

SNELHEIDSPROFIELEN HORIZONTALE BOGEN

Analyse Floating Car Data

4 NOVEMBER 2016

Contactpersonen

JOOST DE JONG
Adviseur

M +31 (0)6 4641 8948
E joost.dejong@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

PATRICK BROEREN
Senior Adviseur

M +31 6 466 47 203
E patrick.broeren@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doelstelling	5
1.3	Onderzochte verbindingbogen	5
2	AANPAK	6
2.1	Floating car data	6
2.2	Neerslaggegevens	7
2.3	Bewerkingen en berekeningen	7
3	ANALYSE PER VERBINDINGSWEG	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Knooppunt Almere	10
3.2.1	Vergelijking Floating Car Data en Helicopter-metingen	12
3.3	Knooppunt Azelo	13
3.4	Knooppunt De Stok	15
3.5	Knooppunt Emmeloord	17
3.6	Knooppunt Galder	19
3.7	Knooppunt Hattermerbroek	21
3.7.1	Vergelijking Floating Car Data en Helicopter-metingen	23
3.8	Knooppunt Hoevelaken	24
3.9	Knooppunt Holendrecht	26
3.10	Knooppunt Nieuwe Meer	28
3.11	Knooppunt Noordhoek	30
3.12	Knooppunt Raasdorp	32
3.13	Knooppunt Ridderkerk	34
3.14	Knooppunt Rijnsweerd	36
3.15	Knooppunt Sabina	38
3.16	Knooppunt Watergraafsmeer	40
3.17	Knooppunt Zaandam	42

4	VERGELIJKING VERBINDINGSWEGEN	44
4.1	Overzicht	44
4.2	Snelheidsverschil en straal	47
4.3	Analyse neerslag	47
4.4	Analyse dag of nacht	51
4.5	Analyse snelheid en boogstraal	53
4.6	Analyse comfortwaarde	54
4.7	Analyse deceleratie	55
5	CONCLUSIES	56

BIJLAGEN

BIJLAGE A	BETROUWBAARHEID GPS-SNELHEIDSDATA	57
BIJLAGE B	NAT-DROOG GRAFIEKEN	59

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De afgelopen jaren zijn er diverse onderzoeken uitgevoerd in het kader van de actualisatie en betere onderbouwing van de richtlijn voor het ontwerpen van horizontale bogen op autosnelwegen:

- Een literatuurstudie en praktijkonderzoek naar de dwarsstroefheid in horizontale bogen;
- Een literatuurstudie naar het kantelen van vrachtauto's;
- Een literatuurstudie en kwantitatieve analyse van de relatie tussen ontwerp-, verkeer- en omgevingskenmerken van horizontale bogen enerzijds en ongevallen anderzijds;
- Een datastudie naar individuele snelheidsprofielen met behulp van videobeelden (helicoptermetingen).

De uitgevoerde onderzoeken hebben veel inzicht opgeleverd in de factoren die een belangrijke rol spelen in het optreden van ongevallen in horizontale bogen. De datastudie heeft goede inzichten gegeven in het rijgedrag in verbindingbogen, maar de meetmethode (helicopter) bevatte geen metingen onder natte condities en leverde slechte beperkte hoeveelheid metingen op. Dit benadrukte de behoefte aan een vervolgonderzoek waarin op grotere schaal de snelheidsprofielen in verbindingbogen kunnen worden bestudeerd en ook de invloed van neerslag wordt onderzocht.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek kan als volgt omschreven worden:

Het verkrijgen van inzicht in het rijgedrag van weggebruikers in horizontale bogen in knooppunten op basis van individuele snelheidsprofielen, aan de hand waarvan (mogelijke) relaties tussen de gereden snelheden, boogkenmerken en neerslaginvloeden vastgesteld kunnen worden.

1.3 Onderzochte verbindingbogen

De selectie van verbindingswegen waarop snelheidsprofielen zijn ingewonnen, is gebaseerd op eerder onderzoek naar de relatie tussen ongevalsfrequenties en boogkenmerken. Deze selectie is aangevuld met verbindingswegen die bij de verhardingsdeskundigen van Rijkswaterstaat GPO bekend zijn als 'gevaarlijk'. De selectie bevat de volgende verbindingbogen:

- Almere, VW r (A6-A27)
- Azelo, VW u (A35-A1)
- De Stok, HRR (A58)
- Emmeloord, HRR (A6)
- Galder, VW g (A16-A58)
- Hattermerbroek, VW h (A28-A50)
- Hoevelaken, VW r (A28-A1)
- Holendrecht, HRL (A9-A2)
- Nieuwe Meer, VW h (A4-A10)
- Noordhoek, VW k (A17-A59)
- Raasdorp, VW g (A5-A9)
- Ridderkerk, HRL (A15-A16)
- Rijnsweerd, VW u (A28-A27)
- Sabina, VW g (A59-A4)
- Watergraafsmeer, VW t (A10-A1)
- Zaandam, VW k (A7-A8)

Detailgegevens van deze verbindingbogen zijn uitgewerkt in het document 'Vervolgonderzoek horizontale bogen, Plan van aanpak dwarsstroefheid, snelheden en meteogegevens' (van 1 december 2015).

2 AANPAK

In deze studie is gebruik gemaakt van Floating Car Data (FCD) afkomstig van Flitsmeister/BeMobile en van neerslaggegevens afkomstig van de MeteoGroup. De eigenschappen van deze data worden in de volgende paragrafen beschreven. De laatste paragraaf beschrijft welke bewerkingen hebben plaatsgevonden bij het uitvoeren van de analyses.

2.1 Floating car data

Floating car data (FCD) is data verkregen uit mobiele telefoons in rijdende voertuigen. Momenteel wordt FCD vooral gebruikt voor het verzamelen van actuele, nauwkeurige reistijden en het geven van route-adviezen. Door de GPS-posities van de GSM per tijdsinterval te vergelijken, wordt de actuele snelheid van het voertuig bepaald.



Figuur 1 Systeem floating car data

Het onderzoek rijnsnelheden in verbindingswegen van knooppunten wil inzicht krijgen in het verloop van de snelheid als functie van de geometrische (en omgeving) kenmerken van de verbindingsweg: waar begint een weggebruiker te remmen, wat is zijn minimale snelheid en waar treedt deze op?

Om deze aspecten inzichtelijk te maken, is gedetailleerde floating car data gebruikt. Daar waar voor reistijdtoepassingen een groter interval (meerdere seconden) en snelheden over segmenten volstaat, is voor dit onderzoek de snelheid het interval tussen de snelheden bij voorkeur zo klein mogelijk.

Veel van de serviceproviders die gebruik maken van floating car data (zoals bijvoorbeeld Tom Tom), bieden niet de mogelijkheid om gedetailleerde individuele voertuigdata te leveren. De combinatie Flitsmeister en Be-mobile hebben wel deze mogelijkheid geboden. Deze combinatie maakt gebruik van de data die met de app Flitsmeister worden verzameld. Be-mobile zorgt voor de verwerking van de data.

Floating car data van Be-mobile/Flitsmeister heeft de volgende kenmerken:

- De (geanonimiseerde) device ID (consistent voor opeenvolgende metingen binnen een zelfde dag)
- Tijdstip van meting
- Positie (longitude, latitude)
- Snelheid van het voertuig.
- Deze gegevens worden om de seconde gemonitord.
- De lengte van een traject waarvan individuele voertuigdata wordt ingewonnen is maximaal 1 km lang.

In de analyse is data gebruikt uit de periode 17 november t/m 25 december 2015 en 10 januari t/m 15 februari 2016.

Flitsmeister heeft op dit moment meer dan 800.000 actieve gebruikers. Dankzij dit hoge aantal gebruikers levert de applicatie een grote en betrouwbare hoeveelheid data. Belangrijk aandachtspunt bij deze snelheidsdata is dat Flitsmeister-gebruikers een selectie zijn van de totale populatie weggebruikers. Uit de geanonimiseerde data is niet vast te stellen wie de gebruikers zijn. Leeftijd, geslacht, vervoersmiddel en dergelijke blijven daarom onbekend. Gezien het doel van de app Flitsmeister (signaleren van snelheidscontroles) behoort de doelgroep wel tot de categorie 'snelle verkeersdeelnemers'. Bij het interpreteren van de resultaten is het daarom belangrijk om te beseffen dat de selectie mogelijk geen representatieve representatie is van alle weggebruikers, maar wel goed inzicht geeft in de mogelijke risicogroep (gezien de focus op verkeersveiligheid).

De nauwkeurigheid van floating car data (snelheidsdata op basis van smartphone apps) is onderzocht in het project EU-sight. Hieruit blijkt dat deze snelheidsdata vergelijkbaar is met data uit een gespecialiseerd meetvoertuig. Samenvatting van de onderzoeksresultaten zijn opgenomen in bijlage A.

2.2 Neerslaggegevens

Het rijgedrag en in het bijzonder de rijsnelheid, worden mede bepaald door de weersomstandigheden. In dit onderzoek willen we vaststellen in welke mate de snelheden en de deceleraties worden beïnvloed door neerslag.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van neerslaggegevens uit radarbeelden. Neerslagradarbeelden bieden in stappen van 5 minuten voor gebieden van 1 bij 1 kilometer (radarpixel) de gemiddelde neerslagintensiteit. De radarbeelden van het KNMI zijn door de Meteogroup verwerkt tot intensiteit op 5 minuutinterval (mm/ 5 min). De Meteogroup gebruikt hiervoor een vastgestelde methode waarin de pixelwaardes worden vertaald naar intensiteiten.

In de analyse is data gebruikt uit de periode 15 november t/m 16 december 2015 en 15 januari t/m 16 februari 2016.



Figuur 2 Radarbeelden

2.3 Bewerkingen en berekeningen

De snelheidsdata (van BeMobile) en neerslaggegevens (van Meteogroup) zijn door ons geanalyseerd middels geautomatiseerde MATLAB-algoritmes. Voorafgaand aan de analyses zijn hierbij de volgende stappen doorlopen:

- Snelheidsdata op basis van GPS-posities zijn behulp van een GIS-pakket omgezet naar locatieaanduiding op basis van afstand ten opzichte van het puntstuk. In deze conversie is ook alle data verwijderd van weggebruikers die geen gebruik maken van de geselecteerde verbindingsweg.
- De omgezette snelheidsdata is gefilterd. De volgende data zijn hierbij verwijderd:
 - Incomplete snelheidsprofielen (die pas data bevatten vanaf 500m na puntstuk of minder dan 55% van de totale data bevatten);
 - Afwijkende snelheidsprofielen met zeer lage of zeer hoge snelheden;

- Snelheidsprofielen met lage snelheid aan het einde van de verbindingsboog, waarbij vermoedelijk sprake is van file/terugslag vanaf de hoofdrijbaan;
- Snelheidsprofielen met lage snelheid aan het begin van de verbindingsboog, waarbij vermoedelijk sprake is optrekken vanuit file op de hoofdrijbaan;
- Snelheidsprofielen van voertuigen met afwijkende rijrichting (heading), waarbij vermoedelijk GPS-problemen zijn;
- De gefilterde snelheidsdata is gekoppeld aan de neerslagdata, op basis van tijdstip. Omdat neerslagdata beschikbaar is op 5 minuutniveau en het doorrijden van een verbindingsweg korter duurt dan 5 minuten, is in deze koppeling gezocht naar het interval waarbinnen de snelheidsprofiel is gemeten. Indien het snelheidsprofiel is gemeten op de overgang van twee 5 minuutintervallen, is gebruik gemaakt van het interval met de hoogste neerslagintensiteit.
- Op basis van de dataverzameling zijn analyses uitgevoerd. De volgende indicatoren zijn hierbij berekend:
 - *V15*: Het 15-percentiel waarde van alle weggebruikers. Dat wil zeggen 15% van de weggebruikers rijdt langzamer dan deze waarde.
 - *Mediaan*: Het 50-percentiel waarde van alle weggebruikers. Dat wil zeggen 50% van de weggebruikers rijdt langzamer (en 50% sneller) dan deze waarde. Merk op dat deze waarde geen gemiddelde snelheid betreft.
 - *V85*: Het 85-percentiel waarde van alle weggebruikers. Dat wil zeggen dat 85% van de weggebruikers langzamer rijdt dan deze waarde. De v85 wordt als maatgevend gehanteerd in veel ontwerprichtlijnen en geldt daarom ook als belangrijkste waarde in de snelheidsanalyses.
 - *Comfortwaarde, ofwel centrifugale versnelling*: Dit is een waarde die aangeeft hoe groot de zijdelingse kracht is die bestuurders (en inzittenden) ervaren als ze door een bocht rijden. De centrifugale versnelling is afhankelijk van de snelheid, de boogstraal en de verkanting:

$$a_{centrifugaal} = \tan \alpha \frac{V_{85}^2}{R}$$

Met:

- $a_{centrifugaal}$ = centrifugale versnelling (m/s^2)
- $\tan \alpha$ = horizontale component van de kracht als functie van de verkanting¹
- V_{85} = laagste snelheid in de boog uit het v85-snelheidsprofiel (m/s);
- R = horizontale boogstraal (m)

- *Ontwerpsnelheid*: Bogen werden ontworpen op basis van vier standaard ontwerpsnelheden: 50, 70, 90 en 120 km/u (ontwerpsnelheden uit de oude richtlijnen ROA). Onderstaande indeling is gebruikt om op basis van de boogstraal een ontwerpsnelheid vast te stellen.

Ontwerpsnelheid (km/uur)	Boogstralen (m)
50	$R < 185$
70	$185 \leq R \leq 350$
90	$350 \leq R \leq 750$
120	$R > 750$

- *Fictieve ontwerpsnelheid*: Theoretische bepaling van de ontwerpsnelheid op basis van de aanwezige boogstraal en verkanting. Boogstraal en verkanting komen samen in het slipcriterium. Door het slipcriterium om te schrijven kan een 'fictieve ontwerpsnelheid' worden afgeleid:

$$v_{0,f} = \sqrt{R \cdot 127 \cdot \left(f_z + \frac{i}{100} \right)}$$

Met:

- $V_{0,f}$ = fictieve ontwerpsnelheid (km/h)
- R = boogstraal (m)
- f_z = dwarsstroefheid
- i = verkanting

¹ De horizontale component is in deze studie niet meegenomen, vanwege de verwaarloosbare verschillen.

3 ANALYSE PER VERBINDINGSWEG

3.1 Inleiding

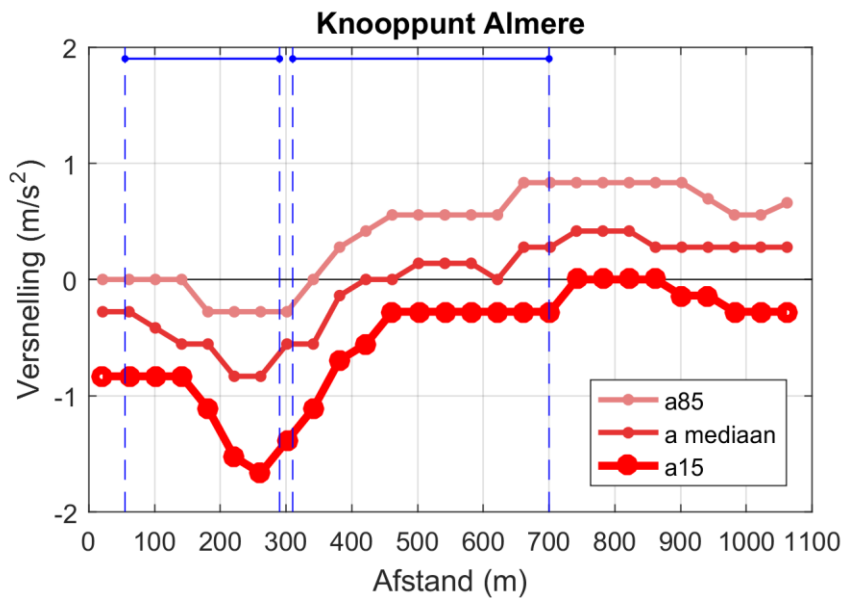
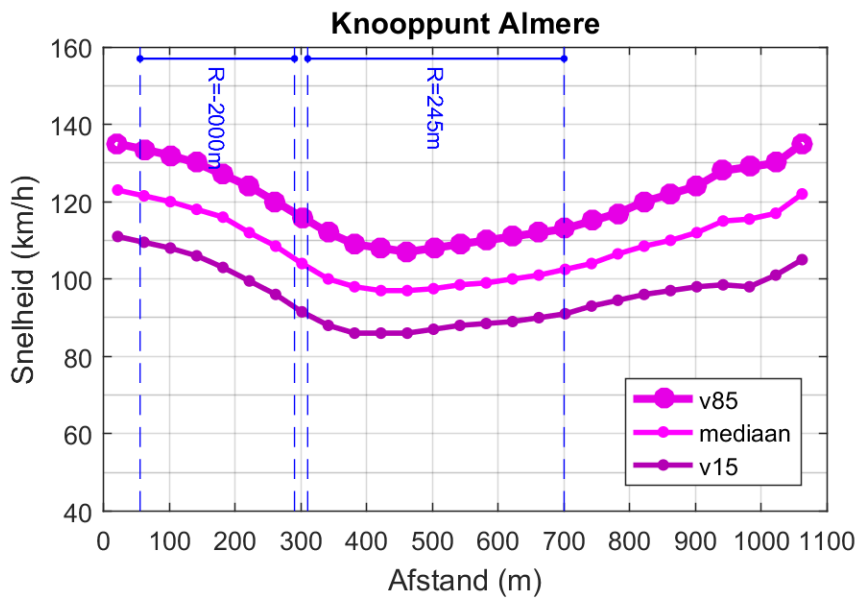
In dit hoofdstuk worden de resultaten per verbindingsweg gepresenteerd. Per verbindingsweg is een luchtfoto opgenomen met daarin de afstanden ten opzichte van het puntstuk (linksboven). Deze afstanden corresponderen met de afstanden in de grafiek met de snelheidsverdelingen (linksonder). Ook zijn de remvertragingen (en acceleraties) als functie van de afstand weergegeven in een grafiek (rechtsonder).

Naast de grafiek met de snelheidsverdelingen zijn in tabelvorm de karakteristieken van de verbindingsweg opgenomen:

- De laagste snelheid in de boog uit het v85-snelheidsprofiel;
- De ontwerpsnelheid van de boog;
- De straal van de boog, gemeten vanuit het DTB (Digitaal Terrein Bestand);
- De verkanting van de boog, afkomstig uit digitale reconstructie van de boog;
- Comfortwaarde/Zijdelingse versnelling (op basis van het v85-profiel), dit is de centrifugale versnelling op het punt in de boog waar de snelheid het laagst is.

3.2 Knooppunt Almere

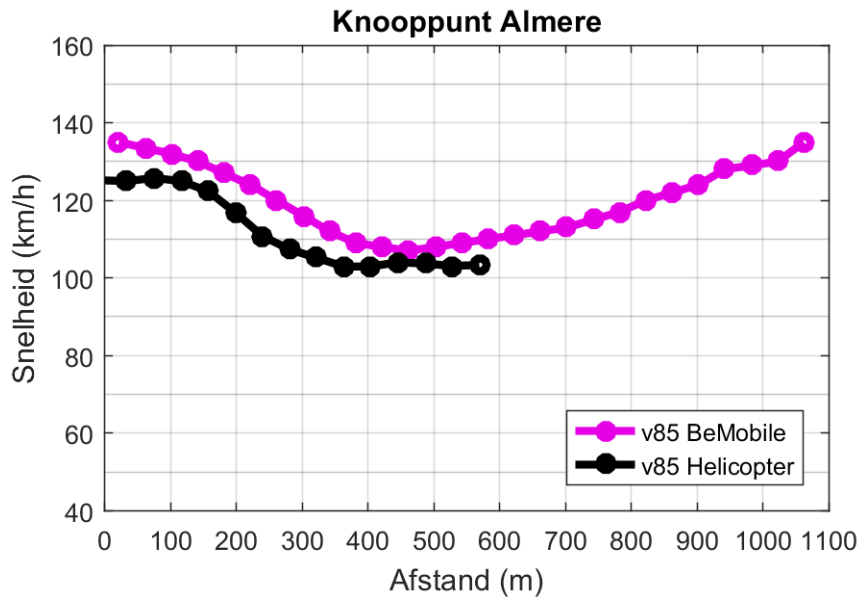
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	107 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	245 m
	Verkanting	6.30 %
	Comfortwaarde	4.2 m/s ²





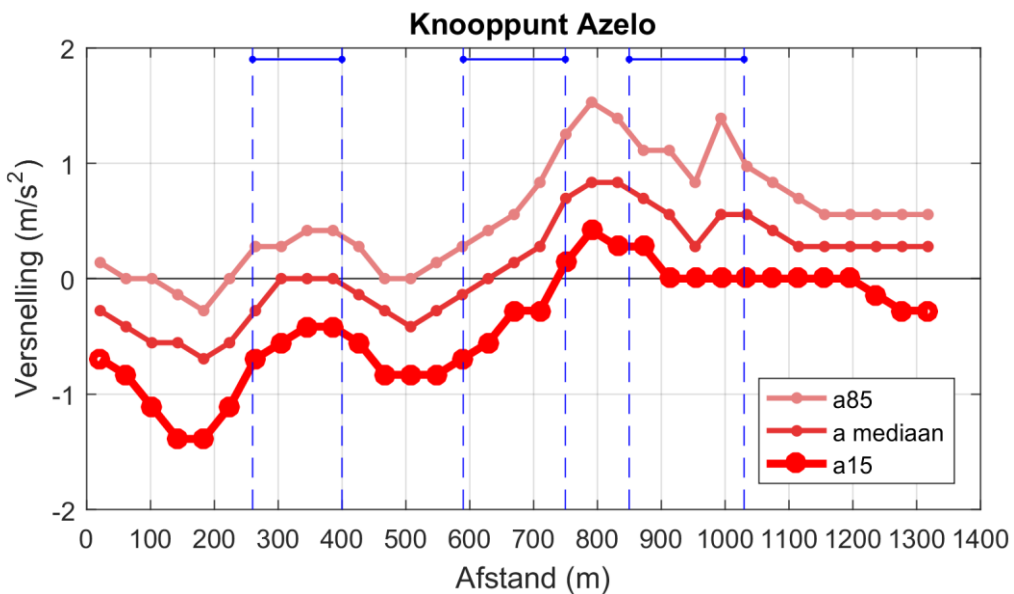
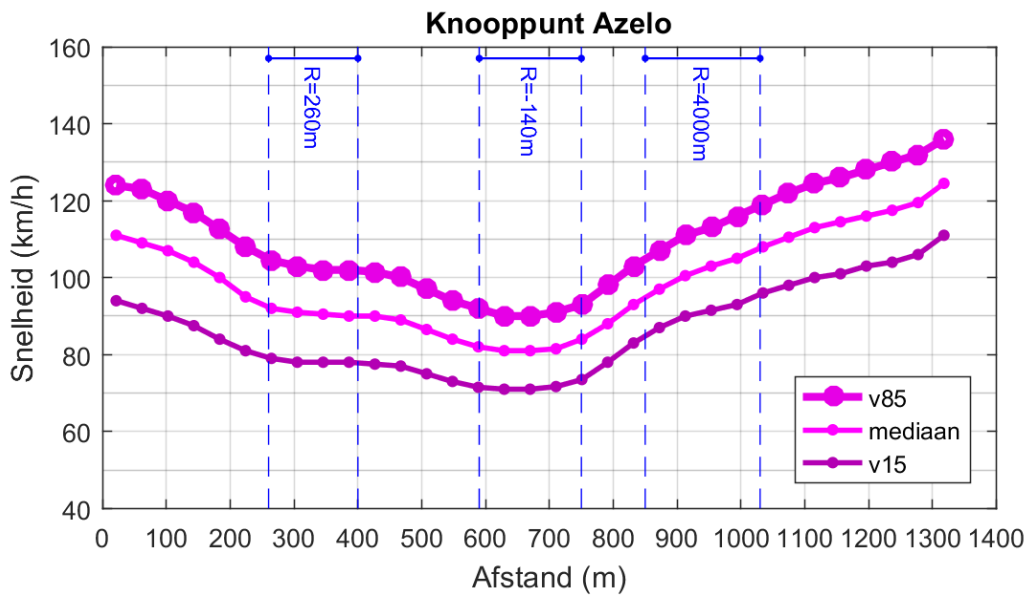
3.2.1 Vergelijking Floating Car Data en Helicopter-metingen

In onderstaande figuur zijn de snelheidsprofielen uit de huidige en voorgaande studie voor de verbodingsboog in knooppunt Almere vergeleken. Hoewel de meetmethode en dataeigenschappen duidelijke verschillen bevatten, laten de snelheidsprofielen duidelijke overeenkomsten zien. De minimale snelheid werd in de helicoptermetingen aangetroffen rond 400m na het puntstuk. In de BeMobile-data daalt de snelheid na dit punt nog iets. De onderlinge waarden verschillen echter relatief weinig.



3.3 Knooppunt Azelo

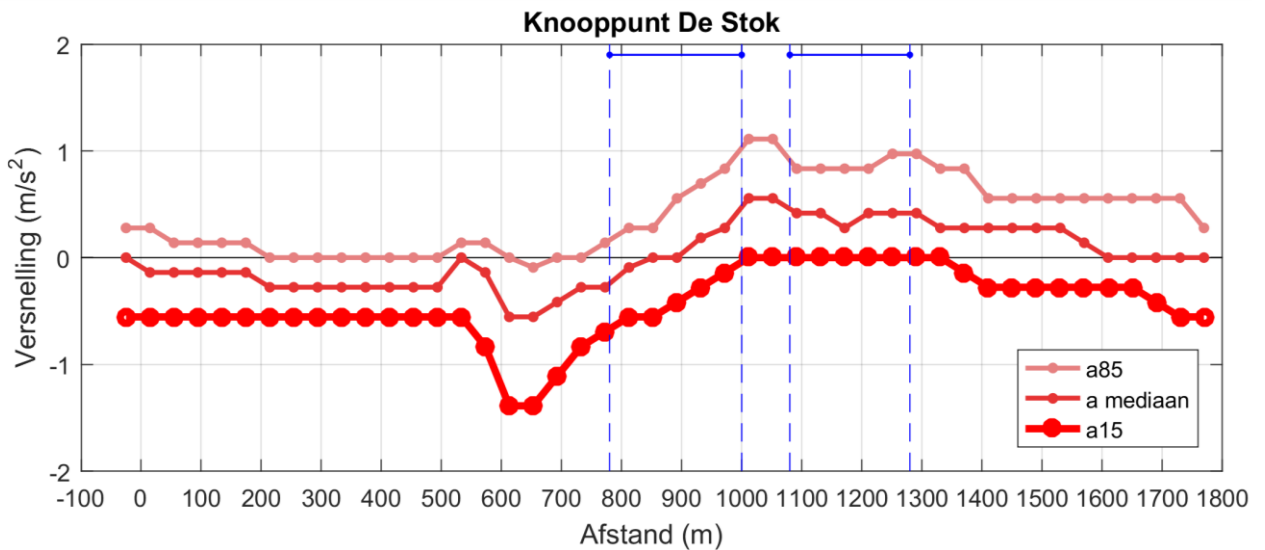
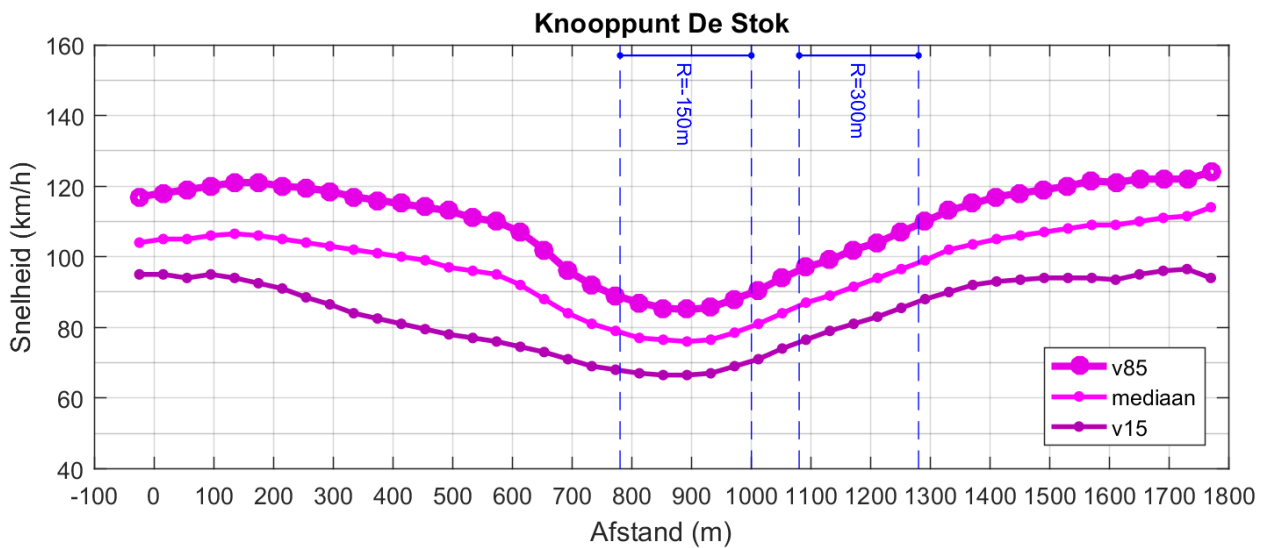
Situatie	Eigenschappen	Waarde	
	V85	90 km/u	
	Ontwerpsnelheid	70 km/u	
	Straal	140 m	
	Verkanting	5.2 %	
	Comfortwaarde	4.5 m/s ²	





3.4 Knooppunt De Stok

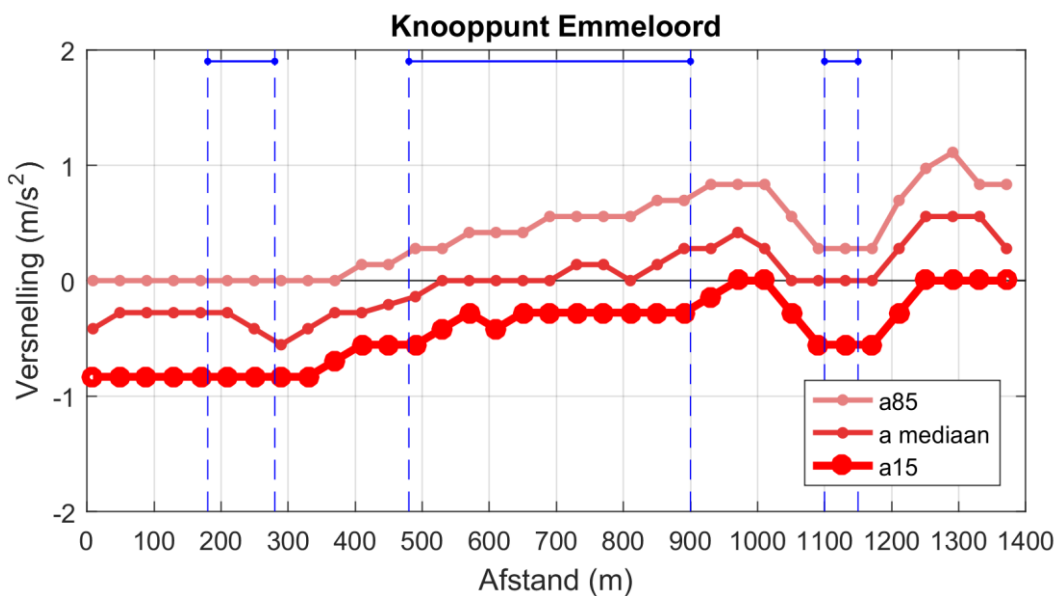
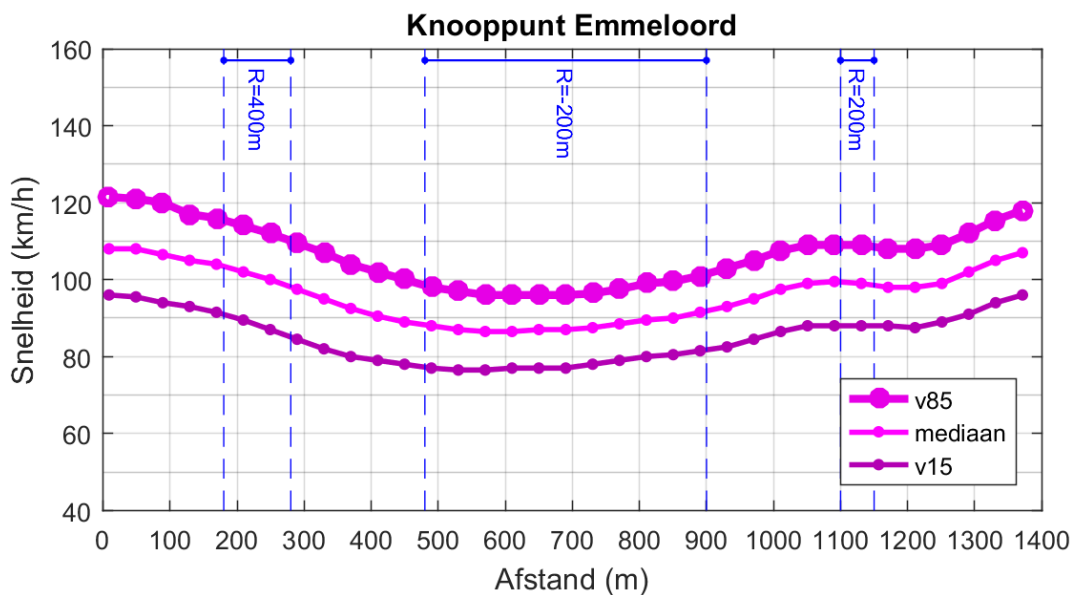
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	85.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	150 m
	Verkanting	5.3 %
	Comfortwaarde	3.7 m/s ²





3.5 Knooppunt Emmeloord

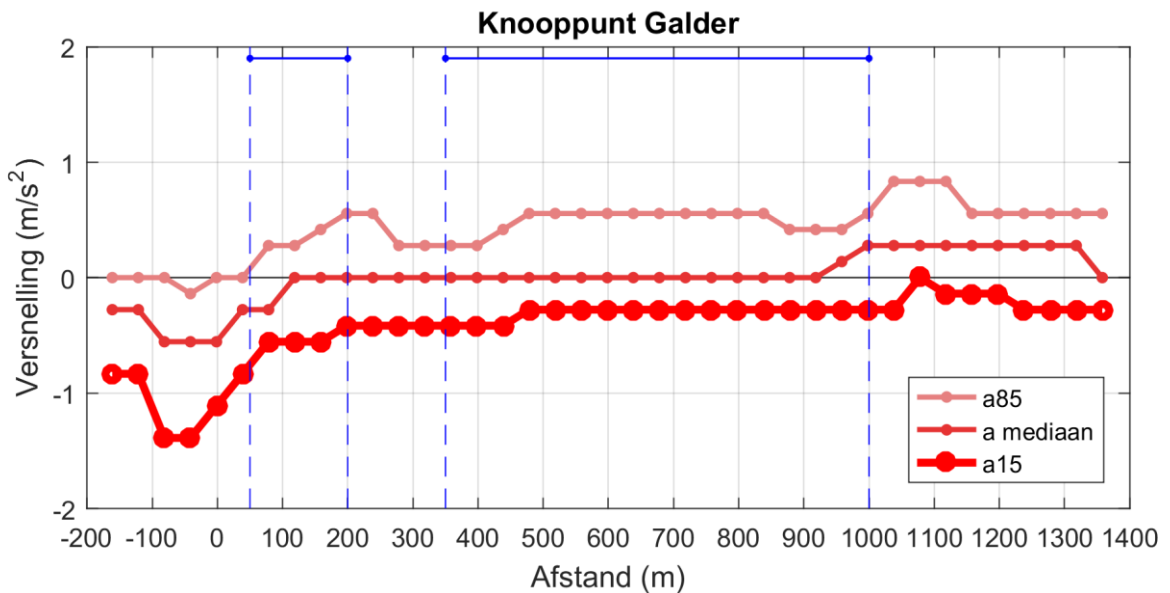
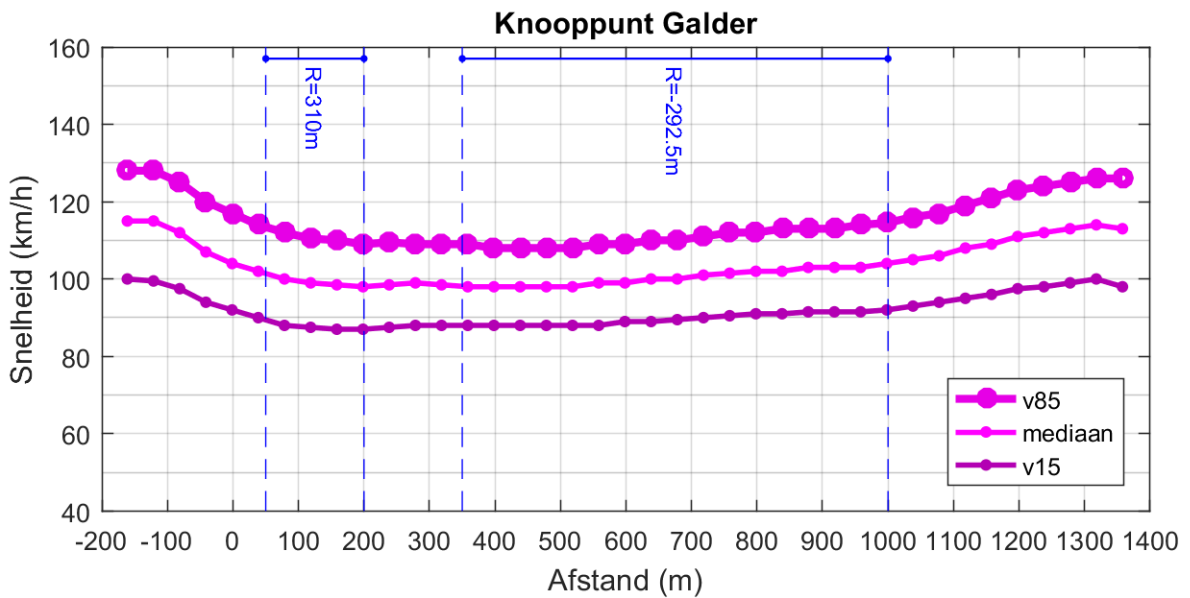
Situatie	Eigenschappen	Waarde	
	V85	96.0 km/u	
	Ontwerpsnelheid	70 km/u	
	Straal	200 m	
	Verkanting	5.6 %	
	Comfortwaarde	3.6 m/s ²	





3.6 Knooppunt Galder

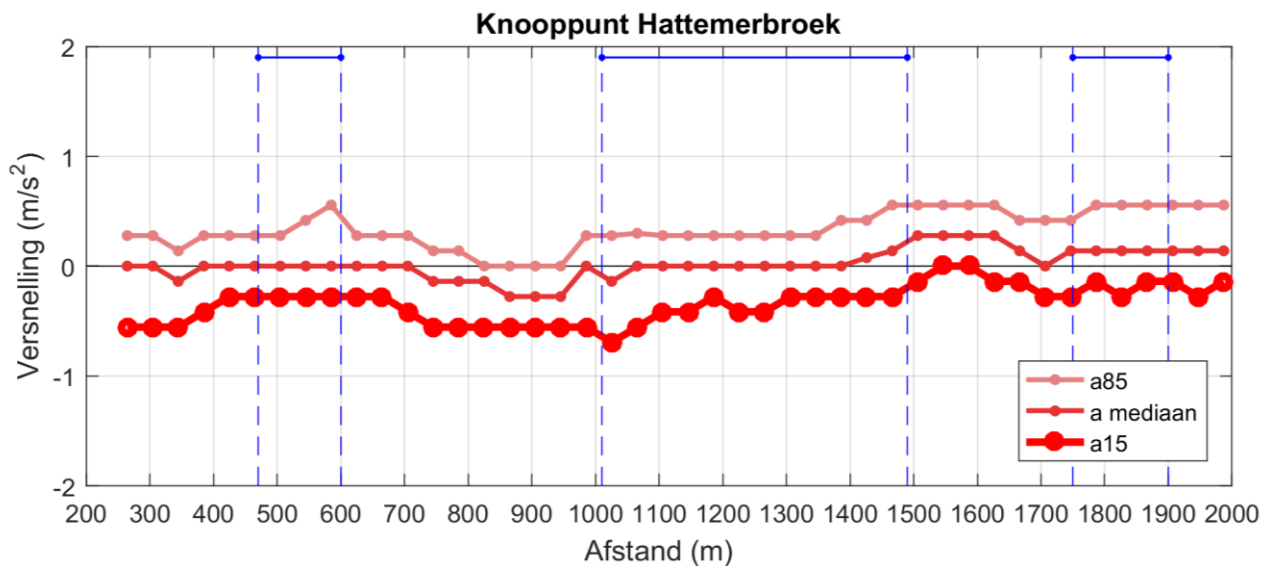
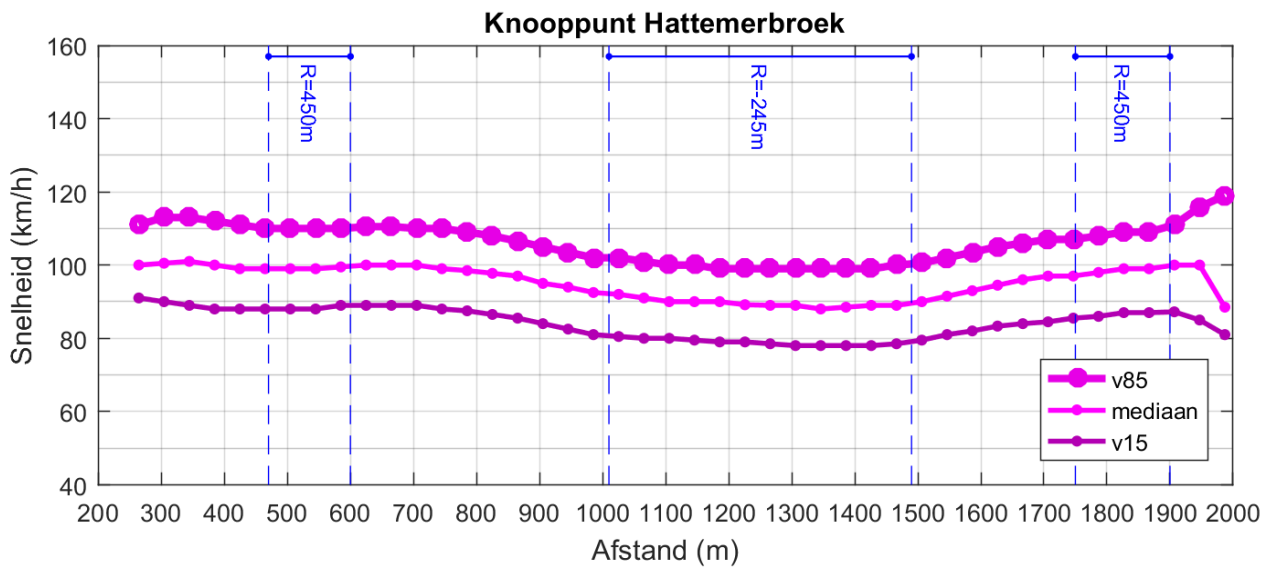
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	108.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	90 km/u
	Straal	293 m
	Verkanting	5.60 %
	Comfortwaarde	3.1 m/s ²





3.7 Knooppunt Hattemerbroek

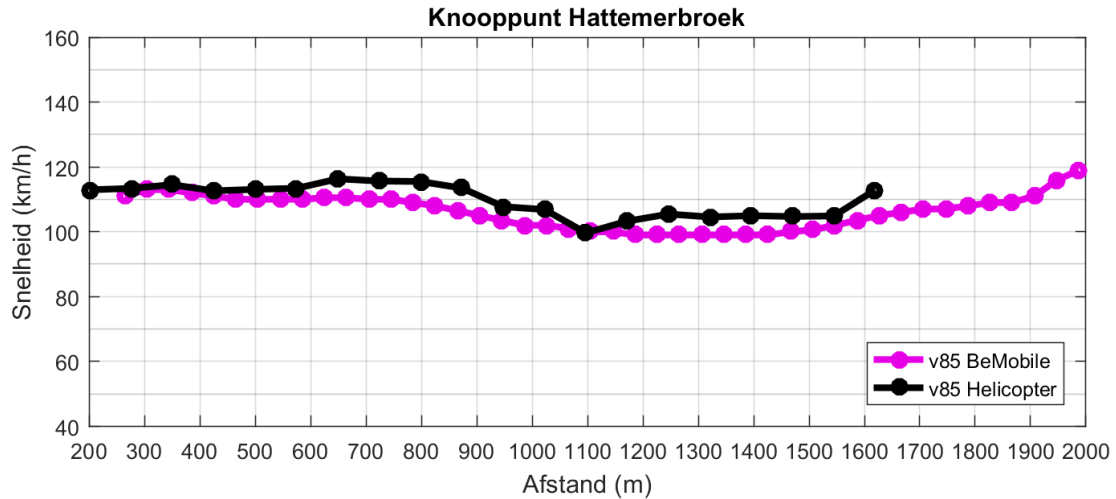
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	99.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	90 km/u
	Straal	245 m
	Verkanting	5.3 %
	Comfortwaarde	3.1 m/s ²





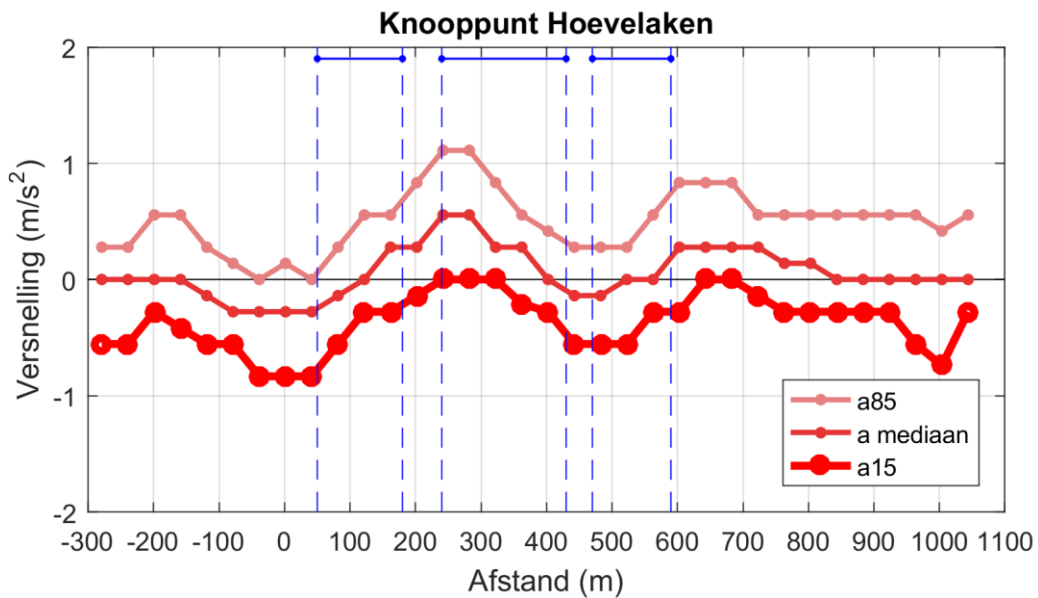
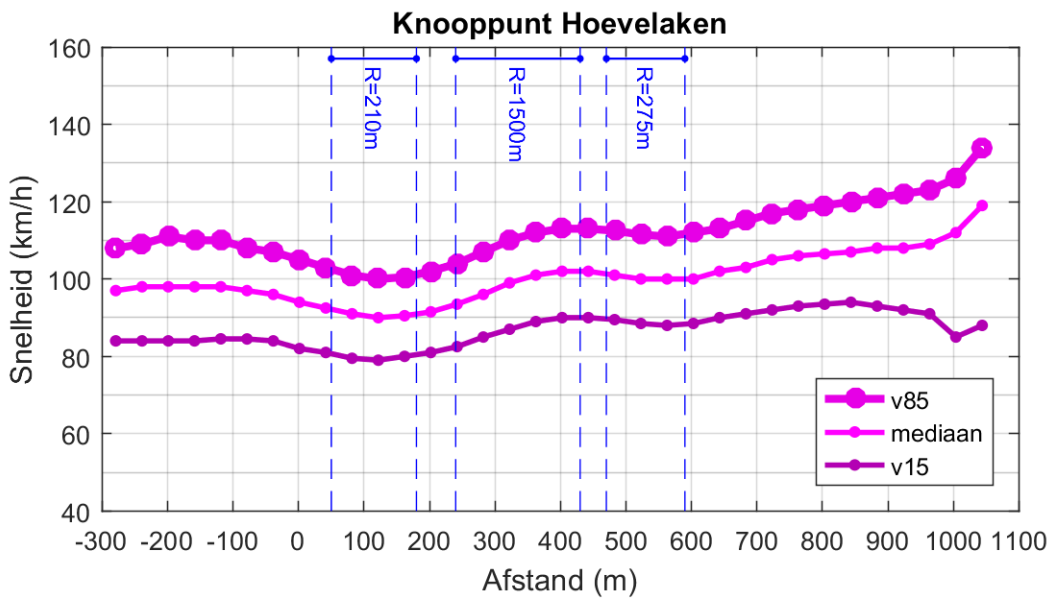
3.7.1 Vergelijking Floating Car Data en Helicopter-metingen

In onderstaande figuur zijn de snelheidsprofielen uit de huidige en voorgaande studie voor de verbodingsboog in knooppunt Hattermerbroek vergeleken. Hoewel de meetmethode en dataeigenschappen duidelijke verschillen bevatten laten de snelheidsprofielen duidelijke overeenkomsten zien. De minimale snelheid werd in de helicoptermetingen aangetroffen rond 1100m na het puntstuk. In de BeMobile-data daalt de snelheid na dit punt nog iets. De onderlinge waarden verschillen echter relatief weinig.



3.8 Knooppunt Hoevelaken

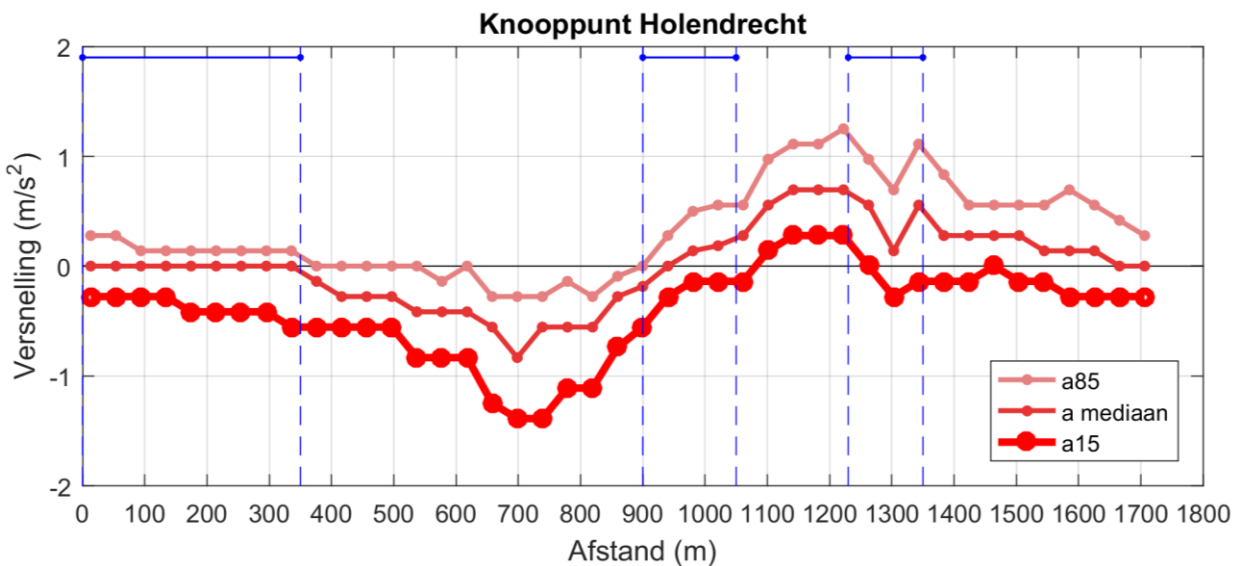
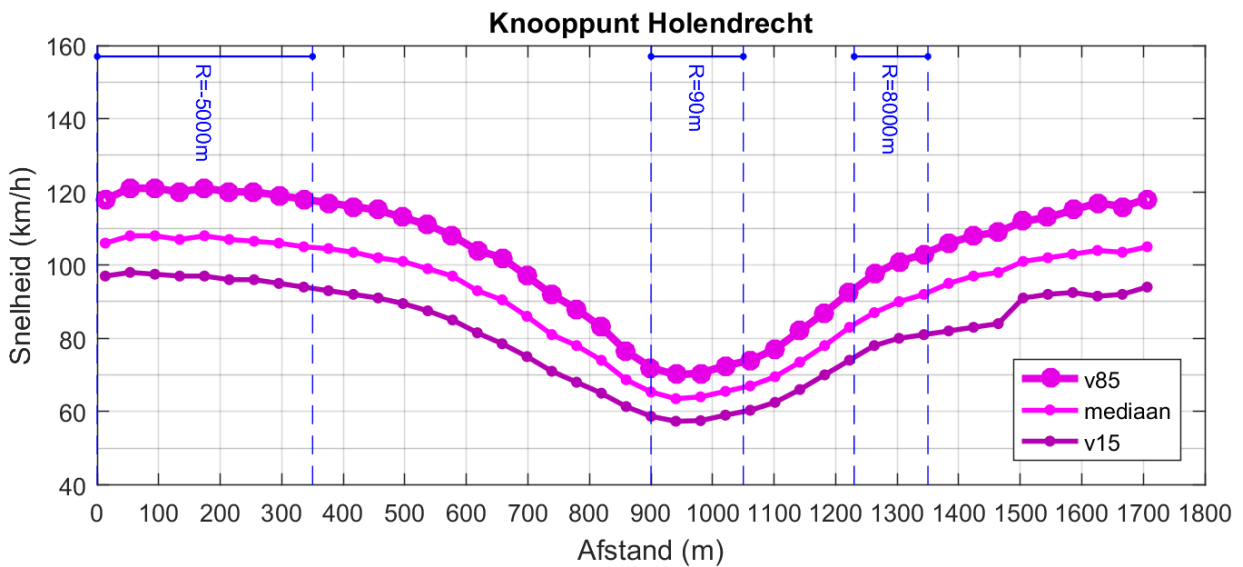
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	100.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	210 m
	Verkanting	5.00 %
	Comfortwaarde	3.7 m/s ²





3.9 Knooppunt Holendrecht

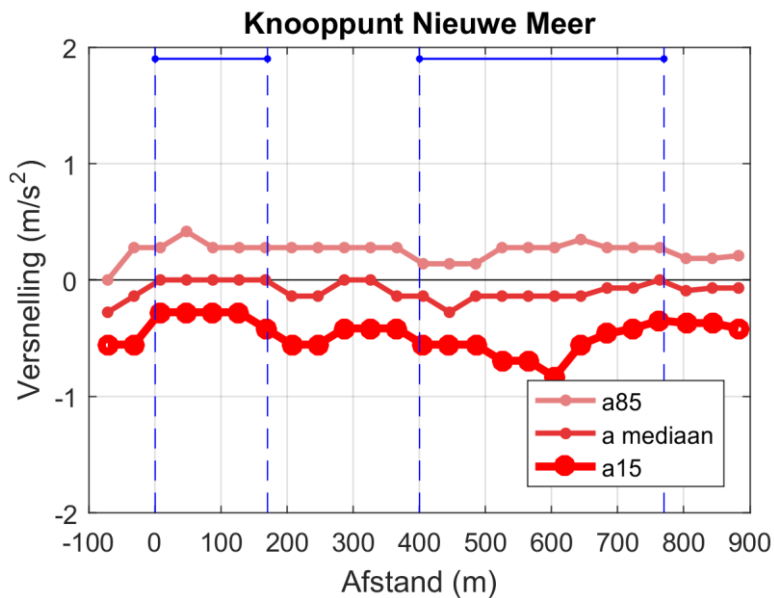
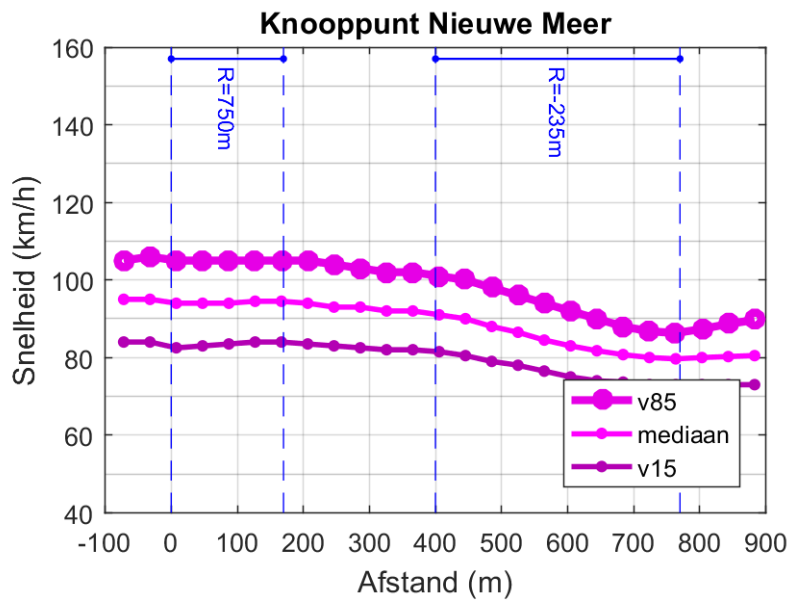
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	70.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	50 km/u
	Straal	90 m
	Verkanting	6.50 %
	Comfortwaarde	4.2 m/s ²





3.10 Knooppunt Nieuwe Meer

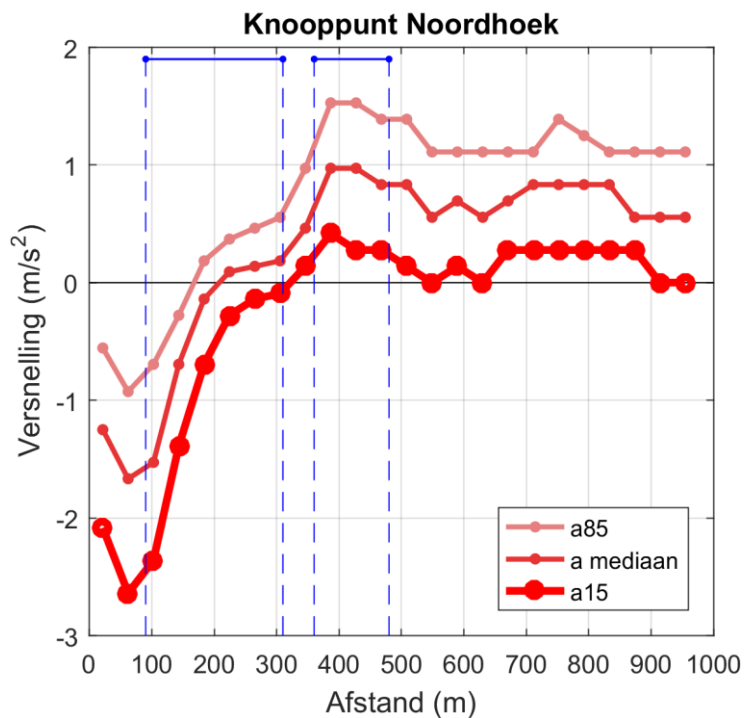
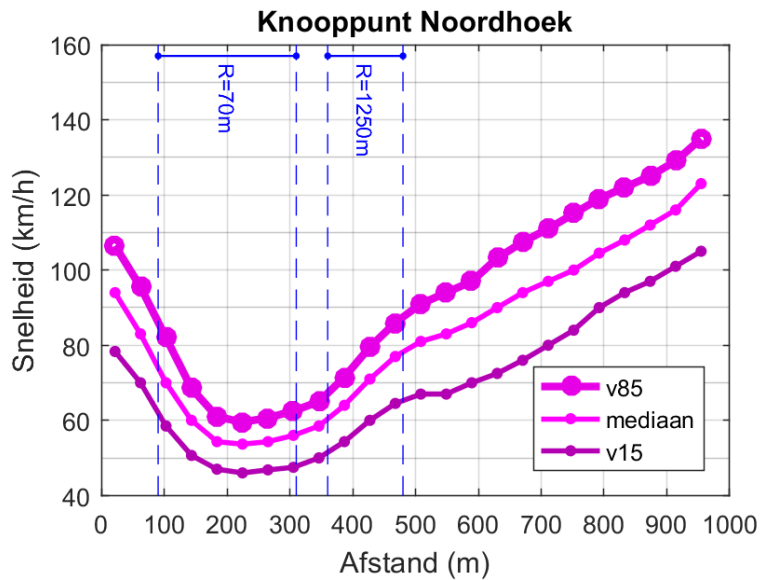
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	86.3 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	235 m
	Verkanting	3.70 %
	Comfortwaarde	2.4 m/s ²





3.11 Knooppunt Noordhoek

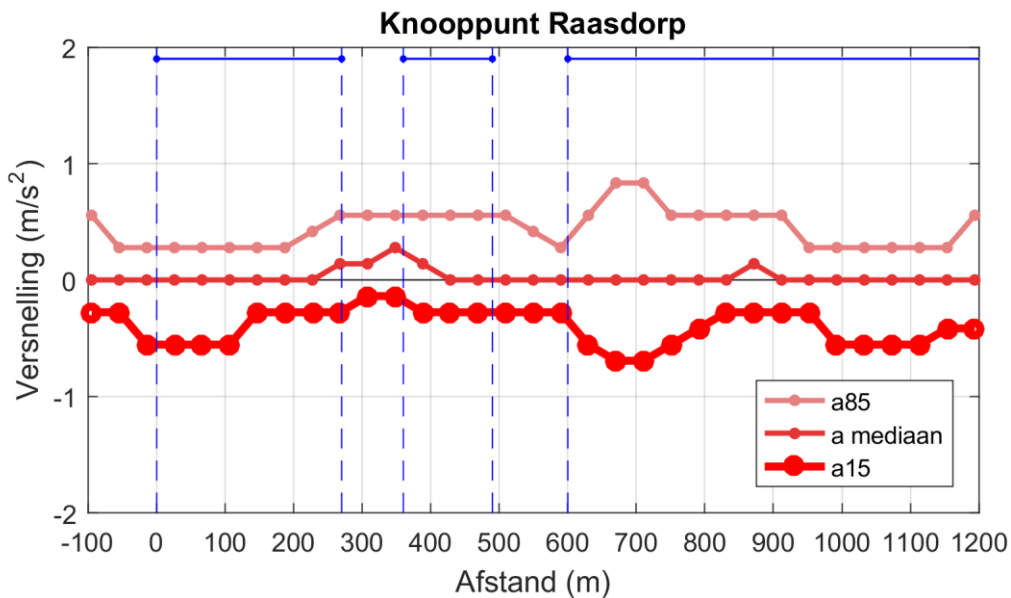
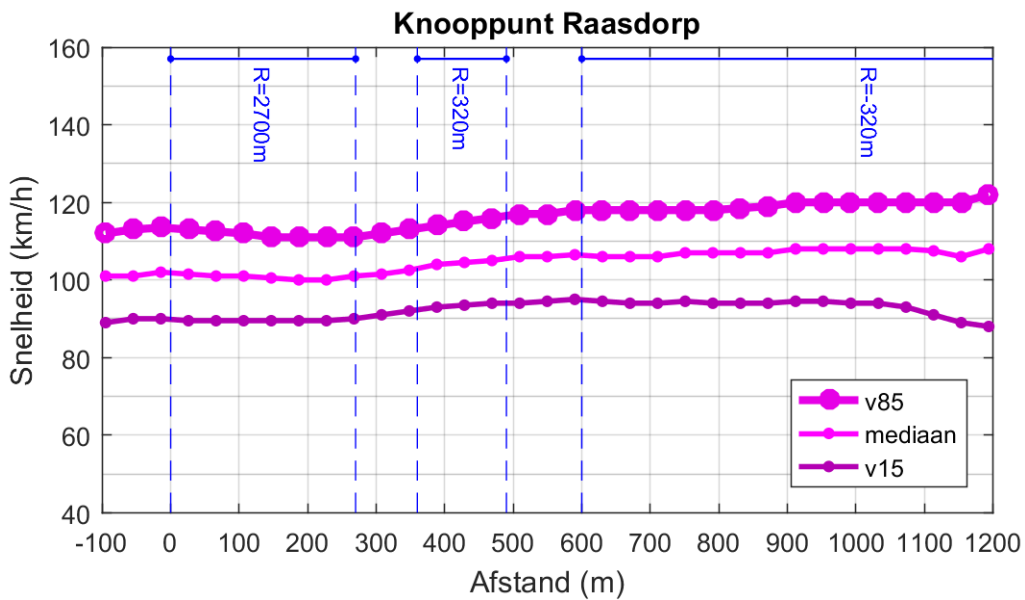
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	59.5 km/u
	Ontwerpsnelheid	50 km/u
	Straal	70 m
	Verkanting	5.00 %
	Comfortwaarde	3.9 m/s ²





3.12 Knooppunt Raasdorp

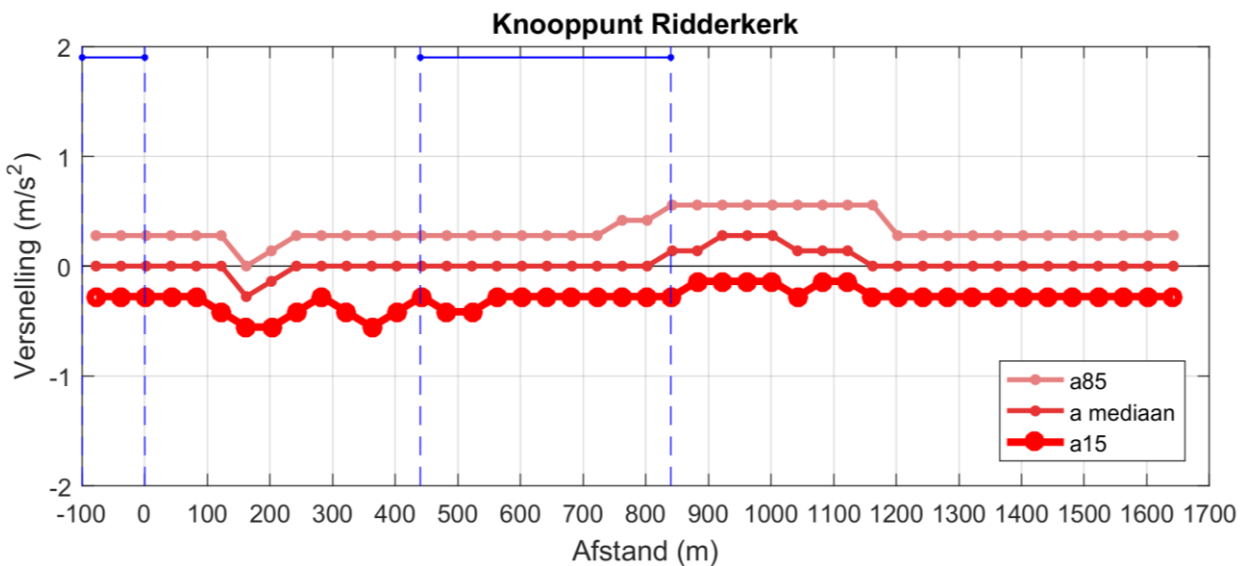
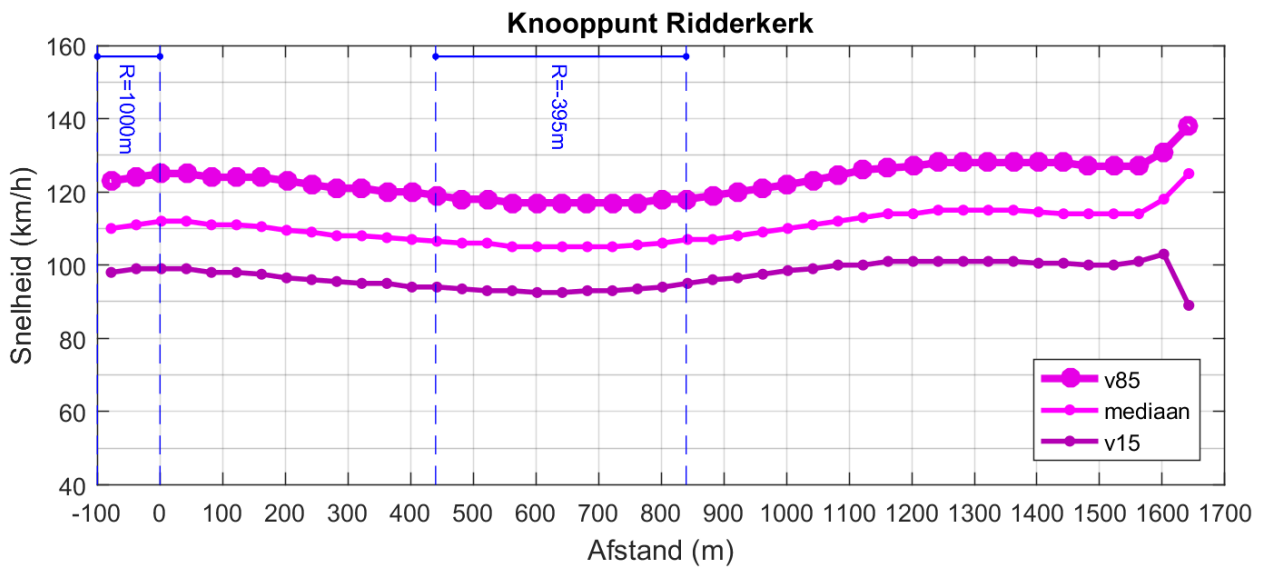
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	111.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	90 km/u
	Straal	320 m
	Verkanting	6.80 %
	Comfortwaarde	3.0 m/s ²

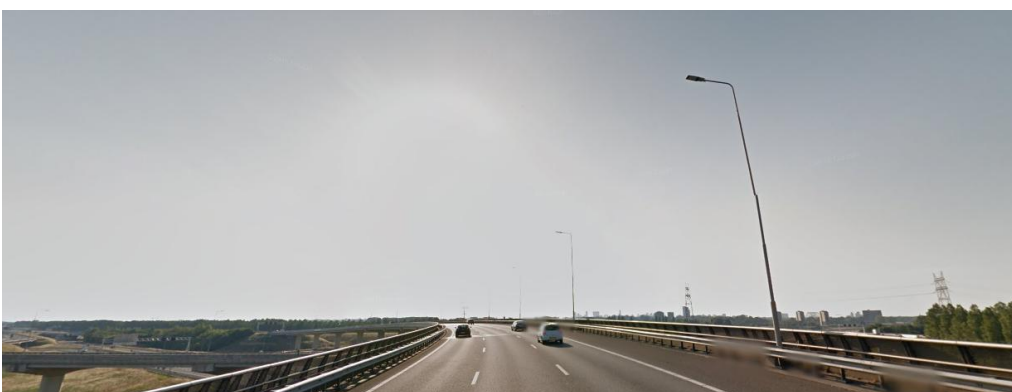




3.13 Knooppunt Ridderkerk

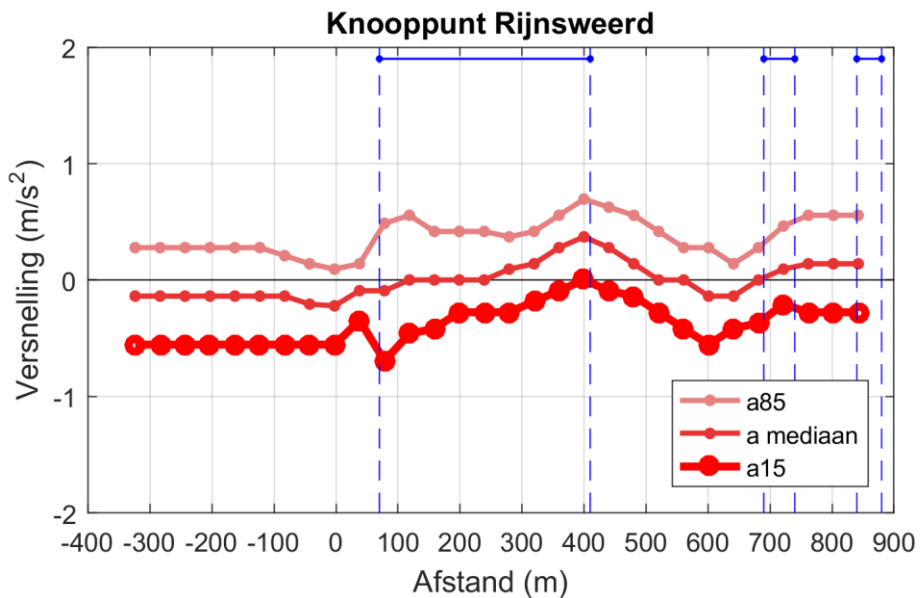
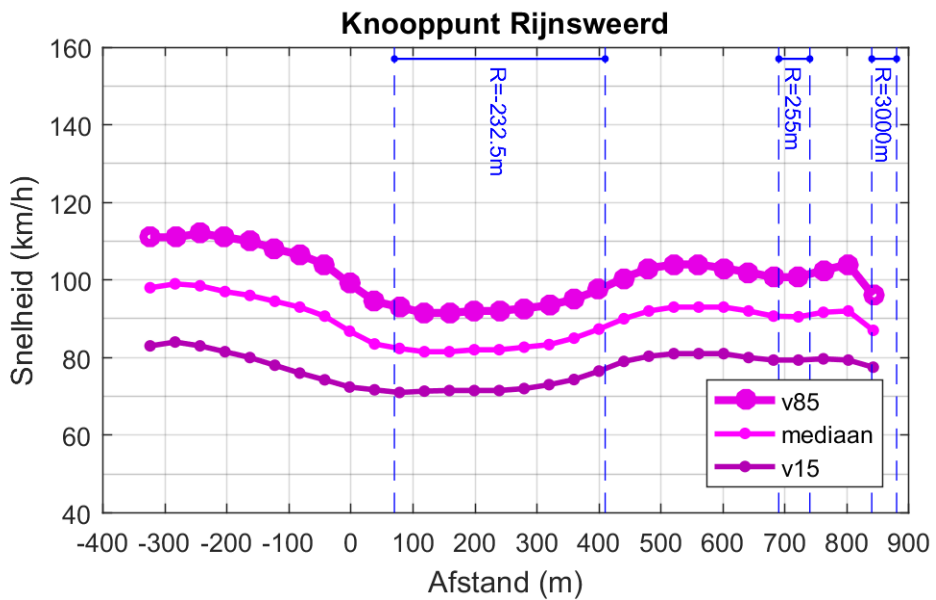
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	117.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	90 km/u
	Straal	395 m
	Verkanting	4.50 %
	Comfortwaarde	2.7 m/s ²





3.14 Knooppunt Rijnsweerd

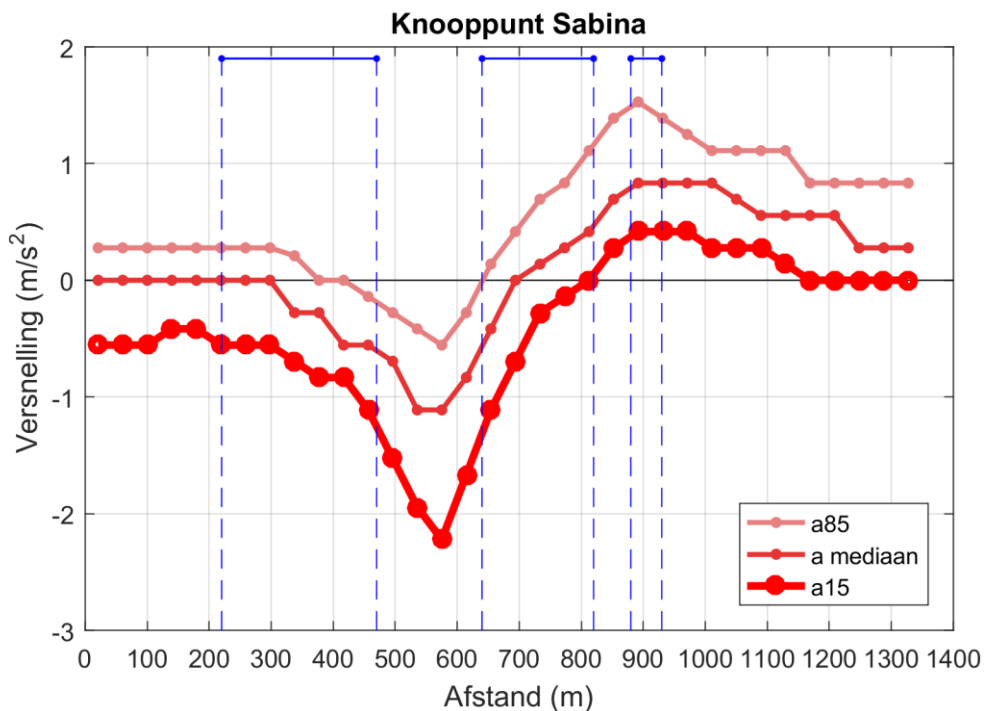
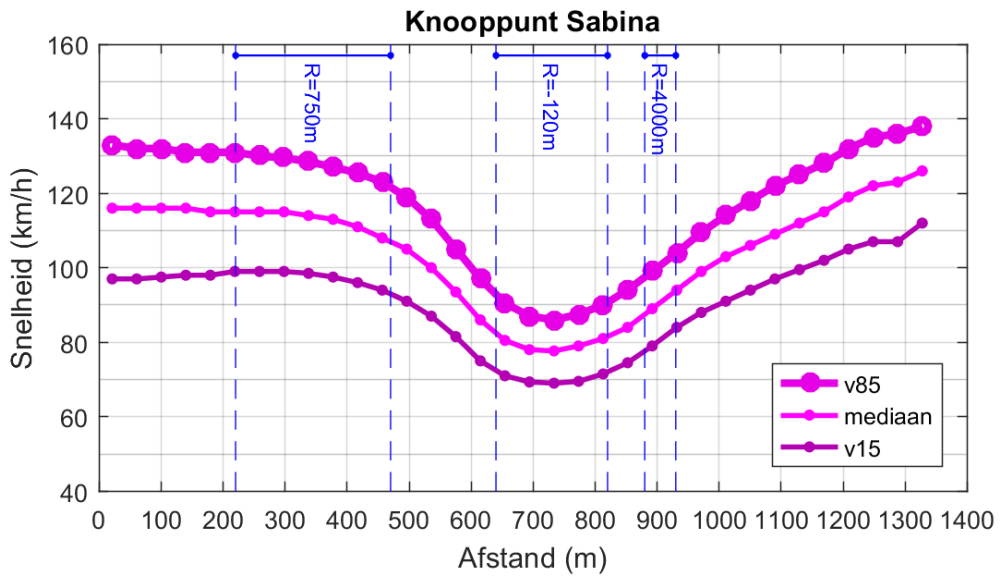
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	91.5 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	235 m
	Verkanting	4.70 %
	Comfortwaarde	2.7 m/s ²





3.15 Knooppunt Sabina

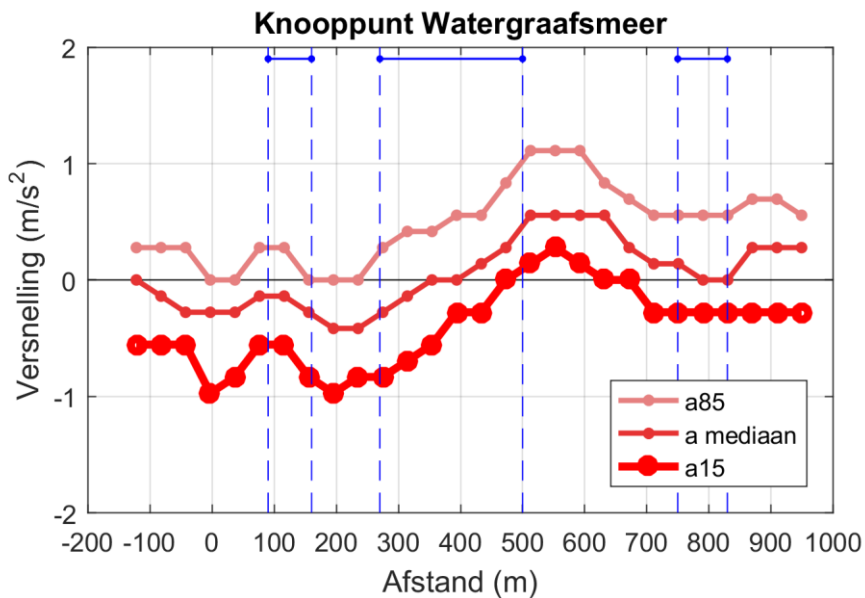
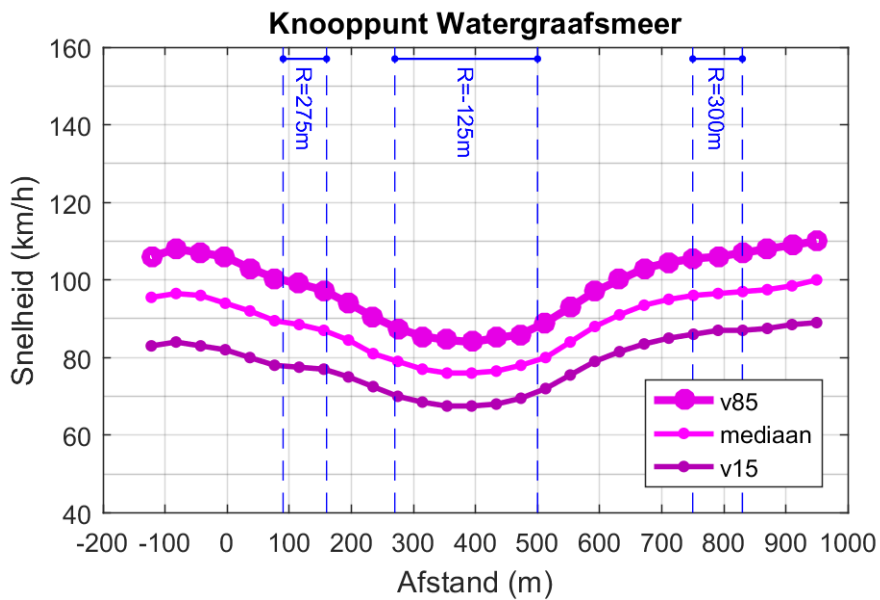
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	86.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	120 m
	Verkanting	4.80 %
	Comfortwaarde	4.8 m/s ²





3.16 Knooppunt Watergraafsmeer

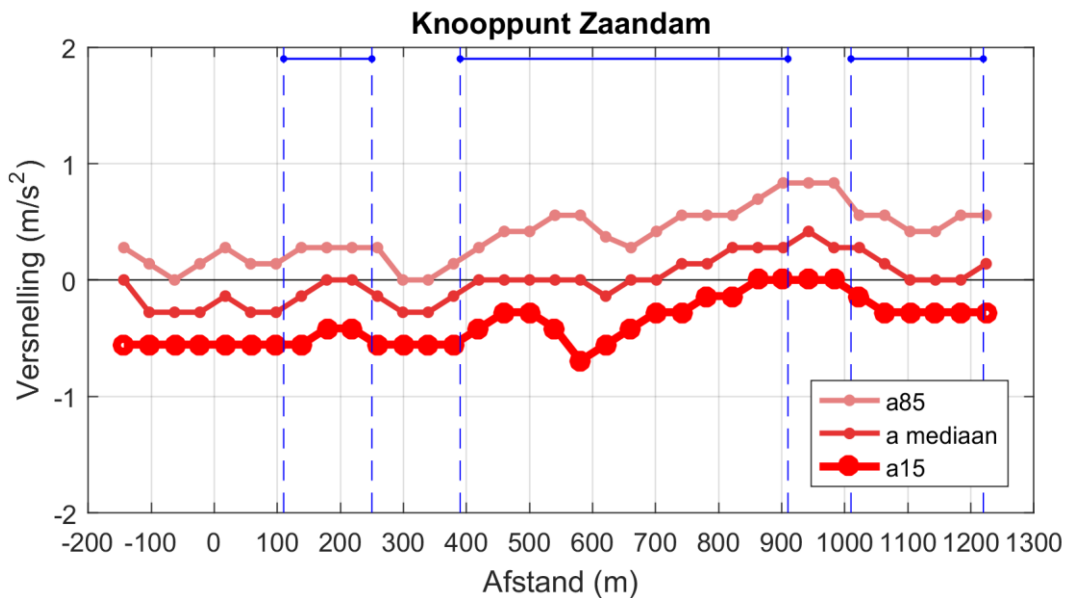
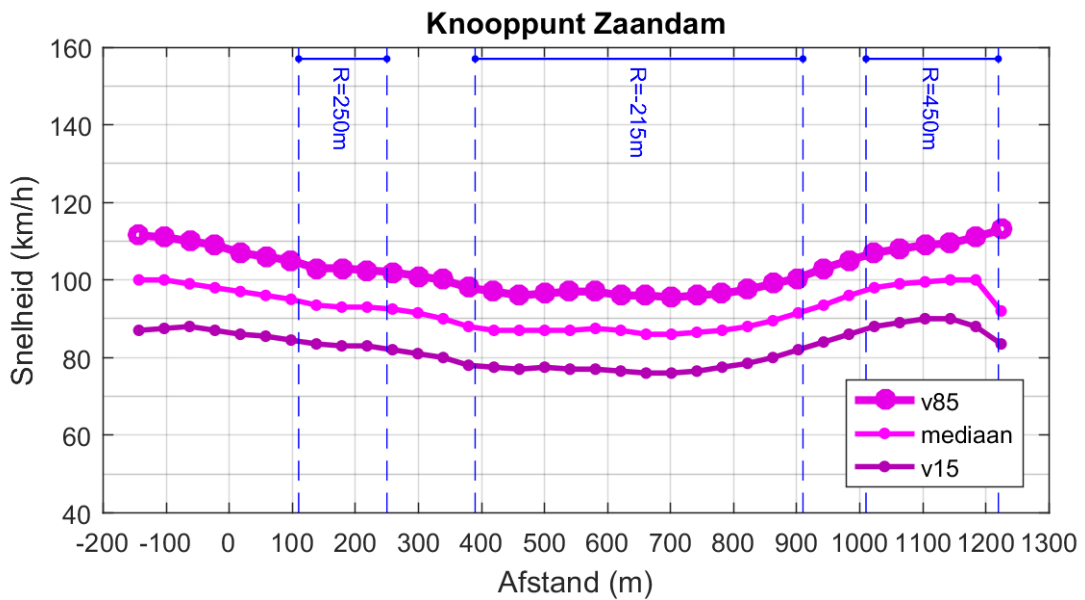
Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	84.0 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	125 m
	Verkanting	4.80 %
	Comfortwaarde	4.4 m/s ²





3.17 Knooppunt Zaandam

Situatie	Eigenschappen	Waarde
	V85	95.5 km/u
	Ontwerpsnelheid	70 km/u
	Straal	215 m
	Verkanting	4.00 %
	Comfortwaarde	3.3 m/s ²





4 VERGELIJKING VERBINDINGSWEGEN

In het vorige hoofdstuk zijn alle verbindingswegen individueel behandeld. In dit hoofdstuk worden de verbindingswegen in onderlinge samenhang beschouwd om relaties tussen neerslag, tijdstip, ontwerpkenmerken met gereden snelheid te onderzoeken.

4.1 Overzicht

De resultaten voor alle bogen worden gepresenteerd in tabel 1 op de volgende pagina. Hierbij kunnen we de volgende toelichtingen geven:

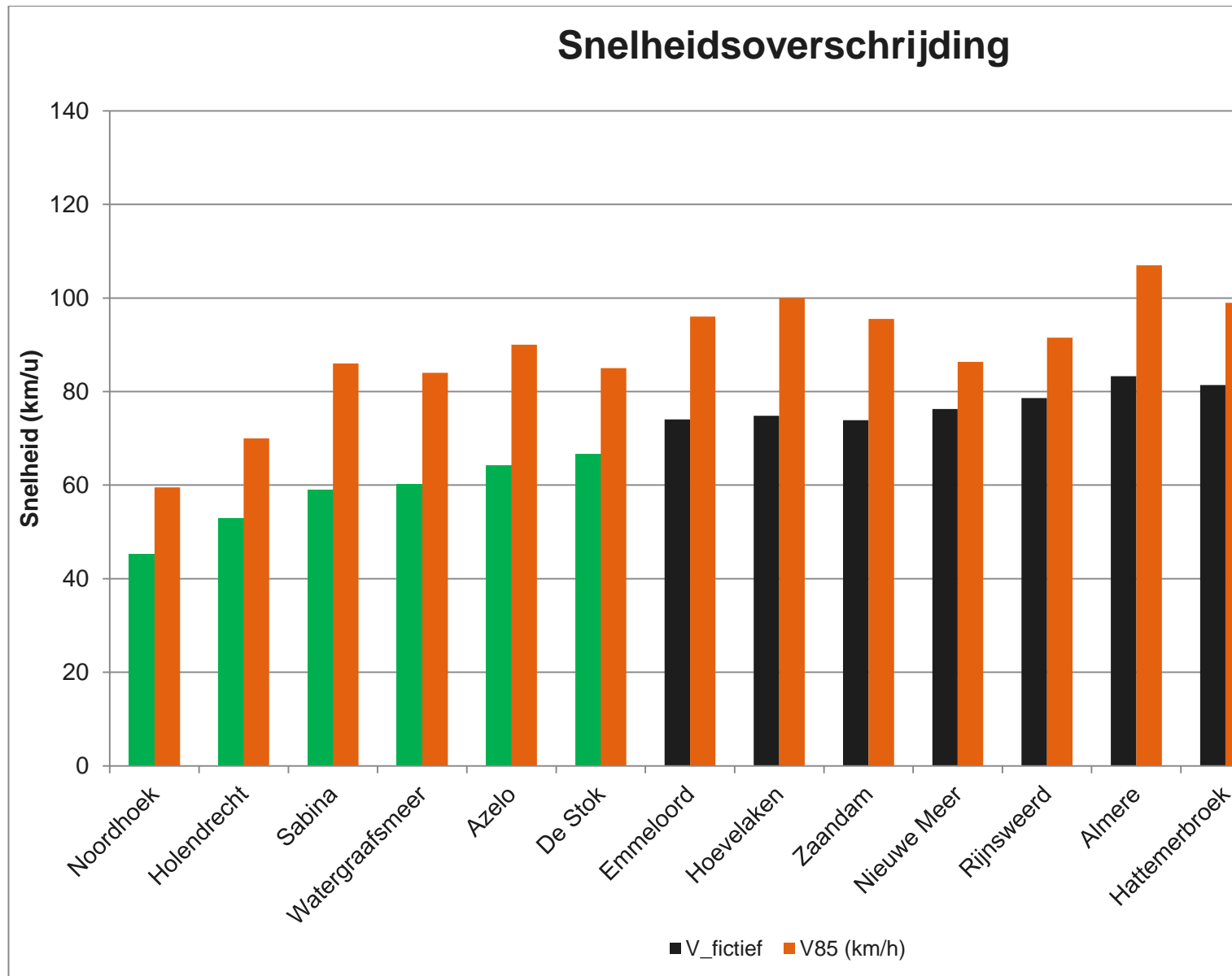
- De bogen zijn gesorteerd op ontwerpsnelheid.
- De ontwerpkenmerken van de onderzochte bogen zijn weergegeven in de witte cellen. In het lichtblauwe gedeelte zijn de meetresultaten opgenomen. Het lichtoranje gedeelte bevat uit de meetgegevens berekende waarden.
- De fictieve snelheid, is de fictieve ontwerpsnelheid gebaseerd op de verkanting en de boogstraal (zie voor de berekeningswijze van de fictieve ontwerpsnelheid het rapport 'Verkeersveiligheid en rijgedrag in horizontale bogen in knooppunten' (RWS GPO, 30 september 2013).
- De fz-waarde is de dwarsstroefheid coëfficiënt. Deze waarde is de theoretische waarde volgens de oude richtlijnen (ROA 1991) en dus niet de werkelijke dwarsstroefheid in de betreffende boog.
- De parameter a_{zijd} staat voor de zijdelingse dwarsversnelling (centrifugale) versnelling in de boog. Deze is bepaald op basis van de laagste snelheid in het v85-profiel (bij over het algemeen droog wegdek). Deze afgeleide meetwaarde wordt bepaald als indicatie van het rijcomfort van de automobilist in de boog.

In figuur 4 zijn de gereden snelheden afgezet tegen de fictieve ontwerpsnelheid.

- Het verschil in snelheid tussen de gereden snelheid (v85) en de fictieve ontwerpsnelheid is een maat voor het risico als gevolg van de snelheidskeuzes van de weggebruikers: naarmate de gereden snelheden hoger zijn dan de fictieve ontwerpsnelheid, is het risico op slippen (of kantelen in het geval van bestelauto's of vrachtauto's) groter.
- Uit het overzicht blijkt dat in alle bogen de gereden snelheid hoger is dan de fictieve ontwerpsnelheid. De meeste bogen laten een overschrijding zien van circa 15-25 km/u. De overschrijding loopt in sommige gevallen (bijv. knooppunt Azelo en Sabina) op tot boven de 25 km/u.
- De snelheidsverschillen zijn (relatief) het grootste bij de bogen met een ontwerpsnelheid van 70km/u (zwart gearceerd in figuur 4). Deze categorie bleek ook in de voorgaande studie de grootste overschrijdingen te bevatten.

Tabel 1 Overzicht resultaten (zie toelichting op pag. 26)

Naam boog	V0 (km/h)	Straal (m)	Verkanting (%)	Aantal voertuigen	V85 (km/h)	V_mediaan (km/h)	Vmediaan - V0	V_fictief	fz	V85-V_fictief	Comfort-waarde a_zijd.
Knooppunt Noordhoek	50	70	5,00	2.062	59,5	53,7	3,7	45,2	0,18	14,3	3,9
Knooppunt Holendrecht	50	90	6,50	24.645	70,0	63,5	13,5	52,9	0,18	17,1	4,2
Knooppunt Sabina	50	120	4,80	10.240	86,0	77,7	27,7	58,9	0,18	27,1	4,8
Knooppunt Watergraafsmeer	50	125	4,80	69.262	84,0	76,0	26,0	60,2	0,18	23,8	4,4
Knooppunt Azelo	50	140	5,20	18.871	90,0	81,0	31,0	64,2	0,18	25,8	4,5
Knooppunt De Stok	50	150	5,30	13.033	85,0	76,0	26,0	66,6	0,18	18,4	3,7
Knooppunt Emmeloord	70	200	5,60	25.696	96,0	86,5	16,5	74,1	0,16	21,9	3,6
Knooppunt Hoevelaken	70	210	5,00	73.413	100,0	90,0	20,0	74,8	0,16	25,2	3,7
Knooppunt Zaandam	70	215	4,00	67.679	95,5	86,0	16,0	73,9	0,16	21,6	3,3
Knooppunt Nieuwe Meer	70	233	3,70	51.594	86,3	79,7	9,7	76,3	0,16	10,1	2,5
Knooppunt Rijnsweerd	70	235	4,70	114.286	91,5	81,5	11,5	78,6	0,16	12,9	2,7
Knooppunt Almere	70	245	6,3	47.103	107,0	97,0	27,0	83,3	0,16	23,7	3,6
Knooppunt Hattermerbroek	70	245	5,30	2.188	99,0	88,0	18,0	81,4	0,16	17,6	3,1
Knooppunt Galder	70	293	5,60	47.728	108,0	98,0	28,0	89,7	0,16	18,3	3,1
Knooppunt Raasdorp	70	320	6,80	33.991	111,0	100,0	30,0	96,3	0,16	14,7	3,0
Knooppunt Ridderkerk	90	395	4,50	19.030	117,0	105,0	15,0	93,7	0,13	23,3	2,7

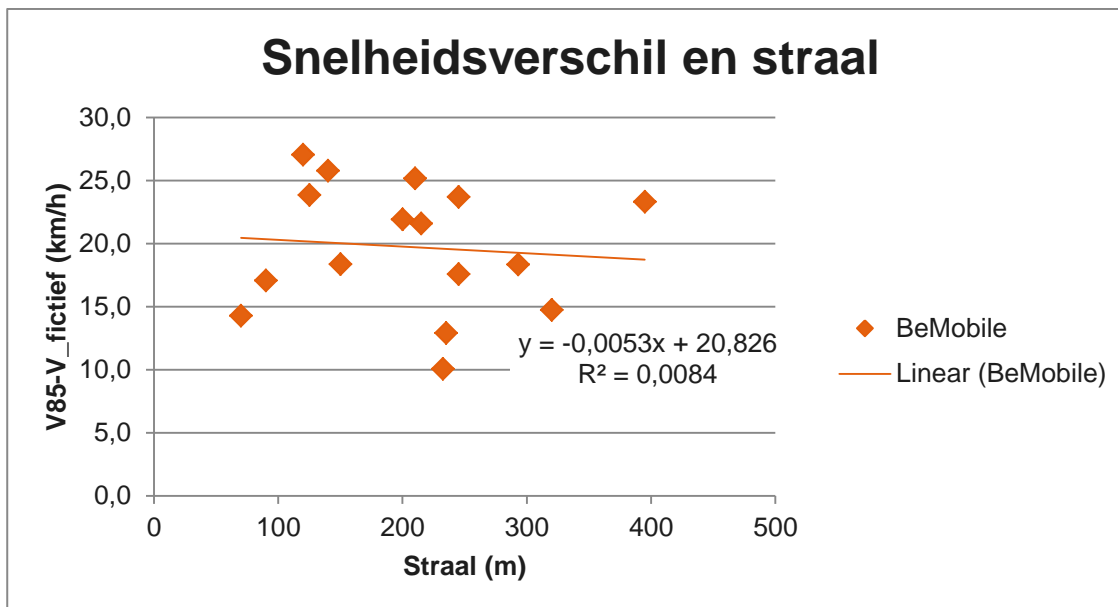


Figuur 3 Vergelijking fictieve ontwerpsnelheid en V85, bij ontwerpsnelheid van 50 km/u (groen), 70 km/u (zwart) en 90 km/u (blauw); (zie toelichting op pag. 26)

4.2 Snelheidsverschil en straal

In deze analyse is bestudeerd in hoeverre de verschillen tussen de fictieve ontwerpsnelheid en de V85 een relatie hebben met de aanwezig boogstraal. Op deze wijze kan worden vastgesteld of bepaalde type bogen tot relatief grotere overschrijdingen van de verwachte snelheid leiden.

De resultaten tonen een uiteenlopen beeld. Grote verschillen tussen fictieve ontwerpsnelheid en V85 komen zowel vrijwel alle boogstralen. Een dalende trend kan hierin niet met zekerheid worden vastgesteld (zeer lage R^2 -waarde). De analyse bevestigt dat het verschil tussen fictieve ontwerpsnelheid en V85 circa 15-25 km/u bedraagt en laat zien dat deze verschillen bij elk type boogstraal voorkomen.



Figuur 4 V85-Vfictief in relatie tot boogstraal

4.3 Analyse neerslag

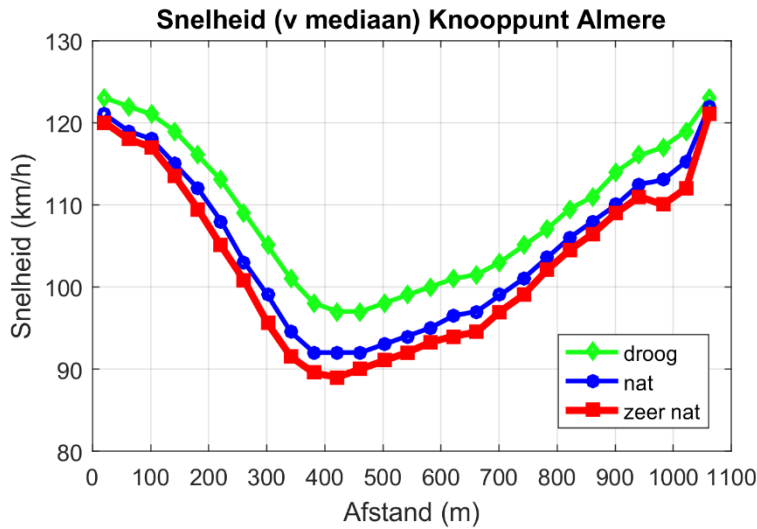
Weerscondities kunnen een duidelijk effect hebben op de doorstroming op snelwegen. Regen is één van de weersinvloeden waarop weggebruiker mogelijk hun rijgedrag aanpassen. Bijvoorbeeld omdat ze merken (of vrezen) dat het wegdek gladder is of het zicht beperkter is. Ook in verbindingbogen, waarin snelheid in combinatie met stroefheid en zicht belangrijke factoren zijn is de verwachting dat de aanwezigheid van neerslag resulteert in lagere snelheden.

Om dit te toetsen is gebruik gemaakt van weergegevens (afkomstig van MeteoGroup) op 5 minuut-niveau. In de analyse worden de snelheidsprofielen bestudeerd in drie categorieën:

1. Alle ritten tijdens droge perioden (Droog)
2. Alle ritten tijdens natte periode (Nat)
3. Ritten tijdens zeer natte periode (meer dan 0,5mm/5min); selectie van cat. 2 (Zeer nat).

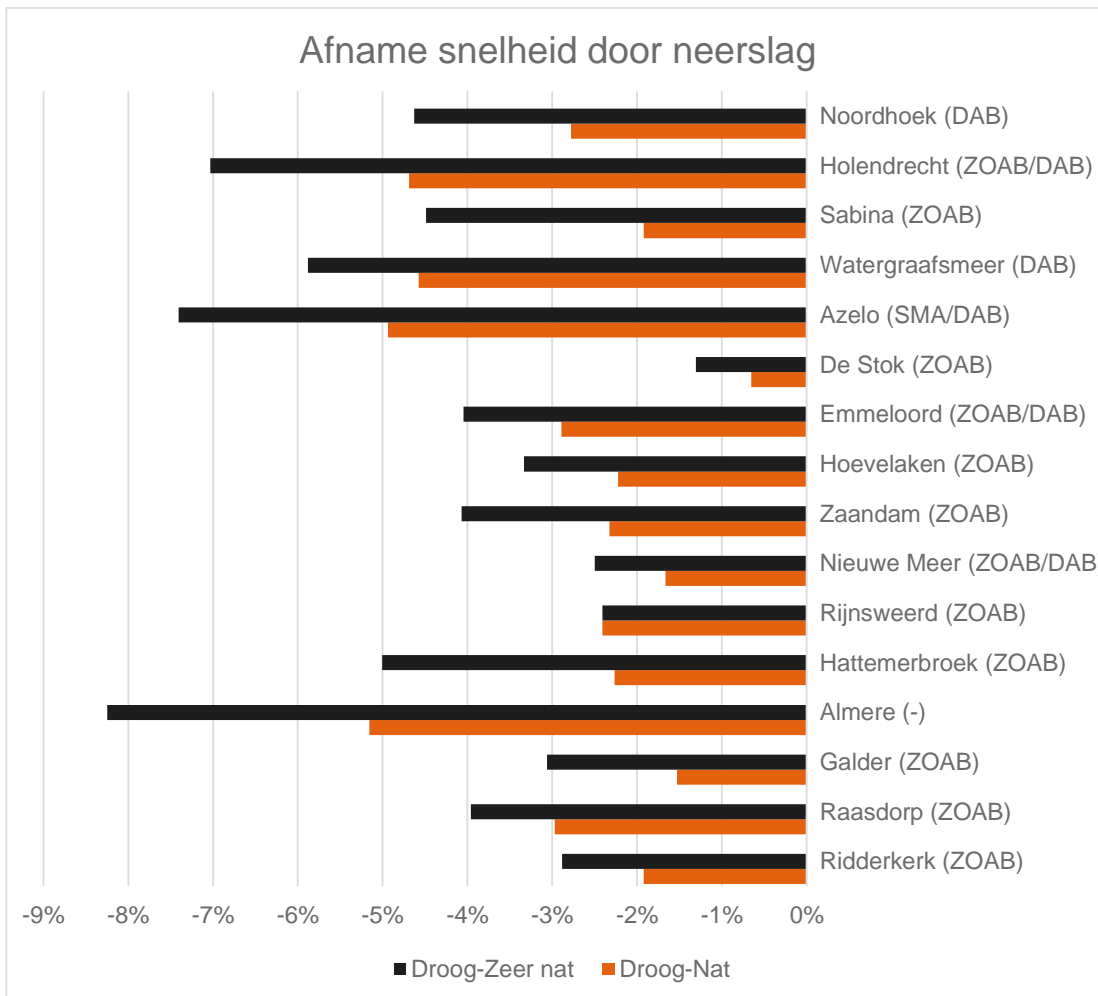
Dankzij de grote hoeveelheid meetgegevens zijn de hoeveelheden data binnen de drie selecties nog groot genoeg om betrouwbare analyses te doen. Categorie 3 (Zeer nat) is logischerwijs de kleinste selectie. Ter indicatie, categorie 1, 2 en 3 bevatten gemiddeld circa 6.500, 1.500 en 500 snelheidsprofielen.

Uit de resultaten (zie figuur 6 en tabel 2) blijkt dat neerslag in alle verbindingbogen leidt tot lagere snelheden (vergelijking op basis van minimale V mediaan). Gemiddeld over alle bestudeerde bogen zorgt de aanwezigheid van neerslag voor een snelheidsafname van 3 tot 4%. Een hogere intensiteit (hoeveelheid regen per minuut) leidt in algemene zin tot een lagere snelheid, hoewel de verschillen tussen de twee bestudeerde snelheidsprofielen met neerslag beperkt zijn (zie onderstaand voorbeeld van knooppunt Almere).



Figuur 5 Grafiek Knooppunt Almere ter illustratie (zie bijlage B voor grafieken van overige knooppunten)

Uit de resultaten per verbindingsboog blijkt dat de snelheidsafname duidelijk verschilt per boog (zie bijlage B). Het ontwerp van de verbindingsboog is daarin bepalend. In krappe klaverbladlussen past de automobilist zijn snelheid het minst aan (bijvoorbeeld 1% in knooppunt De Stok). De snelheid is onder droge condities al relatief laag (door het ontwerp) en regen vormt geen reden om de snelheid verder te verlagen. In ruimere verbindingsbogen, waar de snelheid onder droge condities hoger ligt, blijkt regen wel een reden te zijn om snelheid te minderen (bijvoorbeeld 5-8% in knooppunt Almere).



Figuur 6 Verschil in snelheden bij natte en droge weerscondities (op basis van minimale V_mediaan). Aanwezige asfalttypen staan vermeld bij de knooppuntnamen.

Tabel 2 Detailgegevens snelheden bij droge of natte condities (op basis van V_mediaan)

	V mediaan (km/u)			Afname snelheid (km/u)		Afname snelheid (procentueel)	
	Droog	Nat	Zeer nat	Droog-Nat	Droog-Zeer nat	Droog-Nat	Droog-Zeer nat
Holendrecht	64,0	61,0	59,5	-3,0	-4,5	-5%	-7%
Noordhoek	54,0	52,5	51,5	-1,5	-2,5	-3%	-5%
Almere	97,0	92,0	89,0	-5,0	-8,0	-5%	-8%
Azelo	81,0	77,0	75,0	-4,0	-6,0	-5%	-7%
Nieuwe Meer	80,0	78,7	78,0	-1,3	-2,0	-2%	-3%
De Stok	76,5	76,0	75,5	-0,5	-1,0	-1%	-1%
Emmeloord	86,5	84,0	83,0	-2,5	-3,5	-3%	-4%
Hoevelaken	90,0	88,0	87,0	-2,0	-3,0	-2%	-3%
Rijnsweerd	83,0	81,0	81,0	-2,0	-2,0	-2%	-2%
Sabina	78,0	76,5	74,5	-1,5	-3,5	-2%	-4%
Watergraafsmeer	76,5	73,0	72,0	-3,5	-4,5	-5%	-6%
Zaandam	86,0	84,0	82,5	-2,0	-3,5	-2%	-4%
Galder	98,0	96,5	95,0	-1,5	-3,0	-2%	-3%
Hattermerbroek	88,3	86,3	83,8	-2,0	-4,4	-2%	-5%
Raasdorp	101,0	98,0	97,0	-3,0	-4,0	-3%	-4%
Ridderkerk	104,0	102,0	101,0	-2,0	-3,0	-2%	-3%
Gemiddeld				-2,3	-3,7	-3%	-4%

Tabel 3 Detailgegevens snelheden bij droge of natte condities (op basis van V85)

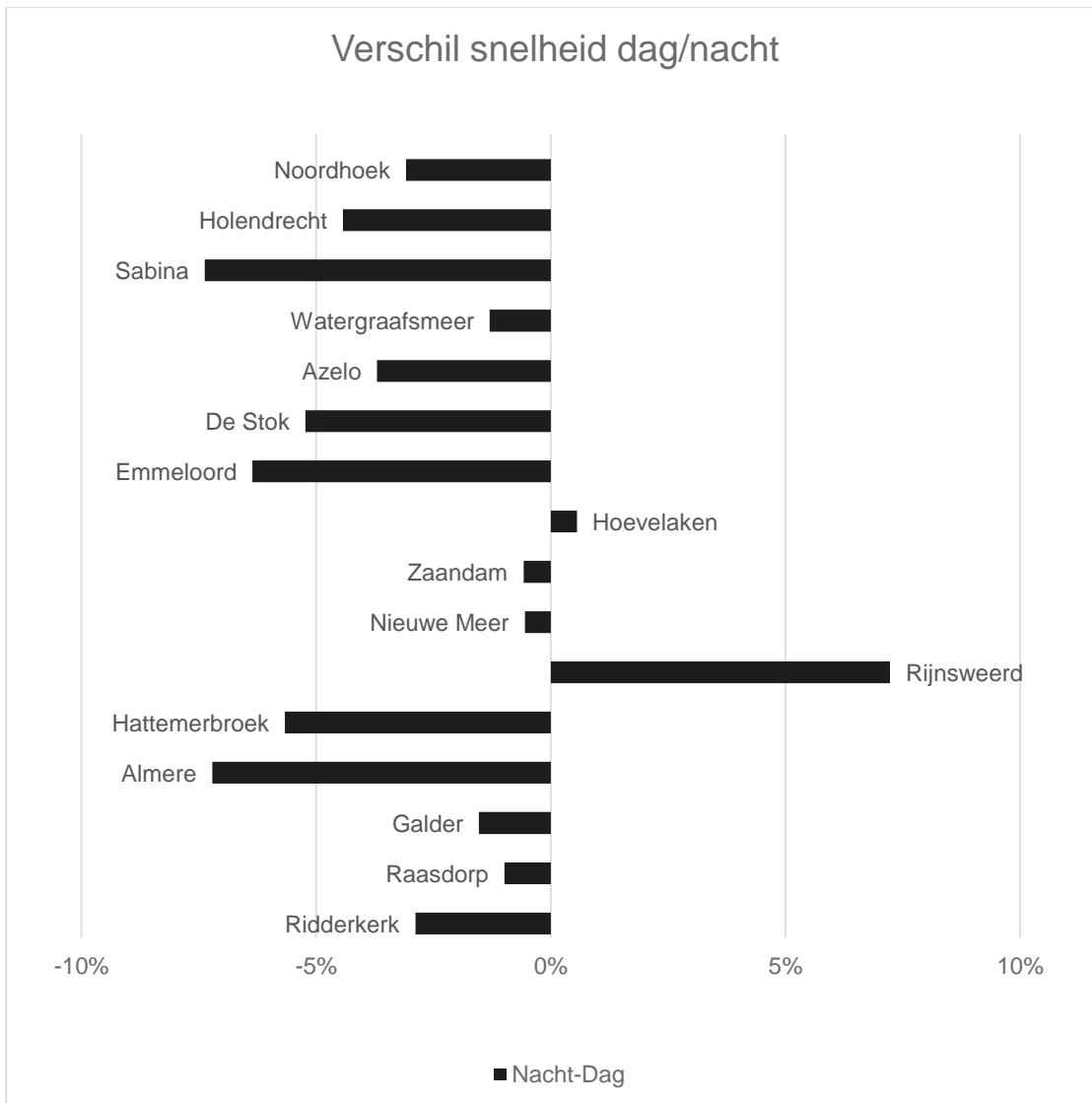
	V85 (km/u)			Afname snelheid (km/u)		Afname snelheid (procentueel)	
	Droog	Nat	Zeer nat	Droog-Nat	Droog-Zeer nat	Droog-Nat	Droog-Zeer nat
Holendrecht	60,0	58,2	58,1	-1,8	-1,9	-3%	-3%
Noordhoek	70,5	67,5	65,5	-3,0	-5,0	-4%	-7%
Almere	86,0	85,0	83,5	-1,0	-2,5	-1%	-3%
Azelo	85,0	81,5	80,0	-3,5	-5,0	-4%	-6%
Nieuwe Meer	90,0	86,0	84,0	-4,0	-6,0	-4%	-7%
De Stok	86,0	84,5	84,0	-1,5	-2,0	-2%	-2%
Emmeloord	96,0	94,0	92,0	-2,0	-4,0	-2%	-4%
Hoevelaken	101,0	98,5	98,0	-2,5	-3,0	-2%	-3%
Rijnsweerd	96,0	94,0	92,0	-2,0	-4,0	-2%	-4%
Sabina	86,8	84,7	84,0	-2,1	-2,8	-2%	-3%
Watergraafsmeer	93,5	91,0	91,9	-2,5	-1,7	-3%	-2%
Zaandam	99,0	95,5	91,3	-3,5	-7,7	-4%	-8%
Galder	107,5	102,0	100,0	-5,5	-7,5	-5%	-7%
Hattermerbroek	108,0	106,0	104,3	-2,0	-3,8	-2%	-3%
Raasdorp	111,0	108,5	107,0	-2,5	-4,0	-2%	-4%
Ridderkerk	117,0	114,4	112,0	-2,6	-5,0	-2%	-4%
Gemiddeld				-2,6	-4,1	-3%	-4%

4.4 Analyse dag of nacht

De snelheid van weggebruiker zou ook afhankelijk kunnen zijn van het tijdstip op de dag. Mogelijk rijdt men 's nachts harder (omdat het rustiger is) of juist langzamer (omdat het zicht beperkt is). Dankzij de grote hoeveelheid floating car gegevens is het mogelijk om een goede vergelijking te maken tussen de snelheidsprofielen overdag (tussen 10:00-16:00uur) en 's nachts (tussen 22:00-04:00uur). In deze vergelijking zijn de spitsperiodes bewust buiten beschouwing gelaten, omdat weggebruikers door drukte in deze periodes mogelijk niet hun gewenste snelheid kunnen rijden.

Uit de resultaten blijkt dat vrijwel op alle verbindingsoogen 's nachts langzamer wordt gereden dan overdag. De mate waarin weggebruikers hun snelheid aanpassen verschilt per verbindingsoog. De grootste verschillen zijn zichtbaar in verbindingsoogen Sabina, Hattemerbroek, Emmeloord, De Stok en Almere, en bedragen circa 5-7%. Opvallend is dat deze knooppunten zowel klaverbladlussen of ruime verbindingsoogen bevat. Er lijkt daarom geen sterke relatie tussen het ontwerp (bijv. boogstraal) en de mate waarin weggebruikers 's nachts hun snelheid aanpassen.

Knooppunt Hoevelaken en Rijnsweerd vormen de uitzondering. Op deze verbindingsoogen ligt de snelheid in de nachtelijke periode hoger dan overdag. Bij Hoevelaken blijft het verschil beperkt tot minder dan 1%. In knooppunt Rijnsweerd is echter wel een aanzienlijke toename zichtbaar. Weggebruikers rijden hier 's nachts circa 7% harder dan overdag. Een goede verklaring voor dit verschil ontbreekt. De weginrichting en/of verkeerssamenstelling is in Rijnsweerd niet volledig anders dan in de andere onderzochte locaties.



Figuur 7 Vergelijking snelheden dag en nacht (op basis van minimale V_{mediaan})

Tabel 4 Detailgegevens snelheden dag en nacht

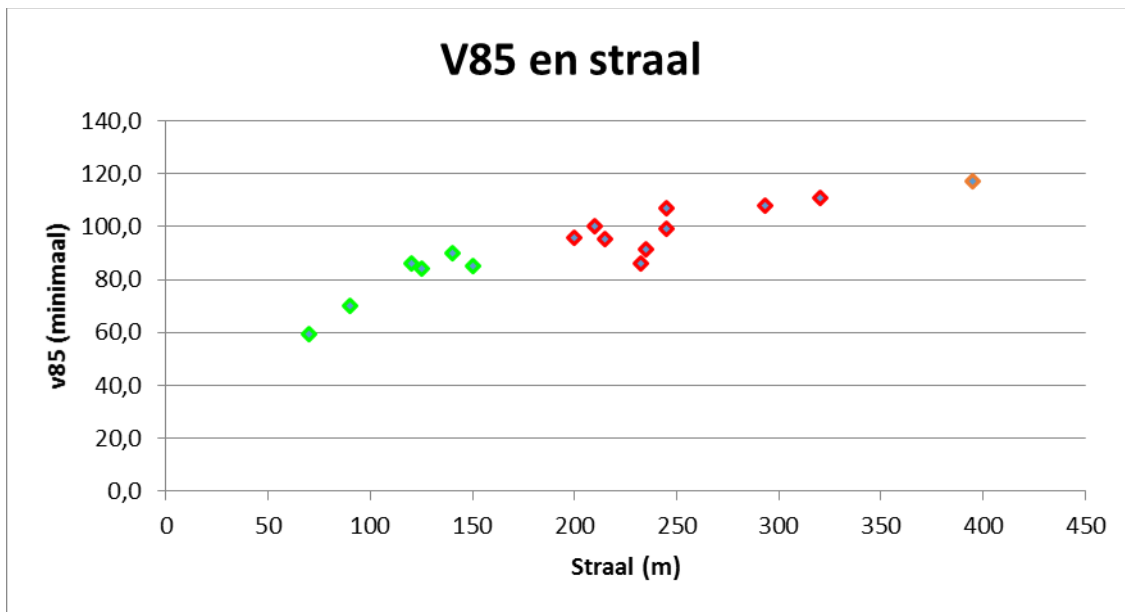
	V mediaan		Toe/afname snelheid (km/u)	Toe/afname snelheid (%)
	Dag (10:00-16:00u)	Nacht (22:00-4:00u)	Nacht-Dag	Nacht-Dag
Holendrecht	64,5	61,7	-2,8	-4%
Noordhoek	54,0	52,3	-1,7	-3%
Almere	99,0	92,0	-7,0	-7%
Azelo	81,0	78,0	-3,0	-4%
Nieuwe Meer	80,7	80,2	-0,4	-1%
De Stok	77,0	73,0	-4,0	-5%
Emmeloord	87,5	82,0	-5,5	-6%
Hoevelaken	90,0	90,5	0,5	1%
Rijnsweerd	81,0	87,0	6,0	7%
Sabina	78,0	72,3	-5,8	-7%
Watergraafsmeer	76,0	75,0	-1,0	-1%
Zaandam	86,0	85,5	-0,5	-1%
Galder	98,0	96,5	-1,5	-2%
Hattermerbroek	89,0	84,0	-5,0	-6%
Raasdorp	101,0	100,0	-1,0	-1%
Ridderkerk	105,0	102,0	-3,0	-3%
Gemiddeld			-2,2	-3%

4.5 Analyse snelheid en boogstraal

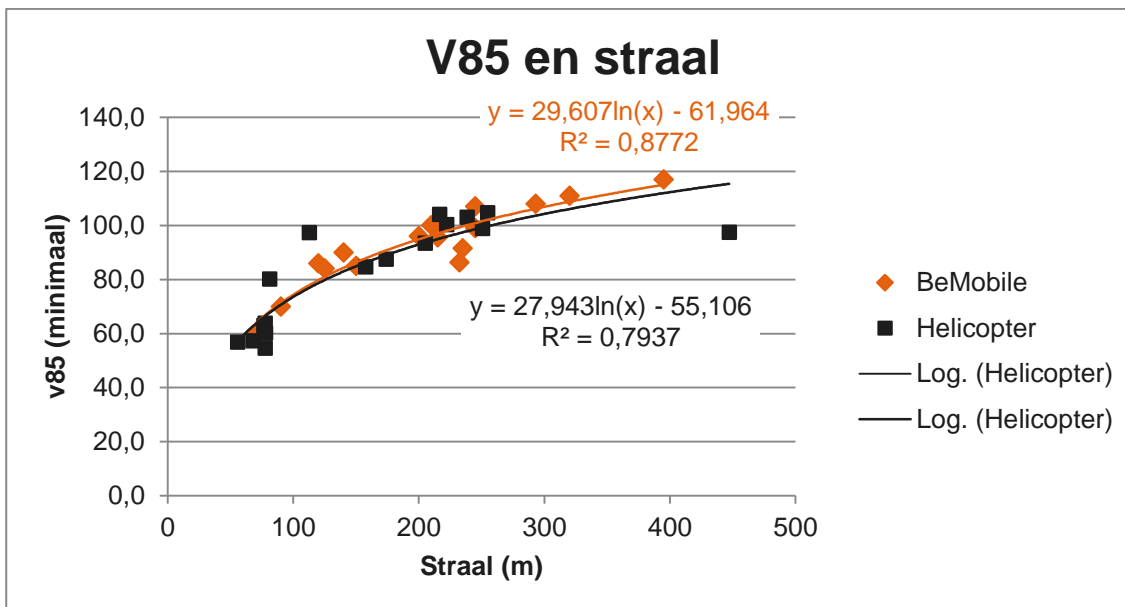
In deze analyse is het verband bestudeerd tussen de gereden snelheid (minimale v85) en de boogstraal. In onderstaande grafiek zijn de ontwerpsnelheden weergegeven met kleuraanduidingen (groen=50km/u, rood=70km/u, oranje=90km/u).

Uit de resultaten blijkt dat – conform verwachting - de laagste snelheden worden gereden bij een kleine boogstraal. Naar mate de boogstraal groter wordt, is ook de gereden snelheid hoger.

De resultaten bevestigen de conclusie van de eerder uitgevoerde studie met helipectermetingen, te weten: met een toenemende straal, neemt de gereden snelheid toe. De resultaten laten daarmee zien dat de gereden snelheden ruim boven de ontwerpsnelheid liggen.



Figuur 8 Verband tussen boogstraal en snelheid (v85)



Figuur 9 Verband tussen boogstraal en snelheid (v85), incl. helipectermetingen

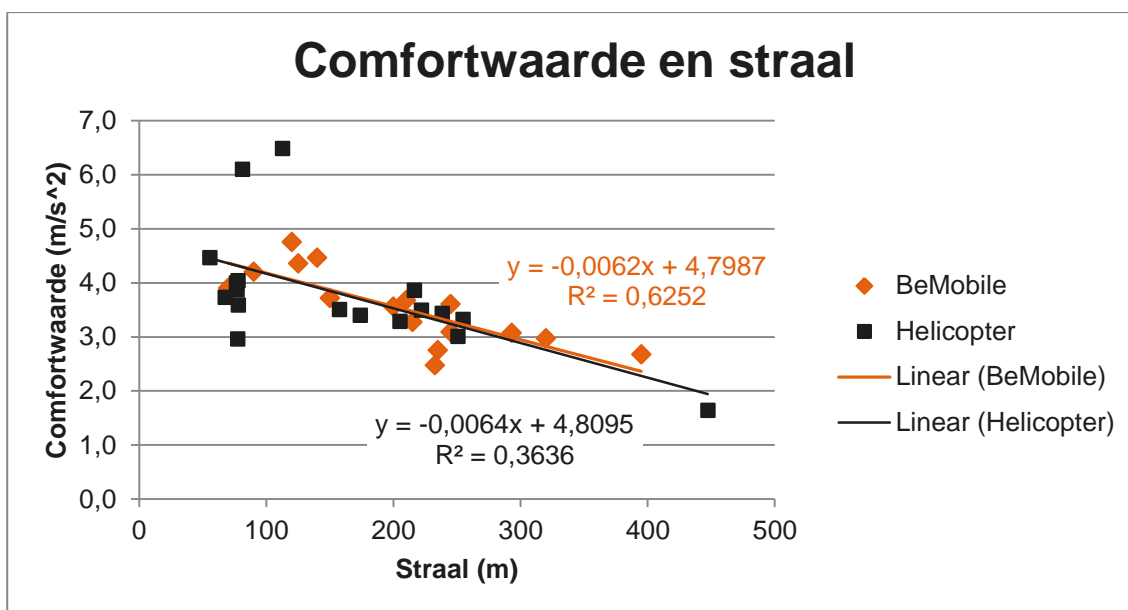
4.6 Analyse comfortwaarde

Per verbindingsweg is een comfortwaarde voor het berijden van de boog bepaald: de zijdelingse (centrifugale) versnelling. De grootte van deze waarde komt overeen met de kracht die een bestuurder (en inzittenden) ervaren bij het doorrijden van de boog (ook wel aangeduid als 'g-kracht'). De zijdelingse versnelling is bepaald op basis van de laagste snelheid van het v85-profiel. Juist deze waarde is genomen omdat verondersteld wordt dat weggebruikers afremmen omdat ze de snelheid in de boog als niet comfortabel of onveilig ervaren.

In onderstaande figuur de centrifugale versnelling uitgezet tegen de boogstraal. Uit deze resultaten blijkt een duidelijk afnemende trend: hoe groter de boogstraal, hoe lager de centrifugale versnelling.

Daarnaast kunnen de volgende bijzonderheden worden opgemerkt:

- De resultaten komen niet overeen met de conclusie vanuit de vorige studie, dat in alle bogen een centrifugale versnelling wordt behaald van 3-4 m/s². De resultaten van de huidige studie laten een afnemende trend zien, van 5,0 m/s² bij een boogstraal van circa 100m tot 3,0 m/s² bij boogstralen van circa 400m.
- Hoewel de conclusie afwijkt van de eerdere studie, passen de eerdere metingen wel in de geconstateerde afnemende lijn. De selectie van bestudeerde verbindingbogen blijkt daarmee bepalend voor de gevonden relatie.
- Comfortwaardes hoger dan 5,0m/s² zijn in de huidige studie niet gevonden. De eerdere twee uitschieters lijken daarmee een uitzondering.



4.7 Analyse deceleratie

In deze paragraaf gaan we in op de remvertraging die bestuurders hanteren bij het aanpassen van de snelheid in de horizontale boog. Tabel 3 bevat de 15 percentiel-waarden van de remvertragingen: dit betekent dat 15% van de weggebruikers die gemeten zijn, harder remden. De vertragingen in Tabel 3 hebben betrekking op de maximale waarde in de a15 verdeling over het hele meetgebied (het 'laagste punt in de curve').

Uit de resultaten blijkt dat de meeste remvertragingen liggen in het bereik van circa 0,5 tot 1,7 m/s². Twee verbindingbogen laten een hogere waarde zien, te weten Sabina (-2,6 m/s²) en Noordhoek (-2,2 m/s²). Deze hoge deceleraties zouden een gevolg kunnen zijn van een hoge snelheid in het voorliggende wegvak en/of een onoverzichtelijke wegbeeld waardoor weggebruikers worden verrast door de boog. Voor een goede verklaring is een goede detailanalyse voor deze locaties nodig.

Uit de vertraginggrafieken per boog (zie hoofdstuk 3) blijkt weggebruikers hun maximale deceleratie net voor de boog (kleinste boogstraal) behalen. Bij het ingaan van de boog hebben weggebruikers (nog) geen constante snelheid. In de boog wordt nog gedecelereerd tot de gewenste minimale snelheid is bereikt.

Tabel 5 Detailgegevens maximale deceleratie

Naam boog	Ontwerpsnelheid (km/u)	Boogstraal (m)	Deceleratie a15 (m/s ²)
Knooppunt Holendrecht	50	90	-1,4
Knooppunt Noordhoek	50	70	-2,6
Knooppunt Almere	70	245	-1,7
Knooppunt Azelo	70	140	-1,4
Knooppunt Nieuwe Meer	70	235	-0,8
Knooppunt De Stok	70	150	-1,4
Knooppunt Emmeloord	70	200	-0,8
Knooppunt Hoevelaken	70	210	-0,8
Knooppunt Rijnsweerd	70	235	-0,7
Knooppunt Sabina	70	120	-2,2
Knooppunt Watergraafsmeer	70	125	-1,0
Knooppunt Zaandam	70	215	-0,7
Knooppunt Galder	90	293	-1,4
Knooppunt Hattemerbroek	90	245	-0,7
Knooppunt Raasdorp	90	320	-0,7
Knooppunt Ridderkerk	90	395	-0,6

5 CONCLUSIES

Op basis van de uitgevoerde analyses kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- In algemene zin bevestigen de analyses op basis van floating car data de eerder gevonden resultaten uit analyses met helicopter-metingen. De studie laat geen grote afwijkingen zien die aanleiding geven om te twijfelen aan de meetresultaten van deze of voorgaande studie. De nieuwe resultaten zijn wel gebaseerd op een vele malen grotere dataverzameling en bieden daarmee een nauwkeurig, gedetailleerd beeld van de snelheidsprofielen.
- De gereden snelheid is in alle verbindingbogen hoger is dan de fictieve ontwerpsnelheid. De overschrijding bedraagt circa 15-25 km/u en in sommige gevallen (bijv. knooppunt Azelo en Sabina) zelfs groter dan 25 km/u. De mate van snelheidsoverschrijding lijkt daarbij geen relatie te hebben met de grootte van de boogstraal.
- Weerscondities hebben een duidelijke invloed op de gereden snelheid in verbindingbogen. Bij neerslag is de gereden snelheid circa 3 tot 4% lager. In krappe klaverbladlussen past de automobilist zijn snelheid het minst aan (bijvoorbeeld 1% in knooppunt De Stok). De snelheid is onder droge condities al relatief laag (door het ontwerp) en regen vormt geen reden om de snelheid verder te verlagen. In ruimere verbindingbogen, waar de snelheid onder droge condities hoger ligt, blijkt regen wel een reden te zijn om snelheid te minderen (bijvoorbeeld 5-8% in knooppunt Almere).
- De gereden snelheid is ook afhankelijk van de tijdstip op de dag. In nachtelijke uren (22:00-04:00uur) rijden weggebruikers circa 3% langzamer dan overdag (10:00-16:00uur). De mate waarin de snelheid wordt aangepast verschilt echter per boog en lijkt daarin geen relatie te hebben met het ontwerp (boogstraal). De grootste afnames bedragen circa 5-7% en zijn gemeten op zowel klaverbladlussen of ruime verbindingswegen. Bovendien zijn er ook verbindingswegen waarin 's nachts juist harder wordt gereden dan overdag (bijv. in knooppunt Rijsweerd).
- Er is een duidelijke relatie tussen de boogstraal en de gereden snelheid. Hoe groter de straal, hoe hoger de gereden snelheid. Deze conclusie werd ook al getrokken in de eerdere studie en werd bevestigd door de floating car data.
- De maximale centrifugale versnelling (comfortwaarde) laat een afnemende trend zien van $5,0 \text{ m/s}^2$ bij kleine boogstralen tot $3,0 \text{ m/s}^2$ bij grote boogstralen. Bij kleine boogstralen ervaren bestuurders naar verwachting deze waarde als bovengrens vanuit comfort. Bij grotere boogstralen lijkt de centrifugale versnelling geen maatgevende indicator meer en kunnen de weggebruikers hun wenssnelheid rijden zonder (veel) zijdelingse krachten te ervaren.
- De aanwezige remvertragingen in verbindingbogen zitten in het bereik van circa $0,5$ tot $1,7 \text{ m/s}^2$. Deze maximale deceleratie vindt plaats net voor de boog. De gewenste minimale snelheid wordt echter pas in de boog behaald.

BIJLAGE A BETROUWBAARHEID GPS-SNELHEIDSDATA

Om de accuraatheid van metingen via smartphone apps vast te stellen is in 2015 een experiment uitgevoerd in het project EU-sight (in opdracht van CEDR Transnational Road Research Programme). In dit experiment zijn de snelheidsmetingen van een meetvoertuig/TNO-auto (Instrumented Car; INCA) vergeleken met metingen uit een smartphone app.

Dataverzameling

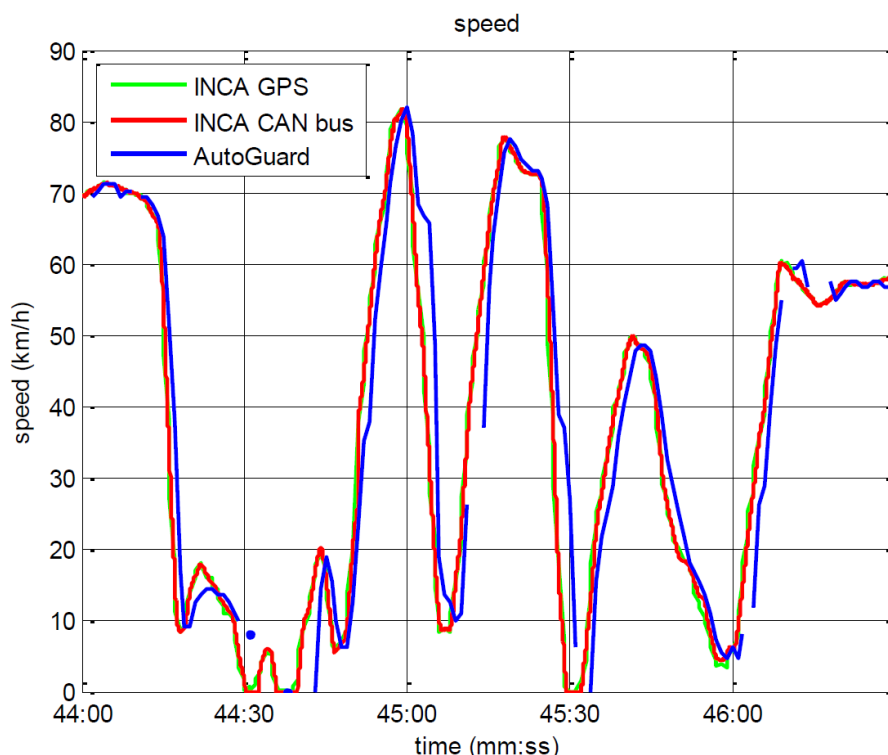
Voor het verzamelen van data is de AutoGuard smartphone app gebruikt (versie 4.5.10) op een Samsung S4 telefoon. De snelheid is iedere seconde gelogd met een precisie van 0,1 km/h=0,36m/s (gebaseerd op de GPS van de telefoon). Versnelling is niet gelogd, maar berekend aan de hand van de gelogde snelheden. De precisie van versnelling is $\Delta V/\Delta t = 0,36/1 = 0,36\text{m/s}^2$.

Het meetvoertuig INCA heeft twee manieren om trip data te verzamelen:

1. GPS: gebruikt voor positie en snelheid. Een RTK ('Real Time Kinematic') GPS is gebruikt. Met behulp van een gefixeerd nulpunt, kan dit systeem de positie van de auto tot op centimeters vastleggen. Deze methode heeft een aanzienlijk hogere precisie dan een standaard GPS (in smartphones).
2. CAN bus: vanuit de CAN bus is de snelheid van alle vier de wielen onafhankelijk gelogd. De informatie uit de CAN bus is ook gebruikt om de versnelling van de auto te af te leiden.

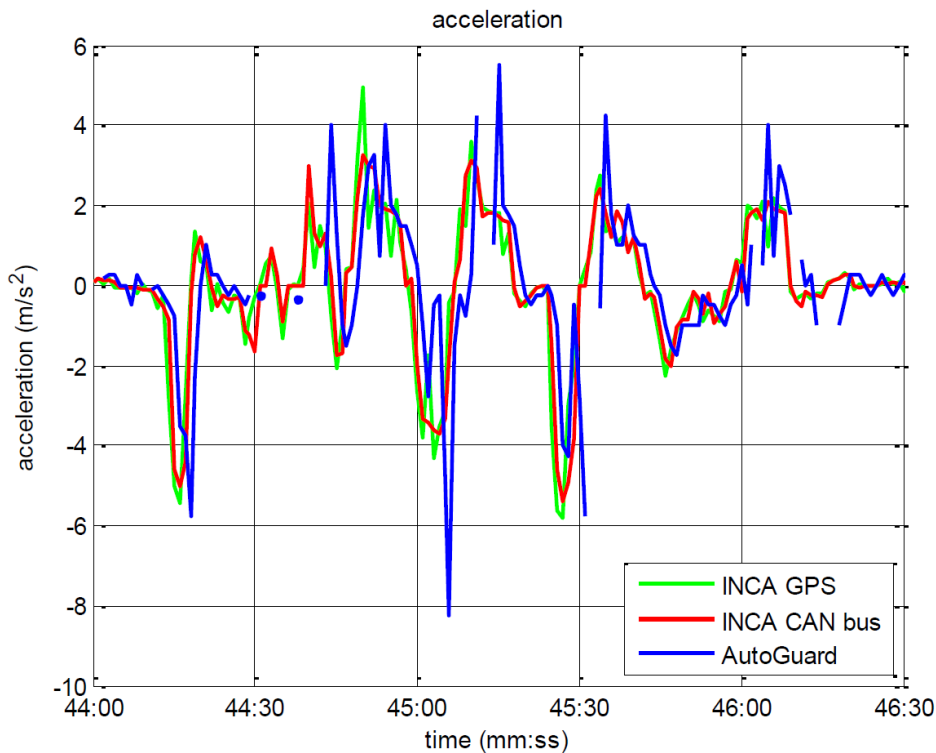
Resultaten

Uit de analyse blijkt dat de snelheden gemeten met de smartphone app het snelheidsprofiel gemeten met INCA goed volgt (zie figuur 9). De smartphone metingen lijken daarbij wel een vertraging van 1-2 seconden te hebben ten opzichte van de INCA metingen.



Figuur 10 Vergelijking snelheidsdata uit drie meetmethodes

In de resultaten van versnelling/vertragingen valt op dat de verschillen tussen de smartphone app en INCA groter zijn (zie figuur 10). Met name in het geval van extreme versnellingen registreert de smartphone app hogere waarden dan INCA. De overige absolute versnellingswaarden van de smartphone app liggen echter wel in hetzelfde bereik als de metingen van INCA (vergelijkbare grafieken).



Figuur 11 Vergelijking versnellingen/vertragingen uit drie meetmethodes

De gemiddelde waarden van de drie meetmethoden tonen veel overeenkomsten. Onderstaande tabel toont de gemiddelde snelheid en versnelling over de gehele proef en de verschillen (afwijking) in gemiddelde snelheid en versnelling per tijdstap (meetpunt).

Tabel 6 Gemiddelde resultaten experiment

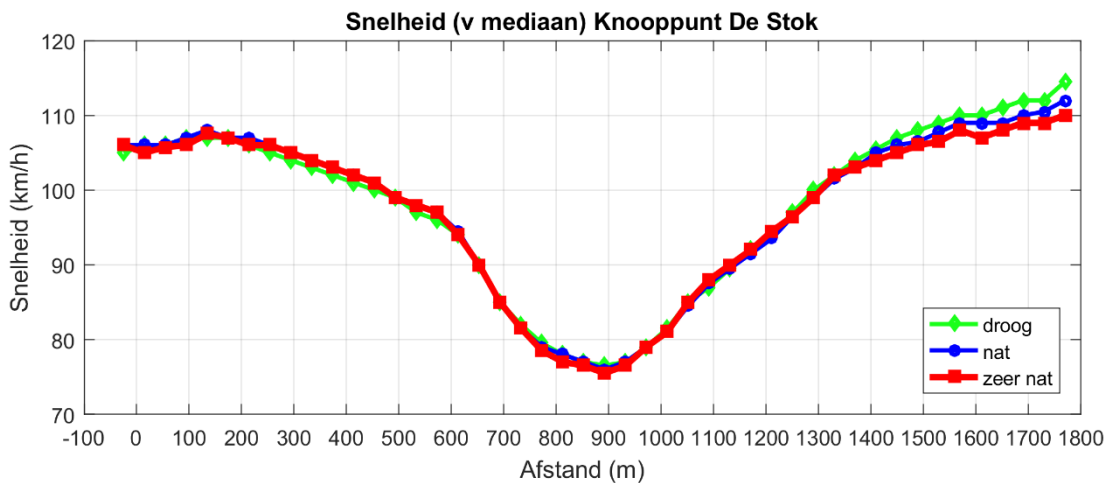
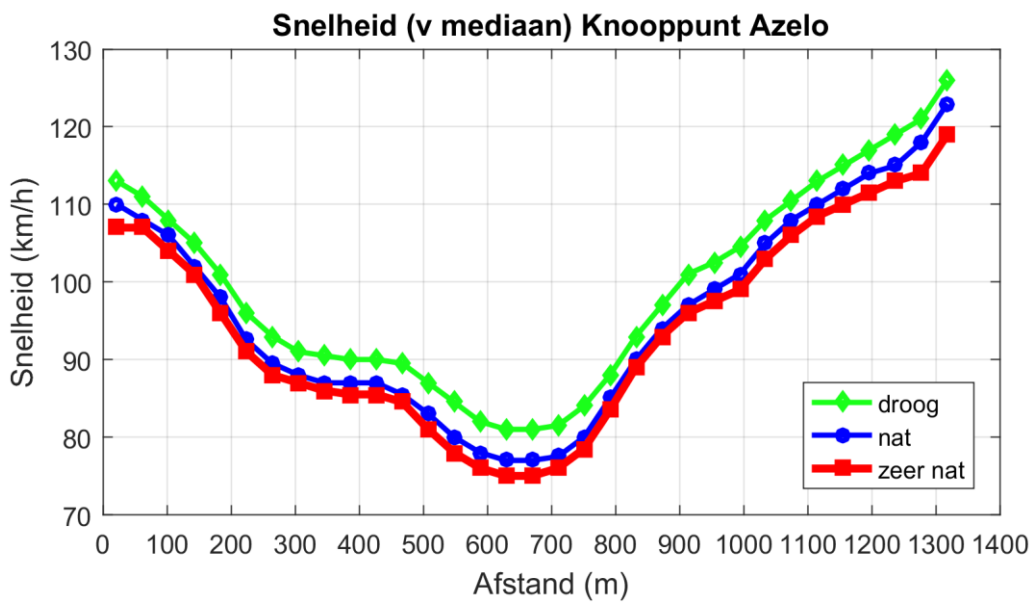
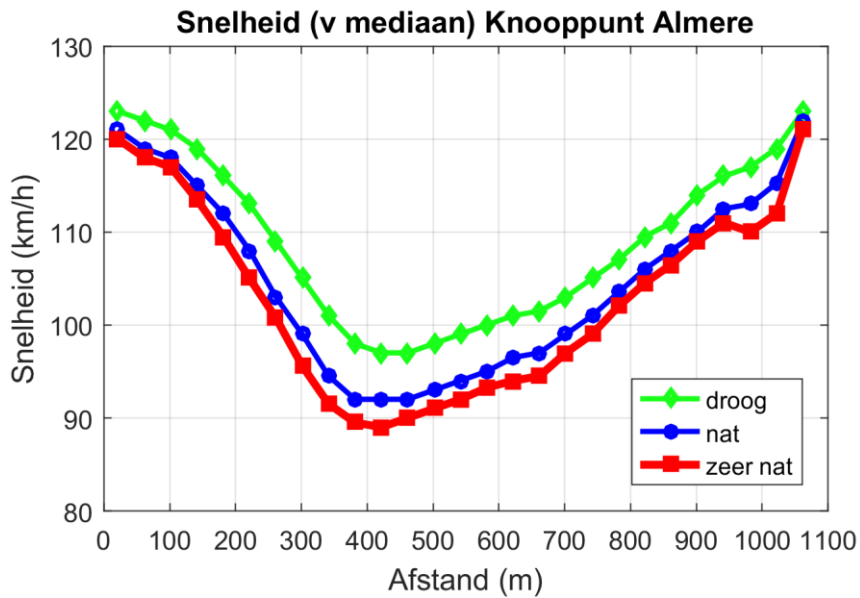
Stelsel	Gemiddelde snelheid [km/h]	Gemiddeld snelheidsverschil per tijdstap [km/h] (vergeleken met smartphone app)	Gemiddelde versnelling [m/s^2]	Gemiddeld versnellingsverschil per tijdstap [m/s^2] (vergeleken met smartphone app)
Smartphone app (AutoGuard)	42,18	---	1,068	---
INCA CAN bus	42,23	2,1	1,058	0,7
INCA GPS	42,24	2,1	1,057	0,8

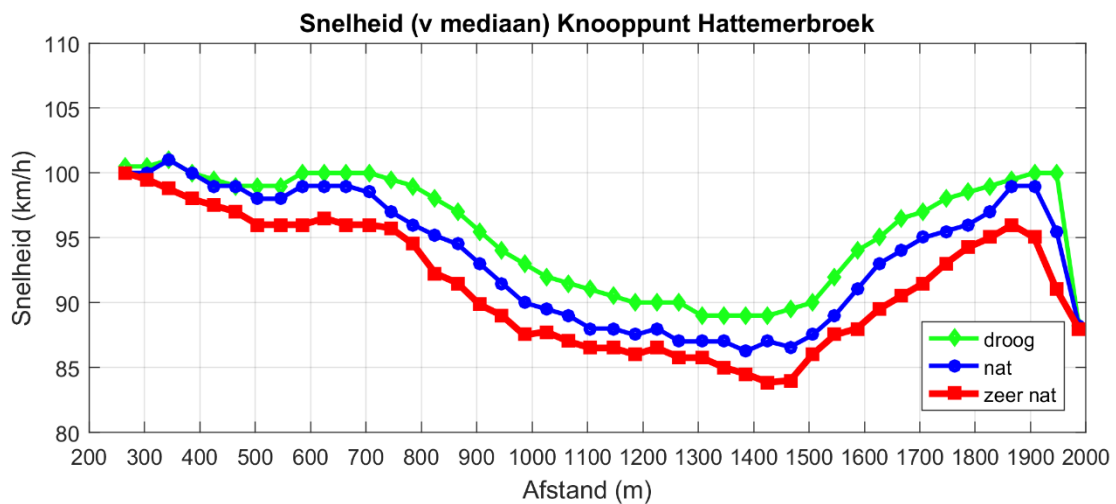
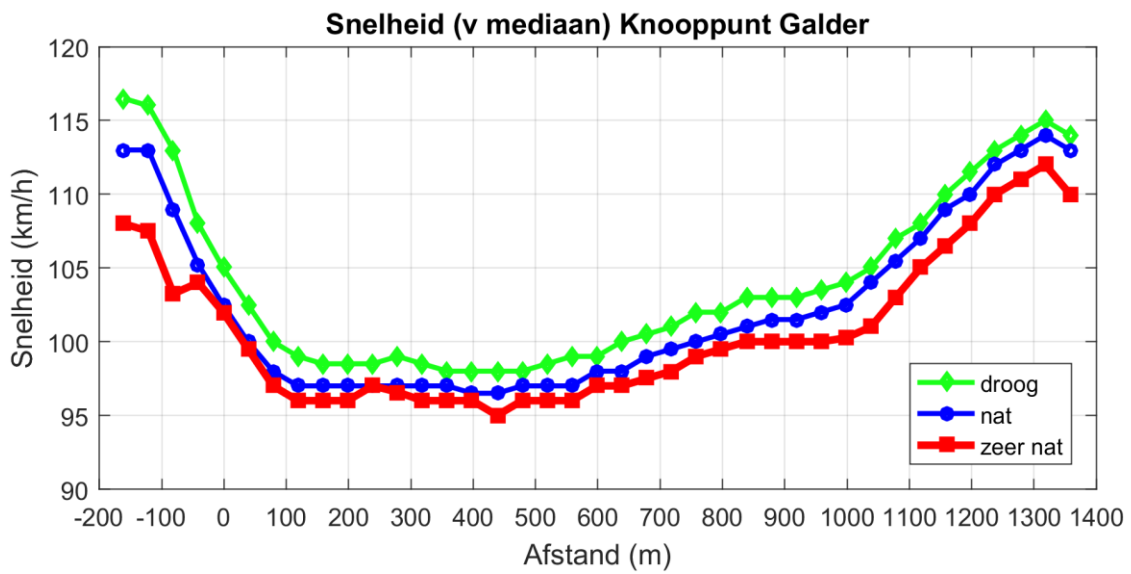
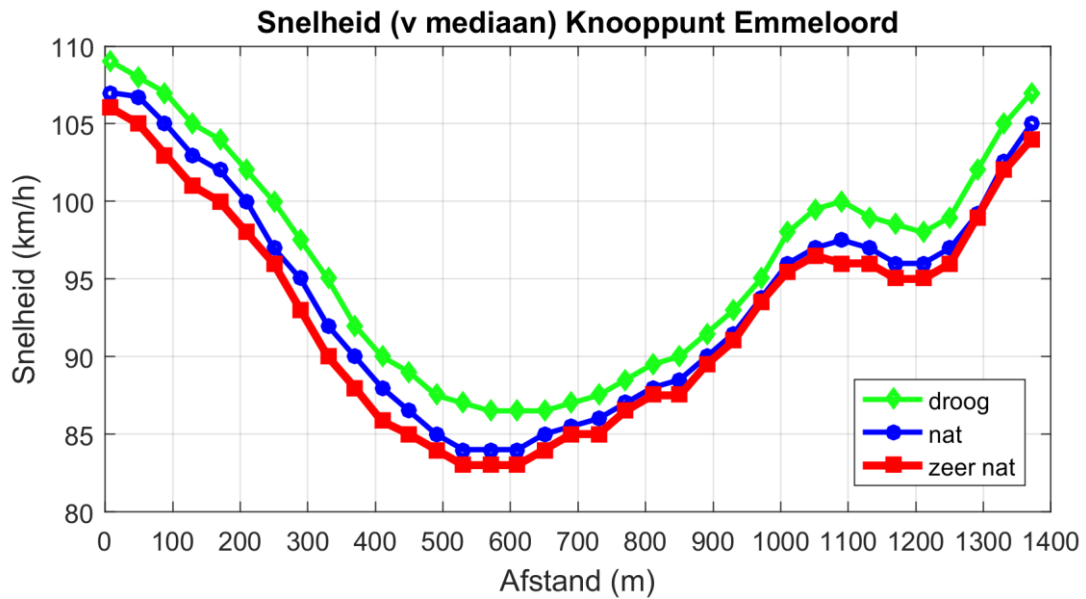
Op basis van het experiment zijn de volgende conclusies getrokken:

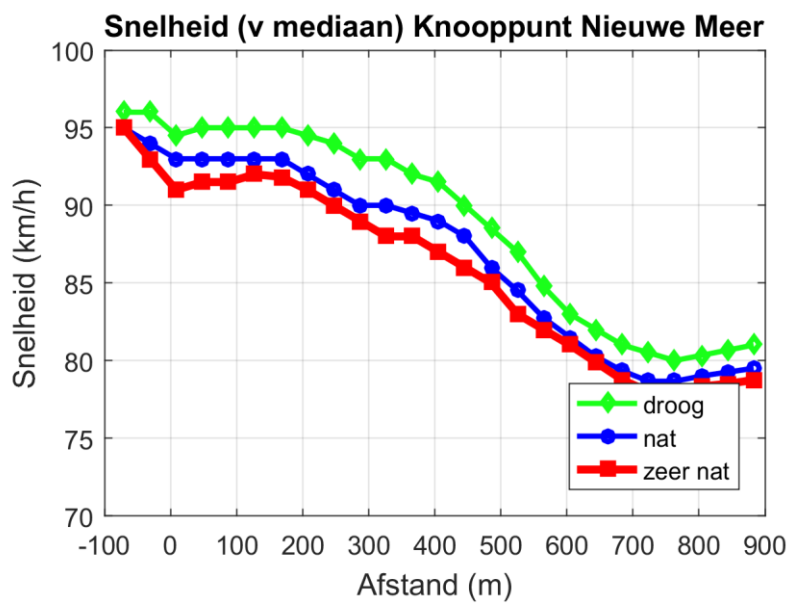
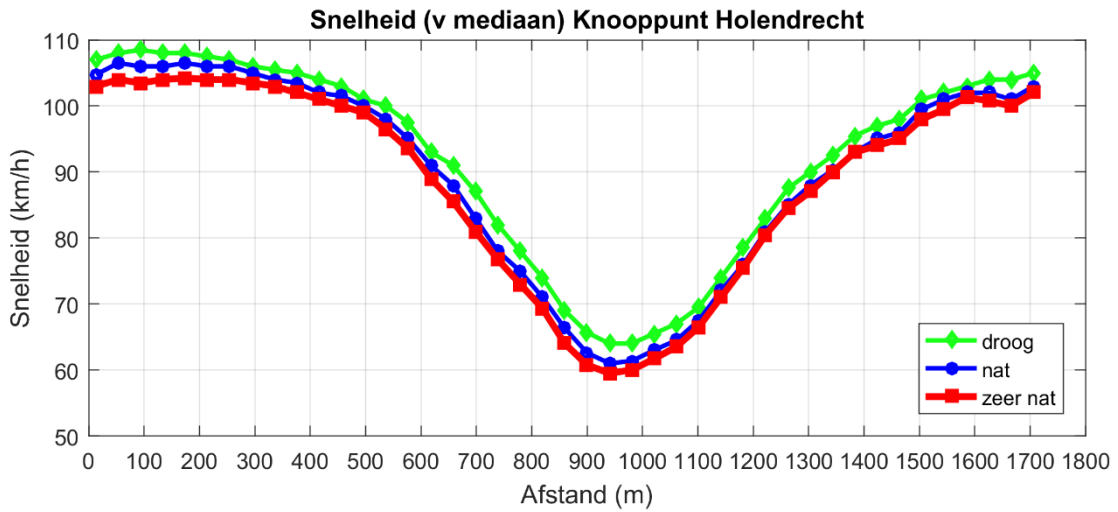
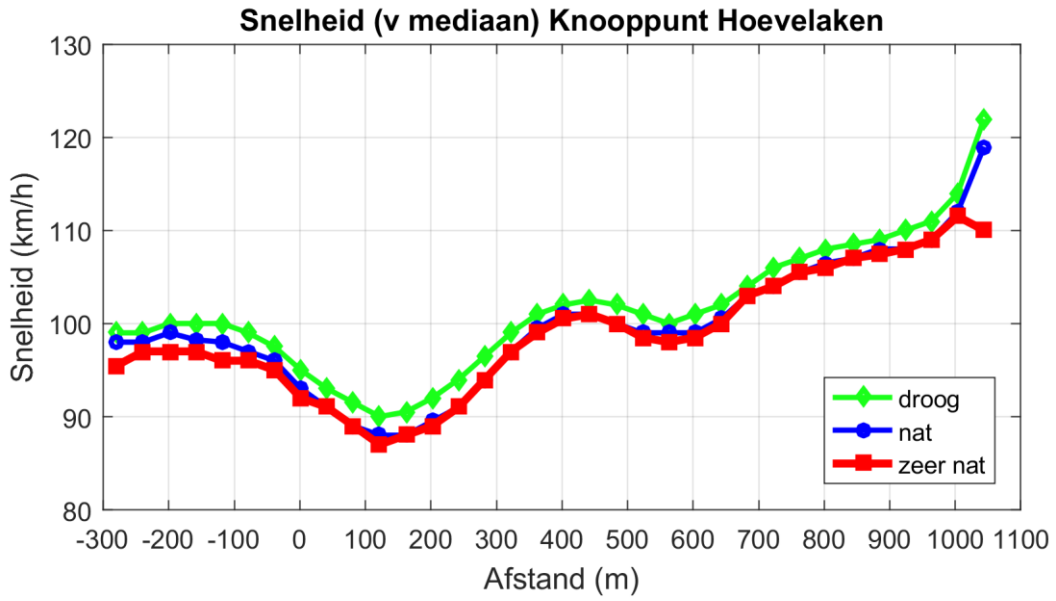
- Voor het berekenen van gemiddelde versnellingen, is de accuraatheid van de metingen met een smartphone app hoog genoeg. Dit geldt ook voor klassenverdelingen van versnellingen van een complete proefrit;
- Gedetailleerde analyse van individuele versnellingen (zeker korte manoeuvres) op basis van smartphone-metingen vraagt aandacht. In sommige gevallen meet de smartphone app twee hoge versnellingen.

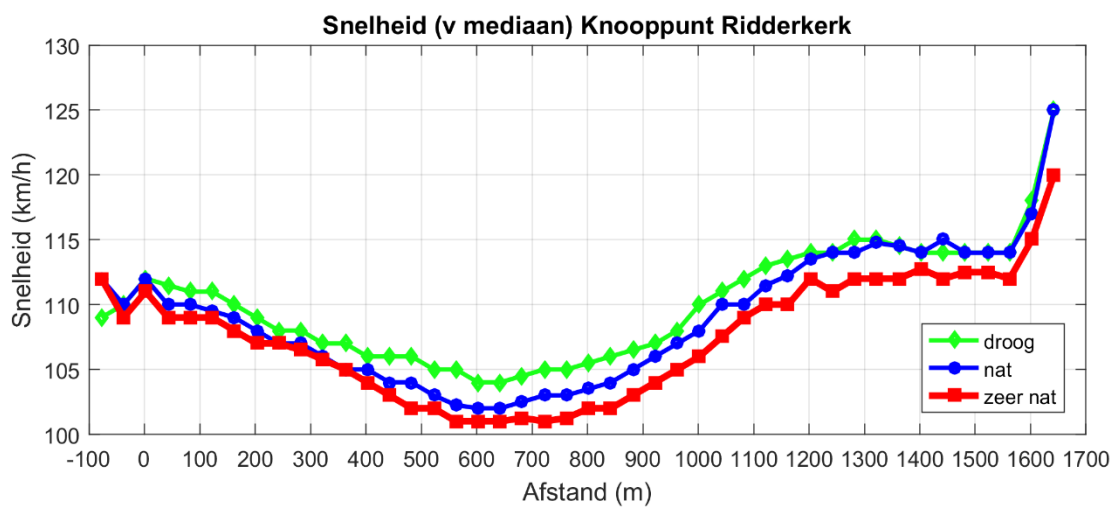
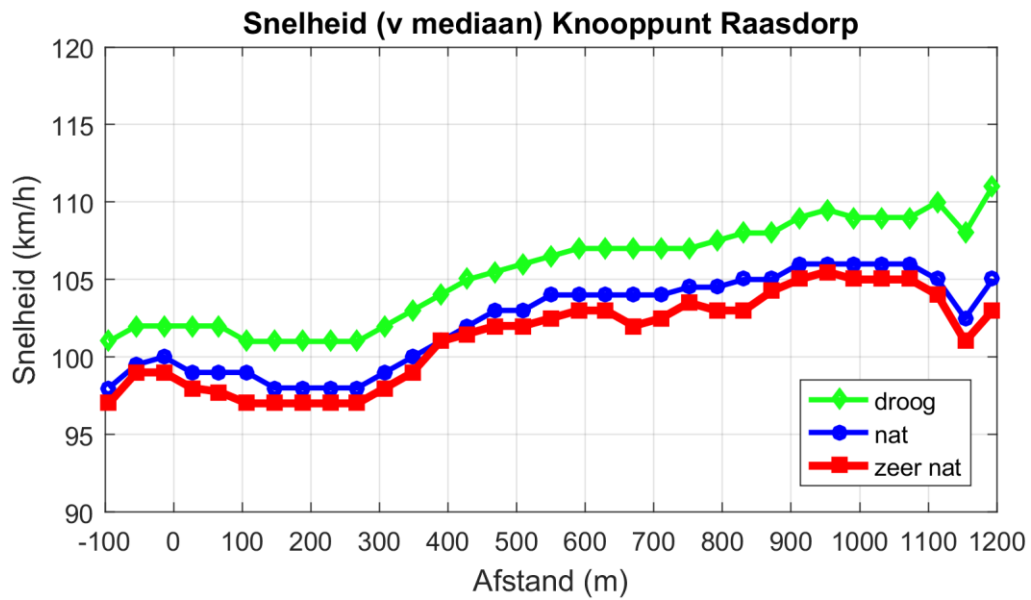
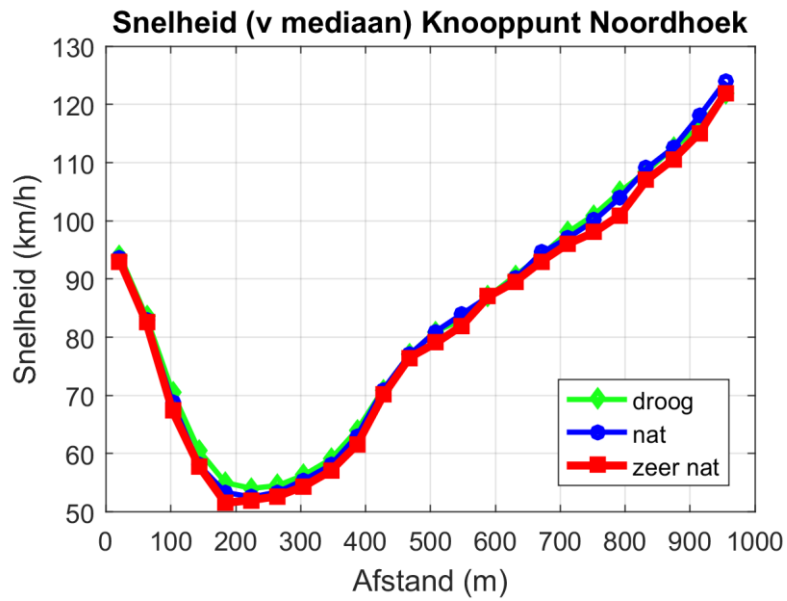
Volledig beschrijving van het experiment en de resultaten zijn te vinden in het rapport 'European Sight Distance in perspective – EUSight, Driving Experiment Report; Deliverable No D5.2; June 2015', onderdeel van CEDR Transnational Road Research Programme, Call 2013: Safety.

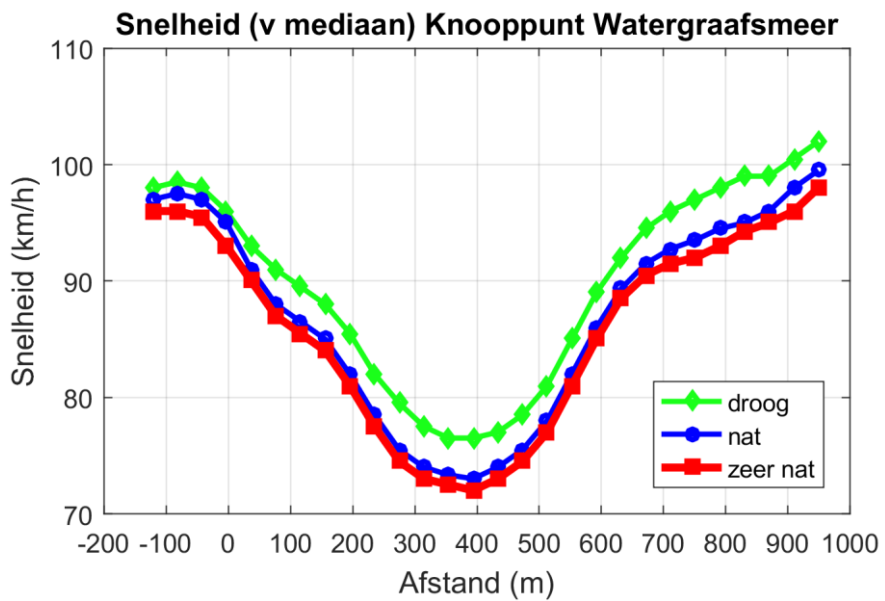
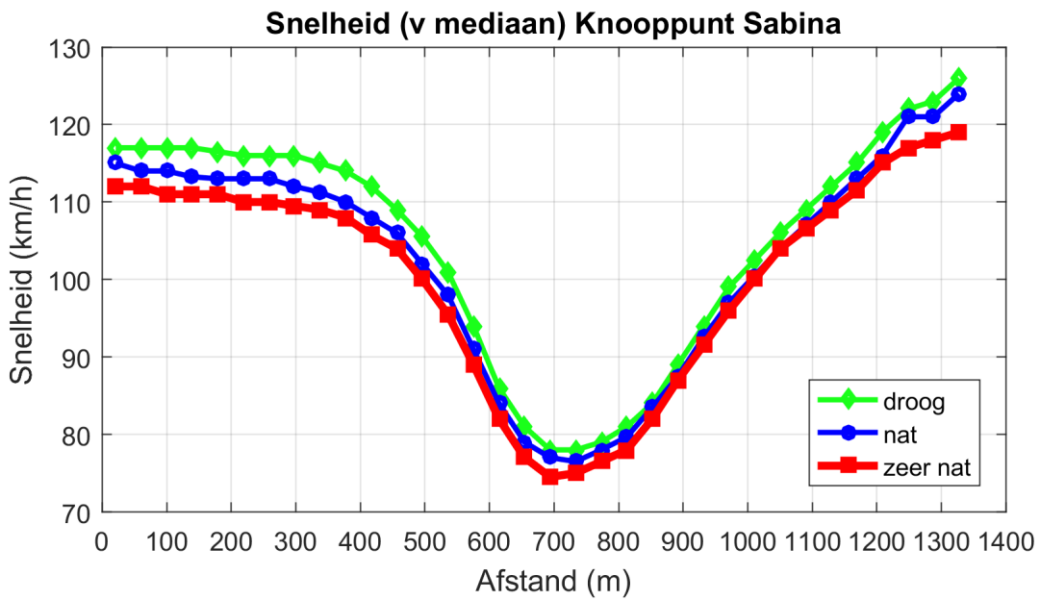
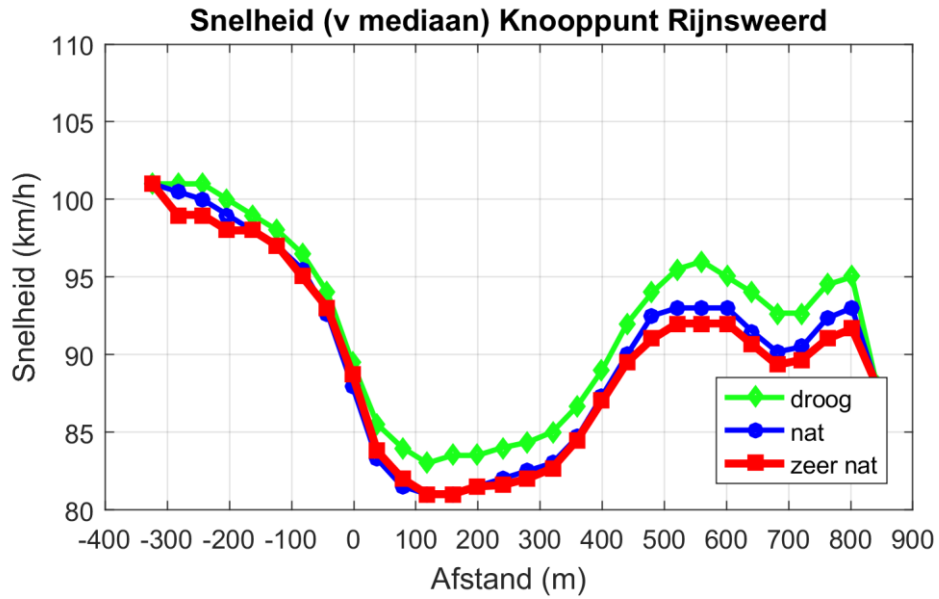
BIJLAGE B NAT-DROOG GRAFIEKEN

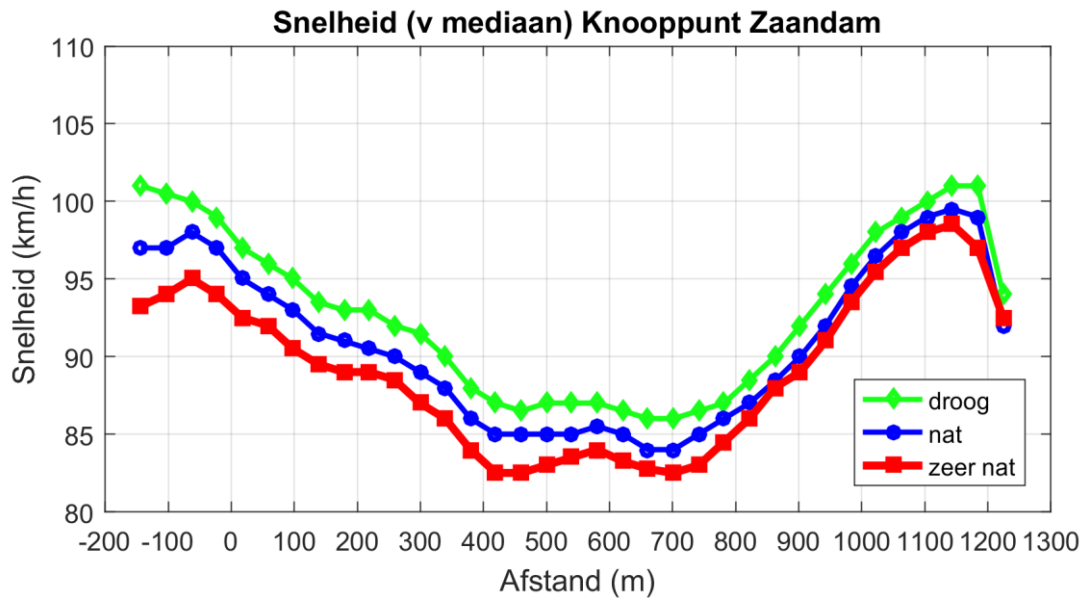












Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland
+31 (0)88 4261261

www.arcadis.com

Projectnummer: D03091.000209

Onze referentie: 078996768 A