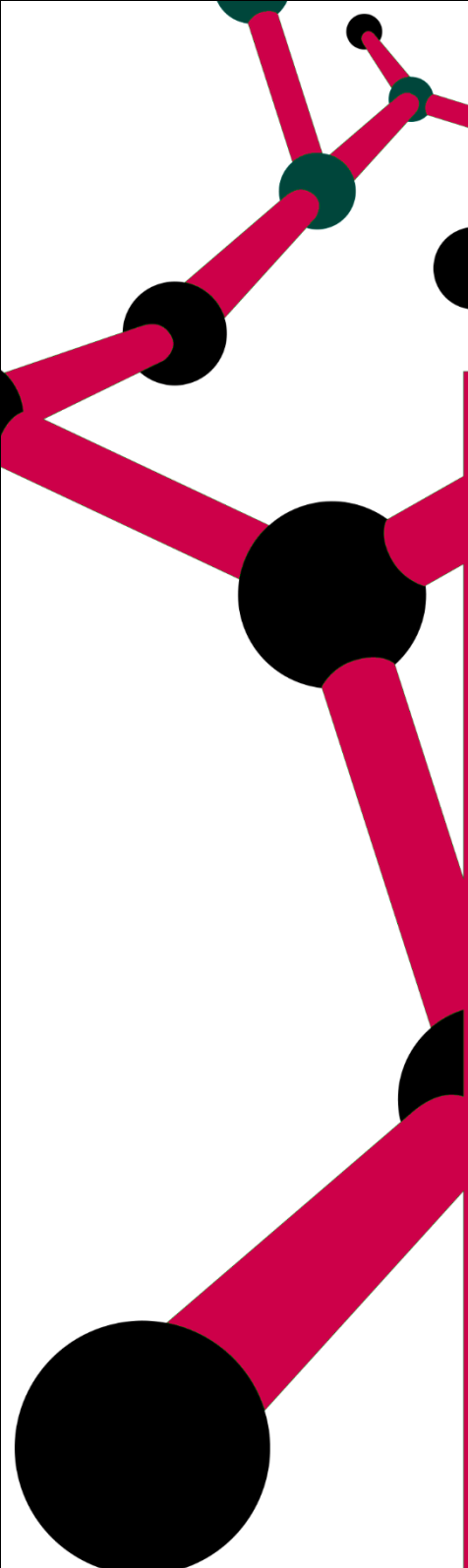




Bachelor Eindopdracht

Effecten van Intelligent Speed Adaptation op de reistijd en uitstoot op de N35

Jelle Hiemstra, BSc

Bachelor Eindopdracht Civiele Techniek

Examencommissie

Prof.dr.ir. E.C. van Berkum

Dr. M.S. Krol

In opdracht van Goudappel Coffeng

MSc L. Krol

Dr. L.J.J. Wismans

8 juli 2019

Voorwoord

Binnen het brede vakgebied van Civiele Techniek, waarin ik de afgelopen drie jaar mij heb mogen verdiepen, heeft mij de verkeer en vervoersrichting mij het meest getrokken. De wisselwerking tussen de mens en de civiele infrastructuur voorspellen en beïnvloeden staat daarin centraal. Met dit onderzoek wil ik mijn bachelor Civiele Techniek afronden door kennis opgedaan in de studie te verwerken, uit te diepen en te verreiken in de effecten van geavanceerde systemen op de verkeerssituatie.

Dit onderzoek heb ik bij adviesbureau Goudappel Coffeng uitgevoerd, waarbij ik mijn vaste werkplek en collega's op het hoofdkantoor in Deventer erg kon waarderen. Ik heb veel gehad aan zowel de inhoudelijke adviezen als de gezellige praatjes, borrels en uitjes. Speciale dank voor mijn begeleider Lieuwe Krol en het leveren van gegevens door Theo Dijkshoorn en Rogier van der Honing.

Vanuit de Universiteit Twente gaat mijn dank uit naar professor Van Berkum voor de begeleiding en adviezen over het opzetten en voortgang van het onderzoek. Ook wil ik professor Geurs bedanken voor de inleidende gesprekken en dr. Krol voor zijn deelname in de examencommissie.

Jelle Hiemstra

Deventer, 8 juli 2019

Inhoud

Voorwoord	1
1. Samenvatting.....	4
2. Inleiding	5
2.1. Relevantie	6
3. Achtergrond.....	7
3.1. Intelligent Speed Adaptation.....	7
3.1.1. Effecten op de verkeersstromen	8
3.1.2. Effecten op het milieu	8
4. Probleemstelling.....	9
4.1. Onderzoeksvragen.....	9
4.2. Doel	9
5. Onderzoeksmethode.....	10
5.1. Scope	10
5.2. Case locatie.....	10
5.3. PTV Vissim	11
5.4. EnViVer	12
6. Beoordelingskader.....	13
6.1.1. Snelheid	13
6.1.2. Reistijd en vertragingstijd.....	13
6.1.3. Uitstoot.....	13
7. Resultaten.....	14
7.1. Snelheid	14
7.2. Reistijd en vertragingstijd.....	16
7.3. Uitstoot.....	19
8. Conclusie	21
9. Discussie	22
10. Aanbevelingen.....	22
11. Bibliografie.....	23
12. Appendices	26
Appendix A: Voor- en nadelen van ISA volgens de EU	26
Appendix B: Verdeling van de wenssnelheden	27
Appendix C: Script dat gebruikt is voor het aanpassen van de snelheid	28
Appendix D: Gegevens van het Nederlandse wagenpark	29
Appendix E: MATLAB-scripts voor het verwerken van de gegevens.....	24
Appendix F: Gemiddelden, medianen en 85-percentielen van de snelheid	30

Appendix G: Cumulatieve verdelingen van de snelheden	35
Appendix H: Reistijdgrafieken	43
Appendix I: Uitstootgrafieken	49
Appendix J: Kaarten van de uitstoot	52

1. Samenvatting

De auto geeft de mens de mogelijkheid om haar mobiliteit te vergroten. De macht over de auto, de technologische mogelijkheden en de wens om snel op de bestemming aan te komen zorgen ervoor dat de maximumsnelheid die op een wegvak geldt regelmatig wordt overschreden. Wat naast verkeersonveiligheid ook een toename in de uitstoot van CO₂ met zich mee brengt.

De huidige doelen uit het Klimaatakkoord zorgen voor een stimulans om de uitstoot van CO₂ in het verkeer te reduceren (Hammingh, 2019). Een manier om dat te bewerkstelligen is om de voertuigen die de maximumsnelheid willen overtreden te beperken in hun snelheid. Deze methode wordt Intelligent Speed Adaptation (ISA) genoemd. Dit kan op slechts een adviserende manier, maar ook op vrijwillige basis of het is verplicht (Carsten & Tate, 2005). In dit onderzoek is de verplichte manier onderzocht. Het doel van het onderzoek is om te onderzoeken in hoeverre ISA een effect heeft op de snelheden, de reis- en verliestijd en de uitstoot van CO₂ op een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom. Hiervoor is de N35 tussen Raalte en Nijverdal als casus genomen, omdat dit relatief veel factoren bevat die mogelijk invloed hebben, zoals VRI's, een dorpje met lagere maximumsnelheid en een spoorwegovergang.

De voertuigen die ISA ingebouwd krijgen zijn uitsluitend personenauto's. Er zijn scenario's gecreëerd waarbij zij voor 0, 25, 50, 75 of 100 procent ISA ingebouwd krijgen. De andere factor voor de scenario's zijn de tijdvakken. Dit zijn de ochtendspits en avondspits, een situatie overdag en een situatie in de nacht. Dit brengt het totaal aantal scenario's voor de simulatie op twintig. Deze scenario's worden in het programma PTV Vissim gesimuleerd voor 2,5 uur, waarbij de snelheid en reistijd over de N35 gemeten wordt. De gegevens worden gebruikt door het programma EnViVer van TNO om de uitstoot van het verkeer te berekenen. Om antwoord te geven op het doel van het onderzoek wordt de snelheid, de reistijd en vertragingstijd en de CO₂-uitstoot vergeleken voor de verschillende penetratiegraden in verschillende momenten op de dag.

Uit het onderzoek blijkt dat ISA een effectieve manier is om de hogere snelheden uit het verkeer te filteren, terwijl de snelheid van de auto's licht afneemt bij hogere penetratiegraden van ISA. Dat heeft verband met de reistijd, die licht toeneemt. Daarentegen neemt de verliestijd van de auto's wel af, dat komt onder andere omdat de gewenste snelheid ook lager is. De resultaten van de CO₂-uitstoot zijn bij hogere penetratiegraden van ISA heel iets beter voor het milieu, opvallend is dat de uitstoot van het vrachtverkeer juist toeneemt. Samengevat is ISA effectief in het terugdringen van hoge snelheden en het homogeniseren van de verkeersstromen, maar is het effect op de CO₂-uitstoot in dit onderzoek niet duidelijk aanwezig.

2. Inleiding

De ontwikkeling van voertuigen als de fiets en de auto heeft de vrijheid van de mens flink uitgebreid en heeft de westerse wereld en de omgang van mensen veranderd (Timmer, 1998). De opbloeiende welvaart van na de Tweede Wereldoorlog heeft gezorgd voor een enorme groei in het bezit van auto's van 268.000 in 1955 tot wel 7,2 miljoen in 2016 (Kampert, Nijenhuis, Spoel, & Molnár-in 't Veld, 2017). De auto heeft ervoor gezorgd dat het bereik van een individu voor voorzieningen aanzienlijk groter is geworden en het aantal verplaatsingen is daarmee ook enorm toegenomen. De toegenomen mobiliteit heeft echter ook voor een aantal knelpunten gezorgd: de bereikbaarheid is onder druk komen te staan en de milieuvervuiling en het aantal verkeersongevallen is toegenomen.

Sinds de eerste file in Nederland in 1955 zijn de files zowel in hoeveelheid als in lengte enorm gegroeid. Het aantal uren dat weggebruikers zijn verloren door congestie op het hoofdwegenet was in 2006 al 44 miljoen uur (Harms, 2008). De zogenaamde vrijheid is hiermee al beperkter geworden. Daarnaast is de verkeersveiligheid met het toegenomen verkeer een behoorlijk probleem geworden, met als dieptepunt 1972. Nog steeds zijn er echter honderden doden per jaar te betreuren. Verder worden ook de milieuproblemen onder andere veroorzaakt door het wegverkeer. In januari 2019 is gebleken dat de Rijksoverheid, om de doelen van het Klimaatakkoord zoals afgesproken in 2020 te halen, er extra gereduceerd moet worden in de uitstoot van broeikasgassen omdat de huidige reductie niet volstaat (Hammingh, 2019). Daarbij ligt er een mogelijkheid om in het wegverkeer de uitstoot te reduceren. De emissies van stikstof (NO_x) en fijnstof (PM₁₀) zijn ten opzichte van 1990 al gedaald, maar de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) is juist toegenomen in deze periode (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2019).

Het gedrag van de mens is een lastig te voorspellen factor in wegverkeer. Voor veel mensen is de auto puur een relatief snelle manier om van A naar B te gaan. Bovendien geeft de controle over het voertuig en de mogelijkheid deze te besturen een zeker gevoel van vrijheid. De mens heeft daarmee in het verkeer een bepaalde houding, het heeft een interactie met de omgeving en andere weggebruikers en dat kan tot problemen leiden (Özkan & Lajunen, 2011). Daarom zijn er verkeersregels opgesteld om ieders verkeersbewegingen in goede banen te leiden. Naast het maken van verkeerde inschattingen en fouten, kan ook de overtreding van deze regels verkeersonveilige situaties en langere reistijden tot gevolg hebben. De snelheden op een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom hebben een zodanig grote variatie dat dit inhaalmanoeuvres tot gevolg heeft (Oei H.-I., 1990).

Een ontwikkeling in voertuigsystemen die een bijdrage kan leveren aan het beperken van de negatieve menselijke factoren is Intelligent Speed Adaptation, vaak afgekort tot ISA. Dit systeem, geplaatst in het voertuig, weet de snelheid op het wegvak en communiceert dit aan de bestuurder en kan hiermee het overschrijden van de maximumsnelheid beperken. Dit kan op een adviserende, vrijwillige of dwingende manier. De adviserende wijze geeft de bestuurder informatie over de geldende snelheidslimiet, terwijl de dwingende manier het voertuig in alle omstandigheden aan de snelheid laat houden. Bij de vrijwillige versie kan de bestuurder het dwingende systeem aan of uit zetten (Carsten & Tate, 2005). De beperking van deze menselijke factoren heeft ook een invloed op het gebruik van de motor van het voertuig en daarmee ook op de uitstoot. In dit onderzoek wordt getracht de invloed van dit systeem op de reistijd en de uitstoot te bepalen bij verschillende penetratiegraden van het systeem. Binnen steden is te zien dat bij een toenemende penetratiegraad, er meer voertuigen de maximumsnelheid rijden en dit ook langer doen. Dit effect was in dit binnenstedelijke onderzoek in Leeds groter bij een hogere snelheid (70 km/u) dan bij een wat lagere snelheid (50 km/u) (Liu, The DRACULA dynamic network microsimulation model, 2006).

2.1. Relevantie

Zo rond de eeuwwisseling zijn in West-Europa meerdere proeven gedaan op de snelheidseffecten van de toepassing van ISA (Vlassenroot, et al., 2011). Na die tijd heeft ISA wat minder in de spotlights gestaan. Vanuit het Europees Parlement is er nu hernieuwde aandacht voor ISA als onderdeel van Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), wat als voornaamste doel heeft om de verkeersveiligheid in Europa te verbeteren. Het wil ISA verplichten voor alle nieuwe voertuigen vanaf 2022 (Nadkarni, 2019). Het toepassen van ISA past ook in het plan van de minister van Infrastructuur en Waterstaat om Smart Mobility in Nederland te stimuleren (van Nieuwenhuizen, 2018). De nadruk ligt bij ISA vaak voornamelijk op de verkeersveiligheid en daarmee worden ook geregeld de effecten op de reistijd onderzocht. Emissies worden, als ze worden meegenomen in het onderzoek, op een meer macroscopische manier berekend aan de hand van het algemene karakteristieken van het brandstofgebruik.

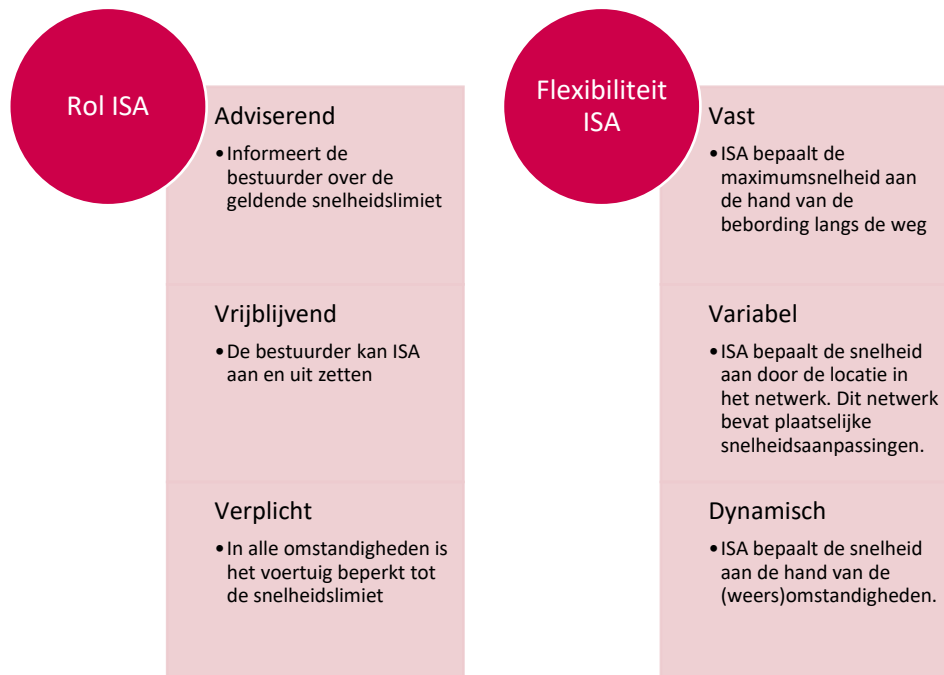
Het belang van de reductie van uitstoot wordt in Nederland steeds groter. In januari 2019 bleek dat de reductie van broeikasgassen 21% was ten opzichte van 1990. In het Klimaatakkoord is voor 2020 echter een reductie van 25% ten opzichte van 1990 geraamd (Hammingh, 2019). Dit betekent dat er een uitdaging bij de overheid ligt om extra broeikasgassen te reduceren. Een van de mogelijkheden om dat te bereiken is het tegengaan van overmatig hard rijden (Liu & Tate, Network effects of intelligent speed adaptation systems, 2004). Dat is mogelijk door het gebruik van ISA in voertuigen. Op gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom is het interessant in hoeverre de snelheden stabiliseren en daarmee minder verliestijd en minder uitstoot zou zijn. Op basis van het percentage verkeersboetes zou er buiten de bebouwde kom minder vaak te hard worden gereden, ook al krijgt een derde van alle automobilisten jaarlijks een boete. 23% van de snelheidsboetes zijn namelijk op buitenwegen (Nijenhuis & Tummers-van der Aa, 2018). Waarvan de meeste overschrijdingen tussen de 5 en 10 km/u zijn. Er kan overwogen worden om ISA toe te passen in auto's van jonge bestuurders, omdat zij een relatief grote kans hebben om betrokken te zijn bij een ongeval waarbij snelheid een rol heeft gespeeld (Oei H.-I. , 1998). Bij een onderzoek in Nederland naar de toepassing van ISA bij zogenaamde hardrijders, bestuurders die regelmatig de maximumsnelheid overtreden of die de maximumsnelheid met een groot verschil overschrijden, blijkt dat het aantal kilometers dat er te hard wordt gereden van ongeveer 15% naar 5% wordt teruggebracht in de bebouwde kom en van ongeveer 25-30% naar 8% buiten de bebouwde kom en op snelwegen (van der Pas, Kessels, Veroude, & van Wee, 2014).

3. Achtergrond

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de huidige kennis van ISA en context van het onderzoek alvorens het onderzoek wordt uitgevoerd.

3.1. Intelligent Speed Adaptation

De term Intelligent Speed Adaptation (ISA) wordt gebruikt voor systemen die ervoor zorgen dat de snelheid van voertuigen aangepast wordt. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt in de rol en keuze die bestuurders hebben in deze aanpassing en in hoeverre ISA zich aanpast aan de omstandigheden in de omgeving, denk aan weersomstandigheden en wegwerkzaamheden. Dit is in Figuur 1 te zien.



Figuur 1: Onderscheid in ISA-systemen

Met de vrijblijvende ISA-versie blijkt de helft van de gebruikers ook daadwerkelijk zijn of haar snelheid aan te passen, wat dus de helft is van een verplichte versie. Uit testen naar ISA in meerdere landen in West-Europa tussen 1997 en 2002 blijkt dat de acceptatie hoog is, maar bovendien ook dat de voertuigen met minder variatie in hun snelheid, dus meer homogeen, rijden (Vlassenroot, et al., 2011). Wanneer ISA wordt toegepast blijkt het aantal verkeersongevallen aanzienlijk af te nemen, het meest met de verplichte versie (Carsten & Tate, 2005). De verwachte effecten van ISA zijn vaak gebaseerd op een volledige implementatie van ISA, terwijl er voorlopig nog altijd voertuigen zijn die ISA niet geïmplementeerd hebben of het systeem negeren (Agusdinata, van der Pas, Walker, & Marchau, 2009). Ook vallen bestuurders, die meegedaan hebben aan een test met ISA, na de test terug in hun oude snelheidspatroon. Dat blijkt uit een ISA-test in het Verenigd Koninkrijk (Lai & Carsten, 2012). Een verplichte versie van ISA blijkt het meest effectief, maar heeft als nadeel dat in noodsituaties, bijvoorbeeld bij inhalen, het soms nodig is om harder te rijden. Daarom adviseert het European Transport Safety Council om het systeem tijdelijk en met verschillende waarschuwingen uit te schakelen is (European Transport Safety Council, 2017). Een overzicht van de voor- en nadelen is gegeven in een rapport van de Europese Commissie, waarin de eerdergenoemde verkeersveiligheid een positief effect heeft op politiek, economisch en sociaal vlak en de brandstofbesparing op het gebied van milieu. Nadelig zijn de hogere kosten voor de testen en het inbouwen van de systemen in de voertuigen (McCarthy, et al., 2017). Het overzicht is te vinden in Appendix A.

3.1.1. Effecten op de verkeersstromen

Het gebruik van ISA zorgt voor meer homogene verkeersstromen doordat de hogere snelheden beperkt worden. Dit zal onder andere het ritsen van rijbanen vergemakkelijken. Ook de bezetting op een wegvak blijkt lager uit te vallen wanneer er meer voertuigen de verplichte versie van ISA hebben (Hogema, Schuurman, & Tampère, 2000). Het aantal spookfiles neemt daarnaast af naarmate meer voertuigen ISA-systemen ingebouwd hebben, echter wanneer er toch een file ontstaat zijn er meer voertuigen die daaraan deelnemen. In een zwaarbelast netwerk zal het effect van ISA in voertuigen lager zijn dan wanneer bestuurders hun gewenste snelheid kunnen rijden (Liu & Tate, Network effects of intelligent speed adaptation systems, 2004). Ook zal naarmate het percentage ISA-voertuigen toeneemt, de reistijd ook wat toenemen. Bij de test die is uitgevoerd in het Nederlandse Tilburg in 1999 en 2000, is gebruik gemaakt van de verplichte versie van ISA. Hieruit komt onder andere naar voren dat bestuurders van ISA-voertuigen minder verkeersregels overtreden, maar wel veel irritatie ervaren van andere bestuurders in de vorm van bumperkleven op wegen waar de maximumsnelheid regelmatig wordt overschreden (van Loon & Duynstee, 2001).

3.1.2. Effecten op het milieu

Wanneer verondersteld wordt dat de uitstoot van broeikasgassen toeneemt wanneer voertuigen met een hogere snelheid rijden en vaker accelereren, is de verwachting dat voertuigen die ISA hebben ingebouwd minder uitstoten dan voertuigen die de maximumsnelheid kunnen overschrijden (Liu & Tate, Network effects of intelligent speed adaptation systems, 2004). Een gelijkmatiger snelheidsprofiel zorgt voor minder accelereren en remmen en daardoor voor minder uitstoot (Barth & Boriboonsomsin, 2009).

In een van de testen, welke uitgevoerd is in de Zweedse plaats Lund in 2001, is gebruik gemaakt van een gaspedaal dat aanzienlijk meer tegendruk geeft wanneer de maximumsnelheid is bereikt. Dit betekent dat het nog steeds mogelijk is om de maximumsnelheid te overschrijden, maar dat dit meer kracht kost. Dit is dus een vrijblijvende versie van ISA. Aan de hand van de data die de 284 voertuigen verzamelden is met het programma VETO de uitstoot van CO (koolstofmonoxide), NO_x (stikstofoxides) en HC (koolwaterstof) berekend. Hieruit blijkt dat in alle testsituaties (30 km/u, 50 km/u en 70 km/u op verschillende wegen) behalve op 70 km/u wegen, de uitstoot van inactieve ISA-systemen lager is ten opzichte van de actieve ISA-systemen. Met voor CO, NO_x en HC respectievelijk 11, 7 en 8 procent reductie (Várhelyi, Hjälmdahl, Hydén, & Draskóczy, 2004).

4. Probleemstelling

Voor het tegengaan van snelheidsoverschrijdingen kan ISA een goed werkende techniek zijn. Dit zorgt voor een betere verkeersveiligheid. Wat de effecten zijn op de reistijd op een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom en de effecten op de uitstoot van dit verkeer is voor Nederlandse omstandigheden nog niet helder.

4.1. Onderzoeksvragen

De onderzoeksvraag die uit de probleemstelling en het doel voortvloeit wordt in dit onderzoek beantwoord aan de hand van de deelvragen. De onderzoeksvraag is als volgt:

In hoeverre kan Intelligent Speed Adaptation bijdragen aan een reductie in reistijd en een reductie in de uitstoot van broeikasgassen op een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom in Nederland en welke penetratiegraad is daarvoor nodig?

De deelvragen dragen bij aan een gestructureerd en compleet antwoord op de hoofdvraag.

1. *Wat zijn de bestaande methoden van Intelligent Speed Adaptation?*

Er zijn van Intelligent Speed Adaptation meerdere methoden om het toe te passen in de huidige verkeerssituatie. Hiervoor wordt bestaande literatuur onderzocht naar de huidige methoden en op basis daarvan kan de methode voor de simulatie worden bepaald.

2. *Wat is de huidige situatie van de proeflocatie en welke gegevens zijn daarover beschikbaar?*

De uitkomsten van de simulatie kunnen sterk beïnvloed worden door de omstandigheden van het traject. Met kennis van de locatie kunnen bepaalde situaties in het model beter worden verklaard.

3. *Wat zijn de effecten van ISA op de gereden snelheden en de doorstroming?*

In dit onderzoek wordt de invloed van ISA op de verkeersveiligheid buiten beschouwing gelaten, maar wordt gekeken naar de effecten op de snelheid, de vertragingstijd en reistijd om te inventariseren op een Nederlandse gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom in de verkeersstromen een verandering zichtbaar is. Verwacht wordt dat er een minder hard gereden wordt en dat dat de doorstroming ten goede zal komen. Zie hiervoor ook 6. Beoordelingskader.

4. *Wat zijn de effecten van ISA op de uitstoot van broeikasgassen?*

Een mogelijke verandering in de verkeersstroom heeft mogelijk ook effect op de uitstoot van het verkeer. Zeker gezien de ambities vanuit het Klimaatakkoord is het relevant om te onderzoeken welke bijdrage ISA hieraan kan leveren.

4.2. Doel

Het doel van dit onderzoek is om de effecten van Intelligent Speed Adaptation te verduidelijken ten aanzien van de reistijd en de uitstoot van broeikasgassen op een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom. Dit kan worden gebruikt in de overweging om ISA toe te passen in voertuigen in Nederland.

5. Onderzoeksmethode

Om de effecten van ISA te onderzoeken wordt gebruik gemaakt van het simulatieprogramma PTV Vissim met de add-on module EnViVer. Hiervoor wordt als case locatie de N35 van Raalte tot en met Nijverdal gebruikt.

5.1. Scope

Er wordt in de simulatie gemodelleerd met de verplichte versie van ISA, waarbij de ISA-voertuigen niet harder kunnen rijden dan de maximumsnelheid. De verplichte versie is gekozen omdat hierbij het effect het meest zichtbaar is. De flexibiliteit van ISA is statisch, de maximumsnelheid is gebaseerd op de snelheden zoals aangegeven met borden of wat algemeen in Nederland geldt. Flexibeler ISA-versies zorgen voor meer variabelen waar de effecten van af kunnen hangen. De penetratiegraad is het percentage personenauto's dat ISA ingebouwd heeft. Het vrachtverkeer heeft in dit onderzoek geen ISA ingebouwd, dit verkeer rijdt in de normale situatie al minder vaak te hard en is ook een aanzienlijk kleiner aandeel in het totale verkeer dan personenauto's.

5.2. Case locatie

Als case locatie is gekozen voor de N35 tussen Raalte en Nijverdal, omdat dit hoge intensiteiten kent in de spits en meerdere onderdelen bevat die de effecten van ISA mogelijk beïnvloeden. Het met 1x2 rijstroken uitgebouwde testtraject van zo'n 16 kilometer start aan de westzijde vóór het dorp Mariënheem en gaat daar over een lengte van 550 meter door de bebouwde kom. Er geldt hier een snelheidslimiet van 50 km/h, terwijl op de rest van het testtraject de maximumsnelheid 80 km/h is. Het traject bevat verder enkele ongeregelde kruisingen een spoorwegovergang met de spoorlijn Zwolle-Almelo en een VRI ter hoogte van Haarle voordat de Sallandse Heuvelrug doorkruist wordt. Daarna loopt de N35 langs Nijverdal door de Salland-Twentetunnel met 2x1 rijstroken. Aan de westkant van het dorp ligt een VRI die aansluiting geeft voor Nijverdal-West en aan de oostkant een VRI voor de richting Hellendoorn (N347) en Nijverdal-Oost. Het testtraject eindigt na een VRI met de N347 richting Rijssen. Van de laatstgenoemde drie VRI's bevatten vijf van de zes doorgaande richtingen twee opstelstrook. Dat is ook voor sommige afslaande richtingen aanwezig. De intensiteiten komen intern van Goudappel Coffeng B.V. op basis van de voorspellingen voor het jaar 2020. De intensiteiten zijn gegeven in een cordonmatrix, wat het aantal voertuigenbewegingen van de ene naar de andere locatie bevat voor de ochtend- en de avondspits. De cordonmatrix maakt onderscheidt in personenauto's, middelzwaar en zwaar vrachtverkeer. Hiervan zijn ook de intensiteiten voor een situatie 's middags en in de late avond afgeleid. De berekeningen voor de laatste twee situaties zijn respectievelijk de helft van het gemiddelde van de ochtend- en de avondspits en 20% van het gemiddelde van de ochtend- en de avondspits. Dit is gebaseerd op gemeten intensiteiten bij de VRI's ter hoogte van Haarle en Hellendoorn/Nijverdal-Oost.



Figuur 2: Kaart van de case locatie. (Bron: OpenStreetMap)

5.3. PTV Vissim

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van het microsimulatieprogramma PTV Vissim. Hierin kan een verkeerssituatie nauwkeurig worden gecreëerd, waarmee verkeersstromen kunnen worden gemodelleerd (PTV AG, 2016). De case situatie wordt hierin nauwkeurig nagebouwd aan de hand van satellietbeelden en straatbeelden gemaakt door (CycloMedia Technology B.V., 2019). Hiermee worden onder andere rijstroken, snelheidslimieten, voorrangsregels en stopstrepen toegevoegd.

De regelingen van de VRI's zijn ook in Vissim gesimuleerd, echter de optimalisatie van de VRI's is gedaan in het programma COCON van DTV Consultants aan de hand van de intensiteiten en gegevens over de regeling zoals de ontruimings-, groen- en geeltijden (Goudappel Coffeng, 2014).

In het simulatiemodel is een extra voertuigklasse gemaakt voor auto's met ISA. Deze voertuigen hebben als gewenste snelheid de maximumsnelheid meegekregen in de simulatie, door de verdeling van wenssnelheden aan te passen, zie Appendix B. Echter, de daadwerkelijke snelheid wordt gebaseerd op het voertuigvolgmodel van Wiedemann en kan niet direct in Vissim aangepast worden. Dit is daarom gedaan met behulp van een script welke te vinden is in Appendix C, waarbij voor elke tijdstap de daadwerkelijke snelheid voor ISA-voertuigen teruggebracht wordt naar de maximumsnelheid, wanneer de snelheid hoger is dan de maximumsnelheid. Dit gebeurt alleen voor ISA-voertuigen die op de N35 rijden.

In Vissim zijn verschillende scenario's gecreëerd, welke van elkaar verschillen in het percentage ISA-voertuigen in het totaal aantal voertuigen en in tijdstip van de dag, waarmee verschillende intensiteiten gemoeid zijn. De scenario's zijn verder beschreven in Tabel 1. Omdat uit andere onderzoeken van penetratiegraden van ISA de resultaten een vrij lineair verband lieten zien, is gekozen om de percentages in eerste instantie gelijkmatig te verdelen (Liu, The DRACULA dynamic network microsimulation model, 2006). Hierop voortbouwend kan in vervolgonderzoek het percentage nader worden bepaald. Aangezien het simuleren en verwerken van de gegevens van een simulatie behoorlijk wat tijd kostte ten aanzien van de voorgeschreven tijd van dit onderzoek, is het aantal scenario's bij 20 gebleven.

Tabel 1: Gesimuleerde scenario's

Scenario	Percentage ISA-voertuigen	Moment op de dag
1	0	Ochtendspits
2	0	Middag
3	0	Avondspits
4	0	Late avond
5	25	Ochtendspits
6	25	Middag
7	25	Avondspits
8	25	Late avond
9	50	Ochtendspits
10	50	Middag
11	50	Avondspits
12	50	Late avond
13	75	Ochtendspits
14	75	Middag
15	75	Avondspits
16	75	Late avond
17	100	Ochtendspits
18	100	Middag
19	100	Avondspits
20	100	Late avond

Elke scenario wordt voor 2,5 uur gerund en wordt 10 keer uitgevoerd met verschillende random seeds. Er is namelijk voor elke verbinding slechts een route mogelijk en routekeuze is daardoor uitgesloten in dit model. Daardoor is 10 runs voldoende (Goudappel Coffeng, 2016). Het is namelijk zo dat hoe meer runs er gemaakt worden, hoe dichter de resultaten bij de juiste waarden liggen (Antoniou, et al., 2014). Het meest geschikte aantal runs wordt dan vaak aan de hand van gegevens als een richtlijn of een formule bepaald. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de richtlijnen van Goudappel Coffeng.

In het model worden zowel de reistijd als de verliestijd van voertuigen, die de N35 in dit netwerk van begint tot eind rijden, gemeten. Ook wordt van elk voertuig op elk tijdstip onder andere de snelheid, acceleratie en locatie in het netwerk opgeslagen.

5.4. EnViVer

De berekening van de uitstoot van het verkeer wordt niet binnen Vissim berekend, maar aan de hand van de resultaten van Vissim door een add-on module daarvan, namelijk het programma EnViVer van TNO. Dit programma maakt gebruik van het VERSIT+ uitstootmodel. Dit model berekent de uitstoot aan de hand van voertuigtechnologie, staat van het voertuig en rijgedrag. Door de specifieke gegevens over de voertuigen en omstandigheden uit Vissim kan VERSIT+ beter de uitstoot in verschillende scenario's vergelijken (Ligterink & De Lange, 2009). Het VERSIT+ model is gebaseerd op het Nederlandse wagenpark en houdt rekening met de snelheid-, de acceleratiegegevens voor elke tijdstap uit Vissim. Berekenen per tijdstap heeft als nadeel dat er vaak enige vertraging zit in de daadwerkelijke uitstoot bij bijvoorbeeld een acceleratie. Daarnaast heeft ook het stationair draaien van de motor, bijvoorbeeld bij het wachten voor een verkeerregelinstallatie, heeft invloed op de uitstoot. Het VERSIT+ model houdt hier wel rekening mee (Ligterink & De Lange, 2009). Bovendien

houdt het model rekening met voertuigen die recentelijk aan hun rit zijn begonnen. Deze voertuigen hebben een koudere motor en stoten daardoor meer uit dan wanneer de motor goed warmgelopen is. In EnViVer worden de voertuigcategorieën zoals die in Vissim zijn aangemaakt ingedeeld in de categorieën van VERSIT+. Dat zijn de lichte voertuigen (auto's en bestelauto's), middelzware vrachtwagens en zware vrachtwagens. De categorieën bestaan uit een set voertuigen die op basis van 200 factoren verschillen, o.a. in brandstoftype, Euronorm, transmissie, injectietype en bij vrachtwagens ook het gewicht van de lading (Eijk, Ligterink, & Inanc, 2014). Er is hierbij geen onderscheid tussen voertuigen met en zonder ISA. De gegevens die worden gebruikt in dit onderzoek is de samenstelling van het Nederlandse wagenpark uit 2016. De samenstelling is te vinden in Appendix D.

6. Beoordelingskader

Voordat de methode daadwerkelijk uitgevoerd wordt, moet eerst worden vastgesteld waarop de resultaten worden beoordeeld. Vanuit de onderzoeksvragen zijn er meerdere grootheden waarop het verkeer wordt beoordeeld, dit zijn snelheid, doorstroming, reistijd en uitstoot. De manier waarop wordt in dit hoofdstuk beschreven. De verwerking van de grote hoeveelheid gegevens is gedaan in het technische softwareprogramma MATLAB. De scripts zijn in Appendix E weergegeven.

6.1.1. Snelheid

De opgeslagen gegevens van de snelheid worden geanalyseerd om te onderzoeken of er een significant verschil is in snelheden tussen scenario's met en scenario's zonder ISA-voertuigen. Van belang is niet alleen de gemiddelde snelheid, maar vooral ook de spreiding van snelheden. De verwachting is dat vooral de snelheden boven de limiet zullen verdwijnen en de spreiding minder zal worden.

6.1.2. Reistijd en vertragingstijd

Van elk voertuig dat de hele N35 in het netwerk aflegt wordt de reistijd gemeten. De reistijd in situaties met ISA-voertuigen wordt per tijdstip van de dag vergeleken met de situatie zonder ISA-voertuigen. Er wordt onderzocht of met ISA-voertuigen er een significant verschil is in de reistijd. Wanneer de reistijd significant langer is, zal dit effect hebben op de bereidheid van bestuurders om ISA te gebruiken. De invloed van ISA op de op de vertragingstijd is interessant omdat met een meer homogene verkeersstroom de vertragingstijd zou moeten afnemen. Er wordt gekeken of op hetzelfde tijdstip van de dag, er een significant verschil is met de situatie zonder ISA-voertuigen.

6.1.3. Uitstoot

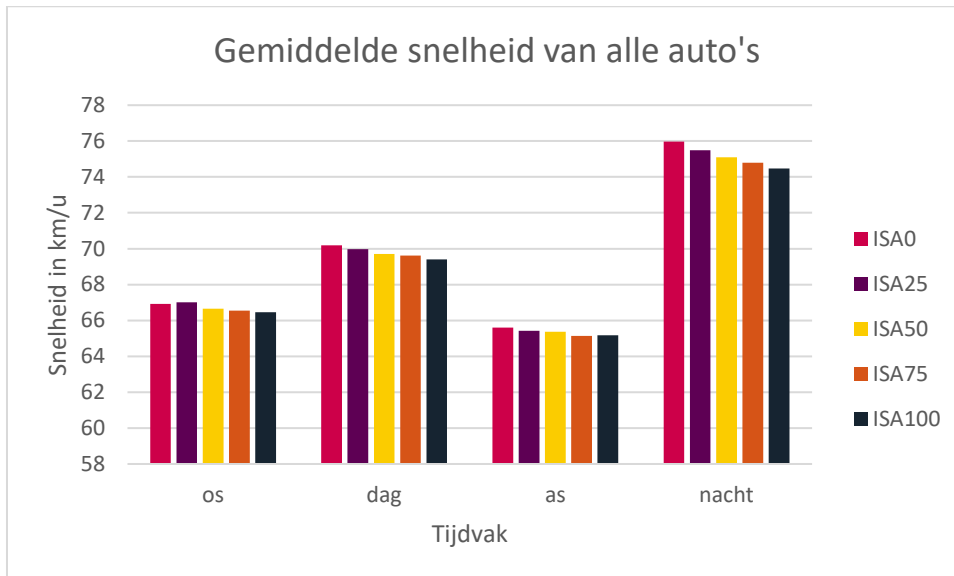
Voor de uitstoot wordt de stof koolstofdioxide (CO_2) meegenomen in de beoordeling, dit is in het verkeer de stof die het meest bijdraagt aan het broeikaseffect. Er wordt onderzocht of er een significant verschil is in de gram uitstoot per gereden kilometer. Ook wordt gekeken aan de hand van een kaart op welk gedeelte van de N35 de uitstoot het hoogst is, bijvoorbeeld bij de spoorwegovergang of bij VRI's.

7. Resultaten

In dit hoofdstuk worden op basis van het beoordelingskader de resultaten beschreven.

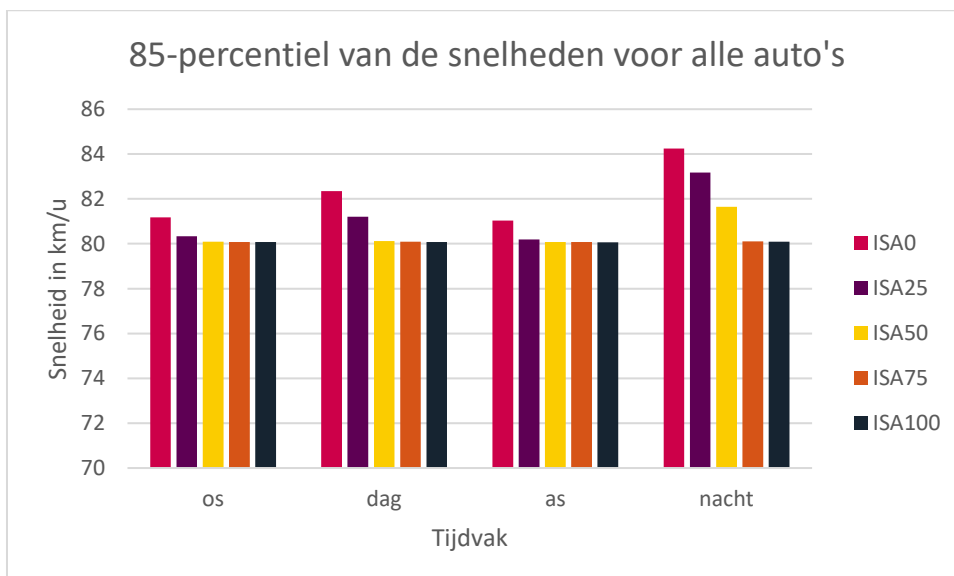
7.1. Snelheid

De gemiddelde snelheid op het wegvak is voor elke ISA-penetratiegraad berekend en weergegeven in Figuur 3, de gemiddelde snelheid zakt geleidelijk met een hoger percentage ISA-voertuigen tot maximaal 0,5 km/u. Behalve in de nacht, dan is dit maximaal 1,5 km/u.



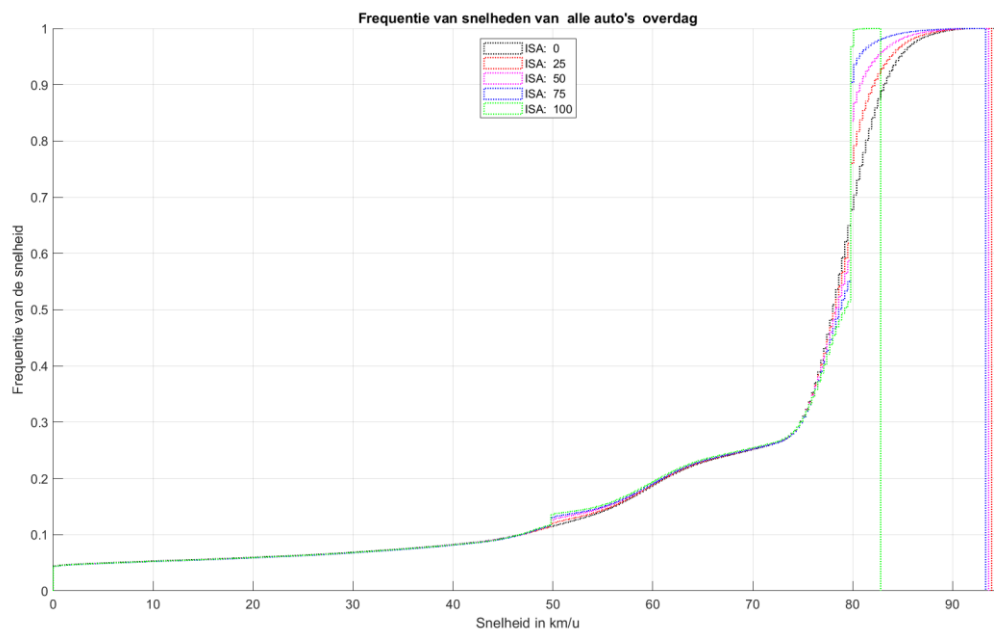
Figuur 3: Gemiddelde snelheid voor auto's

Dit is te verklaren doordat er duidelijk extreme snelheden uit het beeld verdwijnen door ISA toe te passen, zoals is te zien aan het 85-percentiel in Figuur 4. Vanaf een penetratiegraad van 50% ISA-auto's rijdt 85% van de auto's 80 km/u of langzamer. Alleen in de nachtsituatie is dit pas bij 75% ISA-auto's het geval. Dit is te verklaren door de lage intensiteit in de nacht. Alle gemiddelden, medianen en 85-percentielen zijn te vinden in Appendix F.



Figuur 4: 85-percentiel van de snelheden voor alle auto's

In Figuur 5 is voor de middag te zien wat de cumulatieve verdeling is van de snelheden. Hoe steiler de lijn hoe groter percentage voertuigen deze snelheid rijdt. Daarmee is zichtbaar dat bij hogere penetratiegraden van ISA meer auto's 50 km/u rijden en minder voertuigen de snelheden net daarboven. Dat komt vanwege de maximumsnelheid van 50 km/u in Mariënheem. Bij de 80 km/u is dit versterkt zichtbaar. De verticale lijn in het meest rechter gedeelte van de grafiek geeft de hoogst gereden snelheid weer voor de penetratiegraad. Bij de 100%-ISA-versie is dit alsnog hoger dan 80 km/u. De reden daarvoor is dat wanneer ISA-voertuigen het ISA-gebied van de N35 binnenrijden met een hogere snelheid dan is toegestaan, het voertuig eerst afremt tot de maximumsnelheid en daardoor zijn er toch tijdstappen in de simulatie dat er op het traject voertuigen harder rijden dan toegestaan.

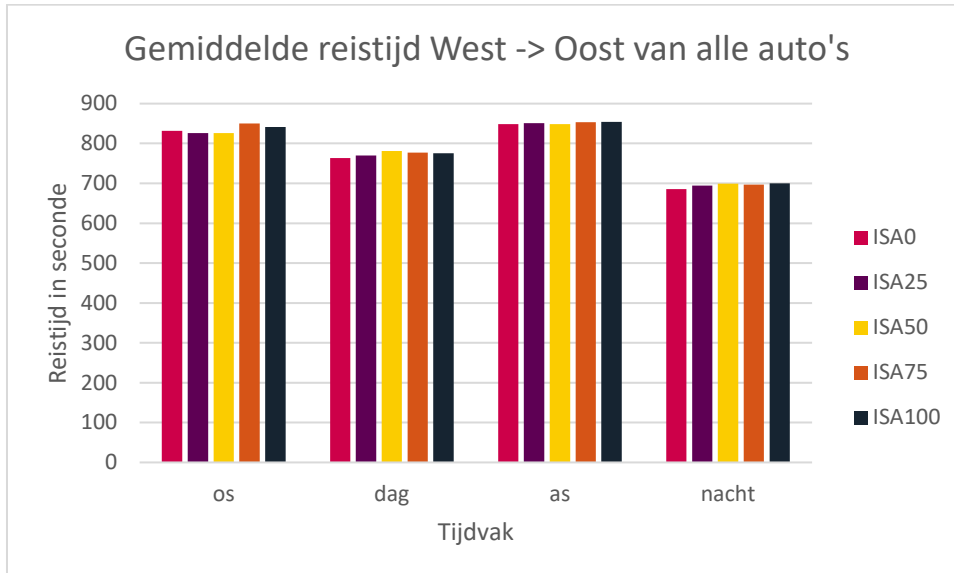


Figuur 5: Cumulatieve verdeling van de snelheden voor auto's overdag

In de nachtsituatie is het verschil in snelheden tussen de penetratiegraden groter, terwijl in de spitssituaties dat verschil juist kleiner is. Deze grafieken zijn te vinden in Appendix G.

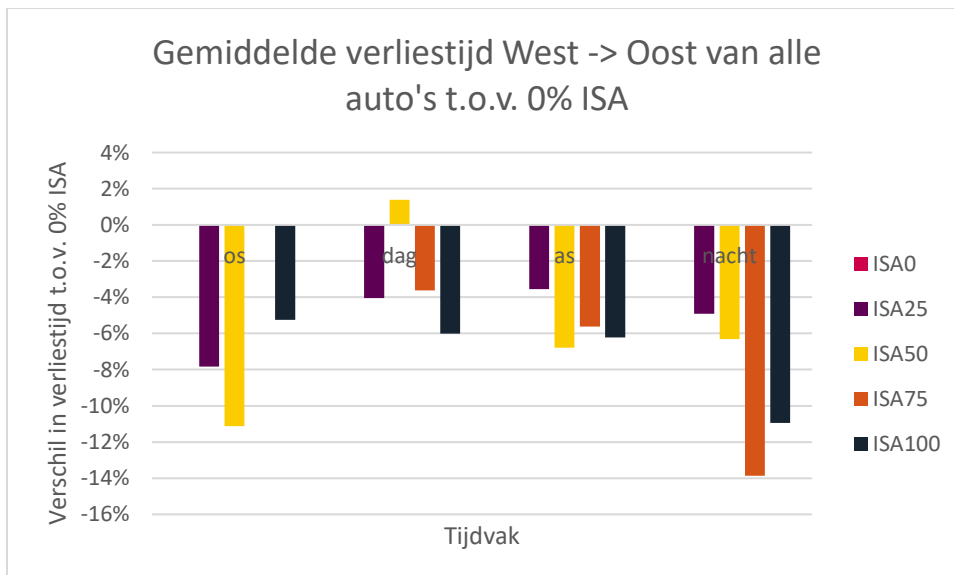
7.2. Reistijd en vertragingstijd

De reistijd van bestuurders van personenauto's, is over het algemeen iets langer bij hogere penetratiegraden van ISA, wat vooral goed te zien is voor de richting van Raalte naar Nijverdal in Figuur 6. Dat heeft te maken met de verlaagde gemiddelde snelheid, wat voor een langere reistijd zorgt. De reistijd neemt echter nooit meer dan 3% toe ten opzichte van de situatie zonder ISA.



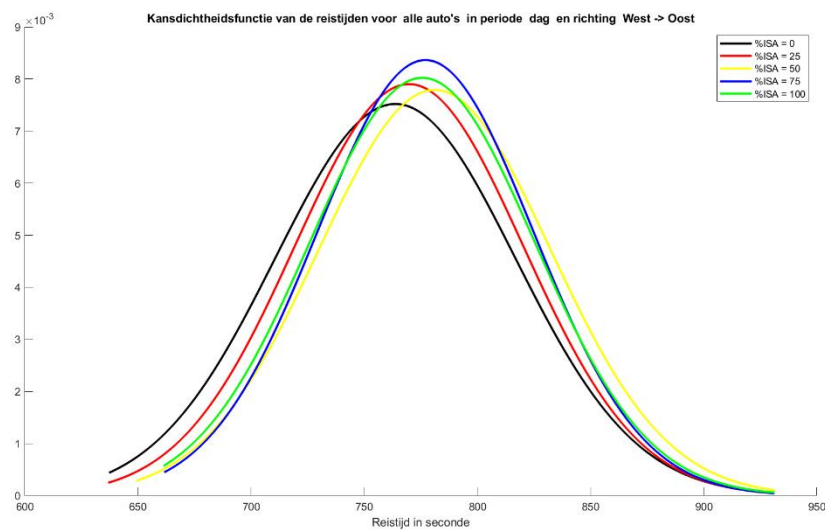
Figuur 6: Gemiddelde reistijd voor personenauto's in richting West → Oost

De vertragingstijd neemt daarentegen juist af bij hogere penetratiegraden van ISA (Figuur 7). Dit komt deels doordat de gewenste snelheid bij ISA-voertuigen lager is, dus de verloren tijd ten opzichte van deze snelheid is dan ook lager. Er is echter geen trend te ontdekken in de afname bij een steeds hogere penetratiegraad. De nachtsituatie lijkt wel het meest te profiteren van ISA.



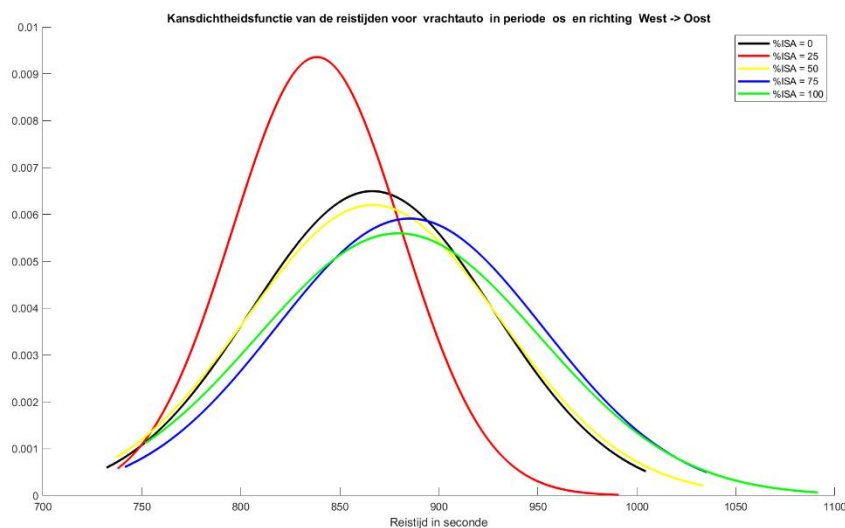
Figuur 7: Gemiddelde verliestijd West -> Oost van alle auto's t.o.v. 0% ISA

De verdeling van de reistijden laat zien dat de korte reistijden iets minder vaak voorkomen, maar de extreem lange niet vaker. Doordat de piek hoger is zijn er meer voertuigen die dezelfde reistijd hebben. Dit is te zien in Figuur 8.



Figuur 8: Kansdichtheidsfunctie van de reistijden voor personenauto's overdag in richting West → Oost

Er is echter geen eenduidig resultaat te vinden voor een ISA-penetratiegraad. De beste resultaten bevinden zich steeds bij verschillende penetratiegraden. Opvallend is bijvoorbeeld dat 25% ISA-voertuigen voor vrijwel ieder voertuigtype in iedere richting alleen in de ochtendspits gemiddeld aanzienlijk sneller is, zoals is te zien in Figuur 9 voor vrachtauto's.

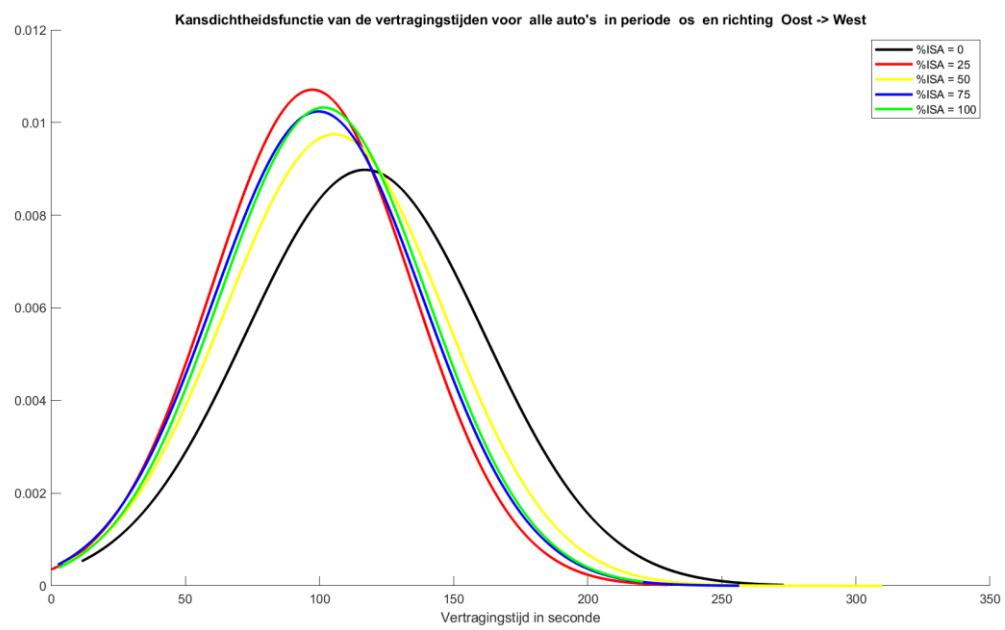


Figuur 9: Kansdichtheidsfunctie van de reistijden van vrachtauto's in de ochtendspits in richting West → Oost

Alle overige resultaten zijn te vinden in Appendix H.

De vertragingstijd is vrijwel altijd lager bij de aanwezigheid van ISA in een gedeelte van de voertuigen. De beste resultaten zijn ook hier vaak te vinden bij een andere ISA-penetratiegraad. Een

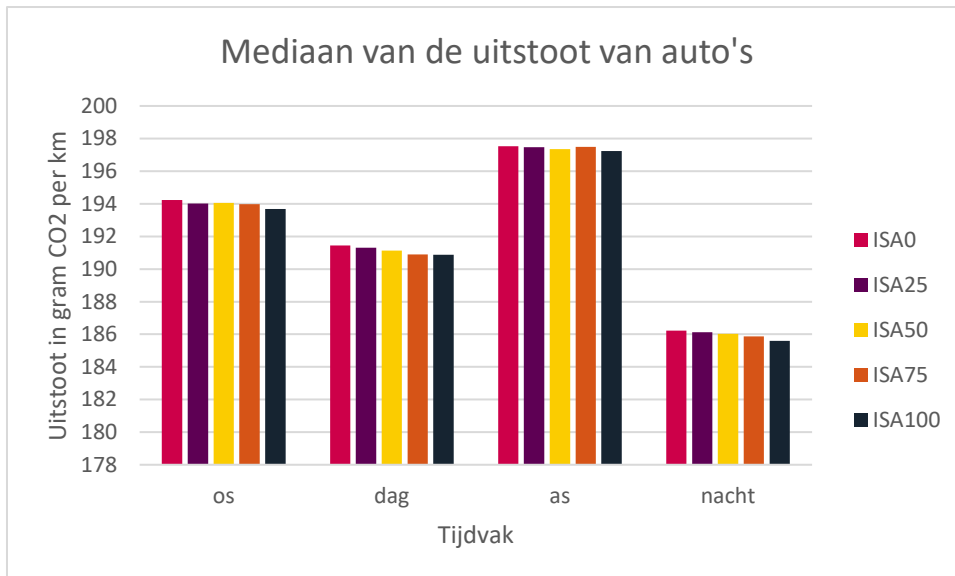
voorbeeld is te vinden in Figuur 10.



Figuur 10: Kansdichtheidsfunctie van de vertragingstijden voor alle auto's in de ochtendspits van Oost naar West

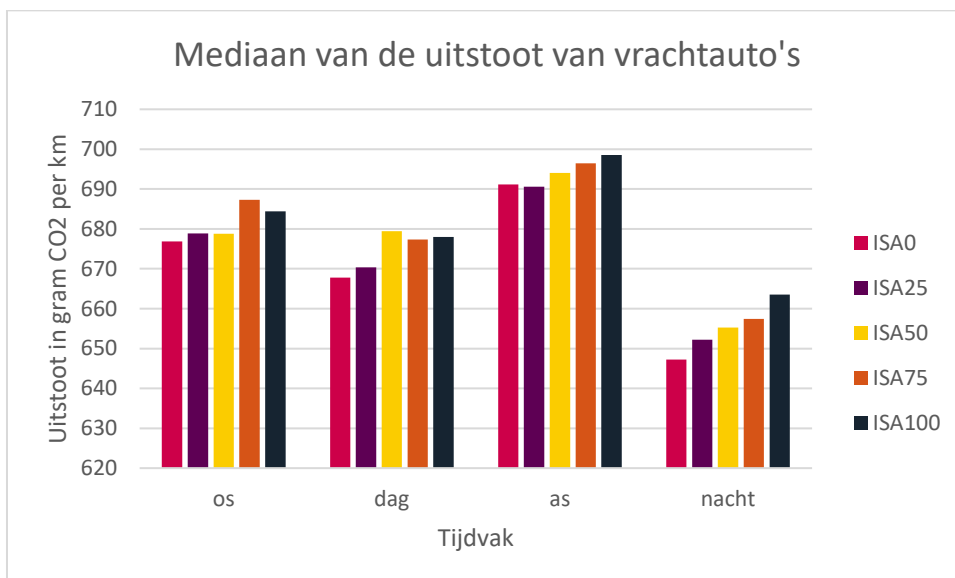
7.3. Uitstoot

Wanneer gekeken wordt naar de uitstoot van CO₂ per gereden kilometer, blijkt de uitstoot iets minder te worden wanneer er een hogere penetratiegraad is van ISA-auto's, dit is te zien in Figuur 11.



Figuur 11: Mediaan van de uitstoot van auto's (ISA en niet-ISA)

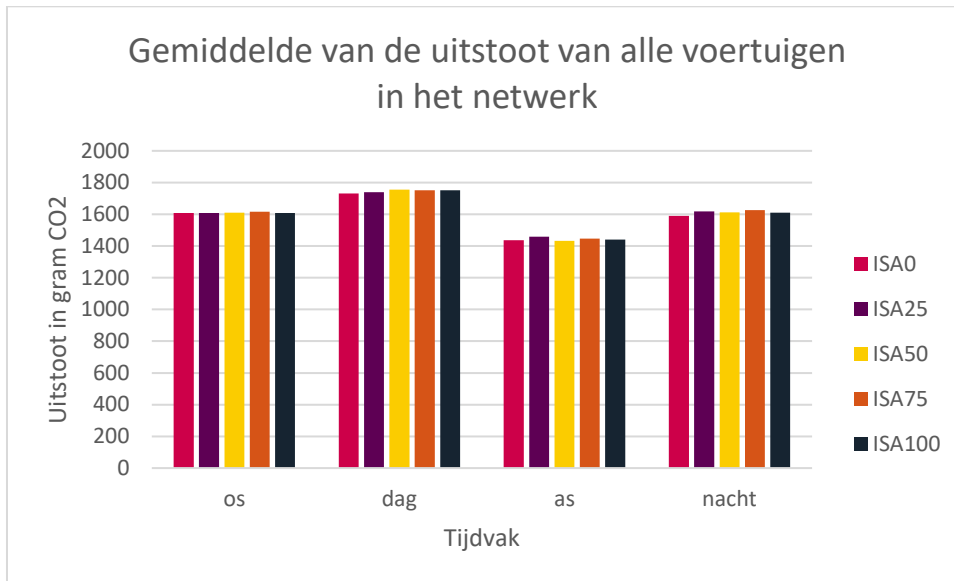
Voor het vrachtverkeer neemt de uitstoot toe (Figuur 12) naarmate het vaker ISA-auto's tegenkomt. In deze simulatie hebben vrachtwagens dan wel in geen geval ISA ingebouwd, maar dan nog blijft het opvallend dat de uitstoot van vrachtauto's in elk tijdvak duidelijk toeneemt bij hogere penetratiegraden.



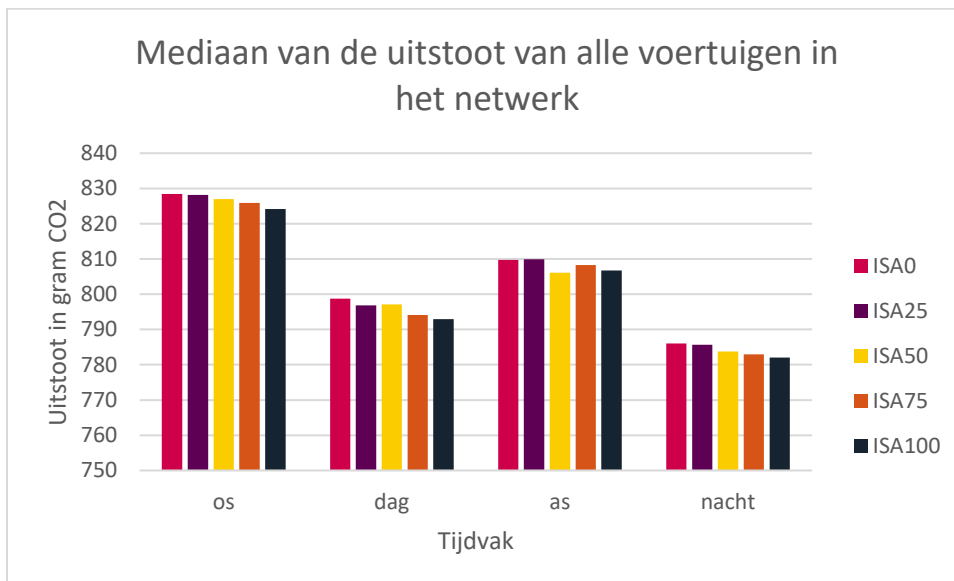
Figuur 12: Mediaan van de uitstoot van vrachtauto's

De overige grafieken met gemiddelden zijn te vinden in Appendix I. De beste waarden zijn in de meeste scenario's al te vinden bij een penetratiegraad van 75% ISA.

De totale uitstoot van het gehele netwerk is gemiddeld bij hogere penetratiegraden dan ook niet minder, maar hooguit 2% meer (Figuur 13), echter de mediaan van de uitstoot is wel iets gereduceerd (Figuur 14).



Figuur 13: Gemiddelden van de totale CO₂-uitstoot van alle voertuigen



Figuur 14: Mediaan van de totale CO₂-uitstoot van alle voertuigen

In Appendix J zijn kaarten te vinden van de uitstoot op het testtraject, hierin is zichtbaar dat de meeste uitstoot per gereden kilometer uitgestoten wordt bij de VRI's, ook al is in alle voertuigen ISA ingebouwd. Een iets minder grote verhoging van de uitstoot ten opzichte van een recht stuk weg is te vinden rond de spoorwegovergang. Een lichte verhoging in de uitstoot is ook te zien net buiten de bebouwde kom van Mariënheem. Tussen de scenario's zonder ISA-auto's en met alleen ISA-auto's is op kaartniveau nauwelijks verschil in uitstoot te merken.

8. Conclusie

In dit hoofdstuk wordt beschreven in hoeverre de resultaten de onderzoeksvragen beantwoorden en de verwachtingen vanuit de literatuur bevestigen.

Uit de literatuur is gebleken dat Intelligent Speed Adaptation de grootste effecten heeft wanneer de verplichte versie van ISA toegepast wordt. In noodsituaties kan dat echter nadelig zijn en daarom wordt geadviseerd om in noodsituaties de mogelijkheid te bieden om toch harder te rijden. Op basis van de verplichte versie is de simulatie opgezet en daaruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

Ten aanzien van de gereden snelheid is te zien dat de gemiddelde snelheid licht afneemt tot maximaal 2% naarmate de penetratiegraad van ISA hoger wordt. Wat meer afneemt is het 85-percentiel, wat laat zien dat de extreme snelheden goed teruggebracht worden bij de toepassing van ISA. In de spitsen is de snelheid al bijna bij 25% teruggebracht tot 80 km/u, wat overdag bij 50% en in de nacht pas bij 75% het geval is. Dat is te verklaren doordat bij hogere intensiteiten een niet-ISA-voertuig eerder een ISA-voertuig moet volgen dan bij lagere intensiteiten.

De reistijd over de N35 is bij hogere penetratiegraden 0 tot 2% hoger. Dat komt over het algemeen omdat een lagere gemiddelde snelheid over hetzelfde traject een langere reistijd met zich meebrengt. De vertragingstijd neemt meestal af met zo'n 5-7% overdag en bij de spitsen, en in de nacht tot wel 14%. Opvallend is dat de afname niet specifiek groter wordt bij hogere penetratiegraden, maar dat dit fluctueert. De spreiding in reistijden is met de toepassing van ISA in voertuigen minder groot, waardoor meer voertuigen eenzelfde reistijd hebben en daardoor zou er een meer homogene verkeersstroom zijn. Ook hiervoor geldt dat dit fluctueert in penetratiegraden en tijdvakken.

Per gereden kilometer neemt de uitstoot van CO₂ van het autoverkeer nauwelijks af, dit is maximaal een half procent bij 100% ISA ten opzichte van 0% ISA. Voor het vrachtverkeer, waarvan geen enkel voertuig ISA heeft, is de uitstoot van CO₂ juist toegenomen in het geval dat auto's wel ISA ingebouwd hebben. Wordt de totale uitstoot over het hele netwerk en alle voertuigen samengenomen, dan is te zien dat de gemiddelde uitstoot per scenario nagenoeg gelijk blijft, maar de mediaan wel licht afneemt.

9. Discussie

In dit onderzoek is er geen ISA ingebouwd in vrachtverkeer en daardoor is de penetratiegraad niet voor alle voertuigen. Wanneer vrachtverkeer ook ISA ingebouwd krijgt in bepaalde penetratiegraden, zouden de uitkomsten anders kunnen uitpakken, wellicht voornamelijk voor de uitstoot.

Opvallend in de simulatie is dat bij de VRI's waar een tweede opstelstrook voor een richting aanwezig is, er bij het ritsen na de VRI er een korte file ontstaat. Dit slaat vrijwel nooit terug tot op het kruispunt, maar het is toch wel duidelijk meer dan er in werkelijkheid gebeurt. Het heeft effect op de gereden snelheden, reistijd en uitstoot. Het fenomeen heeft te maken met het voertuiggedrag wat Vissim de voertuigen meegeeft en kan een interessante vervolgstudie zijn.

Verder zijn in de scenariokeuze in eerste instantie op grove schaal de penetratiegraden bepaald om te onderzoeken of en vanaf welke penetratiegraad een effect goed zichtbaar zou zijn. Voortbouwend op dit onderzoek zouden nieuwe penetratiegraden onderzocht kunnen worden om dit nauwkeuriger aan te geven.

De uitstoot is in het programma EnViVer berekend over het hele netwerk wat in Vissim gebouwd is, terwijl ISA slechts is toegepast op het wegvak van de N35, daardoor worden bij de resultaten ook de uitstoot die buiten de N35 plaatsvindt meegenomen. Dit gedeelte van het netwerk bevat relatief veel kruisingen en bovendien is ISA daar niet toegepast, wat een negatief effect heeft op de resultaten van de uitstoot.

Het ontwerpen van het netwerk is gevoelig voor kleine ontwerpfouten ten aanzien van het wegontwerp, kruispuntontwerp en -regeling en bochtsnelheden. Dit kan een invloed hebben op de resultaten.

10. Aanbevelingen

Interessant voor verder onderzoek is de mate waarin voertuigen die achter een ISA-voertuig rijden en waarvan de gewenste snelheid hoger ligt, gevaarlijke capriolen gaan uithalen om hun snelheid te verhogen. Er is een bepaald snelheidsverschil waarbij voertuigen geneigd zijn om, als het verkeer dit toelaat, in te halen (Toledo, 2007). Daarom kan bij een vervolgonderzoek het gedrag van voertuigen die achter een ISA-voertuig rijden worden onderzocht.

Daarnaast kan dit onderzoek worden uitgebreid met de toepassing van ISA in het vrachtverkeer, waarmee het verkeer nog verder gehomogeniseerd wordt. Interessant is daarbij hoeverre dit een effect heeft op de uitstoot van CO₂. Gezien de kaarten van de uitstoot in het netwerk blijkt dat de meeste CO₂ zowel met als zonder ISA wordt uitgestoten rond de kruispunten, de spoorwegovergang en de grens van de bebouwde kom. Voor de VRI's kan de reductie van de uitstoot wellicht gereduceerd worden bij een groene golf op de N35. De spoorwegovergang en de grens van de bebouwde kom kunnen met C-ITS.

11. Bibliografie

- Agusdinata, D., van der Pas, J., Walker, W., & Marchau, V. (2009, Oktober). Multi-Criteria Analysis for Evaluating the Impacts of Intelligent Speed Adaptation. *Journal of Advanced Transportation*, 43(4), 413-454. doi:<https://doi.org/10.1002/atr.5670430402>
- Antoniou, C., Barcelo, J., Brackstone, M., Celikoglu, H., Ciuffo, B., Punzo, V., . . . Wagner, P. (2014). *Traffic Simulation: Case for guidelines*. Luxembourg: Joint Research Centre of the European Commission.
- Barth, M., & Boriboonsomsin, K. (2009, Augustus). Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(6), 400-410. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.01.004>
- Carsten, O., & Tate, F. (2005). *Intelligent speed adaptation: accident savings and cost-benefit analysis*. Elsevier.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2019, April 4). *Aantal wegvoertuigen blijft stijgen*. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/14/aantal-wegvoertuigen-blijft-stijgen>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2019, februari 26). Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied. Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek. Opgehaald van <https://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37221&D1=0,6,8&D2=0-1,31,33-34,36-38&D3=0,2,12,I&HDR=G1&STB=T,G2&VW=T%E2%80%A8%E2%80%A8>
- CycloMedia Technology B.V. (2019, Maart 31). StreetSmart N35.
- Eijk, A., Ligterink, N. E., & Inanc, S. (2014). *EnViVer 4.0 Pro and Enterprise Manual*.
- European Transport Safety Council. (2017, September 27). Opgehaald van Briefing: Intelligent Speed Assistance (ISA): https://etsc.eu/briefing-intelligent-speed-assistance-isa/#_ftn1
- Goudappel Coffeng. (2014). *Regelprogramma N35-Nijverdal-West te Nijverdal*. 1: April.
- Goudappel Coffeng. (2016). *Handleiding VISSIM*. Deventer.
- Hammingh, P. (2019, January 25). *Kortetermijnraming voor emissies en energie in 2020*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Opgehaald van https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2019-kortetermijnraming-voor-emissies-en-energie-in-2020_3430.pdf
- Harms, L. (2008). *Overwegend Onderweg*. Den Haag: Sociaal Cultureel Planbureau. Opgehaald van <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/27968>
- Hogema, J., Schuurman, H., & Tampère, C. M. (2000). ISA Effect Assessment: From Driving Behaviour To Traffic Flow. *Proceedings of ICTCT Workshop*. Nagoya.
- Kampert, A., Nijenhuis, J., Spoel, M. v., & Molnár-in 't Veld, H. (2017). *Bevolkingstrends: Nederlanders en hun auto*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2017/08/nederlanders-en-hun-auto>
- Lai, F., & Carsten, O. (2012, September). What benefit does Intelligent Speed Adaptation deliver: A close examination of its effect on vehicle speeds. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 4-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.01.002>

- Leonhardt, A. (2017, April 3). Emissions Modelling with PTV Vissim and EnViVer. Karlsruhe: PTV Group Traffic. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=47TmLGb0ZuM&t=700s>
- Ligterink, N. E., & De Lange, R. (2009). *Refined vehicle and driving-behaviour dependencies in the VERSIT+ emission model*. Delft: TNO.
- Liu, R. (2006). The DRACULA dynamic network microsimulation model. In R. Kitamura, & M. Kuwahara, *Simulation Approaches in Transportation Analysis: Recent Advances and Challenges* (pp. 23-54). Springer Science & Business Media.
- Liu, R., & Tate, J. (2004). Network effects of intelligent speed adaptation systems. *Transportation*(31). doi:<https://doi.org/10.1023/B:PORT.0000025394.78857.13>
- McCarthy, M., Seidl, M., Hunt, R., Mohan, S., Hynd, D., O'Connell, S., . . . Krishnamurthy, V. (2017). *In depth cost-effectiveness analysis of the identified measures and features regarding the way forward for EU vehicle safety*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- McClave, J. T., Sincich, T., & Knypstra, S. (2016). *Statistiek*. Amsterdam: Pearson Benelux B.V.
- Nadkarni, I. T. (2019, februari 21). *Safer roads: More life-saving technology to be mandatory in vehicles*. Opgehaald van European Parliament.
- Nijenhuis, J., & Tummers-van der Aa, M. (2018). *Snelheidsboetes, De bekeurden in beeld*. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Oei, H.-I. (1990). *Snelheid en verkeersonveiligheid op 80 km/uur-wegen*. Leidschendam: SWOV.
- Oei, H.-I. (1998). *Intelligente Snelheidsadaptatie (ISA)*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.
- Özkan, T., & Lajunen, T. (2011). Person and Environment: Traffic Culture. In B. E. Porter, *Handbook of Traffic Psychology* (p. 192). Elsevier.
- PTV AG. (2016). *PTV Vissim 8 User Manual*. Karlsruhe: PTV AG.
- RDW. (2019, Mei 27). Open Data RDW: Gekentekende voertuigen brandstof. Opgehaald van https://opendata.rdw.nl/Voertuigen/Open-Data-RDW-Gekentekende_voertuigen_brandstof/8ys7-d773
- Timmer, J. (1998, juni 1). Chroom en charisma. Een sociologisch essay over de auto. *Mens en Maatschappij*, 73(2), 19. Opgehaald van <https://rjh.ub.rug.nl/MenM/article/view/18516>
- Toledo, T. (2007). Driving Behaviour: Models and Challenges. *Transport Reviews*, 27(1), 65-84. doi:<https://doi-org.ezproxy2.utwente.nl/10.1080/01441640600823940>
- van der Pas, J., Kessels, J., Veroude, B., & van Wee, B. (2014). Intelligent speed assistance for serious speeders: The results of the Dutch Speedlock trial. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 78-94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.05.031>
- van Loon, A., & Duynstee, L. (2001). *Intelligent Speed Adaptation (ISA): A Successful Test in the Netherlands*.
- van Nieuwenhuizen, C. (2018, Oktober 4). Smart mobility Dutch reality. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Várhelyi, A., Hjälm Dahl, M., Hydén, C., & Draskóczy, M. (2004, September). Effects of an active accelerator pedal on driver behaviour and traffic safety after long-term use in urban areas. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 729-737.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2003.06.001>

Vlassenroot, S., van der Pas, J., Brookhuis, K., De Mol, J., Marchau, V., & Witlox, F. (2011). Easy Going. Multi-Level Assessment of ISA. In E. Bekiaris, M. Wiethoff, & E. Gaitanidou, *Infrastructure and Safety in a Collaborative World* (pp. 215-232). Berlin, Heidelberg: Springer.
doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-18372-0_11

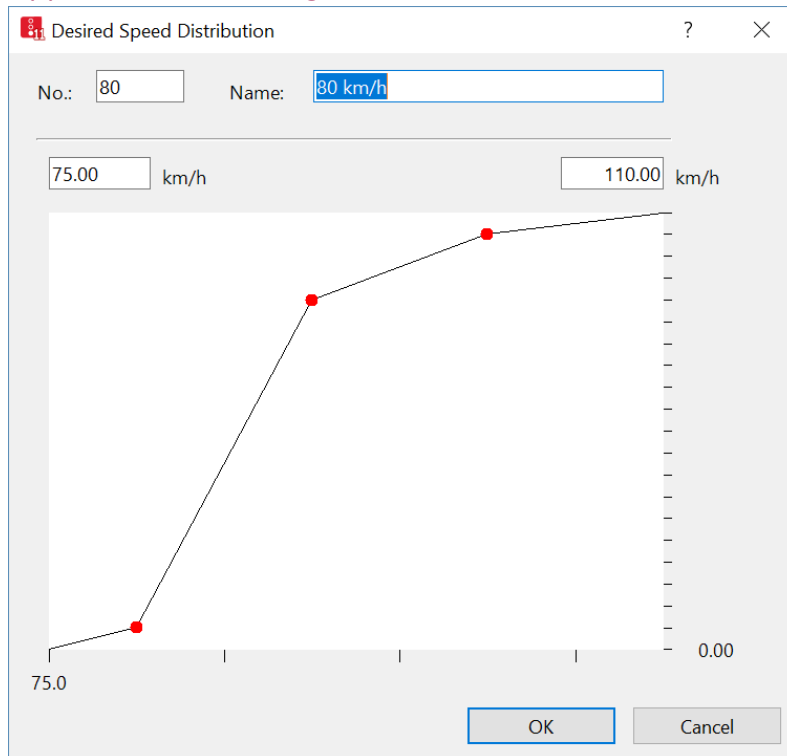
12. Appendices

Appendix A: Voor- en nadelen van ISA volgens de EU

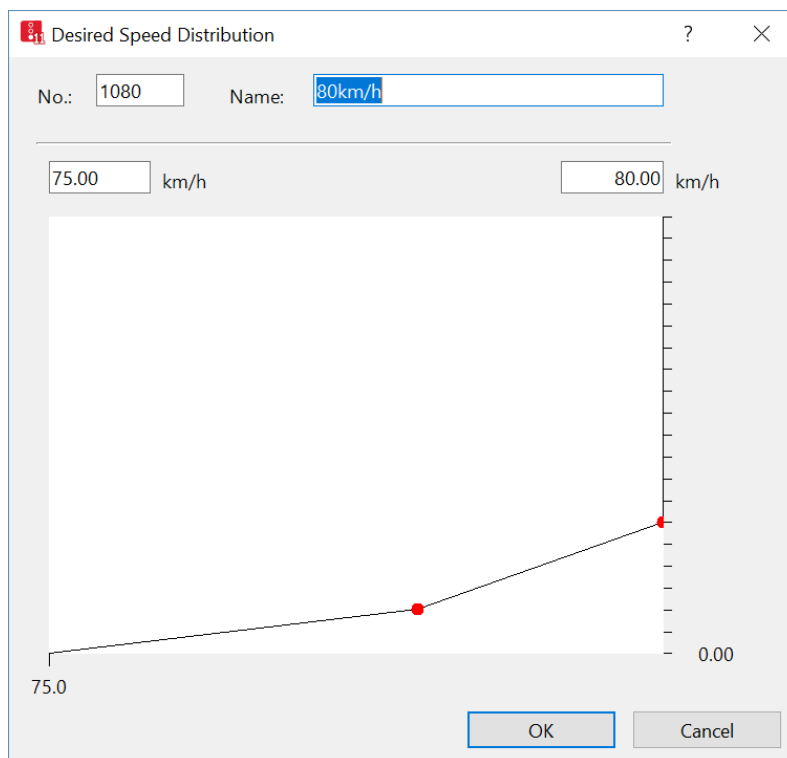
GENERAL SAFETY REVIEW 2: Intelligent Speed Assistance (ISA)		
PESTLE	Positive Impact	Negative Impact
Political	Reduction of speeding and therefore reduction in casualties and fatalities	n/a
	Australia is working on mandating ISA (potential for harmonisation)	
Economic	Saves a number of collisions thereby saving time on road closures.	ISA fitment will increase vehicle cost
	Fewer accidents leading to less emergency service deployment	
Societal and Safety	Reduction of speeding and therefore reduction in casualties and fatalities	n/a
	Increase the perceived VRU safety of cars, thereby encouraging cycling and walking as an alternative to car use – improving the health of the population and reducing emissions due to reductions in car journeys.	
	Potential traffic calming effect also for non-equipped legacy fleet surrounding an ISA-equipped vehicle	
	Insurance cost might reduce with ISA fitment	
	More disciplined driving on the roads	
Technological	n/a	n/a
Legislative	n/a	Cost of drafting type-approval requirements
		Additional testing cost
Environmental	Driving at optimal speeds could increase the fuel efficiency and hence reduce CO ₂ emissions	

Tabel 2: Voor- en nadelen van ISA volgens (McCarthy, et al., 2017), figuur 17.

Appendix B: Verdeling van de wenssnelheden



Figuur 15: Verdeling van de wenssnelheden bij niet-ISA-auto's



Figuur 16: Verdeling van de wenssnelheden van ISA-auto's

Appendix C: Script dat gebruikt is voor het aanpassen van de snelheid

```

dim DataList, NoList, ISAList, ISANoList
Set DataList = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
Set NoList = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
Set ISAList = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
Set ISANoList = CreateObject("System.Collections.ArrayList")

INIT=0

Sub ISA()
    dim inl, det, i, vehspeed, despspeed, vehno
    If INIT = 0 then
        aangemaakt
        for each vehicle in Vissim.Net.Vehicles
            kleiner is)
                if vehicle.AttValue("VehType") = 53 then
                    vehno = vehicle.AttValue("No")
                    toegevoegd aan
                    ISAList.Add vehicle
                    ISANoList.Add vehno
                end if
            next
        INIT=1
        meer van toepassing
    End if

    NumberCount = ISANoList.Count

    for i = 4 to 57
        inl = Vissim.Net.Detectors.ItemByKey(i).AttValue("VehNo")
        aanwesig is
        spd = Vissim.Net.Detectors.ItemByKey(i).AttValue("VehSpeed")
        det = Vissim.Net.Detectors.ItemByKey(i).AttValue("Name")

        if inl > 0 then
            vehcount = Vissim.Net.Vehicles.Count
            if det = "in" then
                if ISANoList.Contains(inl) and not NoList.Contains(inl) then
                    aanwesige ISA-voertuigen
                    for n = 0 to (NumberCount-1)
                        if ISANoList.Item(n) = inl then
                            DataList.Add ISAList.Item(n)
                            aanwesige ISA-voertuigen toegevoegd
                            NoList.Add inl
                            die aanwesig zijn
                        end if
                    next
                end if

                elseif det = "out" then
                    N35 afrijden (out)
                    if NoList.Contains(inl) then
                        ISA-voertuigen

                        ISAccount = DataList.Count
                        ISAccountafter = DataList.Count

                        for n = 0 to (ISAccount-1)
                            if ISAccount = ISAccountafter then
                                if NoList.Item(n) = inl then
                                    voertuig dat gedetecteerd is
                                    DataList.RemoveAt(n)
                                    NoList.RemoveAt(n)
                                    ISAccountafter = DataList.Count
                                    geupdated voor de check op al verwijderde voertuigen
                                end if
                            end if
                        next
                    end if
                end if
            end if

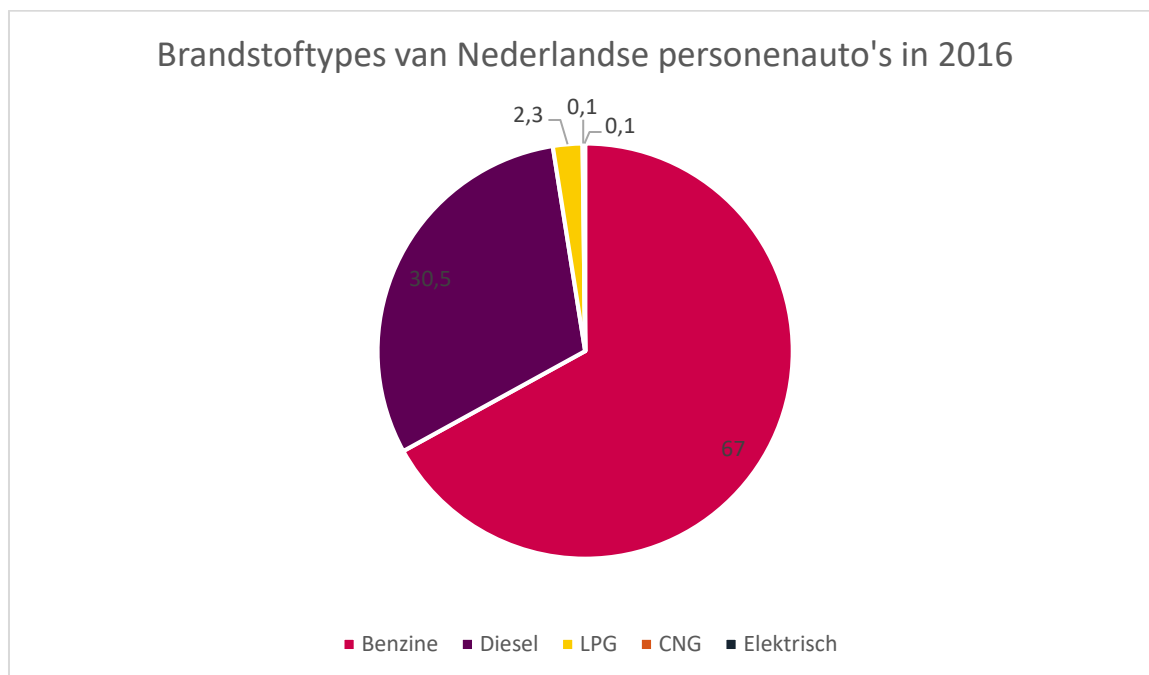
        next

    for each item in NoList
        set veh = nothing
        on error resume next
        set veh = Vissim.Net.Vehicles.ItemByKey(item)
        if not veh is nothing then
            vehspeed = veh.AttValue("Speed")
            despspeed = veh.AttValue("DesSpeed")
            if vehspeed > (despspeed + 5) then
                gewenste snelheid
                veh.AttValue("Speed") = (vehspeed-5)
            elseif despspeed <= 50 and vehspeed > 50 then
                maximumsnelheid
                veh.AttValue("Speed") = 50
            elseif despspeed <= 80 and vehspeed > 80 then
                veh.AttValue("Speed") = 80
            end if
        end if
    next
End Sub

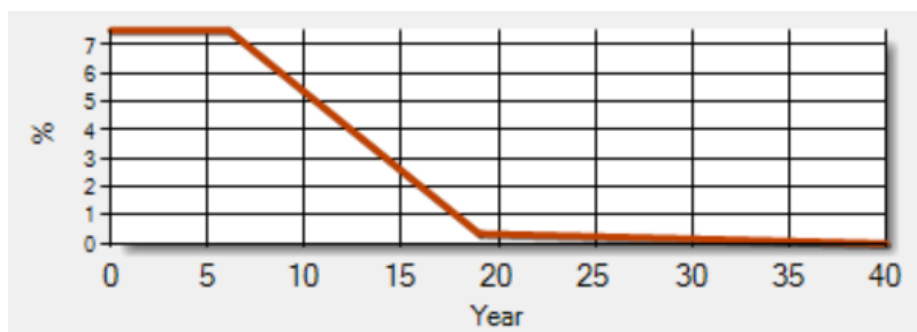
```

Appendix D: Gegevens van het Nederlandse wagenpark

De gegevens zijn afkomstig van het VERSIT+ model van TNO, opgehaald uit EnViVer.



Figuur 17: Brandstoftypes van Nederlandse personenauto's in 2016



Figuur 18: Verdeling van de leeftijd van Nederlandse personenauto's in 2016

Appendix E: MATLAB-scripts voor het verwerken van de gegevens

Figuur 19: Opslaan van snelheden

```
1 tic
2 clear, clc
3
4 %% Invulwaarden
5 numscenario = 20;
6 numrun = 10;
7 verdeling = "normaal";
8 U = cell(numscenario,numrun);
9 catg = 3;
10
11 %% Ophalen van de gegevens
12 for s = 1:numscenario
13     Vspeed(s,1) = [];
14     Vspeed(s,12) = [];
15     Vspeed(s,13) = [];
16     stat(s,1) = [];
17     for r = 1:numrun
18         if s <= 4
19             ss = "0 ";
20         elseif s <= 8
21             ss = "25 ";
22         elseif s <= 12
23             ss = "50 ";
24         elseif s <= 16
25             ss = "75 ";
26         else
27             ss = "100 ";
28         end
29         if ismember(s,[1,5,9,13,17]) == true
30             sss = "os";
31         elseif ismember(s,[2,6,10,14,18]) == true
32             sss = "dag";
33         elseif ismember(s,[3,7,11,15,19]) == true
34             sss = "as";
35         elseif ismember(s,[4,8,12,16,20]) == true
36             sss = "nacht";
37         else
38             "ERROR";
39         end
40         if r > 9
41             rr = [];
42         else
43             rr = 0;
44         end
45
46         filename = ['C:\Users\jellejh\Documents\Bachelor\
47 Eindopdracht\VISSIM\VISSIM\Versimpeld\N35.results\N35simpel -\
48 ISA',ss,sss,'_0',int2str(rr),int2str(r),'.fsp'];
49         filename = join(filename,"");
50         delimiter = ";";
51         startRow = 24;
52         formatSpec = '%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s';
53         fileID = fopen(filename,'r');
54         dataArray = textscan(fileID, formatSpec,
55 'Delimiter', delimiter, 'TextType', 'string', 'EmptyValue',
56 NaN, 'HeaderLines', startRow-1, 'ReturnOnError', false,
57 'EndOfLine', '\n');
58         fclose(fileID);
59         U{s,r} = table(dataArray{1:end-1}, 'VariableNames',
60 {'Coordinaten','VehHum','Simsec','Speed','VehType','Link','Acc',
61 'Desspeed','ForcedRedSpeed','LaneName'});
62         % Juiste voertuigen en traject
63         train = U{s,r}{1:5} == 41;
64         U{s,r}(train,:) = [];
65         N35 = U{s,r}{1:10} == "";
66         U{s,r}(N35,:) = [];
67
68         % Indelen van de categorieën
69         for vt = [1:3,11:19,52,61:69]
70             Vspeed(s,r){vt,1} = U{s,r}{cat(4,U{s,r}{:,5}) ==
71 vt,:};
72             if isempty(Vspeed(s,r){vt,1}) == false
73                 if ismember(vt,1:3) == true
74                     Vspeed(s,11) = [Vspeed(s,11);Vspeed(s,r){vt,
75 1}{:,4}];
76                 elseif ismember(vt,[11:19,61:69]) == true
77                     Vspeed(s,12) = [Vspeed(s,12);Vspeed(s,r){vt,
78 1}{:,4}];
79                 elseif vt == 52
80                     Vspeed(s,13) = [Vspeed(s,13);Vspeed(s,r){vt,
81 1}{:,4}];
82                 end
83             end
84         end
85     end
86 end
87
88 % Berekenen van statistieken
89 for c = 1:catg
90     stat(s,c){1,1} = mean(Vspeed(s,(10+c)));
91
92     stat(s,c){2,1} = std(Vspeed(s,(10+c)));
93     stat(s,c){3,1} = min(Vspeed(s,(10+c)));
94     stat(s,c){4,1} = max(Vspeed(s,(10+c)));
95 end
96
97 % Opslaan van gegevens en verwijderen workspace
98 savefile = join(['cardata',int2str(s),'.mat'],'');
99 save(savefile,'stat','Vspeed','-v7.3');
100 clearvars "except s numscenario numrun catg
101 end
102 toc
103
```

Figuur 20: Verwerken tot statistieken en genereren van tabel

```
1 tic
2 clear, clc
3
4 numscenario = 20;
5
6 %% Ophalen gegevens
7 for s = 1:numscenario
8     filename = join(['cardata',int2str(s),'.mat']);
9     load(filename);
10    % Overnemen nuttige data
11    for k = 1:3
12        allspeed(s,k) = Vspeed(s,(k+10));
13    end
14    allspeed(s,4) = [allspeed(s,1);allspeed(s,3)];
15    % Verwijderen van brondata
16    clearvars Vspeed
17    graphstat(s,:) = stat(s,:);
18 end
19
20 %% Statistieken genereren
21 for s = 1:numscenario
22
23     graphstat(s,4){1,1} = mean(allspeed(s,4));
24     graphstat(s,4){2,1} = std(allspeed(s,4));
25     graphstat(s,4){3,1} = min(allspeed(s,4));
26     graphstat(s,4){4,1} = max(allspeed(s,4));
27 end
28
29 %% Opslaan
30 save('cardatastat.mat','-v7.3');
31 toc
32
33 tic
34 clear, clc
35
36 %% Ophalen van gegevens
37 load('cardatastat.mat')
38
39 %% Extra statistieken genereren
40 for s = 1:20
41     for c = 1:4
42         graphstat(s,c){5,1} = median(allspeed(s,c));
43         graphstat(s,c){6,1} = prctile(allspeed(s,c),85);
44     end
45 end
46
47 for c = 1:4
48     for t = 1:4
49         for isa = [0,25,50,75,100]
50
51             if t == 1
52                 time = "os";
53             elseif t == 2
54                 time = "dag";
55             elseif t == 3
56                 time = "as";
57             elseif t == 4
58                 time = "nacht";
59             end
60
61             if c == 1
62                 catg = "niet ISA-auto";
63             elseif c == 2
64                 catg = "vrachtauto";
65             elseif c == 3
66                 catg = "ISA-auto";
67             else
68                 catg = "alle auto's";
69             end
70
71             % Bepalen van het scenario
72             s = ((isa./25).*(4)+t);
73
74             % Opslaan van gegevens in tabelletje wat
75             gekopieerd kan worden
76             stgr((isa./25)+1,t) = graphstat(s,c){5,1};
77         end
78     end
79 end
80
```

Figuur 21: Opslaan van reis- en vertragingstijden

```

1 tic
2 clear, clc
3
4 %% Invulwaarden
5 numscenario = 20;
6 numrun = 10;
7 richtingen = 2;
8
9 S = cell(numscenario,numrun);
10
11 %% Ophalen van gegevens
12 for s = 1:numscenario
13     for r = 1:numrun
14         if s > 19
15             ss = [];
16         elseif s > 9
17             ss = [];
18         else
19             ss = 0;
20         end
21         if r > 9
22             rr = [];
23         else
24             rr = 0;
25         end
26
27         filename = ['C:\Users\jellejh\Documents\Bachelor\
Eindopdracht\VISSIM\VISSIM\Versimpeld\N35_results\S0000',
int2str(ss),int2str(s),'_0',int2str(rr),int2str(r),'.rnr'];
29         delimiter = ',';
30         startRow = 7;
31         formatSpec = '%f%f%f%f%f%f%f%f%\n\r';
32         fileID = fopen(filename,'r');
33         textscan(fileID, '%f%\n\r', startRow-1,
'WhiteSpace', '', 'ReturnOnError', false, 'EndOfLine', '\r\n');
34         dataArray = textscan(fileID, formatSpec,
'Delimiter', delimiter, 'TextType', 'string', 'EmptyValue',
NaN, 'ReturnOnError', false);
35         fclose(fileID);
36         S(s,r) = table(dataArray{1:end-1},
'VariableNames',
{'FileCUsers\jellejh\Documents\Bachelor\Eindopdracht\VISSIM\VISSIMVer
si','VarName2','VarName3','VarName4','VarName5','VarName6','Var
Name7'});
37     end
38
39 %% Indelen van gegevens
40 for ri = 1:richtingen
41     for r = 1:numrun
42         t = 1;
43
44         for c = 1:2
45             R{1,ri}{s,(c+10)} = [];
46             for i = 1:height(S(s,r))
47                 if S(s,r){i,2} == ri
48                     R{1,ri}{s,r}(t,:) = S(s,r){i,:};
49
50                     if c == 1
51                         vt = 1:3;
52                     elseif c == 2
53                         vt = 5:9;
54                     else
55                         vt = [11:19,61:69];
56                     end
57                     for v = vt
58
59                         R{1,ri}{s,(c+10)} = [R{1,ri}{s,
(c+10)};R{1,ri}{s,r}(cat(1,R{1,ri}{s,r}(:,4)) == v,:)]';
60                     end
61
62                     % Statistieken van gegevens
63                     Rstat{s,ri}{c,1} = mean(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,5));
64                     Rstat{s,ri}{c,2} = std(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,5));
65                     Rstat{s,ri}{c,3} = min(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,5));
66                     Rstat{s,ri}{c,4} = max(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,5));
67
68                     Rstat{s,ri}{c,6} = mean(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,6));
69                     Rstat{s,ri}{c,7} = std(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,6));
70                     Rstat{s,ri}{c,8} = min(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,6));
71                     Rstat{s,ri}{c,9} = max(R{1,ri}{s,
(c+10)}(:,6));
72
73                     t = t+1;
74                 end
75             end
76         end
77     end
78 end
79
80 %% Opslaan van data
81 save(join(['reistijddata',int2str(s),'.
mat']),'R','r','richtingen','-v7.3');
82 clearvars ~except s numscenario numrun richtingen
83 end
84 toc

```

Figuur 22: Verwerken tot statistieken

```

1 tic
2 clear, clc
3
4 numscenario = 20;
5
6 %% Ophalen van data
7 for s = 1:numscenario
8     filename = join(['reistijddata',int2str(s),'.mat']);
9     load(filename);
10
11 %% Selecteren en verwerken van data
12 for ri = 1:2
13     for c = 1:4
14         if c == 4
15             tijden{1,ri}{s,4} = [tijden{1,ri}{s,1};
tijden{1,ri}{s,2}];
16         else
17             tijden{1,ri}{s,c} = R{1,ri}{s,(c+10)};
18         end
19
20         %% Statistieken genereren
21         tijdstat{1,ri}{s,c} = nanmean(tijden{1,ri}{s,c}
(:,5));
22         tijdstat{1,ri}{s,(c+4)} = nanstd(tijden{1,ri}{s,
c}(:,5));
23         tijdstat{1,ri}{s,(c+8)} = min(tijden{1,ri}{s,c}
(:,5));
24         tijdstat{1,ri}{s,(c+12)} = max(tijden{1,ri}{s,c}
(:,5));
25         tijdstat{1,ri}{s,(c+16)} = median(tijden{1,ri}
{s,c}(:,5));
26         tijdstat{1,ri}{s,(c+20)} = prctile(tijden{1,ri}
{s,c}(:,5),85);
27         tijdstat{1,ri}{s,(c+24)} = nanmean(tijden{1,ri}
{s,c}(:,6));
28         tijdstat{1,ri}{s,(c+28)} = nanstd(tijden{1,ri}
{s,c}(:,6));
29         tijdstat{1,ri}{s,(c+32)} = min(tijden{1,ri}{s,c}
(:,6));
30         tijdstat{1,ri}{s,(c+36)} = max(tijden{1,ri}{s,c}
(:,6));
31         tijdstat{1,ri}{s,(c+40)} = median(tijden{1,ri}
{s,c}(:,6));
32         tijdstat{1,ri}{s,(c+44)} = prctile(tijden{1,ri}
{s,c}(:,6),85);
33     end
34 end
35 clearvars R
36 end
37
38 %% Opslaan van statistieken
39 save('reistijdstat.mat','-v7.3');
40 toc

```



```

1 tic
2 clear, clc
3
4 %% Ophalen statistieken
5 load('reistijdstat.mat');
6
7 %% Genereren van tabellen
8 for ri = 1:2
9     for c = 1:4
10         for t = 1:4
11             for isa = [0,25,50,75,100]
12
13                 if t == 1
14                     time = "os";
15                 elseif t == 2
16                     time = "dag";
17                 elseif t == 3
18                     time = "as";
19                 elseif t == 4
20                     time = "nacht";
21                 end
22
23                 if c == 1
24                     catg = "niet ISA-auto";
25                 elseif c == 2
26                     catg = "ISA-auto";
27                 elseif c == 3
28                     catg = "vrachtauto";
29                 else
30                     catg = "alle auto's";
31                 end
32
33                 % Bepalen van het scenario
34                 s = ((isa./25).*4)+t;
35
36                 % Tabel ten behoeve van het kopiëren naar
37                 % grafieken
38                 stgr{((isa./25)+1),t} = tijdstat{1,1}{s,c,
39 (c+44)};
40             end
41         end
42     end
43 end
44
45 %% Genereren van grafieken
46 for ri = 1:richtingen
47     for c = 1:4
48         for t = 1:4
49             for isa = [0,25,50,75,100]
50                 % Grafieken per voertuigcategorie en
dagdeel
51                 if isa == 0
52                     figure('Position', get(0,
'Screensize'));
53                     hold on
54                 end
55
56                 if t == 1
57                     time = "os";
58                 elseif t == 2
59                     time = "dag";
60                 elseif t == 3
61                     time = "as";
62                 elseif t == 4
63                     time = "nacht";
64                 end
65
66                 if c == 1
67                     catg = "niet ISA-auto";
68                 elseif c == 2
69                     catg = "ISA-auto";
70                 elseif c == 3
71                     catg = "vrachtauto";
72                 elseif c == 4
73                     catg = "alle auto's";
74                 end
75
76                 if ri == 1
77                     richting = "West -> Oost";
78                 else
79                     richting = "Oost -> West";
80                 end
81
82                 % Bepalen van het scenario
83                 s = ((isa./25).*4)+t;
84
85                 % Gegevens bepalen
86                 if c < 4
87                     x_trav = tijdstat{1,ri}{s,(c+6)}:1:
tijdstat{1,ri}{s,(c+9)};
88                     y_trav = normpdf(x_trav,tijdstat{1,ri}{
s,c},tijdstat{1,ri}{s,(c+3)});
89                     else
90                         x_trav = tijdstat{1,ri}{s,27}:1:
tijdstat{1,ri}{s,28};
91                     y_trav = normpdf(x_trav,tijdstat{1,ri}{
s,25},tijdstat{1,ri}{s,26});
92                     end
93
94                     Rtpplot = plot(x_trav,y_trav,'DisplayName',
join(['%ISA = ',int2str(isa)]));
95
96                     if isa == 0 && c ~= 2
97                         Rtpplot.Color = 'black';
98                         Rtpplot.LineWidth = 2;
99                     elseif isa == 25
100                         Rtpplot.Color = 'red';
101                         Rtpplot.LineWidth = 2;
102                     elseif isa == 50
103                         Rtpplot.Color = 'yellow';
104                         Rtpplot.LineWidth = 2;
105                     elseif isa == 75
106                         Rtpplot.Color = 'blue';
107                         Rtpplot.LineWidth = 2;
108                     elseif isa == 100 && c ~= 1
109                         Rtpplot.Color = 'green';
110                         Rtpplot.LineWidth = 2;
111                     end
112
113                     title(join(['Kansdichtheidsfunctie van de
reistijden voor ',catg,' in periode ',time,' en richting ',
richting]));
114                     xlabel('Reistijd in seconde')
115                     legend
116                     if isa == 100
117                         saveas(gcf,join(['trav',catg,time,ri,'.
png'],''))
118                     end
119                     hold off
120                 end
121             end
122         end
123     end
124
125     % Grafieken per voertuigcategorie en
dagdeel
126     if isa == 0
127         figure('Position', get(0,
'Screensize'));
128         hold on
129     end
130
131     if t == 1
132         time = "os";
133     elseif t == 2
134         time = "dag";
135     elseif t == 3
136         time = "as";
137     elseif t == 4
138         time = "nacht";
139     end
140
141     if c == 1
142         catg = "niet ISA-auto";
143     elseif c == 2
144         catg = "ISA-auto";
145     elseif c == 3
146         catg = "vrachtauto";
147     elseif c == 4
148         catg = "alle auto's";
149     end
150
151     % Bepalen van het scenario
152     s = ((isa./25).*4)+t;
153
154     % Gegevens bepalen
155     if c < 4
156         x_delay = tijdstat{1,ri}{s,(c+18)}:1:
tijdstat{1,ri}{s,(c+21)};
157         y_delay = normpdf(x_delay,tijdstat{1,ri}{s,(c+12)},
tijdstat{1,ri}{s,(c+15)});
158         else
159             x_delay = tijdstat{1,ri}{s,31}:1:
tijdstat{1,ri}{s,32};
160             y_delay = normpdf(x_delay,tijdstat{1,ri}{s,29},
tijdstat{1,ri}{s,30});
161             end
162
163             Vtplot = plot(x_delay,y_delay,'DisplayName',
join(['%ISA = ',int2str(isa)]));

```

Figuur 23: Genereren van tabellen en grafieken van reis- en vertragingstijd (1/2)

Figuur 24: Figuur 21: Genereren van tabellen en grafieken van reis- en vertragingstijd (2/2)

```

162
163         if isa == 0 && c ~= 2
164             Veplot.Color = 'black';
165             Veplot.LineWidth = 2;
166         elseif isa == 25
167             Veplot.Color = 'red';
168             Veplot.LineWidth = 2;
169         elseif isa == 50
170             Veplot.Color = 'yellow';
171             Veplot.LineWidth = 2;
172         elseif isa == 75
173             Veplot.Color = 'blue';
174             Veplot.LineWidth = 2;
175         elseif isa == 100 && c ~= 1
176             Veplot.Color = 'green';
177             Veplot.LineWidth = 2;
178         end
179
180         title(join(['Kansdichtheidsfunctie van de ↵
vertragingstijden voor ',catg,' in periode ',time,' en richting↵
',richting]))
181         xlabel('Vertragingstijd in seconde')
182         legend
183         if isa == 100
184             saveas(gcf,join(['delay',catg,time,↵
zi, '.png'],''))
185             hold off
186         end
187     end
188 end
189 end
190 end
191
192 toc

```

```

1 clear,clc
2 %% Invulwaarden
3 numscenario = 20; % aantal scenario's
4 numrun = 10; % aantal runs
5 catg = 4; % aantal voertuigcategorieën
6 %% Ophalen van de gegevens
7 %Voor elke run van elk scenario
8 for s = 1:numscenario
9     for r = 1:numrun
10         if s <= 4
11             ss = "000";
12         elseif s <= 8
13             ss = "025";
14         elseif s <= 12
15             ss = "050";
16         elseif s <= 16
17             ss = "075";
18         else
19             ss = "100";
20         end
21         if ismember(s,[1,5,9,13,17]) == true
22             sss = "os";
23         elseif ismember(s,[2,6,10,14,18]) == true
24             sss = "dag";
25         elseif ismember(s,[3,7,11,15,19]) == true
26             sss = "as";
27         elseif ismember(s,[4,8,12,16,20]) == true
28             sss = "nacht";
29         end
30         if r > 9
31             rr = [];
32         else
33             rr = 0;
34         end
35         filename = ['C:\Users\jellejh\Documents\Bachelor\'
Eindopdracht\N3Smission\',ss,sss,int2str(rr),int2str(r),'.\'
V3SEmissions'];
36         filename = join(filename,'');
37         delimiter = '\t';
38         startRow = 39;
39         formatSpec = '%s%s%s%s%s%s%s%s%s%s["\n\r"]';
40         fileID = fopen(filename,'r');
41         textscan(fileID, '%[^\n\r]', startRow-1, \
WhiteSpace', '\'', 'ReturnOnError', false, 'EndOfLine', '\r\n');
42         dataArray = textscan(fileID, formatSpec, \
'Delimiter', delimiter, 'TextType', 'string', 'ReturnOnError', \
false);
43         fclose(fileID);
44         M{s,r} = table(dataArray(1:end-1), 'VariableNames', \
{'TripID','Type','Class','Distance','Duration','CO2km','NOxkm', \
'PM10km','CO2tot','NOxtot','PM10tot'});
45         % tabel M bevat nu alle gegevens gegroepeerd per \
scenario en run
46         % Treinen worden uit de tabel verwijderd
47         train = M{s,r}{:,2} == "Trein (Personen)";
48         M{s,r}(train,:) = [];
49         %% Voertuigcategorieën worden omgeset naar getallen
50         for k = 1:height(M{s,r})
51             if M{s,r}{k,2} == "Cars_1"
52                 M{s,r}{k,2} = "1";
53             elseif M{s,r}{k,2} == "Cars_2"
54                 M{s,r}{k,2} = "2";
55             elseif M{s,r}{k,2} == "Cars_3"
56                 M{s,r}{k,2} = "3";
57             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Licht (Leeg)"
58                 M{s,r}{k,2} = "11";
59             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Middel (Leeg)"
60                 M{s,r}{k,2} = "12";
61             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Zwaar (Leeg)"
62                 M{s,r}{k,2} = "13";
63             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Licht (80%)"
64                 M{s,r}{k,2} = "14";
65             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Middel (80%)"
66                 M{s,r}{k,2} = "15";
67             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Zwaar (80%)"
68                 M{s,r}{k,2} = "16";
69             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Licht (Vol)"
70                 M{s,r}{k,2} = "17";
71             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Middel (Vol)"
72                 M{s,r}{k,2} = "18";
73             elseif M{s,r}{k,2} == "HGV Zwaar (Vol)"
74                 M{s,r}{k,2} = "19";
75             end
76         end
77         for i = [1,2,4:11]
78             M{s,r}.(i) = str2double(M{s,r}{:,i});
79         end
80     end
81 end
82 toc

```

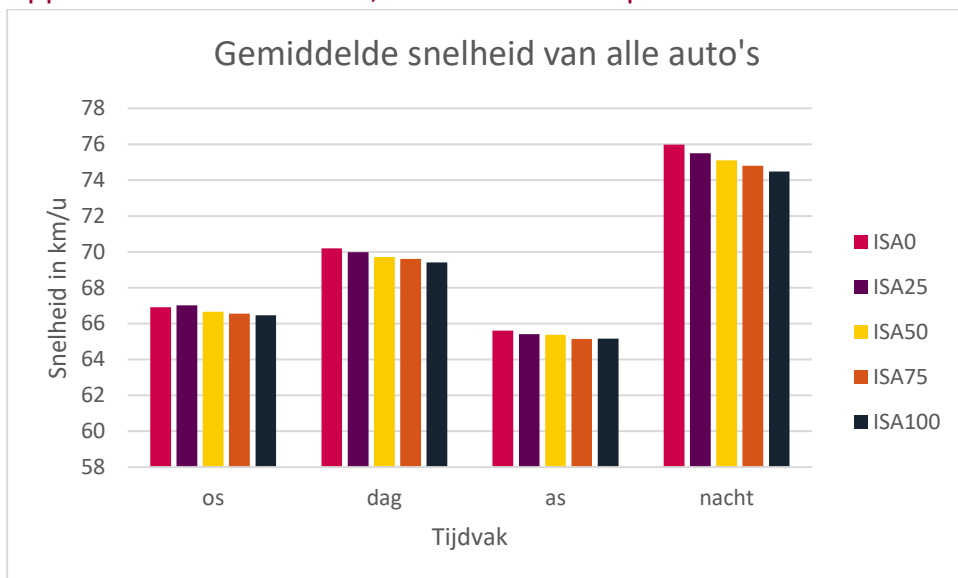
Figuur 26: Genereren van grafieken op basis van de uitstootdata

```

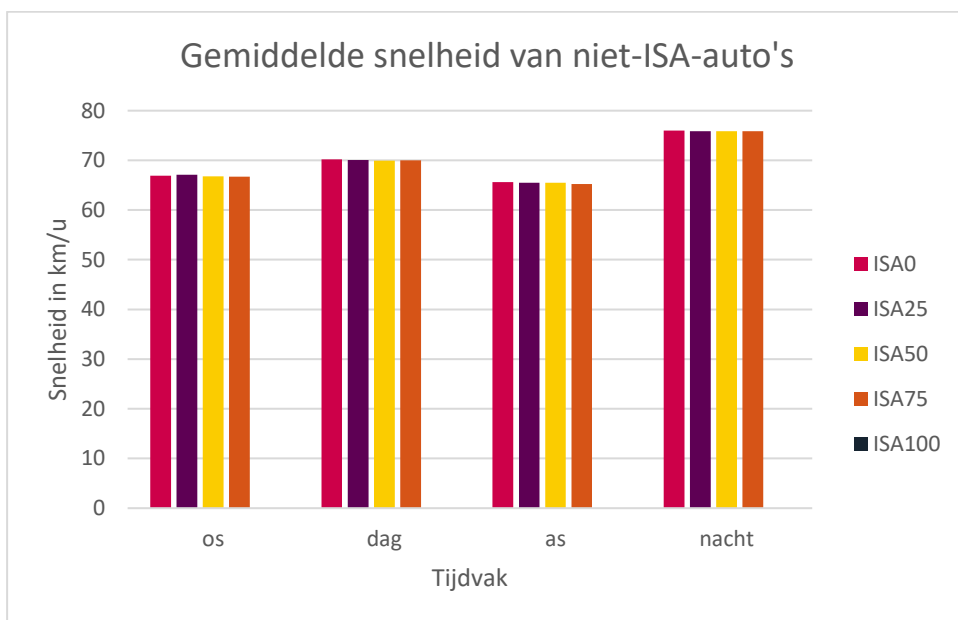
1 tic
2 clear, clc
3
4 %% Ophalen van gegevens
5 load('uitstootdata.mat')
6
7 %% Statistieken
8 for s = 1:numscenario
9     M(s,11) = [];
10
11     % Alle runs samengevoegd
12     for r = 1:numrun
13         M(s,11) = [M(s,11);M(s,r)];
14     end
15
16     % Statistische gegevens
17     M(s,12) = nanmean(M(s,11){:,6});
18     M(s,13) = nanstd(M(s,11){:,6});
19     M(s,14) = min(M(s,11){:,6});
20     M(s,15) = max(M(s,11){:,6});
21
22     % Gegevens per voertuigcategorie (1 = auto, 2 = vrachtauto)
23     for c = 1:2
24         Mc(s,c) = [];
25         if c == 1
26             for vt = [1:3,53]
27                 Mc(s,c) = [Mc(s,c);M(s,11)(cat(1,M(s,11){:,c},
28                 vt,:))];
29             end
30             if c == 2
31                 for vt = 11:19
32                     Mc(s,c) = [Mc(s,c);M(s,11)(cat(1,M(s,11){:,c},
33                     vt,:))];
34                 end
35             end
36             Mc(s,(c+3)) = nanmean(Mc(s,c){:,8});
37             Mc(s,(c+6)) = nanstd(Mc(s,c){:,8});
38             Mc(s,(c+9)) = min(Mc(s,c){:,8});
39             Mc(s,(c+12)) = max(Mc(s,c){:,8});
40         end
41     end
42
43 %% Grafieken genereren
44 for c = [1,2]
45     for t = 1:4
46         for isa = [0,25,50,75,100]
47             % Grafieken per voertuigcategorie en dagdeel
48             if isa == 0
49                 figure;
50                 hold on
51
52                 if t == 1
53                     time = "os";
54                 elseif t == 2
55                     time = "dag";
56                 elseif t == 3
57                     time = "as";
58                 elseif t == 4
59                     time = "nacht";
60                 end
61
62                 if c == 1
63                     catg = "auto";
64                 elseif c == 2
65                     catg = "vrachtauto";
66                 elseif c == 3
67                     catg = "ISA-auto";
68                 end
69
70                 % Bepalen van het scenario
71                 s = ((isa./25).*4)+t;
72
73                 % Gegevens bepalen
74                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
75                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
76
77                 % Grafiek maken
78                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
79                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
80
81                 % Karakteristieken meegeven
82                 if isa == 0
83                     p.Color = 'black';
84                 elseif isa == 25
85                     p.Color = 'red';
86                 elseif isa == 50
87                     p.Color = 'magenta';
88                 elseif isa == 75
89                     p.Color = 'blue';
90                 elseif isa == 100
91                     p.Color = 'green';
92                 end
93
94                 if t == 1
95                     p.LineStyle = '--';
96                 elseif t == 2
97                     p.LineStyle = '-';
98                 elseif t == 3
99                     p.LineStyle = ':';
100                 elseif t == 4
101                     p.LineStyle = '-.';
102                 end
103
104                 % Bepalen van het scenario
105                 s = ((isa./25).*4)+t;
106
107                 % Gegevens bepalen
108                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
109                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
110
111                 % Grafiek maken
112                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
113                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
114
115                 % Karakteristieken meegeven
116                 if isa == 0
117                     p.Color = 'black';
118                 elseif isa == 25
119                     p.Color = 'red';
120                 elseif isa == 50
121                     p.Color = 'magenta';
122                 elseif isa == 75
123                     p.Color = 'blue';
124                 elseif isa == 100
125                     p.Color = 'green';
126                 end
127
128                 if t == 1
129                     p.LineStyle = '--';
130                 elseif t == 2
131                     p.LineStyle = '-';
132                 elseif t == 3
133                     p.LineStyle = ':';
134                 elseif t == 4
135                     p.LineStyle = '-.';
136                 end
137
138                 % Bepalen van het scenario
139                 s = ((isa./25).*4)+t;
140
141                 % Gegevens bepalen
142                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
143                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
144
145                 % Grafiek maken
146                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
147                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
148
149                 % Karakteristieken meegeven
150                 if isa == 0
151                     p.Color = 'black';
152                 elseif isa == 25
153                     p.Color = 'red';
154                 elseif isa == 50
155                     p.Color = 'magenta';
156                 elseif isa == 75
157                     p.Color = 'blue';
158                 elseif isa == 100
159                     p.Color = 'green';
160                 end
161
162                 if t == 1
163                     p.LineStyle = '--';
164                 elseif t == 2
165                     p.LineStyle = '-';
166                 elseif t == 3
167                     p.LineStyle = ':';
168                 elseif t == 4
169                     p.LineStyle = '-.';
170                 end
171
172                 % Bepalen van het scenario
173                 s = ((isa./25).*4)+t;
174
175                 % Gegevens bepalen
176                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
177                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
178
179                 % Grafiek maken
180                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
181                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
182
183                 % Karakteristieken meegeven
184                 if isa == 0
185                     p.Color = 'black';
186                 elseif isa == 25
187                     p.Color = 'red';
188                 elseif isa == 50
189                     p.Color = 'magenta';
190                 elseif isa == 75
191                     p.Color = 'blue';
192                 elseif isa == 100
193                     p.Color = 'green';
194                 end
195
196                 if t == 1
197                     p.LineStyle = '--';
198                 elseif t == 2
199                     p.LineStyle = '-';
200                 elseif t == 3
201                     p.LineStyle = ':';
202                 elseif t == 4
203                     p.LineStyle = '-.';
204                 end
205
206                 % Bepalen van het scenario
207                 s = ((isa./25).*4)+t;
208
209                 % Gegevens bepalen
210                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
211                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
212
213                 % Grafiek maken
214                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
215                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
216
217                 % Karakteristieken meegeven
218                 if isa == 0
219                     p.Color = 'black';
220                 elseif isa == 25
221                     p.Color = 'red';
222                 elseif isa == 50
223                     p.Color = 'magenta';
224                 elseif isa == 75
225                     p.Color = 'blue';
226                 elseif isa == 100
227                     p.Color = 'green';
228                 end
229
230                 if t == 1
231                     p.LineStyle = '--';
232                 elseif t == 2
233                     p.LineStyle = '-';
234                 elseif t == 3
235                     p.LineStyle = ':';
236                 elseif t == 4
237                     p.LineStyle = '-.';
238                 end
239
240                 % Bepalen van het scenario
241                 s = ((isa./25).*4)+t;
242
243                 % Gegevens bepalen
244                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
245                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
246
247                 % Grafiek maken
248                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
249                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
250
251                 % Karakteristieken meegeven
252                 if isa == 0
253                     p.Color = 'black';
254                 elseif isa == 25
255                     p.Color = 'red';
256                 elseif isa == 50
257                     p.Color = 'magenta';
258                 elseif isa == 75
259                     p.Color = 'blue';
260                 elseif isa == 100
261                     p.Color = 'green';
262                 end
263
264                 if t == 1
265                     p.LineStyle = '--';
266                 elseif t == 2
267                     p.LineStyle = '-';
268                 elseif t == 3
269                     p.LineStyle = ':';
270                 elseif t == 4
271                     p.LineStyle = '-.';
272                 end
273
274                 % Bepalen van het scenario
275                 s = ((isa./25).*4)+t;
276
277                 % Gegevens bepalen
278                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
279                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
280
281                 % Grafiek maken
282                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
283                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
284
285                 % Karakteristieken meegeven
286                 if isa == 0
287                     p.Color = 'black';
288                 elseif isa == 25
289                     p.Color = 'red';
290                 elseif isa == 50
291                     p.Color = 'magenta';
292                 elseif isa == 75
293                     p.Color = 'blue';
294                 elseif isa == 100
295                     p.Color = 'green';
296                 end
297
298                 if t == 1
299                     p.LineStyle = '--';
300                 elseif t == 2
301                     p.LineStyle = '-';
302                 elseif t == 3
303                     p.LineStyle = ':';
304                 elseif t == 4
305                     p.LineStyle = '-.';
306                 end
307
308                 % Bepalen van het scenario
309                 s = ((isa./25).*4)+t;
310
311                 % Gegevens bepalen
312                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
313                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
314
315                 % Grafiek maken
316                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
317                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
318
319                 % Karakteristieken meegeven
320                 if isa == 0
321                     p.Color = 'black';
322                 elseif isa == 25
323                     p.Color = 'red';
324                 elseif isa == 50
325                     p.Color = 'magenta';
326                 elseif isa == 75
327                     p.Color = 'blue';
328                 elseif isa == 100
329                     p.Color = 'green';
330                 end
331
332                 if t == 1
333                     p.LineStyle = '--';
334                 elseif t == 2
335                     p.LineStyle = '-';
336                 elseif t == 3
337                     p.LineStyle = ':';
338                 elseif t == 4
339                     p.LineStyle = '-.';
340                 end
341
342                 % Bepalen van het scenario
343                 s = ((isa./25).*4)+t;
344
345                 % Gegevens bepalen
346                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
347                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
348
349                 % Grafiek maken
350                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
351                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
352
353                 % Karakteristieken meegeven
354                 if isa == 0
355                     p.Color = 'black';
356                 elseif isa == 25
357                     p.Color = 'red';
358                 elseif isa == 50
359                     p.Color = 'magenta';
360                 elseif isa == 75
361                     p.Color = 'blue';
362                 elseif isa == 100
363                     p.Color = 'green';
364                 end
365
366                 if t == 1
367                     p.LineStyle = '--';
368                 elseif t == 2
369                     p.LineStyle = '-';
370                 elseif t == 3
371                     p.LineStyle = ':';
372                 elseif t == 4
373                     p.LineStyle = '-.';
374                 end
375
376                 % Bepalen van het scenario
377                 s = ((isa./25).*4)+t;
378
379                 % Gegevens bepalen
380                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
381                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
382
383                 % Grafiek maken
384                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
385                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
386
387                 % Karakteristieken meegeven
388                 if isa == 0
389                     p.Color = 'black';
390                 elseif isa == 25
391                     p.Color = 'red';
392                 elseif isa == 50
393                     p.Color = 'magenta';
394                 elseif isa == 75
395                     p.Color = 'blue';
396                 elseif isa == 100
397                     p.Color = 'green';
398                 end
399
400                 if t == 1
401                     p.LineStyle = '--';
402                 elseif t == 2
403                     p.LineStyle = '-';
404                 elseif t == 3
405                     p.LineStyle = ':';
406                 elseif t == 4
407                     p.LineStyle = '-.';
408                 end
409
410                 % Bepalen van het scenario
411                 s = ((isa./25).*4)+t;
412
413                 % Gegevens bepalen
414                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
415                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
416
417                 % Grafiek maken
418                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
419                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
420
421                 % Karakteristieken meegeven
422                 if isa == 0
423                     p.Color = 'black';
424                 elseif isa == 25
425                     p.Color = 'red';
426                 elseif isa == 50
427                     p.Color = 'magenta';
428                 elseif isa == 75
429                     p.Color = 'blue';
430                 elseif isa == 100
431                     p.Color = 'green';
432                 end
433
434                 if t == 1
435                     p.LineStyle = '--';
436                 elseif t == 2
437                     p.LineStyle = '-';
438                 elseif t == 3
439                     p.LineStyle = ':';
440                 elseif t == 4
441                     p.LineStyle = '-.';
442                 end
443
444                 % Bepalen van het scenario
445                 s = ((isa./25).*4)+t;
446
447                 % Gegevens bepalen
448                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
449                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
450
451                 % Grafiek maken
452                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
453                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
454
455                 % Karakteristieken meegeven
456                 if isa == 0
457                     p.Color = 'black';
458                 elseif isa == 25
459                     p.Color = 'red';
460                 elseif isa == 50
461                     p.Color = 'magenta';
462                 elseif isa == 75
463                     p.Color = 'blue';
464                 elseif isa == 100
465                     p.Color = 'green';
466                 end
467
468                 if t == 1
469                     p.LineStyle = '--';
470                 elseif t == 2
471                     p.LineStyle = '-';
472                 elseif t == 3
473                     p.LineStyle = ':';
474                 elseif t == 4
475                     p.LineStyle = '-.';
476                 end
477
478                 % Bepalen van het scenario
479                 s = ((isa./25).*4)+t;
480
481                 % Gegevens bepalen
482                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
483                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
484
485                 % Grafiek maken
486                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
487                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
488
489                 % Karakteristieken meegeven
490                 if isa == 0
491                     p.Color = 'black';
492                 elseif isa == 25
493                     p.Color = 'red';
494                 elseif isa == 50
495                     p.Color = 'magenta';
496                 elseif isa == 75
497                     p.Color = 'blue';
498                 elseif isa == 100
499                     p.Color = 'green';
500                 end
501
502                 if t == 1
503                     p.LineStyle = '--';
504                 elseif t == 2
505                     p.LineStyle = '-';
506                 elseif t == 3
507                     p.LineStyle = ':';
508                 elseif t == 4
509                     p.LineStyle = '-.';
510                 end
511
512                 % Bepalen van het scenario
513                 s = ((isa./25).*4)+t;
514
515                 % Gegevens bepalen
516                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
517                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
518
519                 % Grafiek maken
520                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
521                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
522
523                 % Karakteristieken meegeven
524                 if isa == 0
525                     p.Color = 'black';
526                 elseif isa == 25
527                     p.Color = 'red';
528                 elseif isa == 50
529                     p.Color = 'magenta';
530                 elseif isa == 75
531                     p.Color = 'blue';
532                 elseif isa == 100
533                     p.Color = 'green';
534                 end
535
536                 if t == 1
537                     p.LineStyle = '--';
538                 elseif t == 2
539                     p.LineStyle = '-';
540                 elseif t == 3
541                     p.LineStyle = ':';
542                 elseif t == 4
543                     p.LineStyle = '-.';
544                 end
545
546                 % Bepalen van het scenario
547                 s = ((isa./25).*4)+t;
548
549                 % Gegevens bepalen
550                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
551                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
552
553                 % Grafiek maken
554                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
555                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
556
557                 % Karakteristieken meegeven
558                 if isa == 0
559                     p.Color = 'black';
560                 elseif isa == 25
561                     p.Color = 'red';
562                 elseif isa == 50
563                     p.Color = 'magenta';
564                 elseif isa == 75
565                     p.Color = 'blue';
566                 elseif isa == 100
567                     p.Color = 'green';
568                 end
569
570                 if t == 1
571                     p.LineStyle = '--';
572                 elseif t == 2
573                     p.LineStyle = '-';
574                 elseif t == 3
575                     p.LineStyle = ':';
576                 elseif t == 4
577                     p.LineStyle = '-.';
578                 end
579
580                 % Bepalen van het scenario
581                 s = ((isa./25).*4)+t;
582
583                 % Gegevens bepalen
584                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
585                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
586
587                 % Grafiek maken
588                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
589                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
590
591                 % Karakteristieken meegeven
592                 if isa == 0
593                     p.Color = 'black';
594                 elseif isa == 25
595                     p.Color = 'red';
596                 elseif isa == 50
597                     p.Color = 'magenta';
598                 elseif isa == 75
599                     p.Color = 'blue';
600                 elseif isa == 100
601                     p.Color = 'green';
602                 end
603
604                 if t == 1
605                     p.LineStyle = '--';
606                 elseif t == 2
607                     p.LineStyle = '-';
608                 elseif t == 3
609                     p.LineStyle = ':';
610                 elseif t == 4
611                     p.LineStyle = '-.';
612                 end
613
614                 % Bepalen van het scenario
615                 s = ((isa./25).*4)+t;
616
617                 % Gegevens bepalen
618                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
619                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
620
621                 % Grafiek maken
622                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
623                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
624
625                 % Karakteristieken meegeven
626                 if isa == 0
627                     p.Color = 'black';
628                 elseif isa == 25
629                     p.Color = 'red';
630                 elseif isa == 50
631                     p.Color = 'magenta';
632                 elseif isa == 75
633                     p.Color = 'blue';
634                 elseif isa == 100
635                     p.Color = 'green';
636                 end
637
638                 if t == 1
639                     p.LineStyle = '--';
640                 elseif t == 2
641                     p.LineStyle = '-';
642                 elseif t == 3
643                     p.LineStyle = ':';
644                 elseif t == 4
645                     p.LineStyle = '-.';
646                 end
647
648                 % Bepalen van het scenario
649                 s = ((isa./25).*4)+t;
650
651                 % Gegevens bepalen
652                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
653                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
654
655                 % Grafiek maken
656                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
657                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
658
659                 % Karakteristieken meegeven
660                 if isa == 0
661                     p.Color = 'black';
662                 elseif isa == 25
663                     p.Color = 'red';
664                 elseif isa == 50
665                     p.Color = 'magenta';
666                 elseif isa == 75
667                     p.Color = 'blue';
668                 elseif isa == 100
669                     p.Color = 'green';
670                 end
671
672                 if t == 1
673                     p.LineStyle = '--';
674                 elseif t == 2
675                     p.LineStyle = '-';
676                 elseif t == 3
677                     p.LineStyle = ':';
678                 elseif t == 4
679                     p.LineStyle = '-.';
680                 end
681
682                 % Bepalen van het scenario
683                 s = ((isa./25).*4)+t;
684
685                 % Gegevens bepalen
686                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
687                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
688
689                 % Grafiek maken
690                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
691                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
692
693                 % Karakteristieken meegeven
694                 if isa == 0
695                     p.Color = 'black';
696                 elseif isa == 25
697                     p.Color = 'red';
698                 elseif isa == 50
699                     p.Color = 'magenta';
700                 elseif isa == 75
701                     p.Color = 'blue';
702                 elseif isa == 100
703                     p.Color = 'green';
704                 end
705
706                 if t == 1
707                     p.LineStyle = '--';
708                 elseif t == 2
709                     p.LineStyle = '-';
710                 elseif t == 3
711                     p.LineStyle = ':';
712                 elseif t == 4
713                     p.LineStyle = '-.';
714                 end
715
716                 % Bepalen van het scenario
717                 s = ((isa./25).*4)+t;
718
719                 % Gegevens bepalen
720                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
721                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
722
723                 % Grafiek maken
724                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
725                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
726
727                 % Karakteristieken meegeven
728                 if isa == 0
729                     p.Color = 'black';
730                 elseif isa == 25
731                     p.Color = 'red';
732                 elseif isa == 50
733                     p.Color = 'magenta';
734                 elseif isa == 75
735                     p.Color = 'blue';
736                 elseif isa == 100
737                     p.Color = 'green';
738                 end
739
740                 if t == 1
741                     p.LineStyle = '--';
742                 elseif t == 2
743                     p.LineStyle = '-';
744                 elseif t == 3
745                     p.LineStyle = ':';
746                 elseif t == 4
747                     p.LineStyle = '-.';
748                 end
749
750                 % Bepalen van het scenario
751                 s = ((isa./25).*4)+t;
752
753                 % Gegevens bepalen
754                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
755                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
756
757                 % Grafiek maken
758                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
759                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
760
761                 % Karakteristieken meegeven
762                 if isa == 0
763                     p.Color = 'black';
764                 elseif isa == 25
765                     p.Color = 'red';
766                 elseif isa == 50
767                     p.Color = 'magenta';
768                 elseif isa == 75
769                     p.Color = 'blue';
770                 elseif isa == 100
771                     p.Color = 'green';
772                 end
773
774                 if t == 1
775                     p.LineStyle = '--';
776                 elseif t == 2
777                     p.LineStyle = '-';
778                 elseif t == 3
779                     p.LineStyle = ':';
780                 elseif t == 4
781                     p.LineStyle = '-.';
782                 end
783
784                 % Bepalen van het scenario
785                 s = ((isa./25).*4)+t;
786
787                 % Gegevens bepalen
788                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
789                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
790
791                 % Grafiek maken
792                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
793                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
794
795                 % Karakteristieken meegeven
796                 if isa == 0
797                     p.Color = 'black';
798                 elseif isa == 25
799                     p.Color = 'red';
800                 elseif isa == 50
801                     p.Color = 'magenta';
802                 elseif isa == 75
803                     p.Color = 'blue';
804                 elseif isa == 100
805                     p.Color = 'green';
806                 end
807
808                 if t == 1
809                     p.LineStyle = '--';
810                 elseif t == 2
811                     p.LineStyle = '-';
812                 elseif t == 3
813                     p.LineStyle = ':';
814                 elseif t == 4
815                     p.LineStyle = '-.';
816                 end
817
818                 % Bepalen van het scenario
819                 s = ((isa./25).*4)+t;
820
821                 % Gegevens bepalen
822                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
823                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
824
825                 % Grafiek maken
826                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
827                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
828
829                 % Karakteristieken meegeven
830                 if isa == 0
831                     p.Color = 'black';
832                 elseif isa == 25
833                     p.Color = 'red';
834                 elseif isa == 50
835                     p.Color = 'magenta';
836                 elseif isa == 75
837                     p.Color = 'blue';
838                 elseif isa == 100
839                     p.Color = 'green';
840                 end
841
842                 if t == 1
843                     p.LineStyle = '--';
844                 elseif t == 2
845                     p.LineStyle = '-';
846                 elseif t == 3
847                     p.LineStyle = ':';
848                 elseif t == 4
849                     p.LineStyle = '-.';
850                 end
851
852                 % Bepalen van het scenario
853                 s = ((isa./25).*4)+t;
854
855                 % Gegevens bepalen
856                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
857                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
858
859                 % Grafiek maken
860                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
861                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
862
863                 % Karakteristieken meegeven
864                 if isa == 0
865                     p.Color = 'black';
866                 elseif isa == 25
867                     p.Color = 'red';
868                 elseif isa == 50
869                     p.Color = 'magenta';
870                 elseif isa == 75
871                     p.Color = 'blue';
872                 elseif isa == 100
873                     p.Color = 'green';
874                 end
875
876                 if t == 1
877                     p.LineStyle = '--';
878                 elseif t == 2
879                     p.LineStyle = '-';
880                 elseif t == 3
881                     p.LineStyle = ':';
882                 elseif t == 4
883                     p.LineStyle = '-.';
884                 end
885
886                 % Bepalen van het scenario
887                 s = ((isa./25).*4)+t;
888
889                 % Gegevens bepalen
890                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
891                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
892
893                 % Grafiek maken
894                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
895                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
896
897                 % Karakteristieken meegeven
898                 if isa == 0
899                     p.Color = 'black';
900                 elseif isa == 25
901                     p.Color = 'red';
902                 elseif isa == 50
903                     p.Color = 'magenta';
904                 elseif isa == 75
905                     p.Color = 'blue';
906                 elseif isa == 100
907                     p.Color = 'green';
908                 end
909
910                 if t == 1
911                     p.LineStyle = '--';
912                 elseif t == 2
913                     p.LineStyle = '-';
914                 elseif t == 3
915                     p.LineStyle = ':';
916                 elseif t == 4
917                     p.LineStyle = '-.';
918                 end
919
920                 % Bepalen van het scenario
921                 s = ((isa./25).*4)+t;
922
923                 % Gegevens bepalen
924                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
925                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
926
927                 % Grafiek maken
928                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
929                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
930
931                 % Karakteristieken meegeven
932                 if isa == 0
933                     p.Color = 'black';
934                 elseif isa == 25
935                     p.Color = 'red';
936                 elseif isa == 50
937                     p.Color = 'magenta';
938                 elseif isa == 75
939                     p.Color = 'blue';
940                 elseif isa == 100
941                     p.Color = 'green';
942                 end
943
944                 if t == 1
945                     p.LineStyle = '--';
946                 elseif t == 2
947                     p.LineStyle = '-';
948                 elseif t == 3
949                     p.LineStyle = ':';
950                 elseif t == 4
951                     p.LineStyle = '-.';
952                 end
953
954                 % Bepalen van het scenario
955                 s = ((isa./25).*4)+t;
956
957                 % Gegevens bepalen
958                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
959                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
960
961                 % Grafiek maken
962                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
963                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
964
965                 % Karakteristieken meegeven
966                 if isa == 0
967                     p.Color = 'black';
968                 elseif isa == 25
969                     p.Color = 'red';
970                 elseif isa == 50
971                     p.Color = 'magenta';
972                 elseif isa == 75
973                     p.Color = 'blue';
974                 elseif isa == 100
975                     p.Color = 'green';
976                 end
977
978                 if t == 1
979                     p.LineStyle = '--';
980                 elseif t == 2
981                     p.LineStyle = '-';
982                 elseif t == 3
983                     p.LineStyle = ':';
984                 elseif t == 4
985                     p.LineStyle = '-.';
986                 end
987
988                 % Bepalen van het scenario
989                 s = ((isa./25).*4)+t;
990
991                 % Gegevens bepalen
992                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
993                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
994
995                 % Grafiek maken
996                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
997                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
998
999                 % Karakteristieken meegeven
1000                 if isa == 0
1001                     p.Color = 'black';
1002                 elseif isa == 25
1003                     p.Color = 'red';
1004                 elseif isa == 50
1005                     p.Color = 'magenta';
1006                 elseif isa == 75
1007                     p.Color = 'blue';
1008                 elseif isa == 100
1009                     p.Color = 'green';
1010                 end
1011
1012                 if t == 1
1013                     p.LineStyle = '--';
1014                 elseif t == 2
1015                     p.LineStyle = '-';
1016                 elseif t == 3
1017                     p.LineStyle = ':';
1018                 elseif t == 4
1019                     p.LineStyle = '-.';
1020                 end
1021
1022                 % Bepalen van het scenario
1023                 s = ((isa./25).*4)+t;
1024
1025                 % Gegevens bepalen
1026                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
1027                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
1028
1029                 % Grafiek maken
1030                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
1031                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
1032
1033                 % Karakteristieken meegeven
1034                 if isa == 0
1035                     p.Color = 'black';
1036                 elseif isa == 25
1037                     p.Color = 'red';
1038                 elseif isa == 50
1039                     p.Color = 'magenta';
1040                 elseif isa == 75
1041                     p.Color = 'blue';
1042                 elseif isa == 100
1043                     p.Color = 'green';
1044                 end
1045
1046                 if t == 1
1047                     p.LineStyle = '--';
1048                 elseif t == 2
1049                     p.LineStyle = '-';
1050                 elseif t == 3
1051                     p.LineStyle = ':';
1052                 elseif t == 4
1053                     p.LineStyle = '-.';
1054                 end
1055
1056                 % Bepalen van het scenario
1057                 s = ((isa./25).*4)+t;
1058
1059                 % Gegevens bepalen
1060                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
1061                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
1062
1063                 % Grafiek maken
1064                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
1065                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));
1066
1067                 % Karakteristieken meegeven
1068                 if isa == 0
1069                     p.Color = 'black';
1070                 elseif isa == 25
1071                     p.Color = 'red';
1072                 elseif isa == 50
1073                     p.Color = 'magenta';
1074                 elseif isa == 75
1075                     p.Color = 'blue';
1076                 elseif isa == 100
1077                     p.Color = 'green';
1078                 end
1079
1080                 if t == 1
1081                     p.LineStyle = '--';
1082                 elseif t == 2
1083                     p.LineStyle = '-';
1084                 elseif t == 3
1085                     p.LineStyle = ':';
1086                 elseif t == 4
1087                     p.LineStyle = '-.';
1088                 end
1089
1090                 % Bepalen van het scenario
1091                 s = ((isa./25).*4)+t;
1092
1093                 % Gegevens bepalen
1094                 x = Mc(s,(9+c)):.1:Mc(s,(12+c));
1095                 y = normpdf(x,Mc(s,(3+c)),Mc(s,(6+c)));
1096
1097                 % Grafiek maken
1098                 p = plot(x,y,'DisplayName',join(['%ISA = ',c,
1099                 int2str(isa),', Vehtype = ',catg]));

```

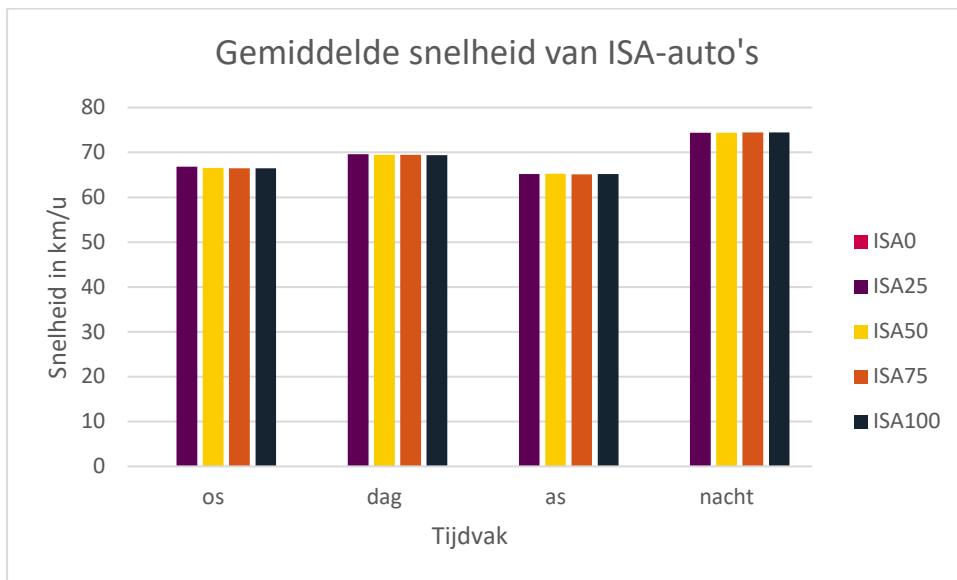
Appendix F: Gemiddelden, medianen en 85-percentielen van de snelheid



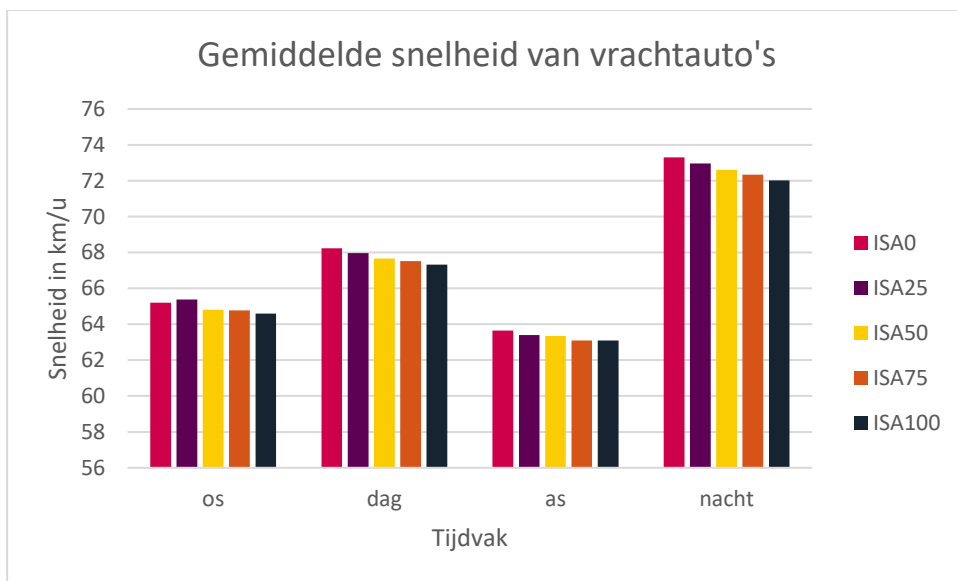
Figuur 27: Gemiddelde snelheid van alle auto's



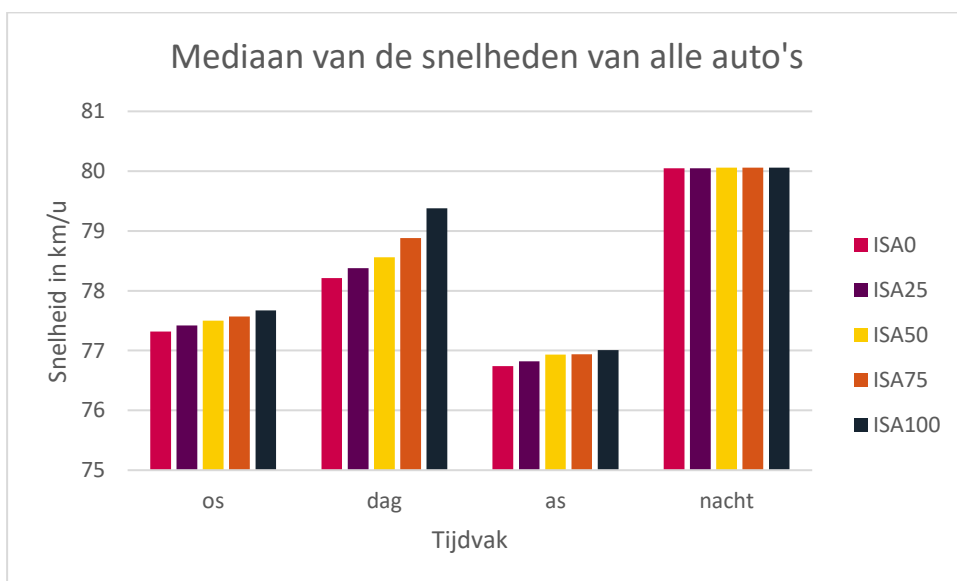
Figuur 28: Gemiddelde snelheid van niet-ISA-auto's



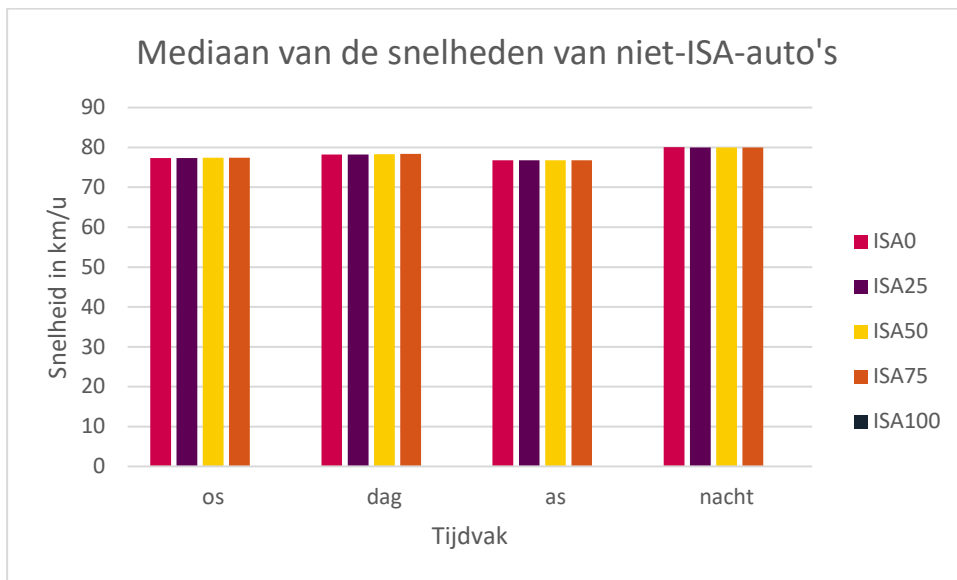
Figuur 29: Gemiddelde snelheid van ISA-auto's



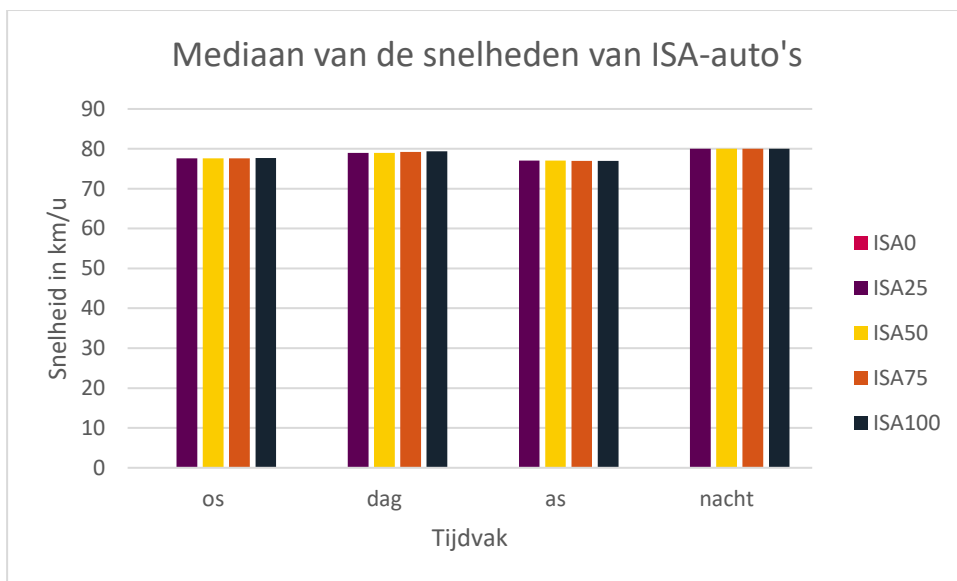
Figuur 30: Gemiddelde snelheid van vrachtauto's



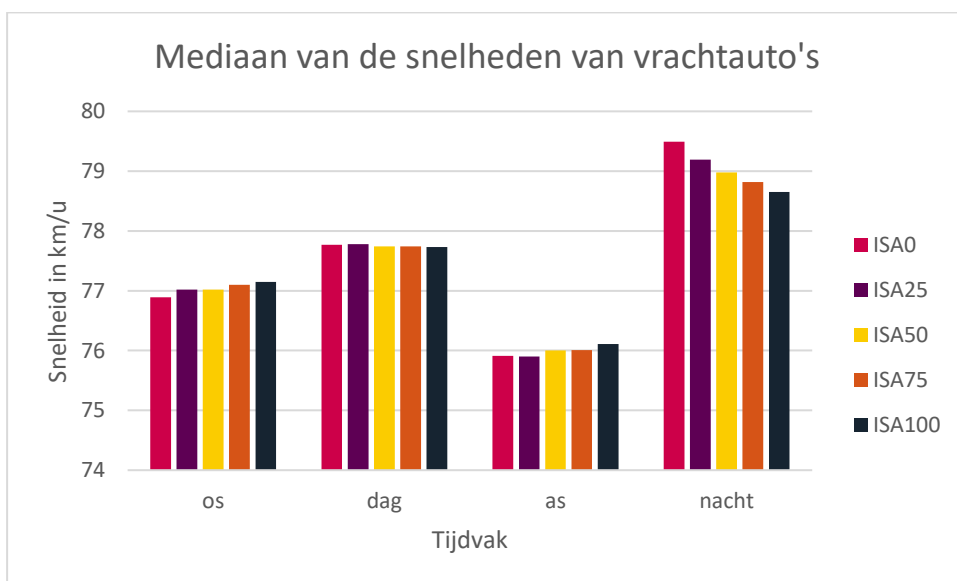
Figuur 31: Mediaan van de snelheden van alle auto's



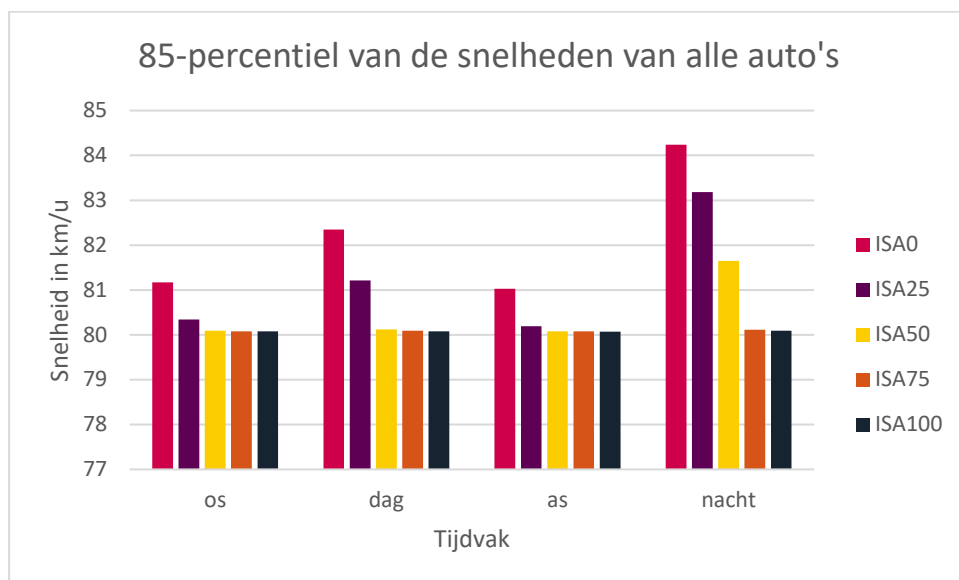
Figuur 32: Mediaan van de snelheden van niet-ISA-auto's



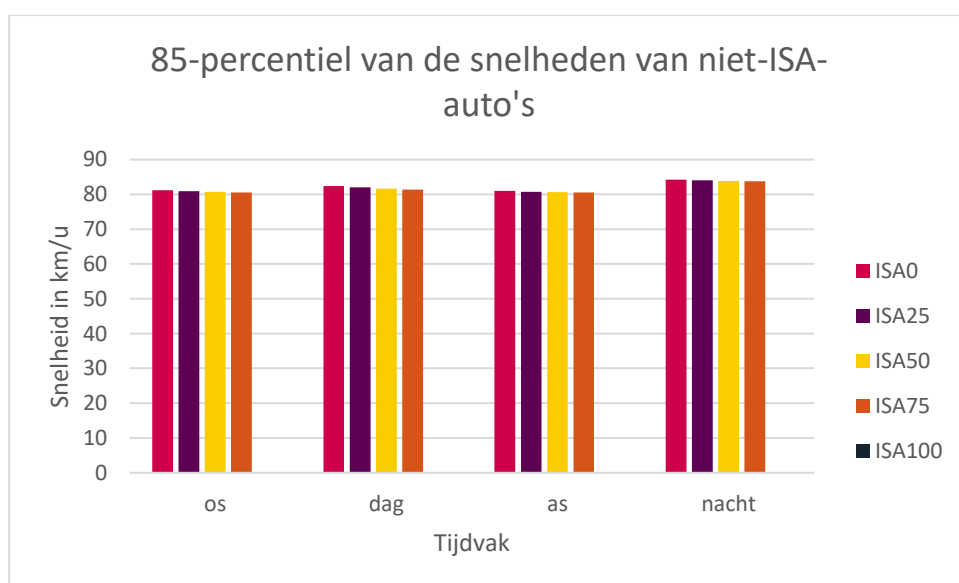
Figuur 33: Mediaan van de snelheden van ISA-auto's



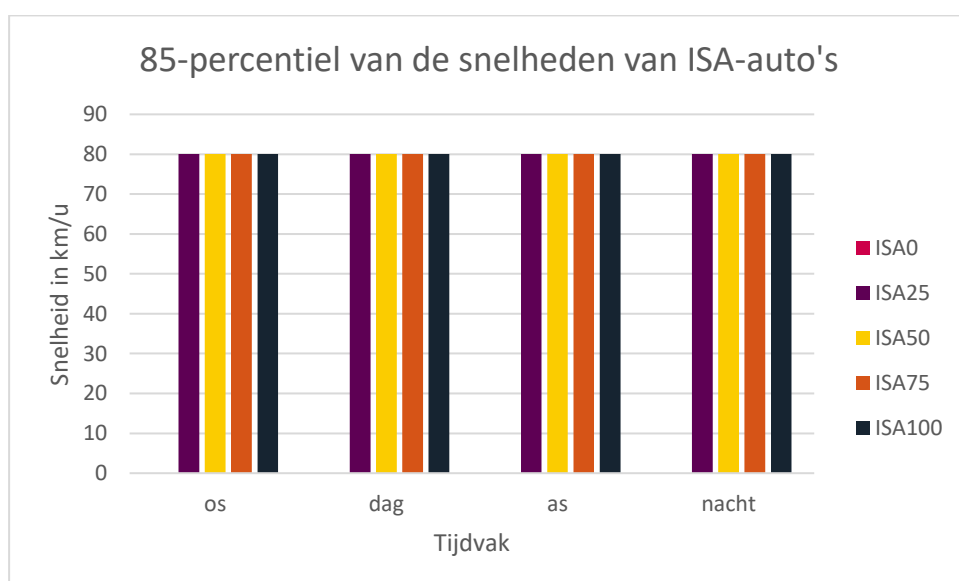
Figuur 34: Mediaan van de snelheden van vrachtauto's



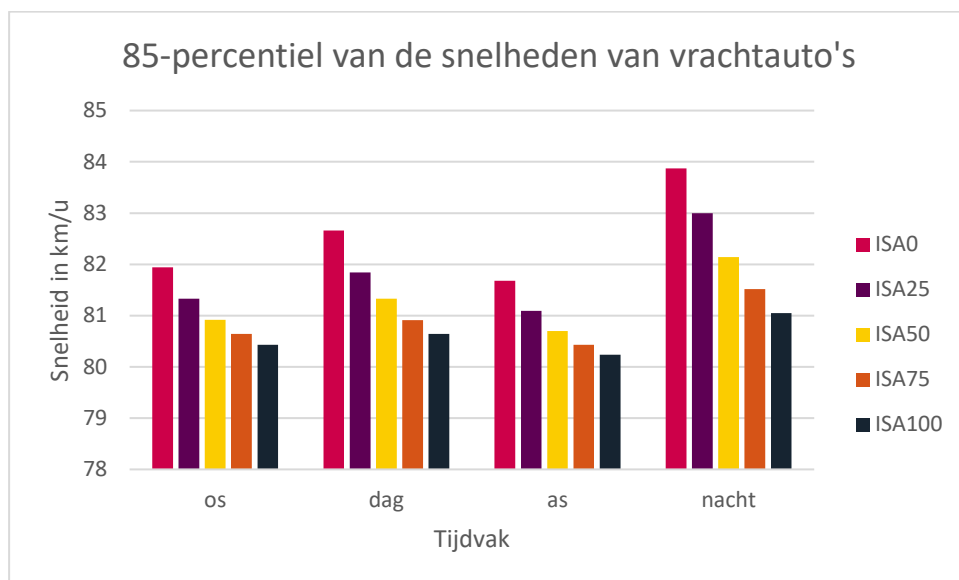
Figuur 35: 85-percentiel van de snelheden van alle auto's



Figuur 36: 85-percentiel van de snelheden van niet-ISA-auto's

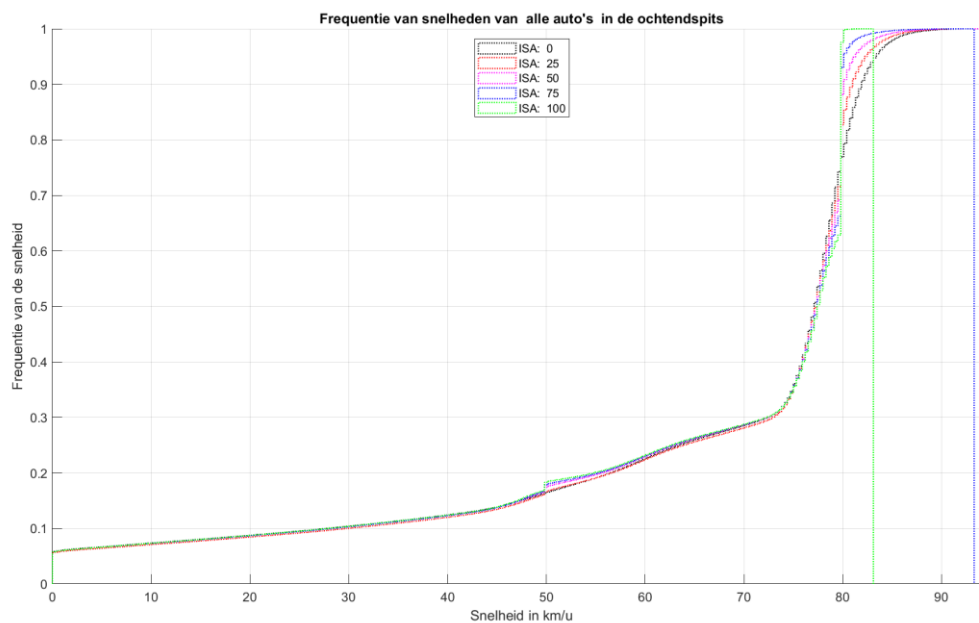


Figuur 37: 85-percentiel van de snelheden van ISA-auto's

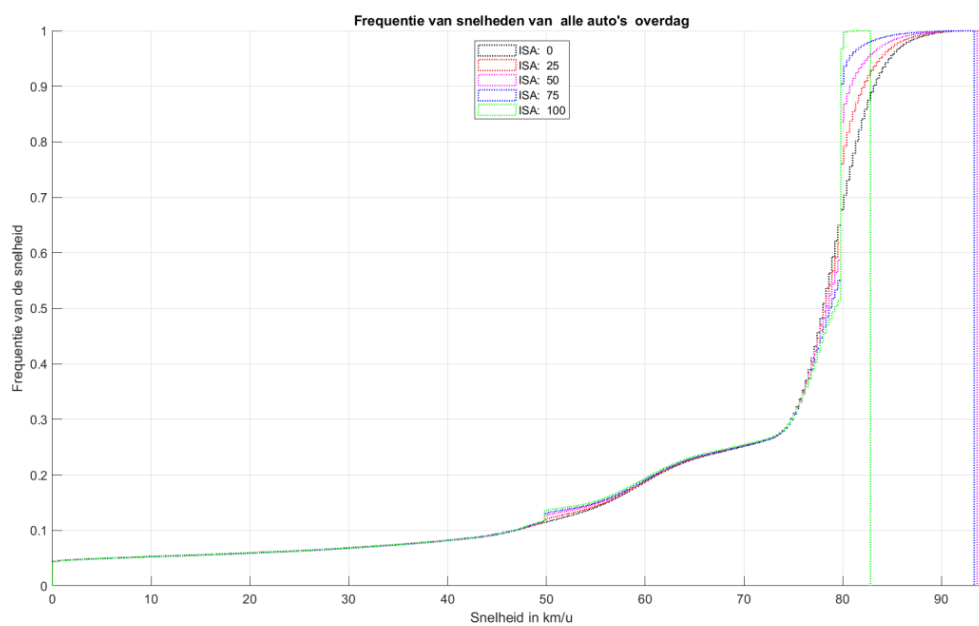


Figuur 38: 85-percentiel van de snelheden van vrachtauto's

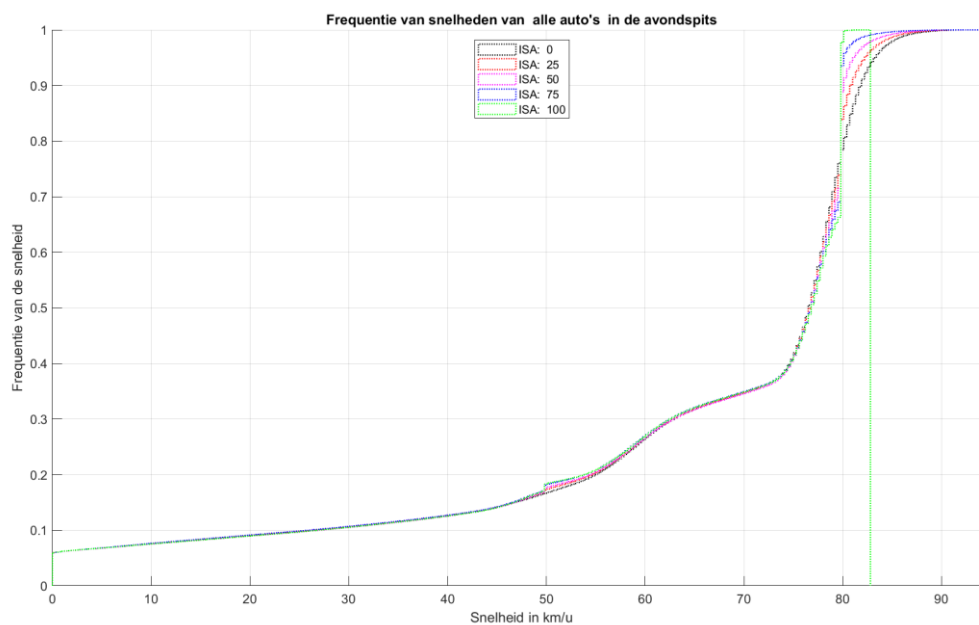
Appendix G: Cumulatieve verdelingen van de snelheden



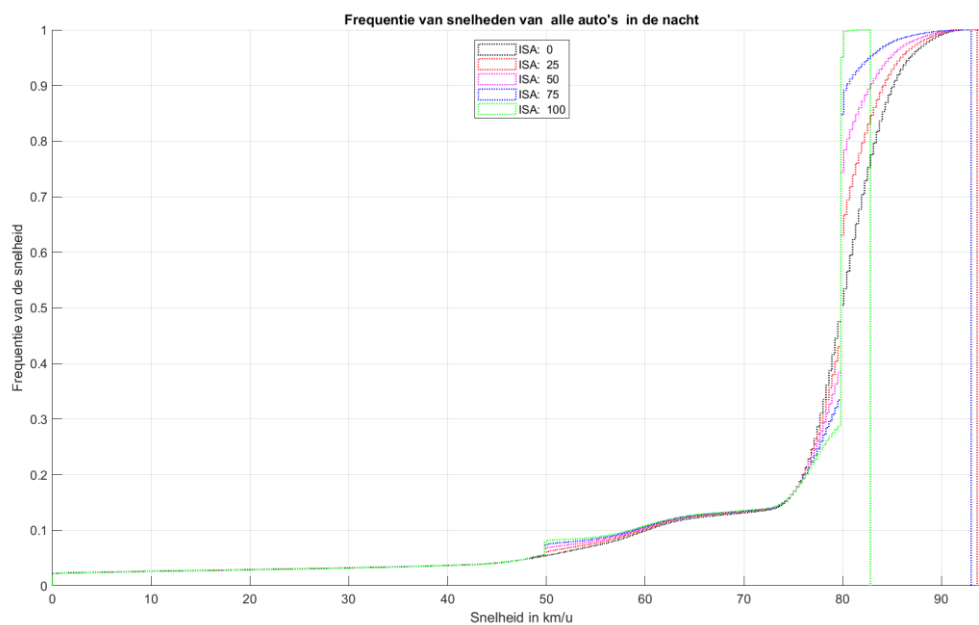
Figuur 39: Frequentie van de snelheden van alle auto's in de ochtendspits



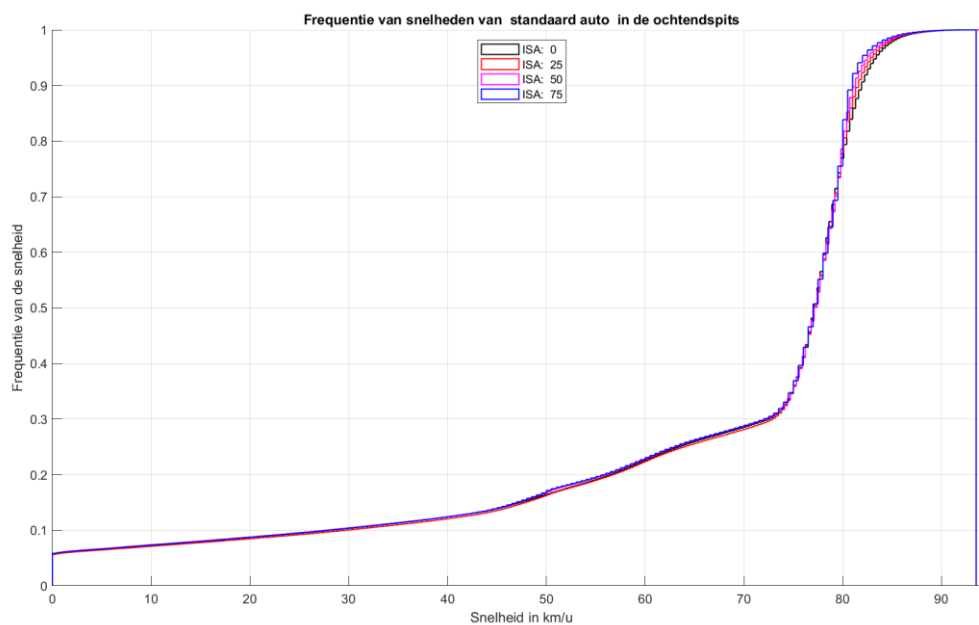
Figuur 40: Frequentie van de snelheden van alle auto's overdag



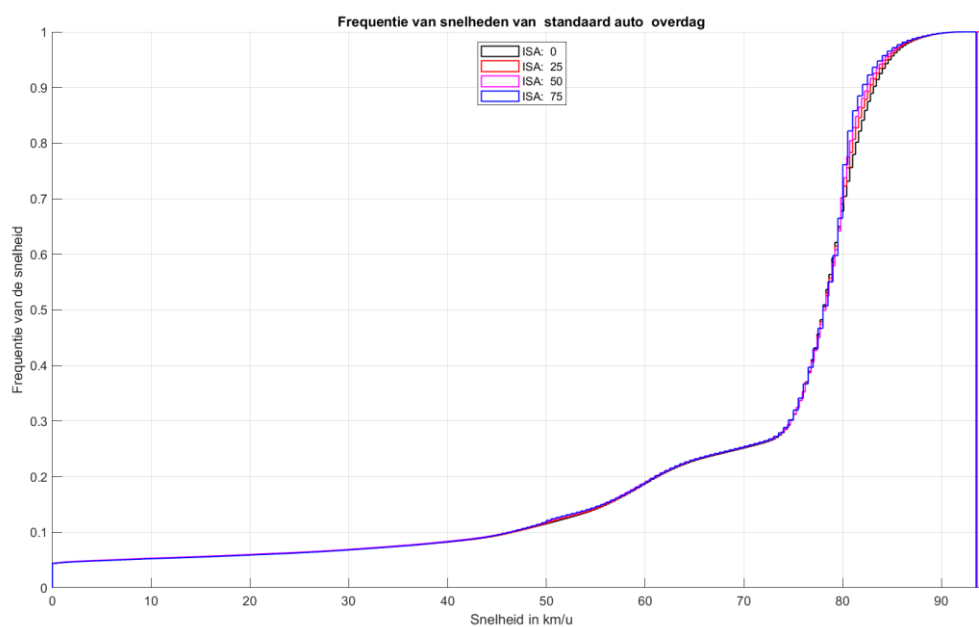
Figuur 41: Frequentie van de snelheden van alle auto's in de avondspits



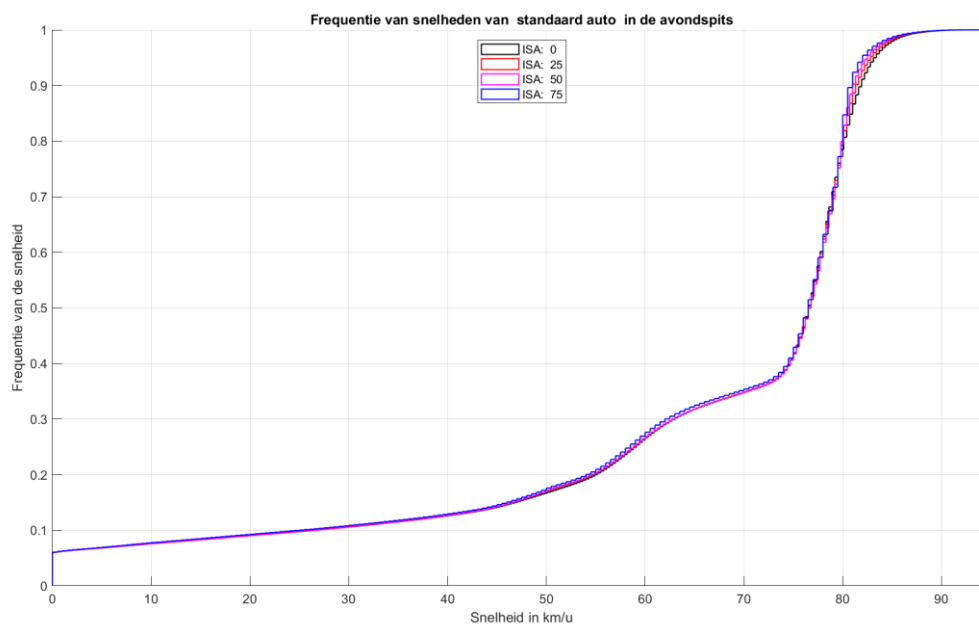
Figuur 42: Frequentie van de snelheden van alle auto's in de nacht



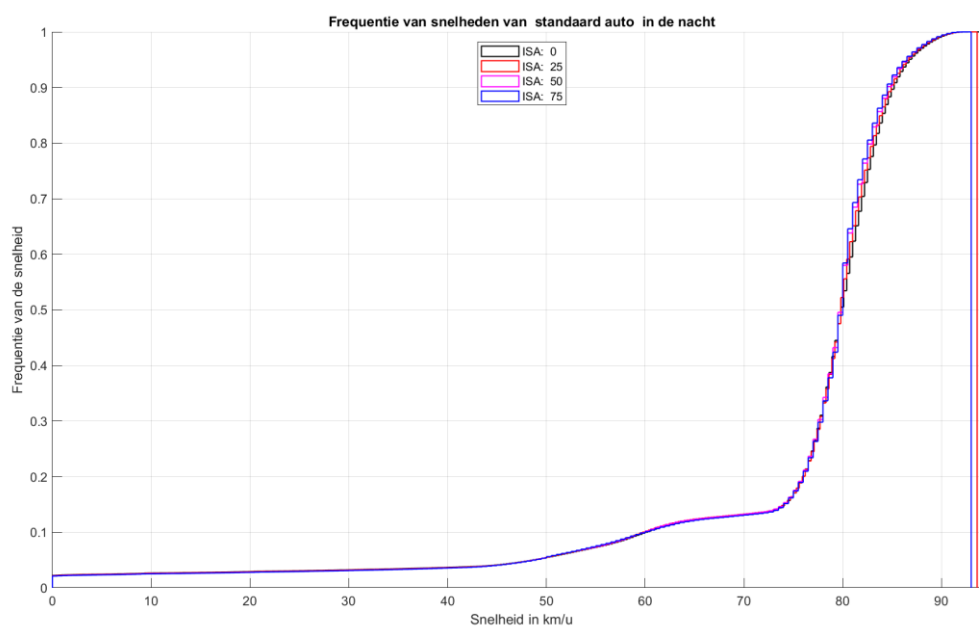
Figuur 43: Frequentie van de snelheden van niet-ISA-auto's in de ochtendspits



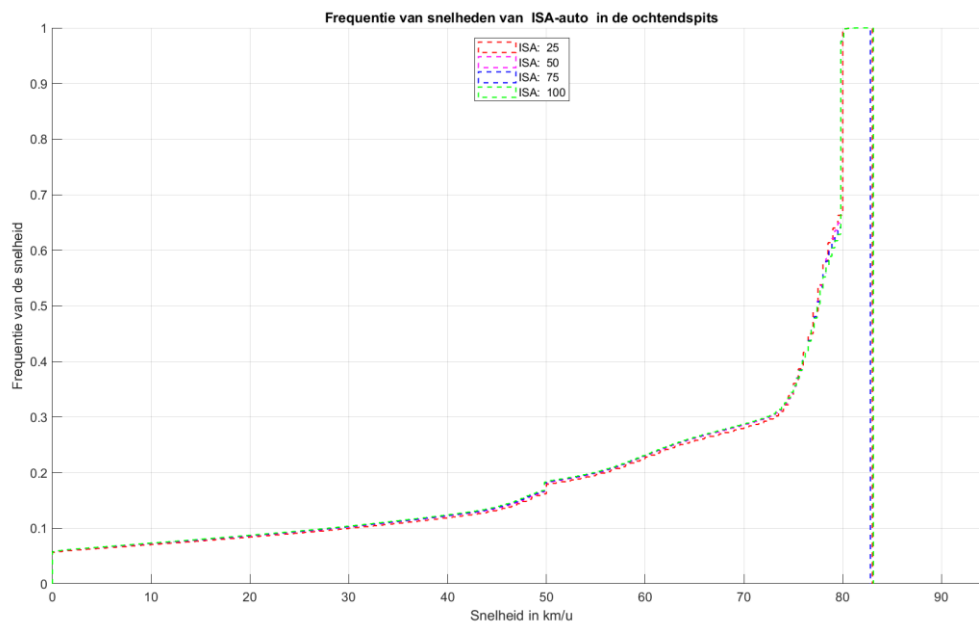
Figuur 44: Frequentie van de snelheden van niet-ISA-auto's overdag



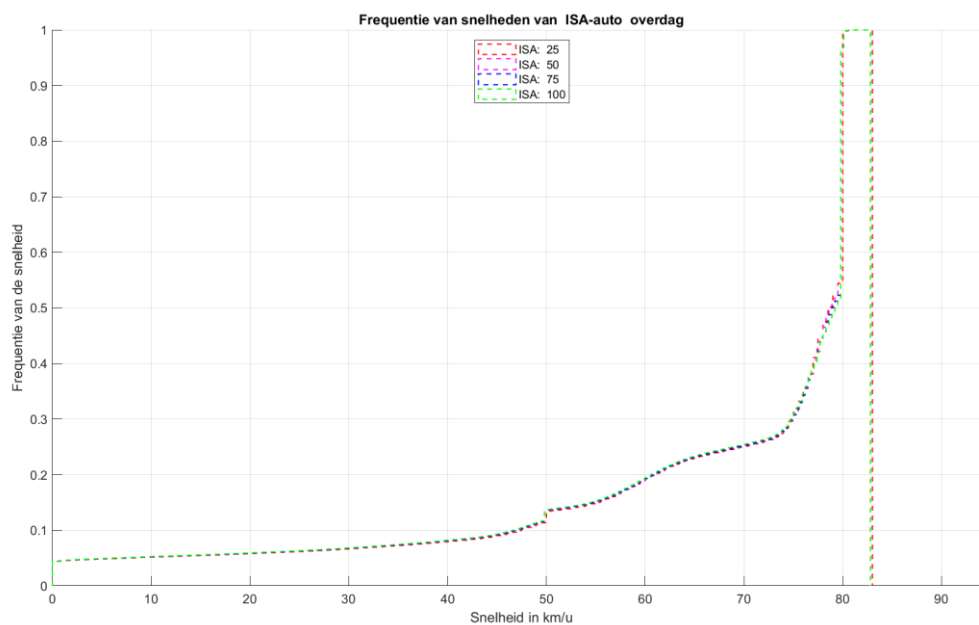
Figuur 45: Frequentie van de snelheden van niet-ISA-auto's in de avondspits



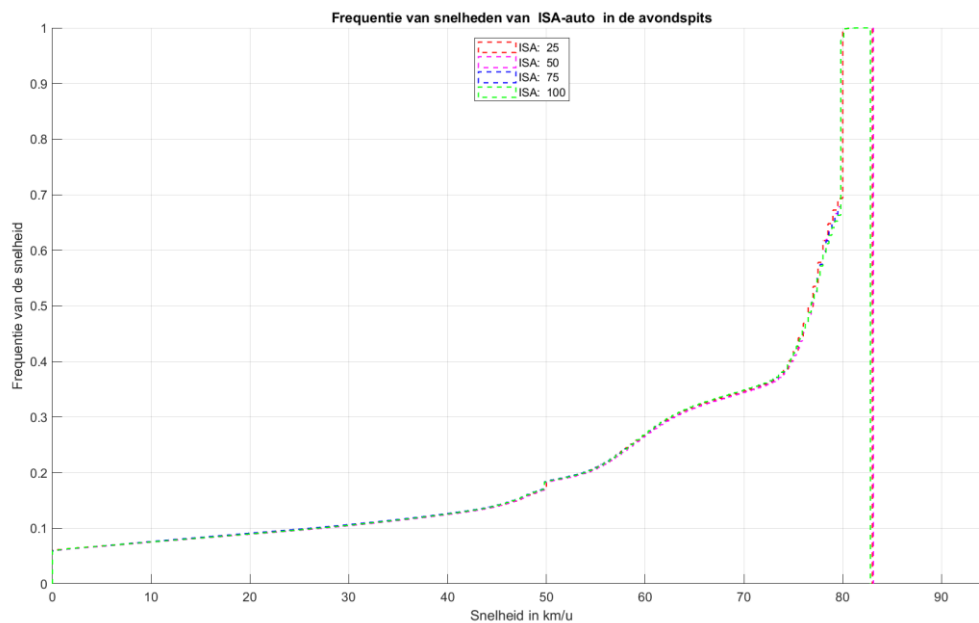
Figuur 46: Frequentie van de snelheden van niet-ISA-auto's in de nacht



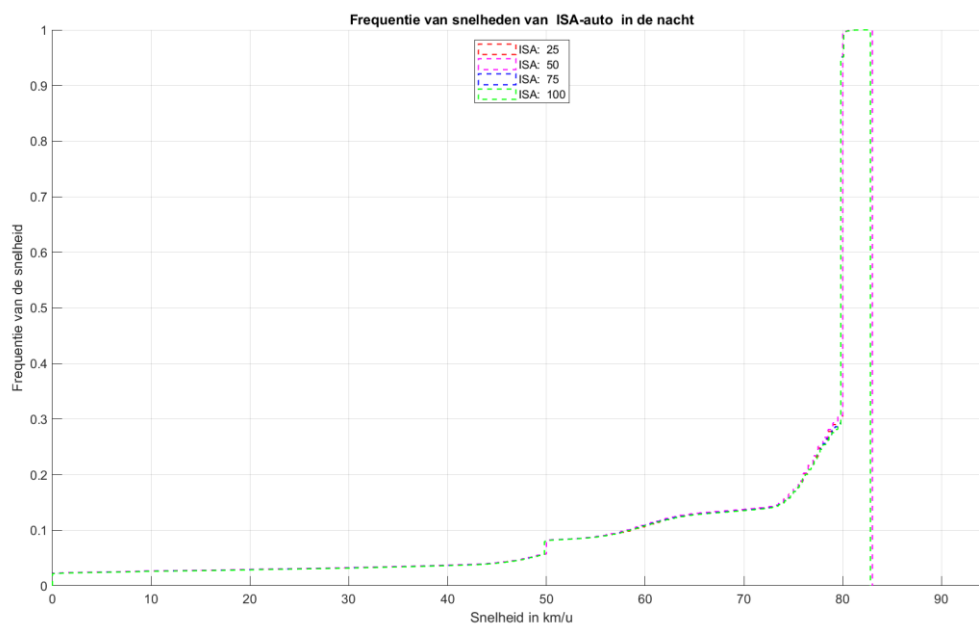
Figuur 47: Frequentie van de snelheden van ISA-auto's in de ochtendspits



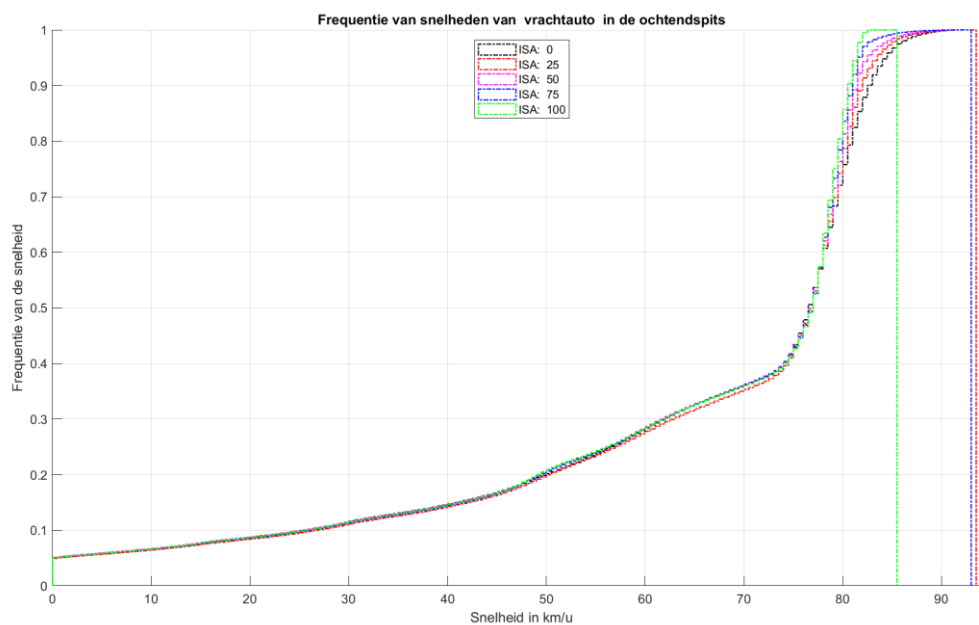
Figuur 48: Frequentie van de snelheden van ISA-auto's overdag



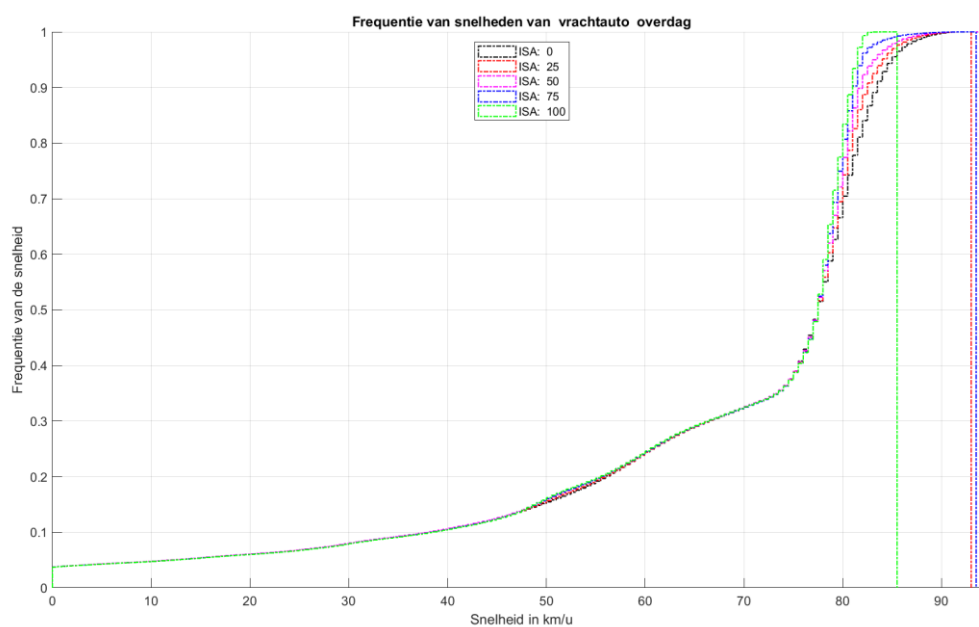
Figuur 49: Frequentie van de snelheden van ISA-auto's in de avondspits



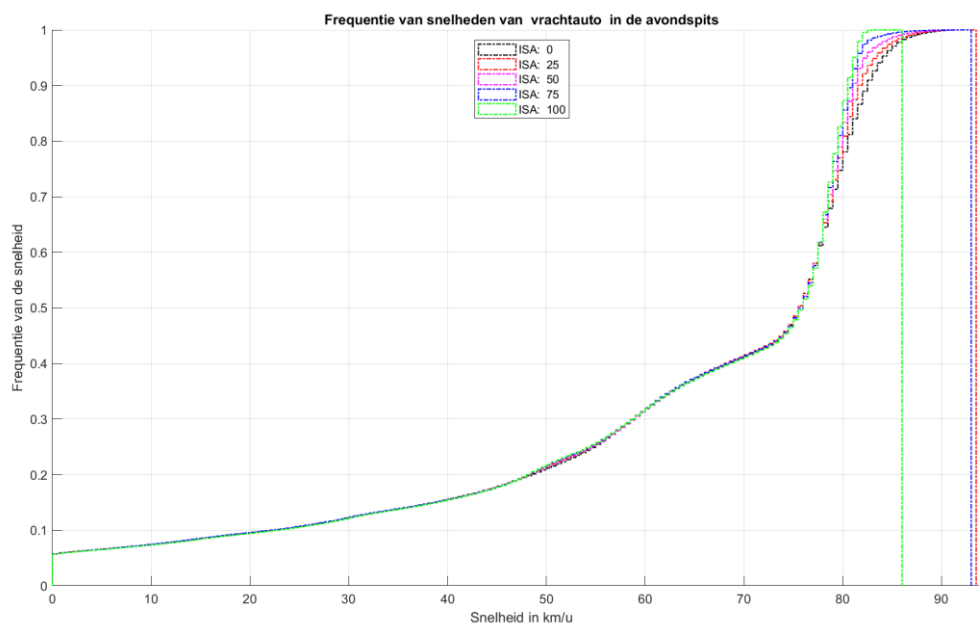
Figuur 50: Frequentie van de snelheden van ISA-auto's in de nacht



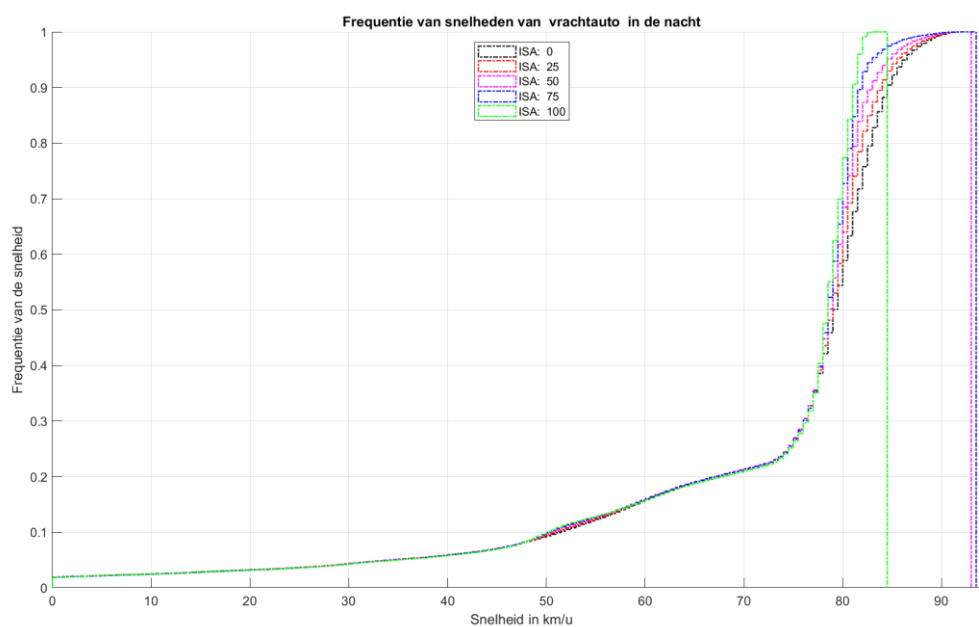
Figuur 51: Frequentie van de snelheden van vrachtauto's in de ochtendspits



Figuur 52: Frequentie van de snelheden van vrachtauto's overdag

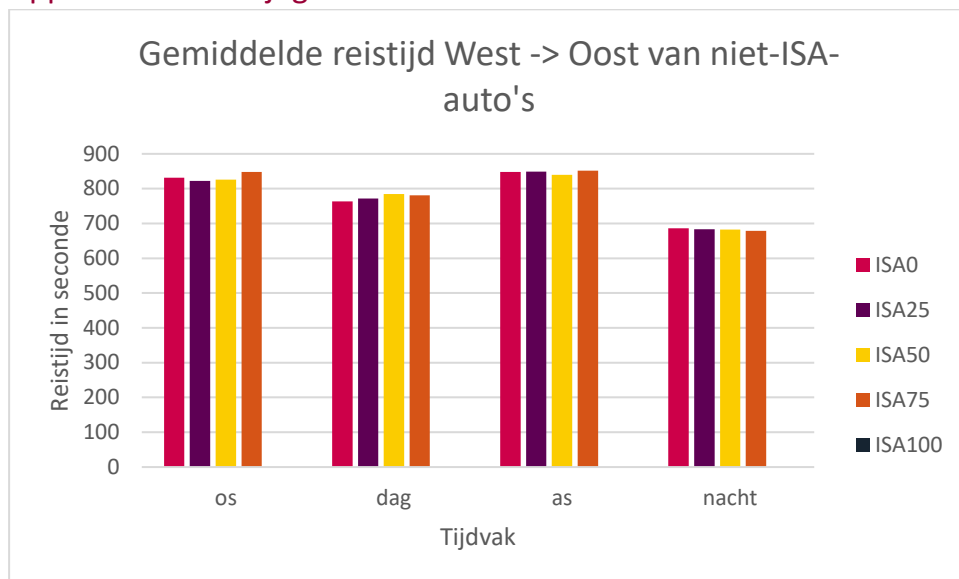


Figuur 53: Frequentie van de snelheden van vrachtauto's in de avondspits

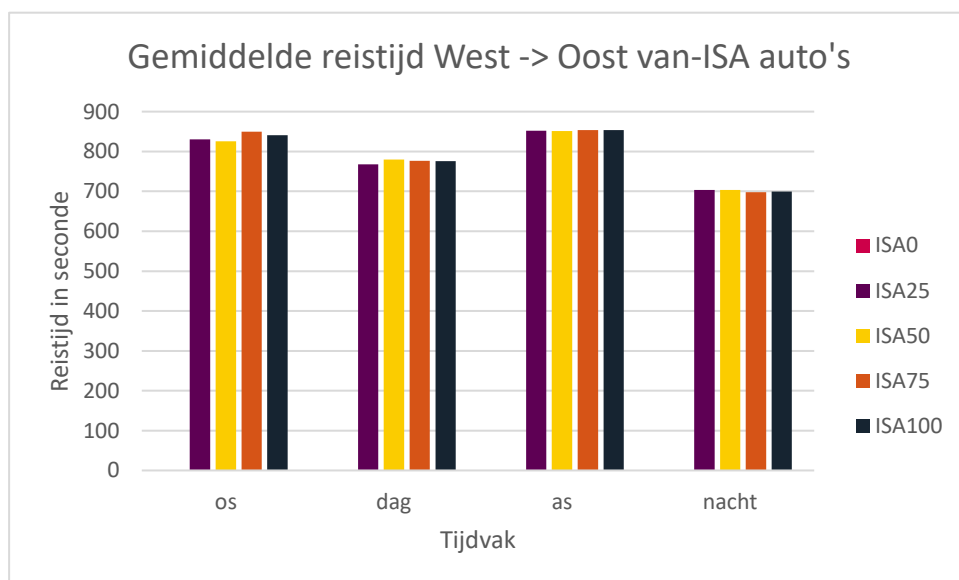


Figuur 54: Frequentie van de snelheden van vrachtauto's in de nacht

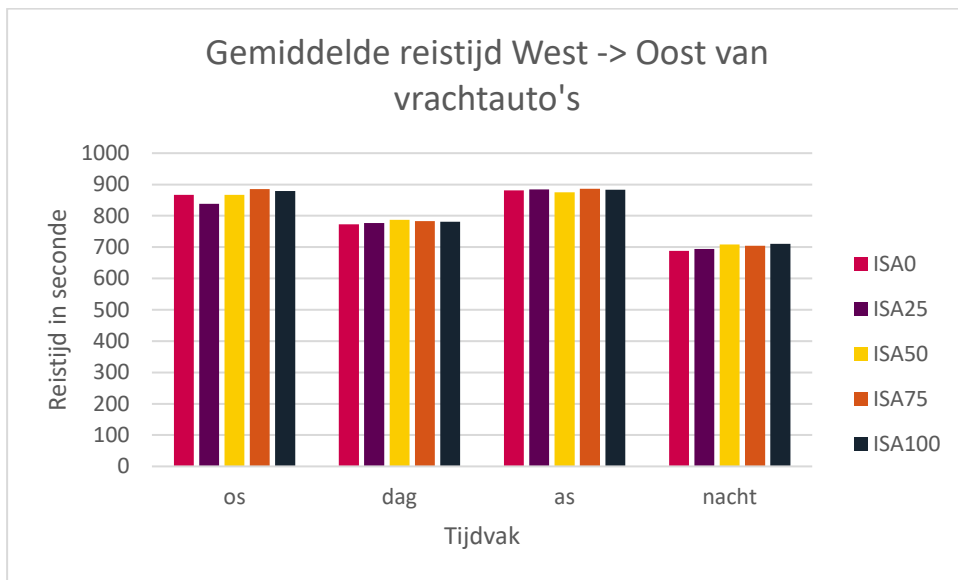
Appendix H: Reistijdgrafieken



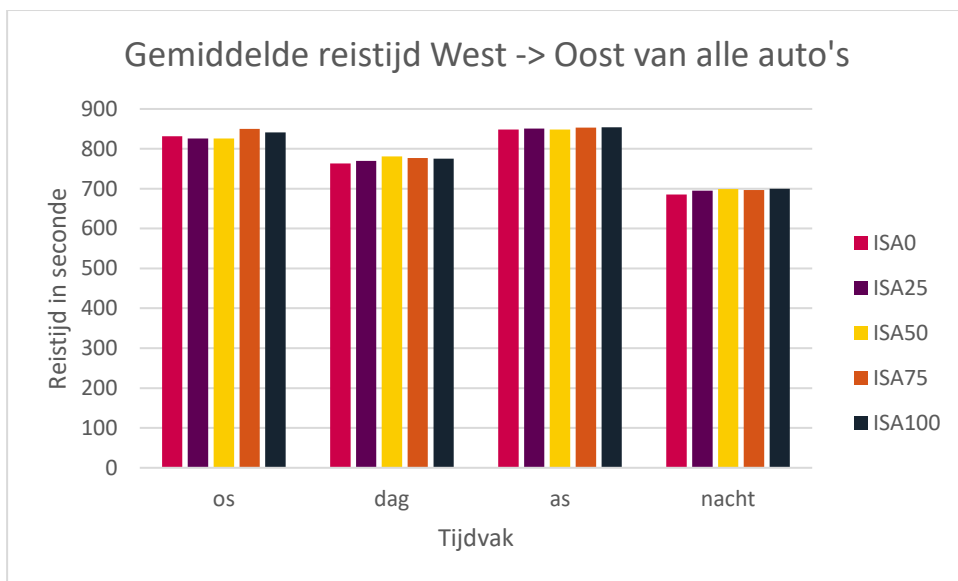
Figuur 55: Gemiddelde reistijd West -> Oost van niet-ISA-auto's



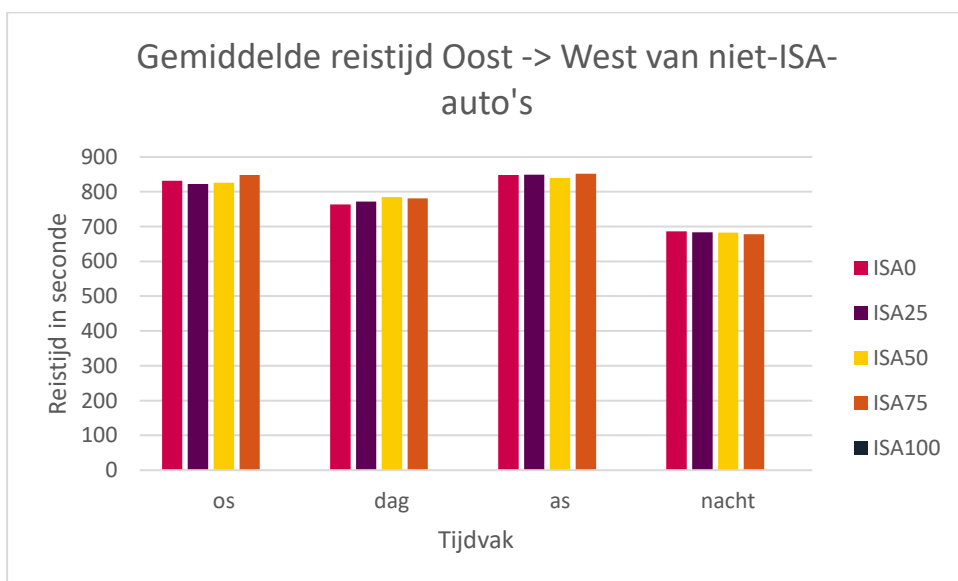
Figuur 56: Gemiddelde reistijd West -> Oost van ISA-auto's



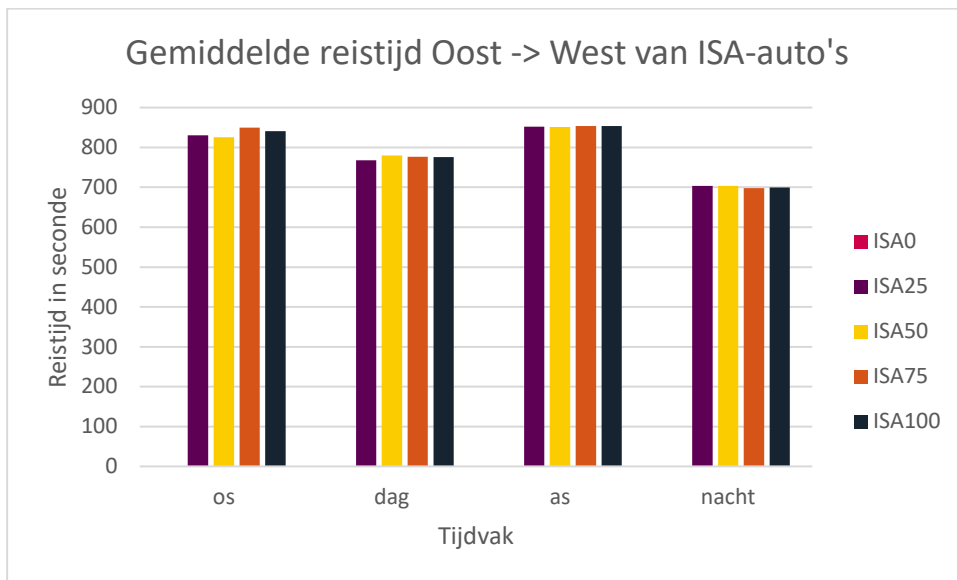
Figuur 57: Gemiddelde reistijd West -> Oost van vrachtauto's



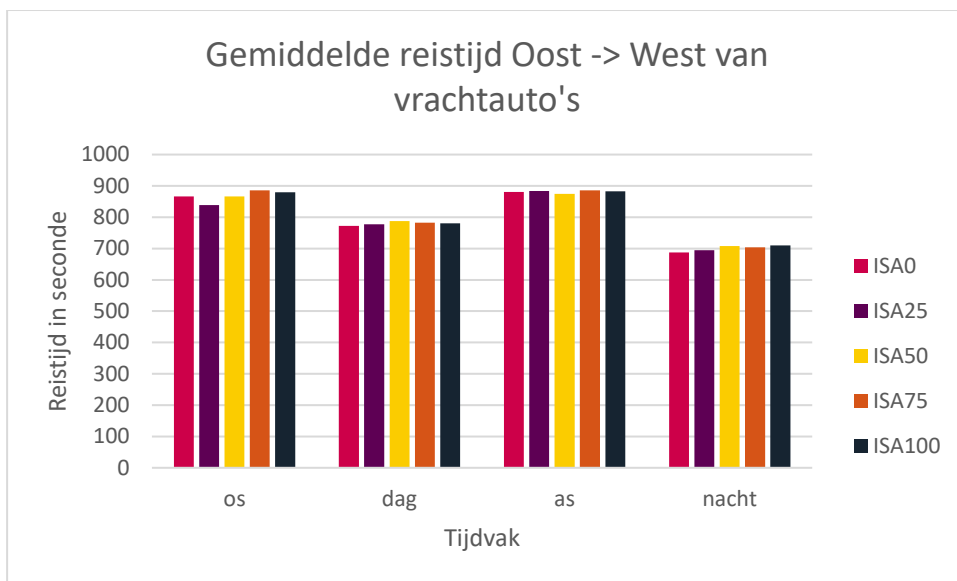
Figuur 58: Gemiddelde reistijd West -> Oost van alle auto's



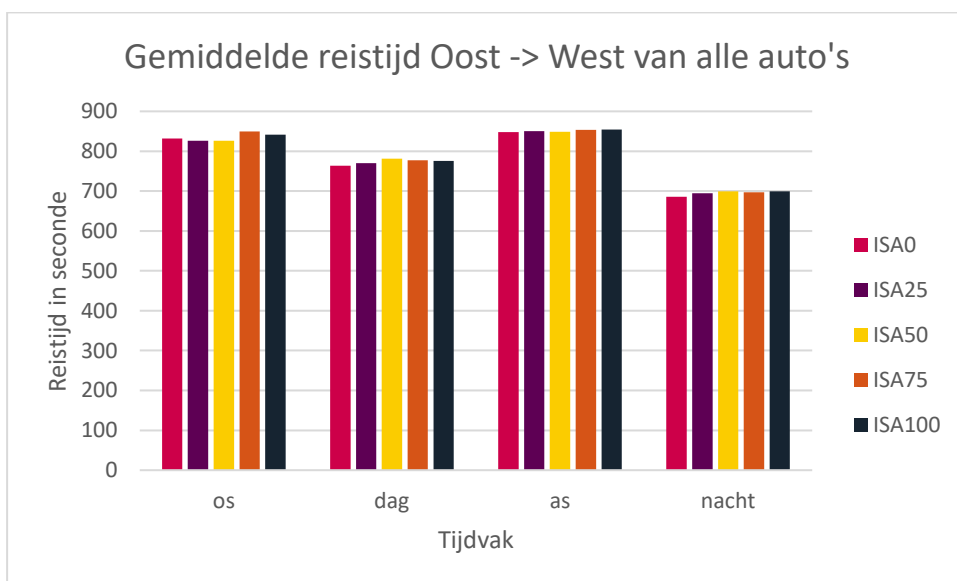
Figuur 59: Gemiddelde reistijd Oost -> West van niet-ISA-auto's



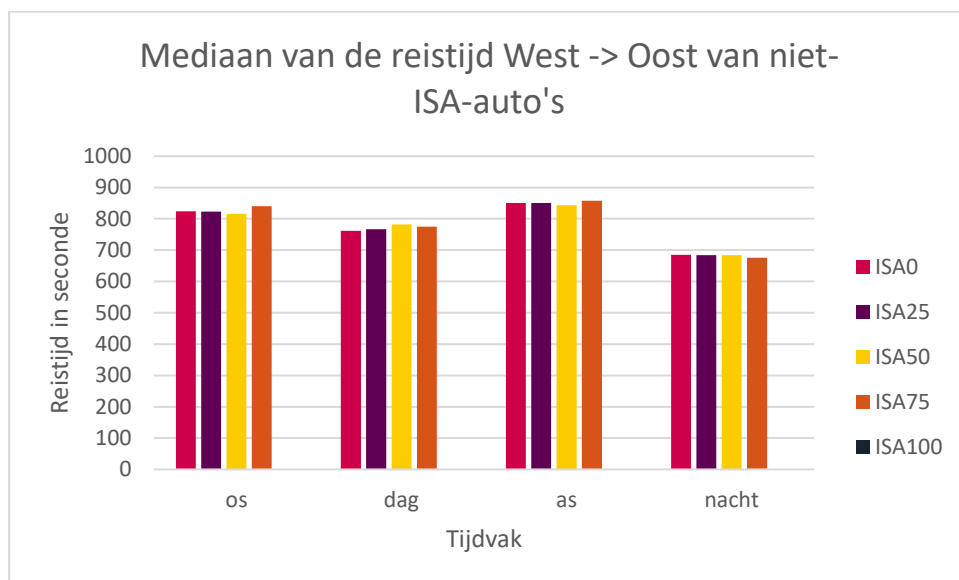
Figuur 60: Gemiddelde reistijd Oost -> West van ISA-auto's



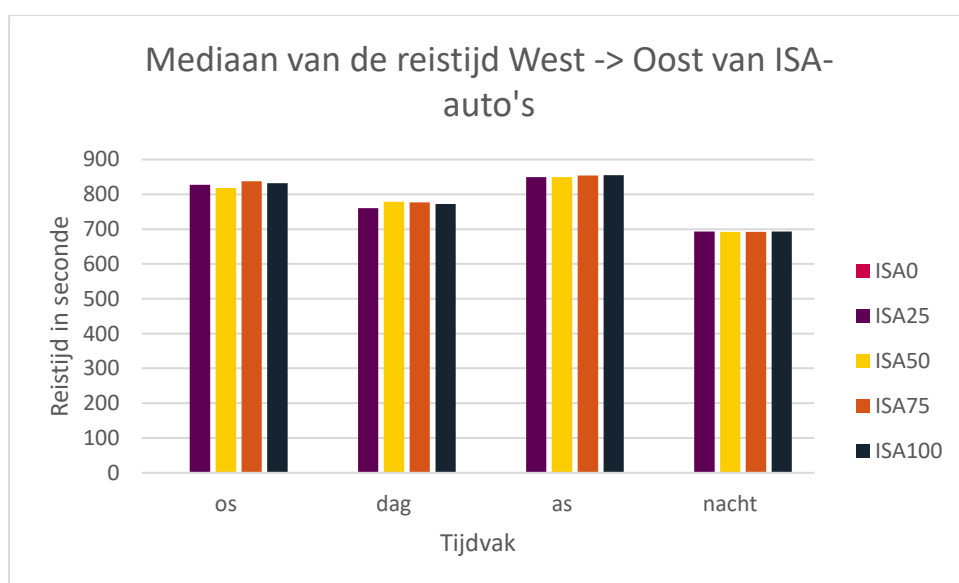
Figuur 61: Gemiddelde reistijd Oost -> West van vrachtauto's



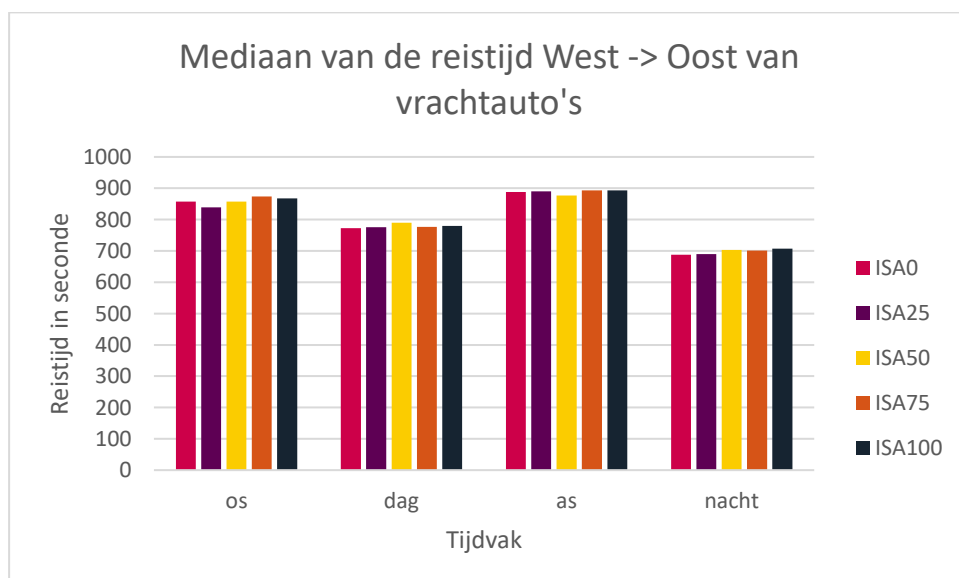
Figuur 62: Gemiddelde reistijd Oost -> West van alle auto's

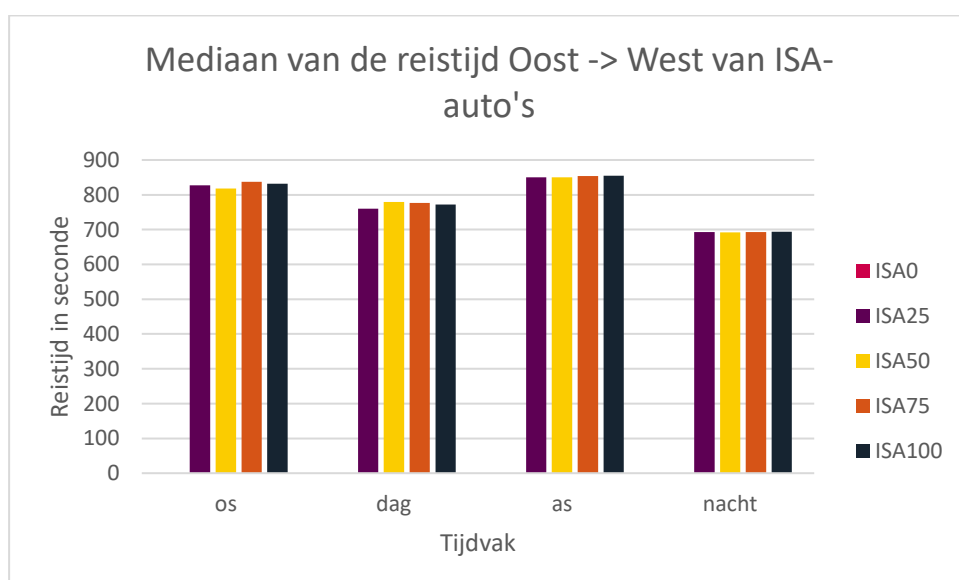
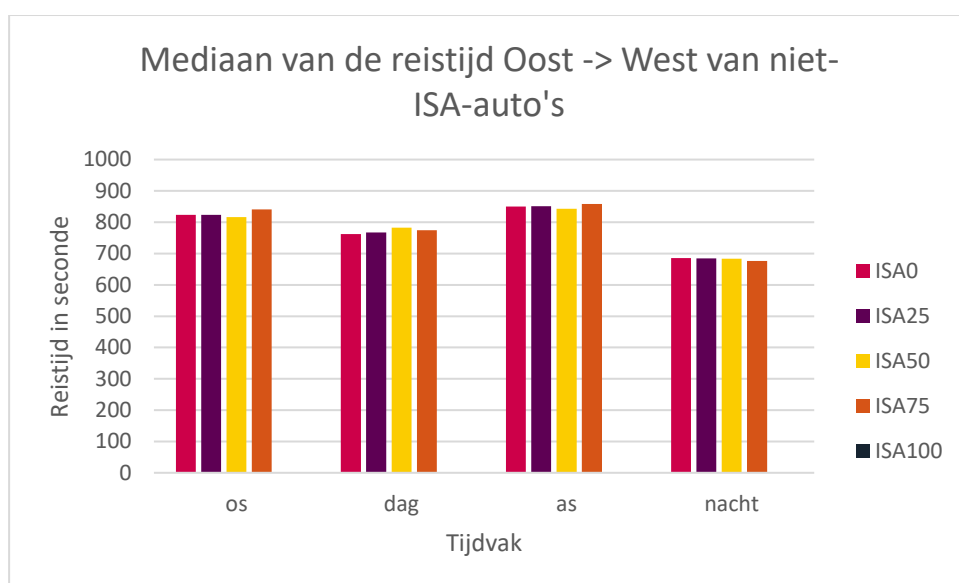
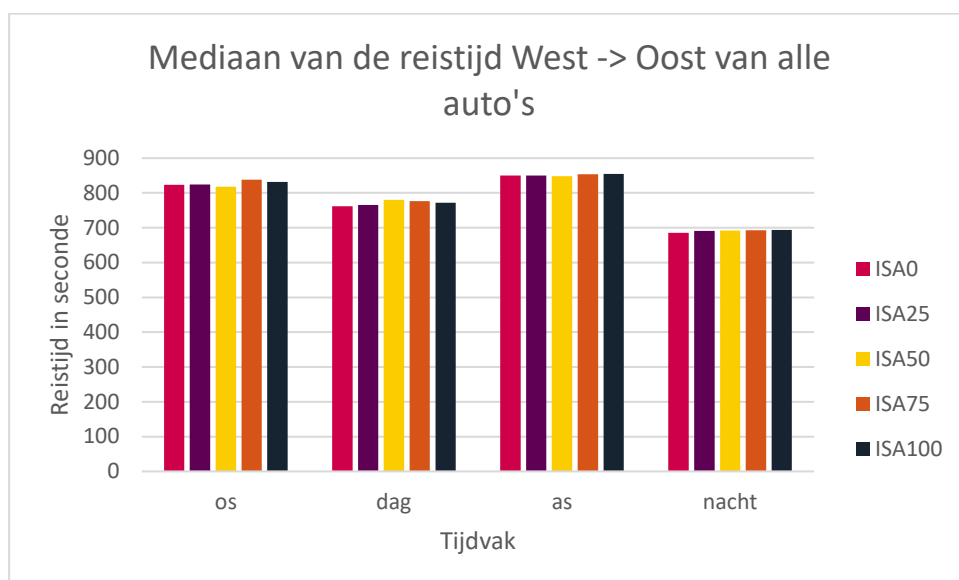


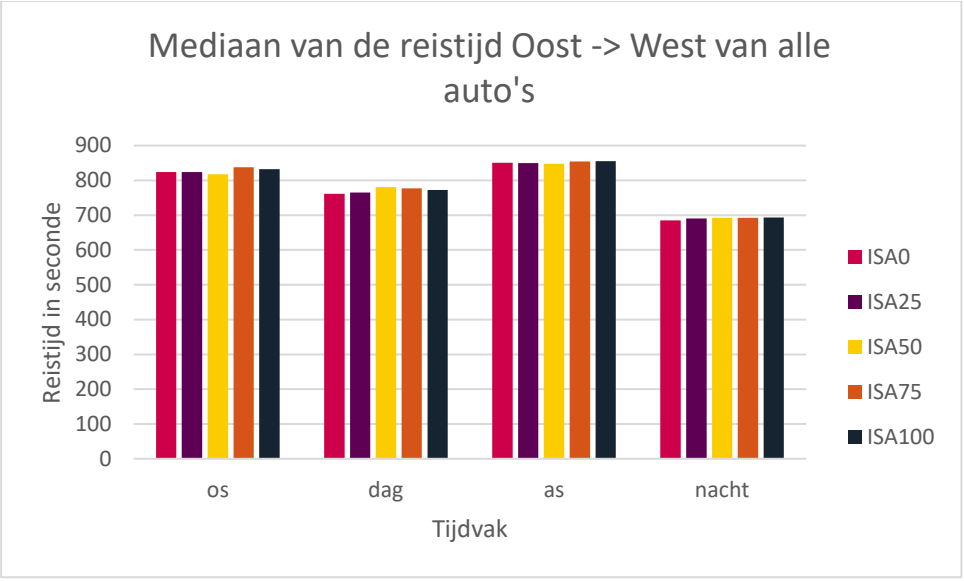
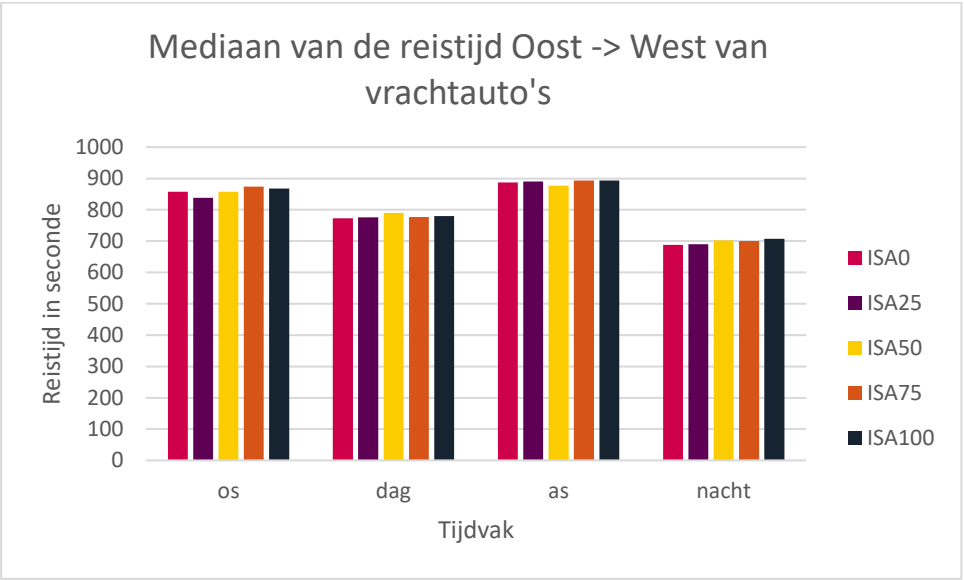
Figuur 63: Mediaan van de reistijd West -> Oost van niet-ISA-auto's



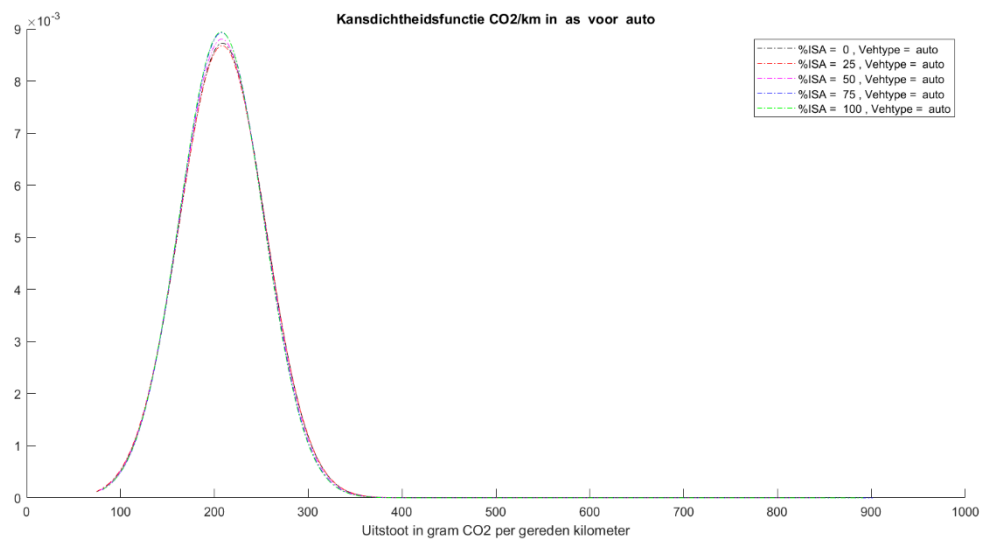
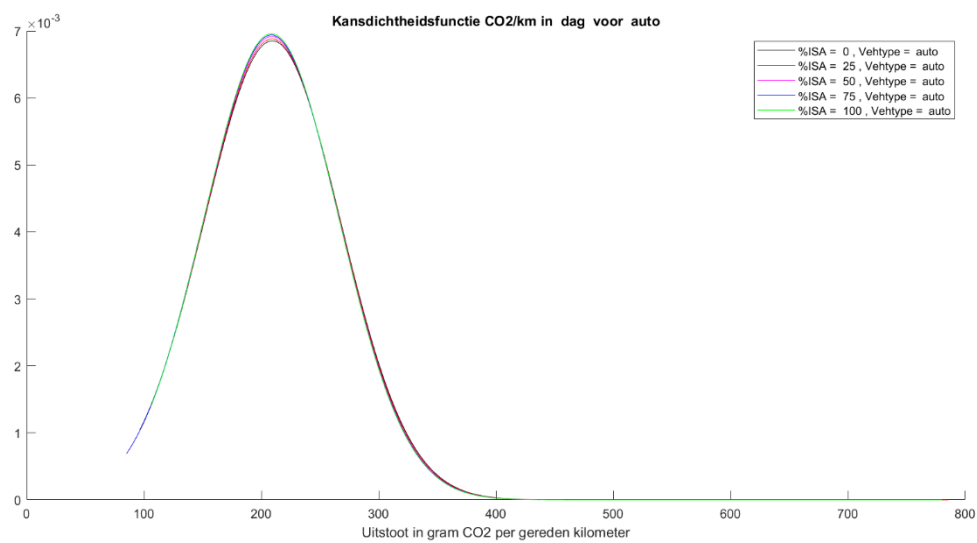
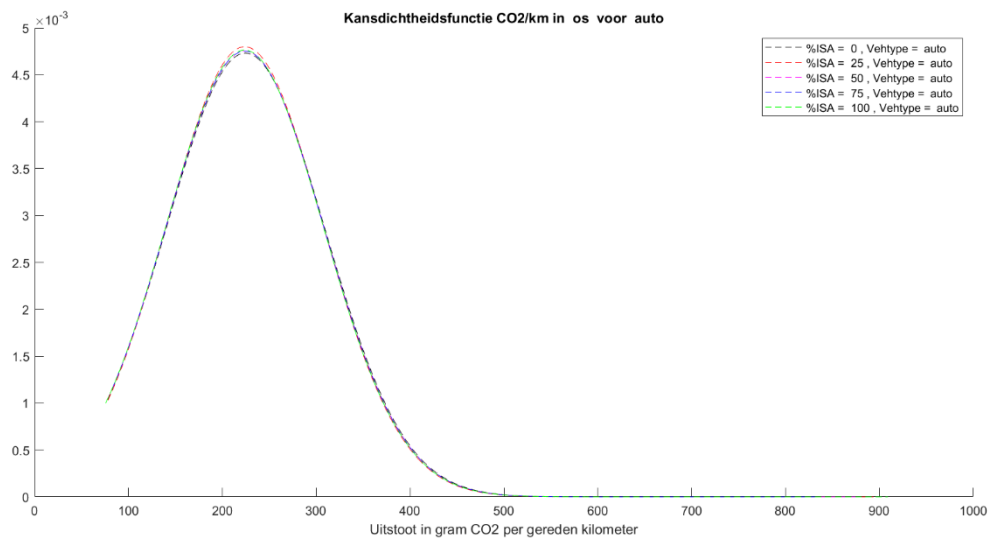
Figuur 64: Mediaan van de reistijd West -> Oost van ISA-auto's

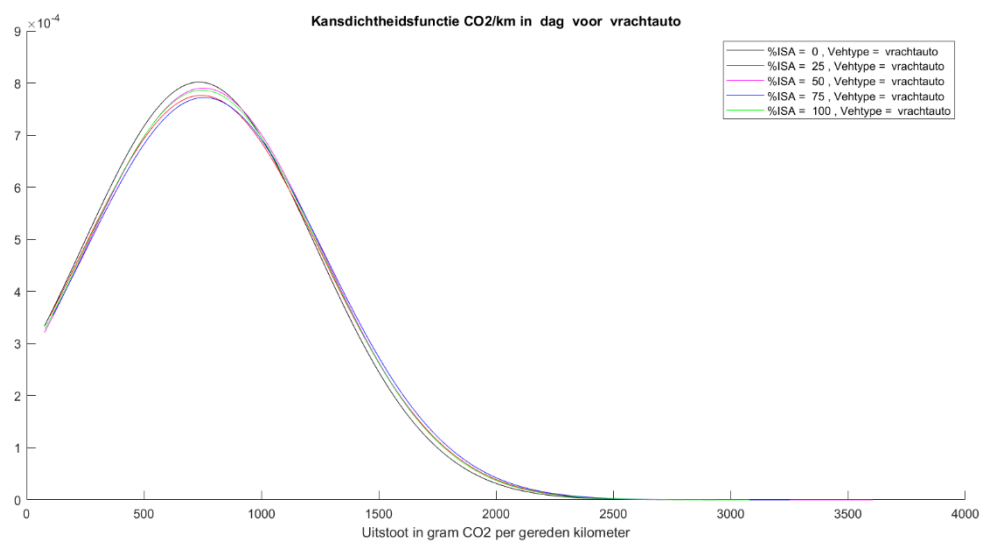
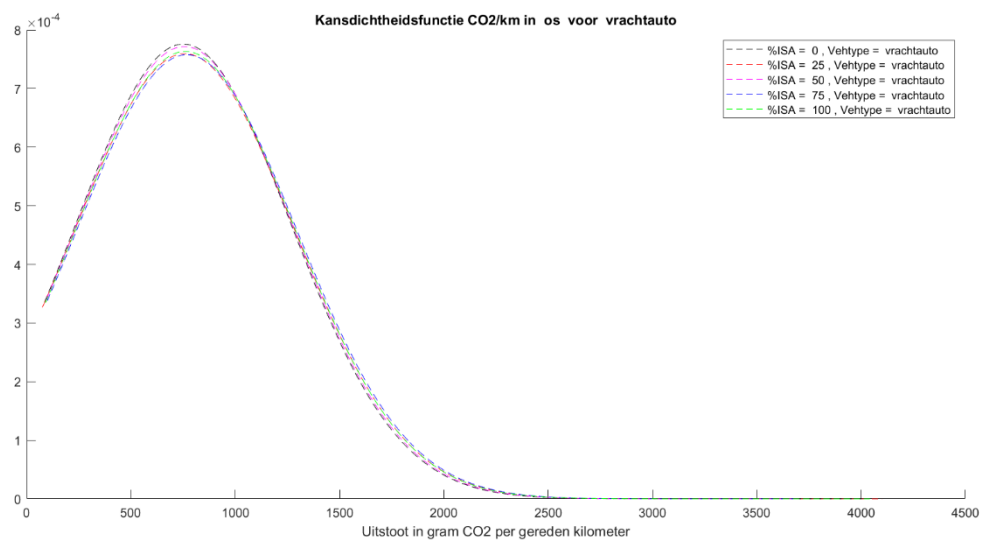
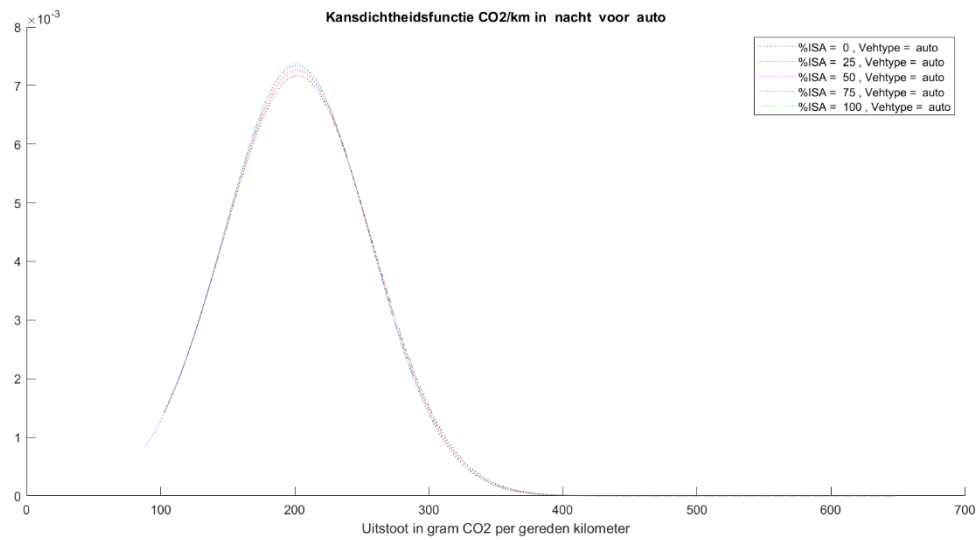


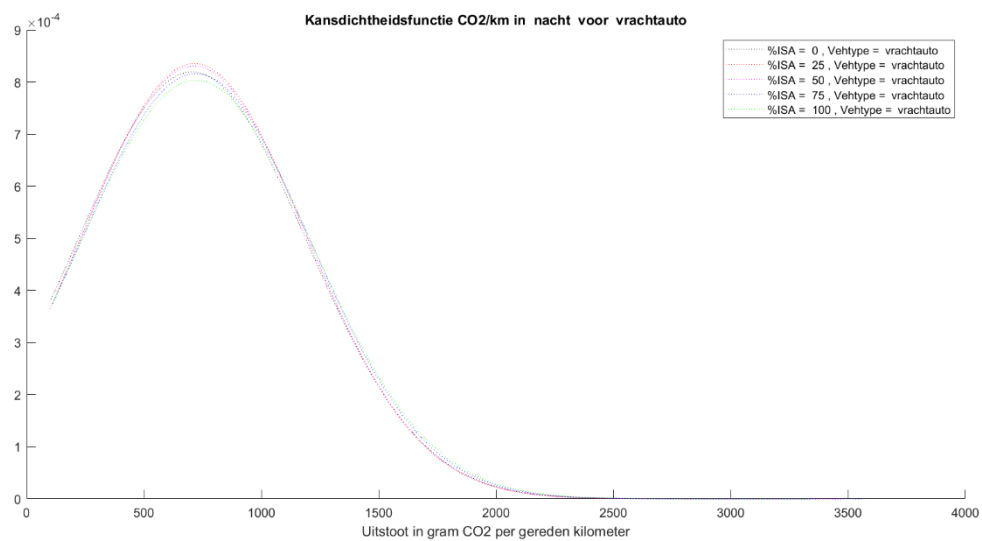
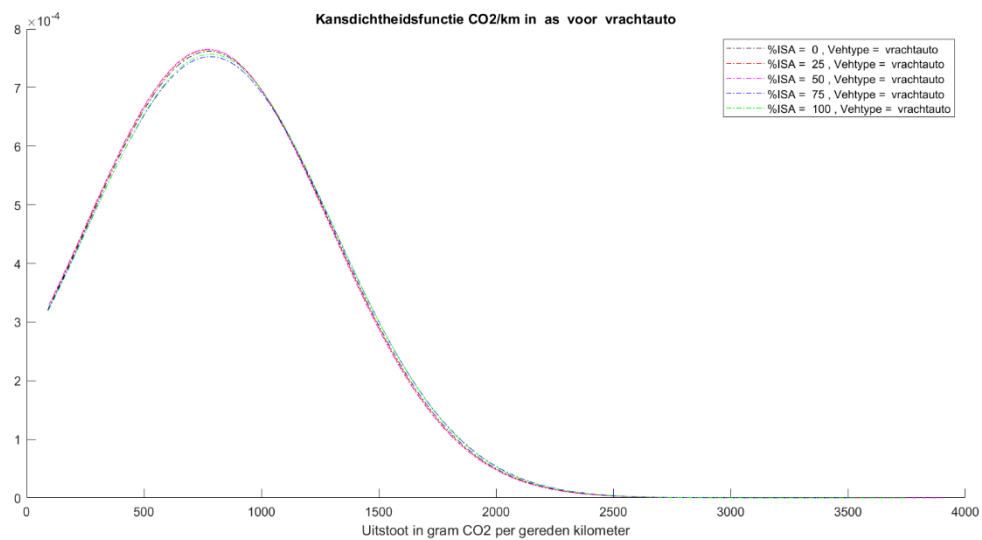




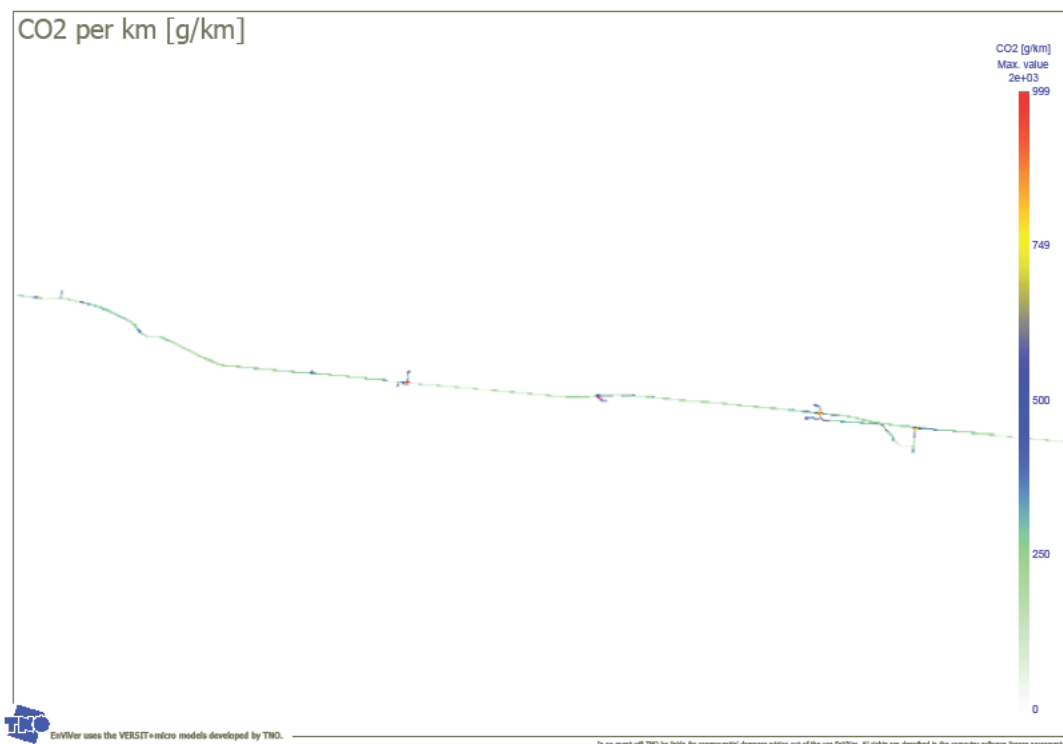
Appendix I: Uitstootgrafieken



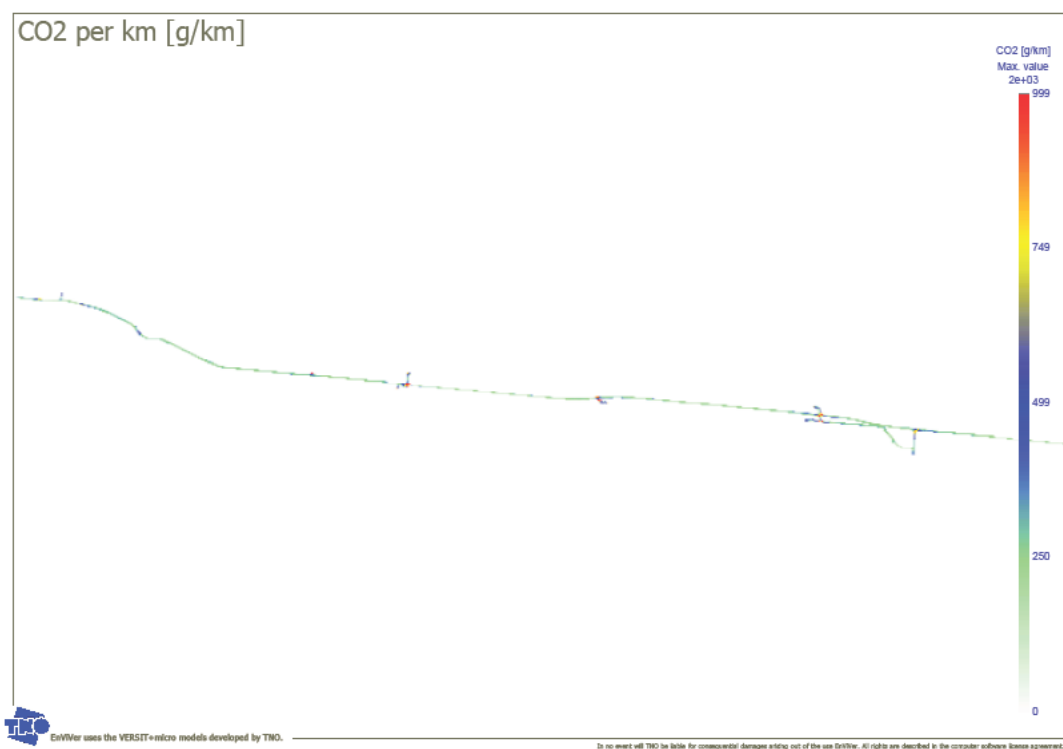




Appendix J: Kaarten van de uitstoot



Figuur 65: Kaart van de uitstoot bij 0% ISA overdag



Figuur 66: Kaart van de uitstoot bij 100% ISA overdag