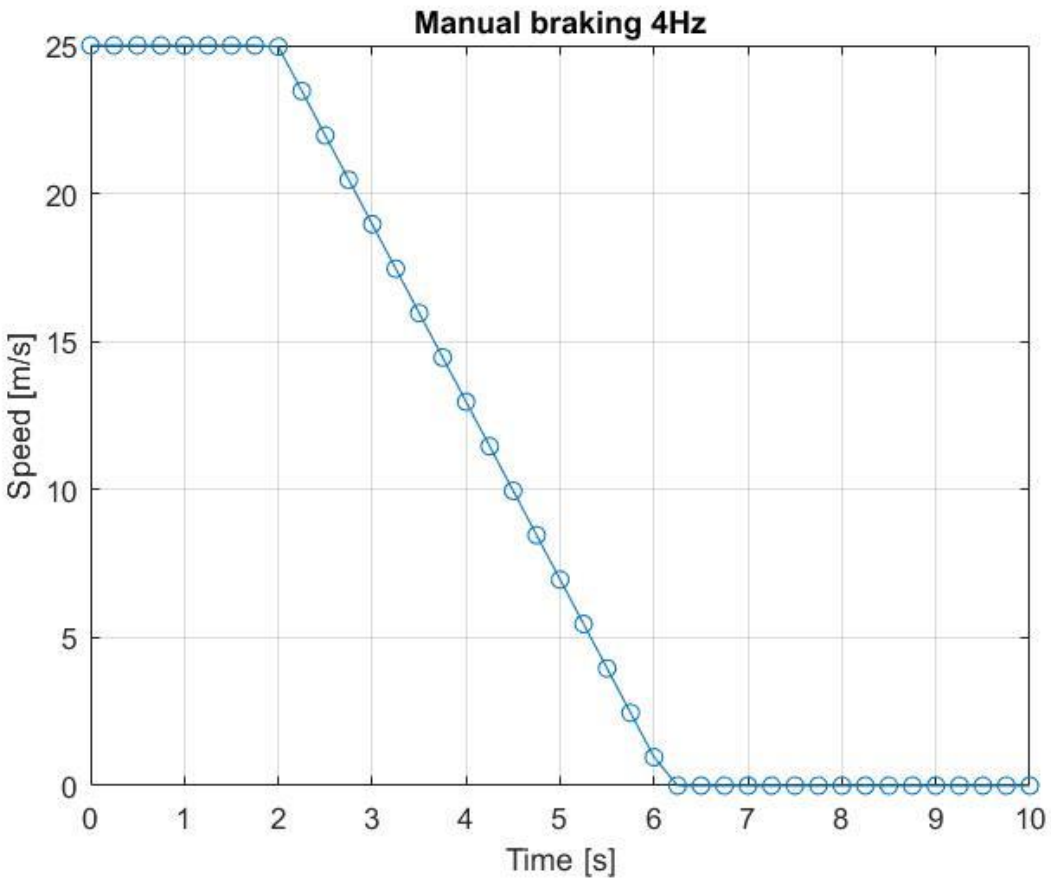


Figuur 2: Voorbeeld voor een waarschuwings- en remcascade voor bewogen/gestopte objecten (WABCO).



figuur 3: Verwachtingspatroon AEBS remming met en deceleratie van 2,5m/s^2 gevolgd door 6 m/s^2

Naast de AEBS remming is ook een model opgemaakt waarbij aangenomen is dat de chauffeur in één keer de rem bedient tot maximale drukopbouw in het remsysteem en tot stilstand remt. De uitkomst van dit model is zichtbaar in Figuur 4.



Figuur 4: Verwachtingspatroon manuele remming met een constante deceleratie van 6m/s^2

Omdat het verwachtingspatroon behorend bij een chauffeur die een AEBS remming nabootst moeilijk te voorspellen is, is er voor gekozen om niet van te voren in kaart te brengen. Data zal later inzage moeten bieden in deze manier van remopbouw.

4.7 Checklist

Bijlage 5A is gevuld met tabellen ter voorbereiding op test uitvoeringen. Deze tabellen dienen te worden ingevuld tijdens de testdag en hebben de functie om testresultaten en status van het voertuig en/of object te noteren. Daarnaast zal de checklist dienen als een tijdsplanning. De coördinator van de testdag zal de checklist invullen.

5 Veiligheid

Tijdens de testdag staat veiligheid voorop. Naast een voorbereiding van kleding en plaats op de baan, zijn ook alleen personen uitgenodigd die hun bijdrage hebben geleverd of nog kunnen leveren aan het onderzoek. Op deze manier blijft de test kleinschalig betreft omstanders wat de veiligheid ten goede komt.

5.1 Opvallende kleding

Om iedereen goed zichtbaar te maken op het circuit geldt voor iedere aanwezige persoon op het circuit de verplichting om een veiligheidshesje te dragen. Deze hesjes worden uitgedeeld voor het betreden van het circuit.

5.2 Baan betreden en verlaten

De baan wordt enkel betreden en verlaten in een voertuig. Het verlaten van de baan op eigen initiatief is verboden. Bij het niet gezamenlijk verlaten van de baan zal toestemming moeten worden gevraagd bij de Toezichthouder.

5.3 Positie op de testbaan

Ten behoeve van de veiligheid zal er op 2 mei een ruimte gecreëerd worden waar genodigden veilig kunnen staan en toch zicht hebben op de uit te voeren testen. Deze ruimte wordt tijdens de briefing aangehaald en verzocht wordt om deze ruimte niet te verlaten mits anders wordt opgedragen. Toezichthouders worden in overleg aangesteld om de veiligheid van de genodigden te waarborgen. De gereserveerde ruimte is in geel omlijnd in figuur 1.
Voor deelnemers die andere taken hebben dan alleen observeren geldt het gele vlak niet altijd. Bij het uit oefenen van hun rol mag de persoon zich buiten de veilige ruimte begeven mits de toezichthouder de situatie veilig acht en daarvoor toestemming geeft.

5.4 Taakverdeling

Om de taakverdeling inzichtelijk te krijgen is hieronder een tabel opgesteld die de te vervullen rollen weergeeft. Personen waarvan hun naam niet is toegekend aan een rol krijgen automatisch de titel Waarnemer en Oberserveerder. Om metingen zo constant mogelijk uit te voeren en om misverstanden te voorkomen behoudt iedereen gedurende de testdag zijn eigen rol.

Rol	Uitvoering	Naam
Coördinator	Gehele testdag	H.M. Bunskoeken
Toezichthouder	Gehele testdag	Nader in te vullen
Apparatuur installeren en opstellen	Voor aanvang testen	D.P. de Jonge W. Berends H.M. Bunskoeken
Testbaan opstellen	Voor aanvang testen	D.P. de Jonge W. Berends H.M. Bunskoeken Nader in te vullen
Chauffeur	Gehele testdag	M. Teunisse
Camera's buiten voertuig activeren	Voor aanvang testen	Nader in te vullen
Bediening CAN log	Voor/na uitvoering test	Dennis de Jonge
Bediening Movilog logger	Voor/na uitvoering test	Dennis de Jonge
Bediening DL1 pro logger	Voor/na uitvoering test	Dennis de Jonge
Bots kussen veilig stellen	Tijdens uitvoering test	Nader in te vullen
Tacho download uitvoeren	Na uitvoering test	W. Berends

Bijlage 5 A Checklist Testplan

Onderstaande tabellen dienen ingevuld te worden tijdens het uitvoeren van testen. De tabellen dienen ook als een volgorde en planning. Extra opmerkingen of bijzonderheden dienen ingevuld te worden bij de daarvoor gereserveerde ruimte.

Test 1: Chauffeur remmingen

Temperatuur	
Neerslag	
Wind	
Zicht	
Truck storing vrij?	Ja / Nee
Technische staat voertuig	

Opmerkingen:

Test 2: AEBS remmingen

Temperatuur	
Neerslag	
Wind	
Zicht	
Truck storing vrij?	Ja / Nee
Technische staat voertuig	

Opmerkingen:

Test 3: Chauffeur boots AEBS remmingen na

Temperatuur	
Neerslag	
Wind	
Zicht	
Truck storing vrij?	Ja / Nee
Technische staat voertuig	

Opmerkingen:

Planning: 11:30 – 12:15

Test 1: Chauffeur remt in één keer met volle remkracht tot stilstand

Vink	Test.Nr.	Tijd			Snelheid	Hulpmiddel	AEBS actief?	Botsing vermeden?	Alles storing vrij?	Movilog nummer	Eventuele opmerking
		Gepland	Start	Eind							
	1.1	11:30			20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	1.2	11:33			20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	1.3	11:41			40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	1.4	11:44			40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	1.5	11:52			60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	1.6	11:55			60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	1.7	12:03			80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	1.8	12:06			80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											

Planning: 12:45 – 14:15

Test 2: Chauffeur rijdt af op object en raakt besturingsmiddelen niet aan terwijl AEBS de noodremming uitvoert

Vink	Test.Nr.	Tijd			Snelheid	Hulpmiddel	AEBS	Botsing	Alles storing	Movilog	Eventuele
		Gepland	Start	Eind	km/h		actief?	vermeden?	vrij?	nummer	opmerking
	2.1	12:45			20	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.2	12:50			20	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.3	12:55			20	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	2.4	13:05			40	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.5	13:15			40	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.6	13:25			40	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	2.7	13:35			60	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.8	13:40			60	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.9	13:45			60	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	2.10	13:55			80	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.11	14:00			80	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
	2.12	14:05			80	Object	Ja / Nee	Ja / Nee	Ja / Nee		
Tachograaf Download											

Planning: 14:45 – 15:45

Test 3: Chauffeur bootst remkarakteristiek AEBS na en remt tot stilstand

Vink	Test.Nr.	Tijd			Snelheid	Hulpmiddel	AEBS actief?	Botsing vermeden?	Alles storing vrij?	Movilog nummer	Eventuele opmerking
		Gepland	Start	Eind							
	3.1	14:45			20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.2	14:48			20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.3	14:51			20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	3.4	14:59			40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.5	15:02			40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.6	15:05			40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	3.7	15:13			60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.8	15:16			60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.9	15:19			60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											
	3.10	15:27			80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.11	15:30			80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
	3.12	15:33			80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / Nee		
Tachograaf Download											

Aanvullend blad

Bijlage 6. Testdag Resultaten

Bijlage 6 bevat de werkelijk uitgevoerde testen tijdens de AEBS testdag. De bijlage bevat ingevulde checklists, een korte samenvatting van het verloop van de dag, apparatuur montage, AEBS storing reset protocol en de weersomstandigheden tijdens de testdag.

Planning: 11:30 – 12:15

Test 1: Chauffeur remt in één keer met volle remkracht tot stilstand

Vink	Test.Nr.	Tijd			Snelheid	Hulpmiddel	AEBS actief?	Botsing vermeden?	Alles storing vrij?	Movilog nummer	Eventuele opmerking
		Gepland	Start	Eind							
✓	1.1	-	13:34	-	20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**001**	
✓	1.2	-	13:37	-	20	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**001**	
Tachograaf Download											
✓	1.3	-	13:41	-	40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**002**	
✓	1.4	-	13:45	-	40	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**002**	
Tachograaf Download											
✓	1.5	-	13:49	-	60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**003**	
✓	1.6	-	13:51	-	60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**003**	
Tachograaf Download											
✓	1.7	-	13:57	-	80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**004**	
✓	1.8	-	14:02	-	80	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**004**	
Tachograaf Download											

Planning: 12:45 – 14:15

Test 2: Chauffeur rijdt af op object en raakt besturingsmiddelen niet aan terwijl AEBS de noodremming uitvoert

Hieronder afgebeeld staat de uiteindelijke checklist van Test 2 genoteerd.

De tabel beschrijft om de drie testen een AEBS storing. Deze storing werd automatisch door het voertuig gegenereerd omdat AEBS onrealistisch vaak in werking moest treden. De storing zorgde ervoor dat de automatische noodremfunctie uitgeschakeld werd waardoor het voortzetten van tests tijdelijk niet meer mogelijk was. Deze bijlage bevat ook een geschreven protocol welke gevolgd moet worden om de storing te wissen voordat een test hervat kan worden.

Vink	Test.Nr.	Tijd			Snelheid km/h	Hulpmiddel	AEBS actief?	Botsing vermeden?	Alles storing vrij?	Movilog nummer	Eventuele opmerking
		Gepland	Start	Eind							
✓	2.1	-	14:42	-	20	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**005**	
✓	2.2	-	14:47	-	20	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**005**	
✓	2.3	-	15:00	-	40	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	~~Ja~~ / **Nee**	**006**	AEBS Storing na Run
Tachograaf Download											
✓	2.4	-	15:46	-	20	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**007**	
✓	2.5	-	15:50	-	40	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**008**	
✓	2.6	-	15:55	-	60	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	~~Ja~~ / **Nee**	**008**	AEBS Storing na Run
Tachograaf Download											
✓	2.7	-	16:10	-	40	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**009**	
✓	2.8	-	16:17	-	60	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**010**	
✓	2.9	-	16:21	-	60	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	~~Ja~~ / **Nee**	**011**	AEBS Storing na Run
Tachograaf Download											
✓	2.10	-	16:31	-	40	Object	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	Ja / ~~Nee~~	**012**	
Tachograaf Download											

Planning: 14:45 – 15:45

Test 3: Chauffeur bootst remkarakteristiek AEBS na en remt tot stilstand

Vink	Test.Nr.	Tijd			Snelheid	Hulpmiddel	AEBS actief?	Botsing vermeden?	Alles storing vrij?	Movilog nummer	Eventuele opmerking
		Gepland	Start	Eind							
✓	3.1	-	16:57	-	60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**014**	
✓	3.2	-	17:00	-	60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**014**	
✓	3.3	-	17:02	-	60	n.v.t	n.v.t	n.v.t	Ja / ~~Nee~~	**014**	
Tachograaf Download											

Planning
Test 1 kon ondanks een gereserveerde baan vanaf 11:30 pas beginnen om 13:30 i.v.m. problemen bij het inbouwen van apparatuur. Enig oponthoud is hier doordoor ontstaan waardoor testen genoodzaakt werden om in te korten. Zie daarvan voornamelijk het resultaat van bij Test 1 en Test 3 t.o.v. het origineel testplan.

Storing
Na constant 3 runs met automatische remmingen genereerde de vrachtwagen een storing en foutmelding in het dashboard met het volgende bericht (en dan citeer ik Maarten zijn stem in filmpje):
"Contact Workshop. Driver Support System not available"

Verhelpen storing als volgt:
Electrical scheme Volvo FH 2017 uit Nieuwbouw Nijwa toont een schema met daarin het de DACU. De DACU is het Driver Assistance Control Unit. Deze is gezekerd met zekering F31 (te vinden in de zekeringkast in het dashboard).

Idee was als volgt: Reset de DACU d.m.v. het onderbreken van het stroomcircuit. Misschien gaan er foutmeldingen verloren / misschien is dit een van fabriek af ingebouwde methode om zonder dealer apparatuur het AEBS weer aan de gang te krijgen.

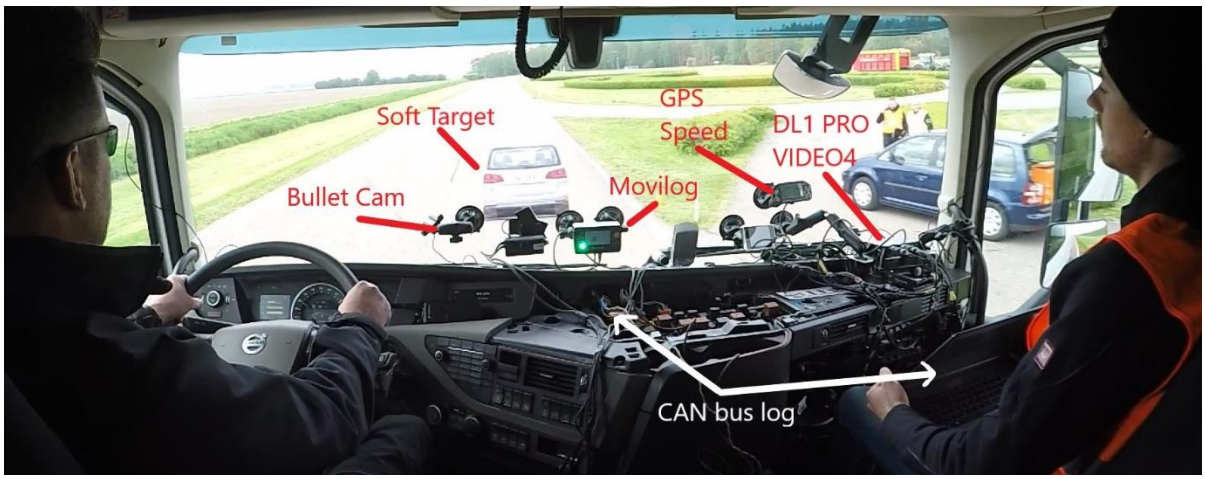
1. Zet auto van contact af
2. Trek zekering F31
3. Zet auto op contact en genereer allemaal foutmeldingen.
4. Wacht 5 sec.
5. Zet auto van contact af
6. Wacht 5 sec.
7. Druk zekering terug op de plek waar die vandaan kwam
8. Zet auto op contact en wacht op foutmeldingen.
9. Foutmelding? Begin bij 1. Geen foutmelding? Ga door naar stap 10.
10. Start de truck en rijdt een x aantal meters om zeker te zijn dat de storing weg blijft.
11. Begin Test2 met een lage snelheid om veiligheidsredenen.

Test 3
Gezien het test circuit uiterlijk om 17:00 dicht ging was het niet mogelijk om meerdere testen uit te voeren met Test 3. Dit vooruitzicht heeft er tot geleid een beslissing te nemen de test uit te voeren met enkel 3x 60km/h.

Geïnstalleerde apparatuur

- De Movilog is bevestigt op de voorruit en de DL1 PRO met VIDEO4 systeem bevindt zich in de cabine.
    - De externe IMU (Inertial Measurement Unit) van de DL1 PRO is bevestigt op het chassis van de vrachtwagen. Het chassis maakt een mindere domphoek dan de cabine wat data verwerking moet vergemakkelijken.
- De PEAK CAN Dongle is aangesloten op dezelfde bus als waar de tachograaf en de DACU (Driver Assistance Control Unit) zich bevinden. Deze bus geeft onder andere informatie over de gereden snelheid van het voertuig.
- Bullet camera's behorend bij het VIDEO4 systeem waren gericht op de pedalen van het voertuig en op de rode LED balk die gaat branden bij een FCW (Figuur 4).
- Verder is er tijdens de testdag een GoPro bevestigd in de cabine en een GoPro geïnstalleerd langs de testbaan welke zicht had op het gedeelte waar de remmingen plaats vonden.
- De tachograaf bevindt zich zoals normaal gesproken in de Volvo FH in de cabine boven de zitplaats van de chauffeur.

Bevestiging IMU op het chassis. Bovenop het ophangpunt vd schokdemper R.V.



GoPro beeld van in de cabine. Geeft zicht op apparatuur en omgeving voor het voertuig.

Weersomstandigheden

Onderstaand een print screen van de weersomstandigheden tijdens de testdag op 2-5-19 te Lelystad.
De informatie is afkomstig van www.knmi.nl

Daggegevens van het weer in Nederland

Het weer op donderdag 2 mei 2019 te Lelystad © KNMI

Temperatuur		**Normaal**	**Neerslag**		
Gemiddelde	9.8 °C	11.7 °C	Hoeveelheid	< 0.05 mm	
Maximum	14.0 °C	16.3 °C	Duur	0.0 uur	
Minimum	2.9 °C	6.9 °C			
Zon, bewolking & zicht			**Wind**		
Duur zonneschijn	4.4 uur		Gemiddelde snelheid	4.2 m/s	(3 Bft)
Rel. zonneschijnduur	29 %	42 %	Maximale uurgemiddelde snelheid	7.0 m/s	(4 Bft)
Gem. bedekkingsgraad	8 octa's		Maximale stoot	12.0 m/s	
	Geheel bewolkt				
Minimaal zicht	1.5 km		Overheersende richting	281 °	(W)
Relatieve luchtvochtigheid			**Luchtdruk**		
Gemiddelde	85 %	77 %	Gemiddelde luchtdruk	1010.8 hPa	