

PR3216.10

Project : Afleiden nieuwe windstatistiek
Datum : 15-02-2016
Onderwerp : Afleiden WTI2017 windstatistiek voor 16 windrichtingen
Door : Karolina Wojciechowska

1 Afleiden WTI2017 windstatistiek voor 16 windrichtingen

Voor het WTI2017 dient in Hydra-NL gebruik te worden gemaakt van kans- en/of frequentieverdelingen voor de basisstochasten uit dit model. Ook zijn versies van deze verdelingen nodig waarbij de statistische onzekerheid is uitgeïntegreerd. In (Geerse, 2015) zijn, veelal ontleend aan (Chbab, 2015), de verdelingen voor de volgende basisstochasten behandeld:

- Afvoeren: Lobith, Olst, Borgharen, Lith, Dalfsen
- Meerpeilen: IJsselmeer, Markermeer
- Zeewaterstand: Maasmond
- Windsnelheden: Schiphol (met en zonder Volkerfactor), Deelen

In de studie van (Geerse, 2015) is geconstateerd dat de aanpak van Deltares om de WTI2017 windstatistiek voor Schiphol en Deelen van 12 naar 16 windrichtingen om te rekenen (oftewel van 30°-sectoren naar 22.5°-sectoren) afwijkt van de eerdere methode van (Geerse en Verkaik, 2010) en dus ook tot andere resultaten leidt. De aanpak in de laatstgenoemde referentie gaat uit van het wege van overschrijdingsfrequenties naar rato van de breedte van richtingssectoren¹, terwijl de aanpak door Deltares uitgaat van het wege van kwantielen. Door het wege van kwantielen wordt de frequentie van stormen voor de westelijke richtingen echter ten onrechte overschat, zoals uitgelegd in (Geerse en Verkaik, 2010).

De wens bestaat om de WTI2017 windstatistiek voor Schiphol en Deelen voor 16 windrichtingen op basis van de methode van (Geerse en Verkaik, 2010) af te leiden. Deze memo behandelt de volgende onderwerpen:

- Omrekening volgens (Geerse en Verkaik, 2010), zie § 1.1
- WTI2017 windstatistiek Schiphol voor 16 windrichtingen, zie § 1.2:
 - Afleiden van de windstatistiek met de methode van (Geerse en Verkaik, 2010),
 - Toepassen van de Volkerfactor,
 - Afleiden van uitgeïntegreerde verdelingen van de statistische onzekerheid voor de windsnelheid bij Schiphol (ook met de Volkerfactor),
- WTI2017 windstatistiek Deelen voor 16 windrichtingen, zie § 1.3:
 - Afleiden van de windstatistiek met de methode van (Geerse en Verkaik, 2010),
 - Afleiden van uitgeïntegreerde verdelingen van de statistische onzekerheid voor de windsnelheid bij Deelen.

¹ Deze aanpak stemt overeen met degene die ook al door het RIKZ werd toegepast om 10°-statistiek voor de basispeilen om te rekenen naar richtingssectoren van een andere breedte, zie (Roskam et al, 2000).

1.1 Omrekening volgens (Geerse en Verkaik, 2010)

Deze paragraaf is ontleed aan (Geerse, 2015).

De volgende notatie wordt gebruikt, waarbij w staat voor een 30° -sector en r voor een 22.5° -sector:

$F_{30}(U>u, w)$ overschrijdingsfrequentie van niveau u, in combinatie met de 30° -sector w [1/jaar]

$F_{22.5}(U>u, r)$ overschrijdingsfrequentie van niveau u, in combinatie met de 22.5° -sector r [1/jaar]

De overschrijdingsfrequentie (per jaar) voor een 22.5° -sector wordt in de genoemde referentie "naar evenredigheid" samengesteld uit 30° -sectoren, door geschikte wegingsfactoren te gebruiken. Er geldt bijvoorbeeld voor $r = W$, WNW en NW:

$$\begin{aligned} F_{22.5}(U>u, r=W) &= \frac{3}{4} F_{30}(U>u, w=270^\circ) \\ F_{22.5}(U>u, r=WNW) &= \frac{1}{8} F_{30}(U>u, w=270^\circ) + \frac{5}{8} F_{30}(U>u, w=300^\circ) \\ F_{22.5}(U>u, r=NW) &= \frac{3}{8} F_{30}(U>u, w=300^\circ) + \frac{3}{8} F_{30}(U>u, w=330^\circ) \end{aligned} \quad (1.1)$$

Merk op dat voor iedere sector r de som van de wegingsfactoren in het rechterlid gelijk is aan $6/8 = 22.5/30$. Bij het toekennen van een overschrijdingsfrequentie aan een sector wordt dus rekening gehouden met de breedte daarvan: een smallere sector krijgt een lagere overschrijdingsfrequentie, naar ratio van de breedte van die sector.

r / w	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
NO 1	5/8											1/8
NO 2	3/8	3/8										
OO 3		5/8	1/8									
O 4			3/4									
OZO 5			1/8	5/8								
ZO 6				3/8	3/8							
ZZO 7					5/8	1/8						
Z 8						3/4						
ZZW 9					1/8	5/8						
ZW 10						3/8	3/8					
WZW 11							5/8	1/8				
W 12								3/4				
WNW 13								1/8	5/8			
NW 14									3/8	3/8		
NNW 15										5/8	1/8	
N 16											3/4	

Tabel 1: Opdeling van 30° -sectoren in 22.5° -sectoren (bron: Tabel 4-1 uit (Geerse et al., 2002)).

Soortgelijke wegingen volgen voor de overige r-sectoren (de som van de coëfficiënten in het rechterlid is per rij altijd $6/8$); zie voor de overige wegingsfactoren Tabel 1. De wegingen zijn zodanig dat geldt:

$$\sum_{r=NNW}^N F_{22.5}(u, r) = \sum_{w=30^\circ}^{360^\circ} F_{30}(u, w) \quad (1.2)$$

Dus de sommatie laat de totale overschrijdingsfrequentie onveranderd.

1.2 Windstatistiek Schiphol (16)

1.2.1 Beschrijving jaarlijkse windstatistiek

De jaarlijkse WTI2017 windstatistiek voor het station Schiphol wordt gedefinieerd door de conditionele Weibullverdeling. Parameters van de verdeling verschillen per windrichting; er worden 12 windrichtingsectoren beschouwd. De statistiek betreft jaarlijkse overschrijdfrequenties van windsnelheden in combinatie met 12 windrichtingsectoren.

Voor windrichting w wordt de conditionele Weibullverdeling als volgt gedefinieerd:

$$F_{30}(U > u, w) = \lambda_w \cdot \exp \left\{ - \left(\frac{u}{\sigma_w} \right)^{\alpha_w} + \left(\frac{\omega}{\sigma_w} \right)^{\alpha_w} \right\} \text{ met } u \geq \omega_w \quad (1.3)$$

waarbij:

U	windsnelheid met realisatie u [m/s]
W	windrichting met realisatie w voor een 30° -sector [graden]
$F_{30}(U > u, w)$	overschrijdfrequentie van niveau u , in combinatie met de 30° -sector w [1/jaar]
ω_w	drempelwaarde voor windrichting w [m/s]
λ_w	frequentie van overschrijden van de drempelwaarde voor windrichting w [1/jaar]
α_w	vormparameter voor windrichting w [-]
σ_w	schaalparameter voor windrichting w [m/s]

Waarden van de parameters voor het station Schiphol worden in Tabel 2 vermeld. We merken op dat in de conditionele Weibullverdelingen in feite exponentiële verdelingen zijn, omdat de waarden van het parameter α altijd gelijk zijn aan 1.

Windrichting [graden]	ω	λ	α	σ
30	9.69	2.65	1	1.23
60	9.19	4.59	1	1.38
90	8.30	3.20	1	1.30
120	6.90	6.80	1	1.08
150	9.40	3.23	1	1.09
180	11.20	3.17	1	1.39
210	12.90	4.30	1	1.89
240	17.20	1.78	1	1.78
270	14.00	2.94	1	2.08
300	14.00	1.89	1	1.95
330	11.30	2.73	1	1.89
360	8.40	6.24	1	1.70

Tabel 2: Parameterwaarden per windrichting van de conditionele Weibullverdeling voor de windsnelheid bij Schiphol (bron: (Caires en Chbab, 2009)).

1.2.2 Omrekening naar 16 windrichtingen

De jaarlijkse WTI2017 windstatistiek voor het station Schiphol uit § 1.2.1 is in deze studie omgerekend van 12 naar 16 windrichtingen volgens de methode van (Geerse en Verkaik, 2010), beschreven in uit § 1.1.

Vervolgens is de jaarlijkse windstatistiek voor 16 windrichtingen vertaald naar de windstatistiek voor een 12-uursperiode met de volgende formule (eveneens conform de genoemde referentie):

$$P_{12}(U > u | r) = \frac{F_{22.5}(U > u, r)}{360 \cdot P(r)} \text{ met } u \geq \omega_w \quad (1.4)$$

waarbij:

- r realisatie r van een windrichting (22.5° -sector) [graden]
 $F_{22.5}(U > u, r)$ overschrijdingsfrequentie van niveau u, in combinatie met de 22.5° -sector r [1/jaar]
 $P_{12}(U > u | r)$ overschrijdingenkans van windsnelheid u binnen 12-uur gegeven r [-]
 $P(r)$ momentane kans op windrichting r [-]

In Tabel 3 worden de momentane windrichtingkansen $P(r)$ voor het station Schiphol, zoals gebruikt in deze studie, weergegeven.

Windrichting [graden]	Momentane kans [-]
0	0.030742174
22.5	0.025466057
45	0.037003166
67.5	0.060780865
90	0.05269082
112.5	0.045304256
135	0.051705944
157.5	0.066690116
180	0.091593387
202.5	0.123320436
225	0.112768203
247.5	0.100105522
270	0.075202251
292.5	0.050087935
315	0.03960605
337.5	0.036932817

Tabel 3: Momentane windrichtingkansen $P(r)$ voor het station Schiphol (bron: Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx, ftp-server van Deltares, 04-12-2015).

De windstatistiek voor 12-uursperioden, afgeleid met formule (1.4), is geldig vanaf de drempelwaarden. Probabilistische berekeningen met Hydra-NL (of Hydra-Ring) vereisen echter dat de overschrijdingenkansen van lage windsnelheden ook gedefinieerd zijn.

Om de overschrijdingenkansen van lage windsnelheden te definiëren zijn in deze studie resultaten van Deltares gebruikt. In "Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx" (04-12-2015) worden de

overschrijdingskansen van lage windsnelheden weergegeven, deze kansen zijn door het turven van data bepaald. We gebruiken deze kansen om de volledige windstatistiek voor 12-uursperioden af te leiden.

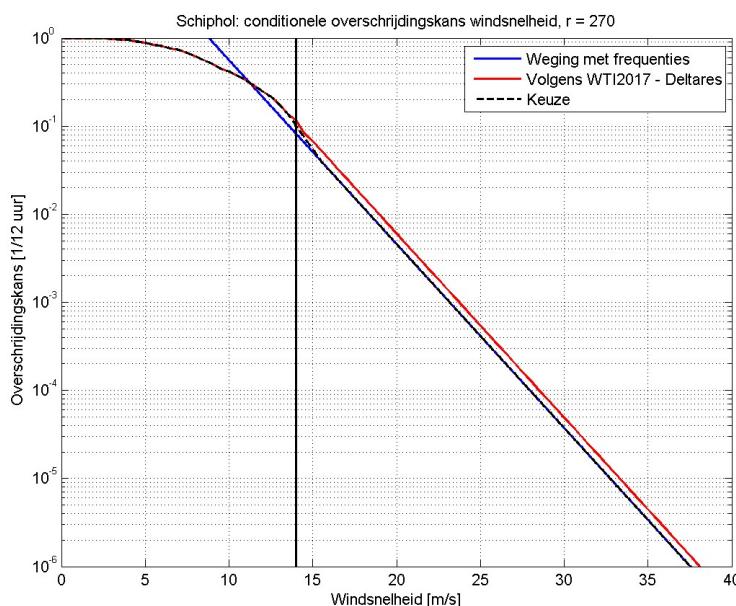
De volgende stappen leiden tot de volledige windstatistiek voor 12-uursperioden in deze studie:

1. De overschrijdingskansen van hoge windsnelheden worden met formule (1.4) afgeleid,
2. De overschrijdingskansen van lage windsnelheden volgen uit "Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx",
3. Het 'overgangsgebied' tussen de kansen uit stap 1 en 2 wordt pragmatisch gekozen zodat de kansen uit stap 1 en 2 op elkaar aansluiten.

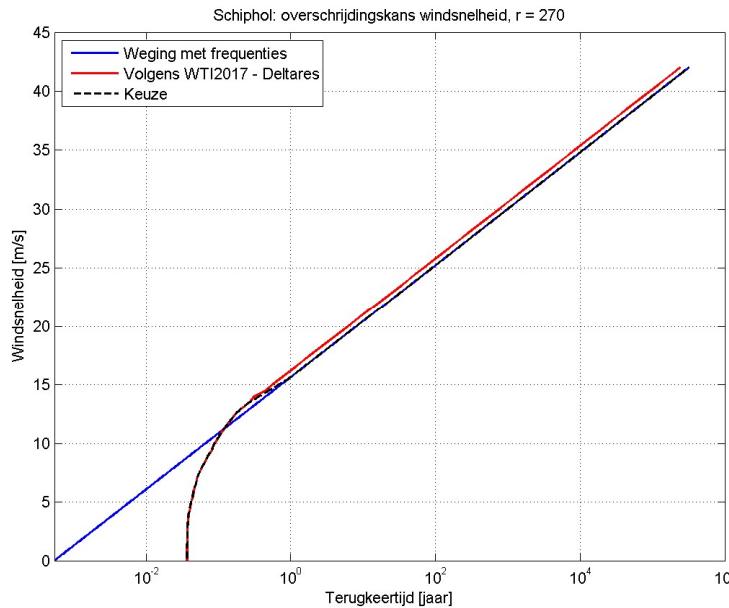
De resultaten voor windrichting $r = 270^\circ$ worden in Figuur 1 als voorbeeld gegeven. In de grafiek toont de blauwe lijn de overschrijdingskansen volgens formule (1.4); in de grafiek is deze formule ook voor windsnelheden lager dan de drempel (zwarte verticale lijn) toegepast. De overschrijdingskansen uit "Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx" worden door de rode lijn gegeven. De windstatistiek uit deze studie wordt met de zwarte gestreepte lijn aangegeven. Voor lage windsnelheden volgt de statistiek de kansen uit "Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx", terwijl voor hoge windsnelheden de statistiek op formule (1.4) is gebaseerd. Tussen de windsnelheid 14 m/s en 15 m/s vindt een overgang van de kansen uit stap 1 naar de kansen uit stap 2 plaats. We merken op dat de afgeleide statistiek van "Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx" afwikt als het gevolg van de andere omrekeningstechniek. In Figuur 2 wordt de statistiek in termen van de terugkeertijd getoond, waarbij $T(u,r) = 1/F_{22.5}(U>u,r)$. In Appendix A worden figuren voor alle richtingssectoren gegeven voor de grootheid $P_{12}(U>u|r)$. N.B. de frequenties kunnen hieruit dus worden afgeleid volgens formule

$$F_{22.5}(U > u, r) = 360 \cdot P(r) P_{12}(U > u | r), \text{ met } u \geq \omega_w \quad (1.5)$$

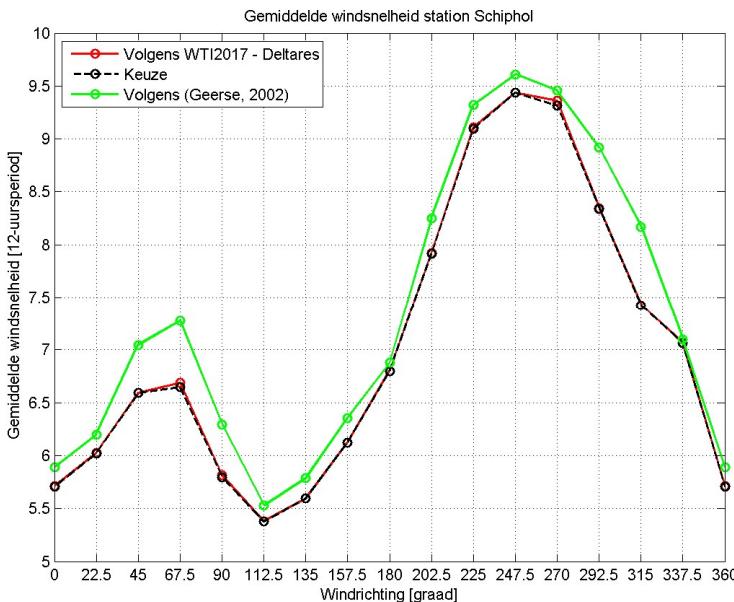
die volgt door het herschrijven van (1.4).



Figuur 1: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 270° , zonder statistische onzekerheid.



Figuur 2: Overschrijdingsfrequenties windsnelheid Schiphol in combinaties met windrichting 270° , zonder statistische onzekerheid. N.B. De terugkeertijden zijn alleen betrouwbaar boven de drempelwaarde $\omega = 14 \text{ m/s}$.



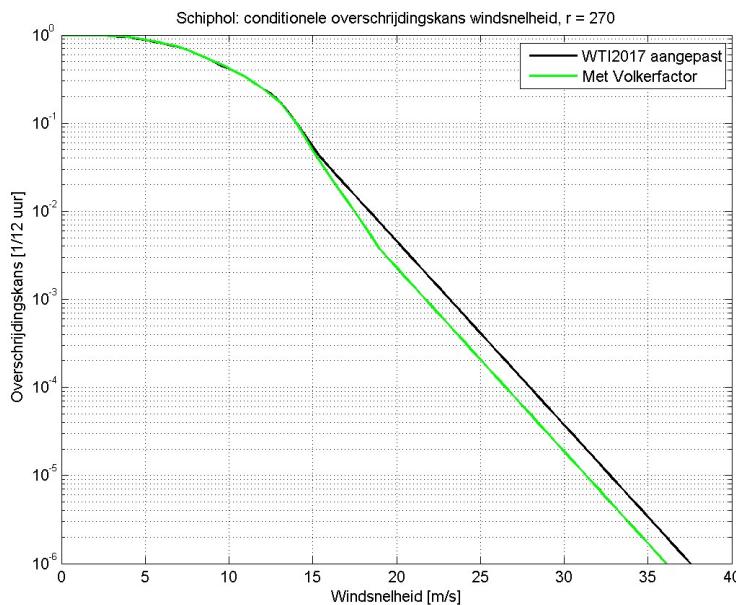
Figuur 3: Gemiddelde windsnelheden voor het station Schiphol, zonder statistische onzekerheid.

Als controle op de nieuw afgeleide resultaten zijn de gemiddelde windsnelheden bepaald, die dan worden vergeleken met die volgens Deltares. Deze gemiddelden moeten per richting vrijwel onveranderd blijven, omdat de gemiddelden vrijwel volledig bepaald worden door het lage bereik van de windsnelheden, dat in de aanpassing niet is veranderd. Figuur 3 geeft de resultaten. De gemiddelde windsnelheden zoals bepaald in deze studie (Keuze, zwarte gestreepte lijn), wijken inderdaad nauwelijks af van de gemiddelde windsnelheden zoals bepaald op basis van de statistiek van Deltares (Volgens WTI2017 – Deltares, rode lijn). Ter vergelijking worden ook de gemiddelde

windsnelheden uit de ‘oude windstatistiek’ uit (Geerse et al., 2002) in de grafiek weergegeven, die zijn gebaseerd op kortere meetreeksen dan de nieuwe statistiek. Blijkbaar kwamen de gemiddelde windsnelheden toen iets hoger uit.

Voor gebruik van de statistiek in de benedenrivieren is voor de faalmechanismes overloop en golfoverslag een versie nodig inclusief de zogenaamde Volkerfactor (hiermee worden voor de westelijke richtingen overschrijdingskansen verlaagd met een factor 2, als zeer pragmatische manier om te verdisconteren dat maximale wind en maximale zeewaterstand niet tegelijkertijd hoeven op te treden).

De Volkerfactor is in de afgeleide windstatistiek verwerkt door gebruik te maken van de Matlab scripts ontwikkeld in (Geerse, 2015), die op hun beurt zijn gebaseerd op (Geerse et al., 2002). De Volkerfactor wordt alleen toegepast voor de volgende windrichtingen: 225°, 247.5°, ..., 360°. Figuur 4 geeft de resultaten voor windrichting $r = 270^\circ$ als voorbeeld. In Appendix B worden figuren met de resultaten voor de relevante windrichtingen samengevat.



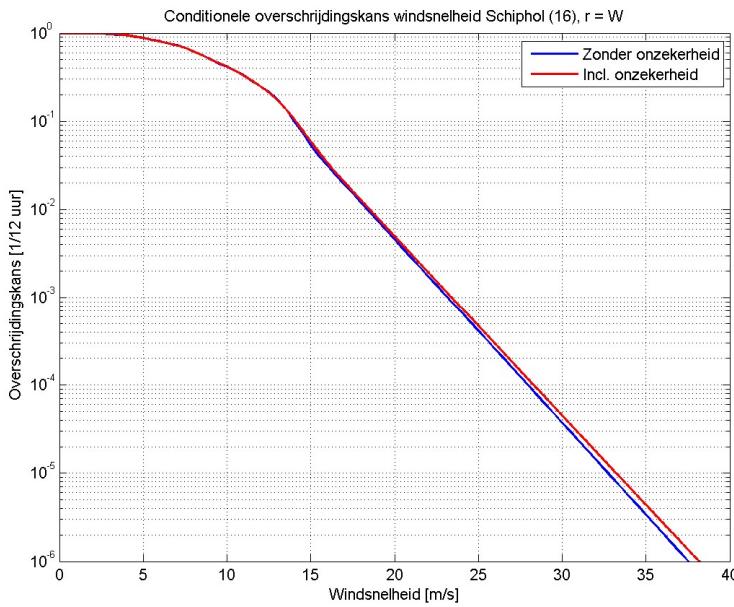
Figuur 4: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol met de Volkerfactor voor windrichting 270°, zonder statistische onzekerheid.

Het invoerbestand voor Hydra-NL, waarin de overschrijdingskansen *zonder* de statistische onzekerheid zijn opgenomen, heeft als naam “Ovkanswind_Schiphol_2017.txt”. Het invoerbestand met de overschrijdingskansen inclusief de Volkerfactor heeft als naam “Ovkanswind_Schiphol_mit_Volkerfactor_2017.txt”.

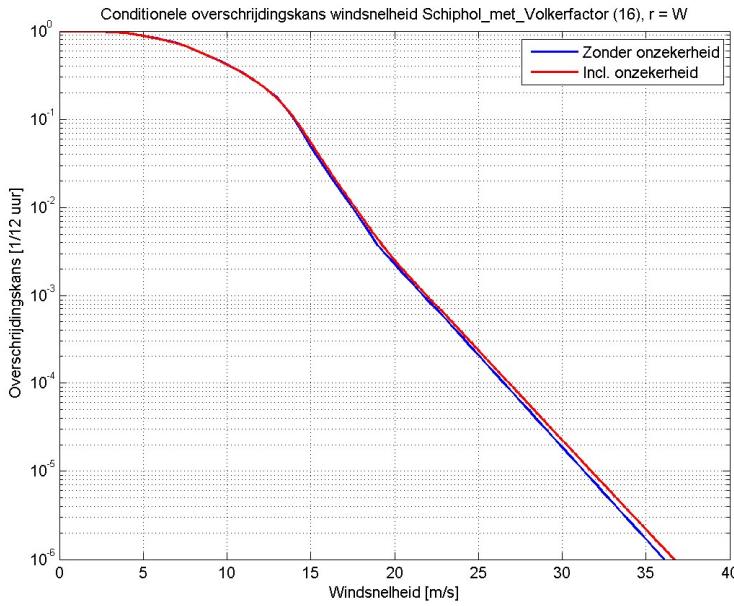
1.2.3 Overschrijdingskans windsnelheid met onzekerheid

Onzekerheden in de windsnelheid worden volgens “Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx” gemodelleerd met het multiplicatieve model, waarbij voor het station Schiphol de gebruikte normale verdeling een gemiddelde $\mu = 1$ heeft en een vaste $\sigma = 0.047$ (bron: Wind speed Schiphol 16 directions.xlsx, 04-12-2015). Gegeven dit model en de conditionele overschrijdingskansen voor 16 windrichtingen afgeleid in § 1.2.2, zijn de Matlab scripts uit (Geerse, 2015) gebruikt om de

statistische onzekerheid uit te integreren. De resultaten voor $r = 270^\circ$ worden gegeven in Figuur 5 (zonder Volkerfactor) en Figuur 6 (met Volkerfactor).



Figuur 5: Resultaten onzekerheid Schiphol voor $r = 270^\circ$.



Figuur 6: Resultaten onzekerheid Schiphol met de Volkerfactor voor $r = 270^\circ$.

Het invoerbestand voor Hydra-NL, waarin de overschrijdingskansen *met* de statistische onzekerheid zijn opgenomen, heeft als naam "Ovkanswind_Schiphol_2017_metOnzHeid.txt". Het invoerbestand *met* de overschrijdingskansen inclusief de Volkerfactor heeft als naam "Ovkanswind_Schiphol_met_Volkerfactor_2017_metOnzHeid.txt".

1.3 Windstatistiek Deelen (16)

1.3.1 Beschrijving jaarlijkse windstatistiek

Net als voor het station Schiphol wordt de jaarlijkse WTI2017 windstatistiek voor Deelen gedefinieerd door de conditionele Weibullverdeling, zie formule (1.3). Parameters van de verdeling verschillen per windrichting; er worden 12 windrichtingsectoren beschouwd. De statistiek betreft jaarlijkse overschrijdingsfrequenties van windsnelheden in combinatie met 12 windrichtingsectoren.

Waarden van de parameters worden in Tabel 2 vermeld. We merken op dat in de conditionele Weibullverdelingen in feite exponentiële verdelingen zijn, omdat de waarden van de parameter α altijd gelijk aan 1 zijn.

Windrichting [graden]	ω	λ	α	σ
30	8.30	3.80	1	1.10
60	9.10	2.66	1	1.17
90	8.19	3.98	1	1.14
120	9.00	1.18	1	0.96
150	9.00	2.85	1	1.05
180	10.00	3.71	1	1.21
210	11.20	5.11	1	1.41
240	12.50	4.04	1	2.02
270	10.30	7.00	1	2.10
300	9.80	5.46	1	1.89
330	9.90	2.48	1	1.30
360	8.69	2.64	1	1.10

Tabel 4: Parameterwaarden per windrichting van de conditionele Weibullverdeling voor de windsnelheid bij Deelen (bron: (Caires en Chbab, 2009)).

1.3.2 Omrekening naar 16 windrichtingen

De jaarlijkse WTI2017 windstatistiek voor het station Deelen is in deze studie, net als voor Schiphol, omgerekend van 12 naar 16 windrichtingen volgens de methode van (Geerse en Verkaik, 2010).

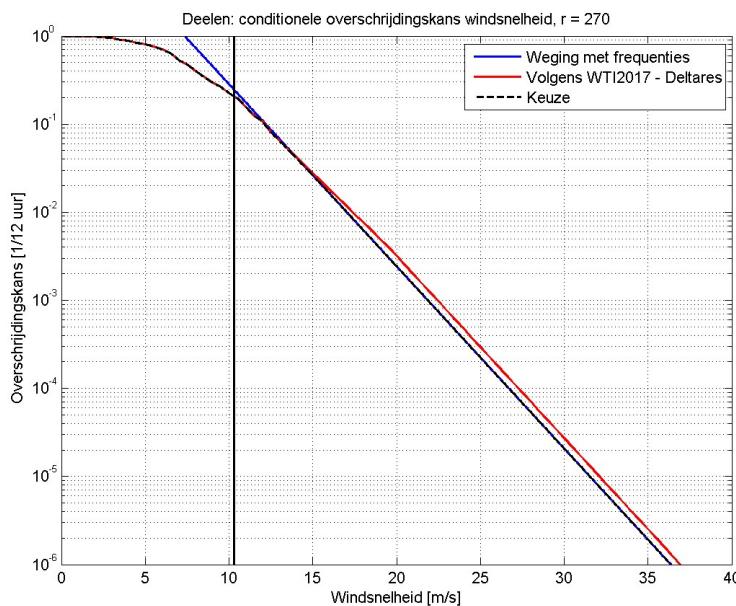
Vervolgens is de jaarlijkse windstatistiek voor 16 windrichtingen vertaald naar de windstatistiek voor een 12-uursperiode met formule (1.4). In Tabel 5 worden de momentane windrichtingkansen voor het station Deelen, zoals gebruikt in deze studie, weergegeven.

Om de overschrijdingenkansen van lage windsnelheden te definiëren zijn in deze studie resultaten van Deltares gebruikt. In "Wind speed Deelen.xlsx" (04-12-2015) worden overschrijdingenkansen van lage windsnelheden weergegeven, deze kansen zijn door het turven van data bepaald. De conditionele overschrijdingenkansen van windsnelheden bij Deelen voor 12-uursperiode worden afgeleid door de drie stappen uit § 1.2.2 te volgen.

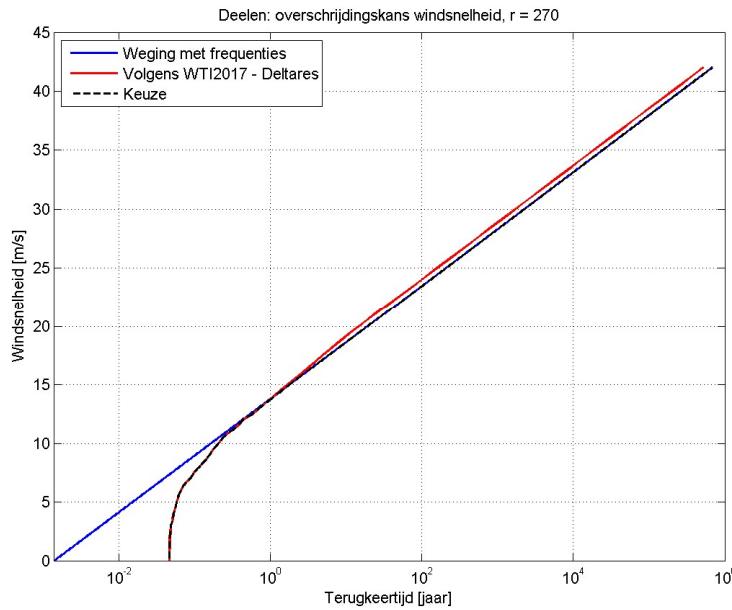
Windrichting [graden]	Momentane kans [-]
0	0.021390374
22.5	0.029622854
45	0.039755137
67.5	0.058682803
90	0.061215874
112.5	0.052842668
135	0.064945117
157.5	0.061778778
180	0.077047565
202.5	0.123135379
225	0.136152547
247.5	0.113073459
270	0.059667886
292.5	0.041373487
315	0.032437377
337.5	0.026878694

Tabel 5: Momentane windrichtingkansen $P(r)$ voor het station Deelen (bron: Wind speed Deelen.xlsx, ftp-server van Deltares, 04-12-2015).

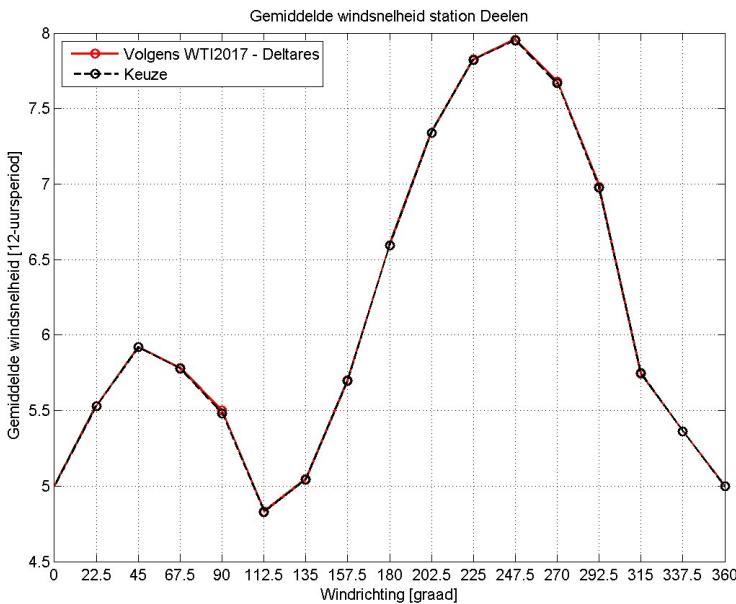
De resultaten voor windrichting $r = 270^\circ$ worden in Figuur 7 en Figuur 8 als voorbeeld gegeven. In Appendix C worden figuren met de resultaten voor alle windsnelheden gepresenteerd. Figuur 9 geeft de gemiddelde windsnelheden voor het station Deelen. De gemiddelde windsnelheden afgeleid in deze studie (Keuze, zwarte gestreepte lijn) stemmen, zoals het geval moet zijn, vrijwel precies overeen met de gemiddelde windsnelheden bepaald op basis van de statistiek van Deltares (Volgens WTI2017 – Deltares, rode lijn).



Figuur 7: Conditionele overschrijdingenkans windsnelheid Deelen voor windrichting 270° , zonder statistische onzekerheid.



Figuur 8: Overschrijdingsfrequenties windsnelheid Deelen voor windrichting 270°, zonder statistische onzekerheid. N.B. De terugkeertijden zijn alleen betrouwbaar boven de drempelwaarde $w = 10.3$ m/s.



Figuur 9: Gemiddelde windsnelheden voor het station Deelen, zonder statistische onzekerheid.

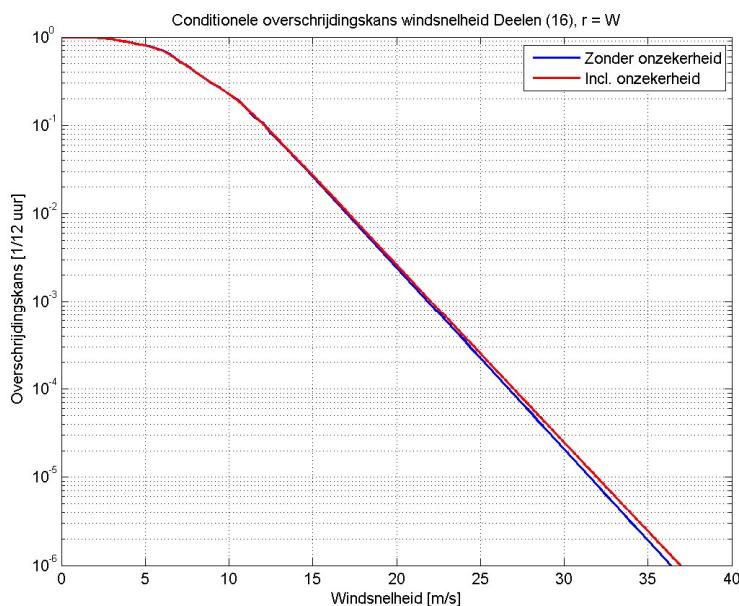
Het invoerbestand voor Hydra-NL, waarin de overschrijdingskansen zonder de statistische onzekerheid zijn opgenomen, heeft als naam "Ovkanswind_Deelen_2017.txt".

1.3.3 Overschrijdingskans windsnelheid met onzekerheid

Onzekerheden in de windsnelheid worden volgens "Wind speed Deelen.xlsx" gemodelleerd met het multiplicatieve model, waarbij voor het station Deelen de gebruikte normale verdeling een gemiddelde $\mu = 1$ heeft en een vaste $\sigma = 0.046$ (bron: Wind speed Deelen.xlsx, 04-12-2015).

Gegeven dit model en de conditionele overschrijdingskansen voor 16 windrichtingen uit § 1.3.2, zijn de Matlab scripts uit (Geerse, 2015) gebruikt om de statistische onzekerheid uit te integreren. Figuur 10 geeft als voorbeeld de resultaten voor $r = 270^\circ$.

Het invoerbestand voor Hydra-NL, waarin de overschrijdingskansen *met* de statistische onzekerheid zijn opgenomen, heeft als naam "Ovkanswind_Deelen_2017_metOnzHeid.txt".



Figuur 10: Resultaten onzekerheid Deelen voor $r = 270^\circ$.

Referentie

(Chbab, 2015)

Basisstochasten WTI-2017. Statistiek en statistische onzekerheid. Hocine Chbab. Kenmerk 1209433-012-HYE-0007, 2 december 2015, voorlopig. N.B. Status van dit rapport is volgens begeleidende mail 'concept'.

(Caires en Chbab, 2009)

Toegeleverd door Hocine Chbab op 1 oktober 2009 aan HKV, t.b.v. het project PR1601.10. Betreft statistiek afgeleid door Sofia Caires in 2009.

(Geerse et al., 2002)

Wind-waterstandstatistiek Hoek van Holland. C.P.M. Geerse (RIZA), M.T. Duits (HKV), H.J. Kalk (HKV), I.B.M. Lammers, (HKV). RIZA/HKV rapport, Lelystad, juli 2002.

(Geerse en Verkaik, 2010)

Effect nieuwe windstatistiek op toetspeilen en benodigde kruinhoogten. C.P.M. Geerse en J.W. Verkaik. HKV Lijn in Water, februari 2010.

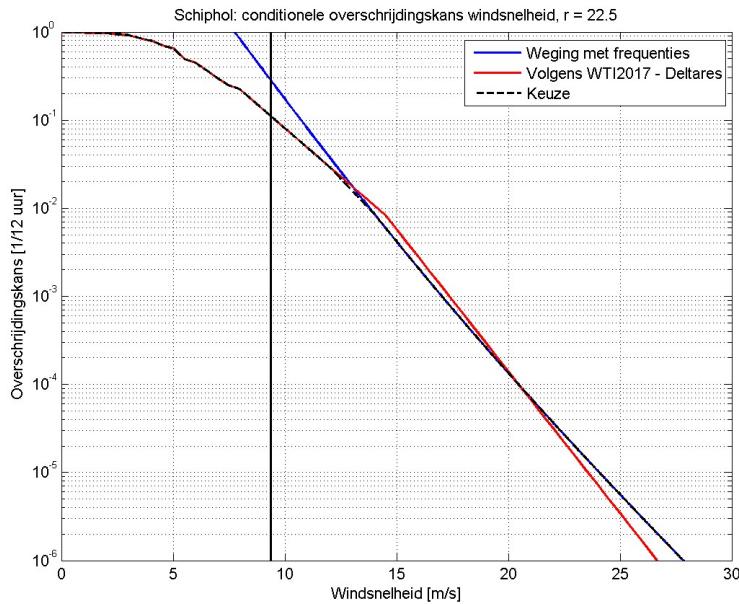
(Geerse, 2015)

Werkwijze uitintegreren onzekerheden basisstochasten voor Hydra-NL. Afvoeren, meerpeilen, zeewaterstanden en windsnelheden. C.P.M. Geerse. HKV lijn in water, PR3216.10, opdrachtgever: RWS-WVL, december 2015.

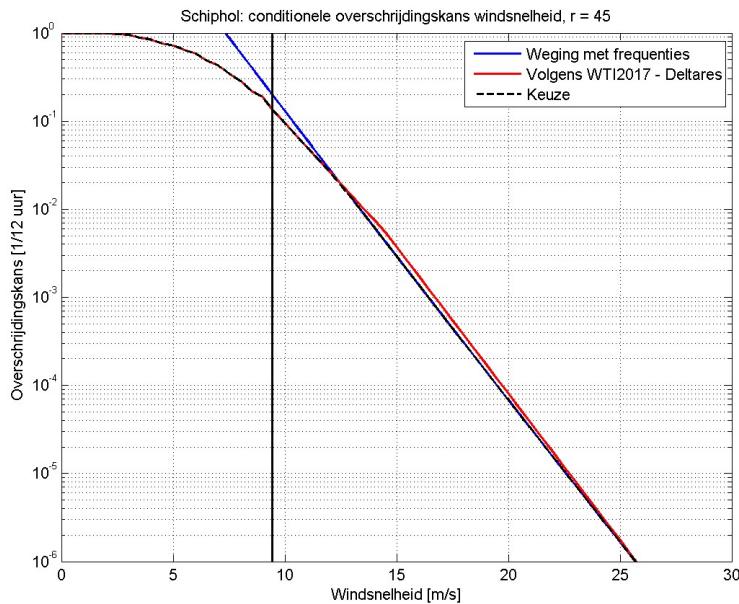
(Roskam et al, 2000)

Richtingsafhankelijke extreme-waarden voor HW-standen, golfhoogten en golfperioden. A.P. Roskam, J. Hoekema en J.J. Seiffert. Rapport RIKEZ/2000.040. RIKEZ Den Haag, december 2000.

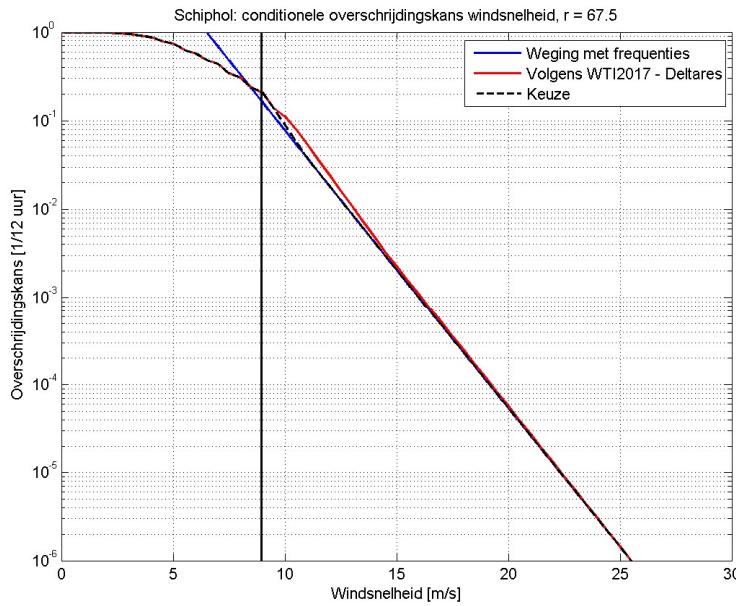
Appendix A: windstatistiek Schiphol (16)



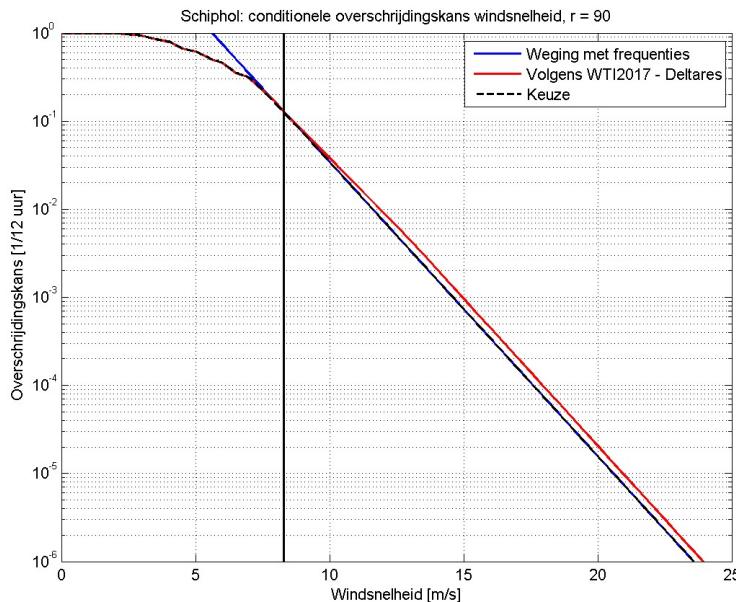
Figuur 11: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 22.5° , zonder statistische onzekerheid.



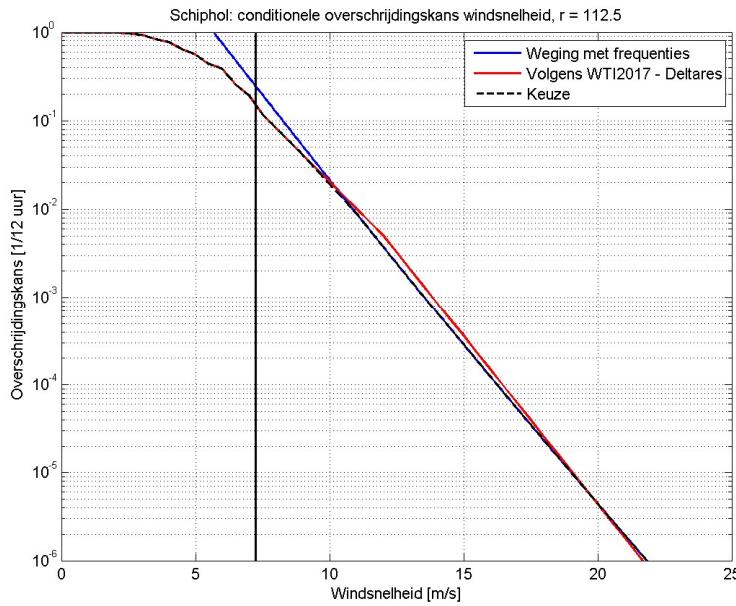
Figuur 12: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 45° , zonder statistische onzekerheid.



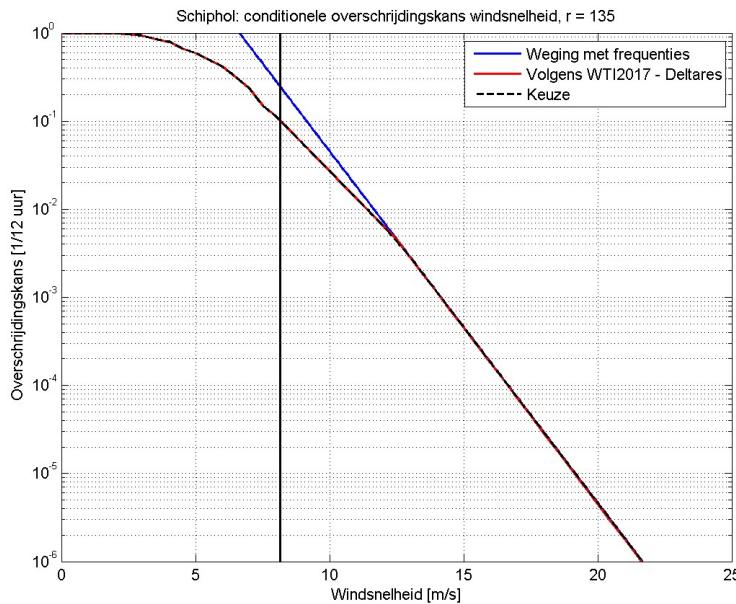
Figuur 13: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 67.5° , zonder statistische onzekerheid.



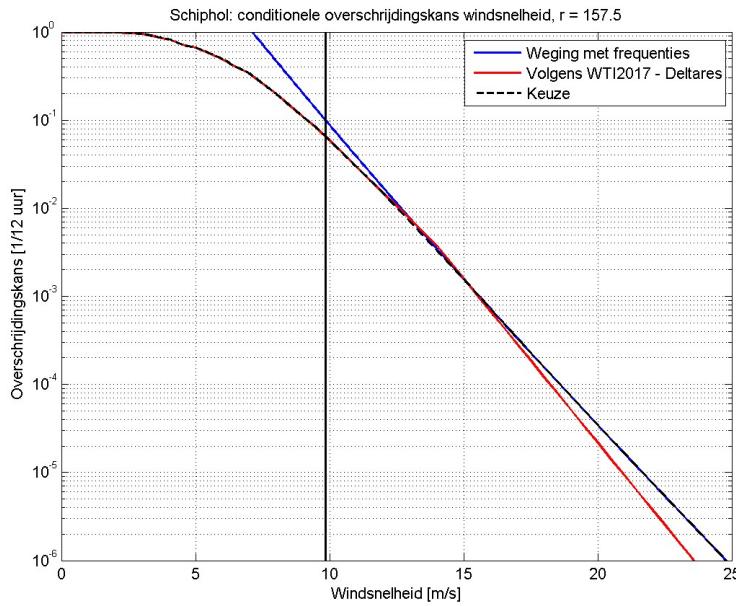
Figuur 14: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 90° , zonder statistische onzekerheid.



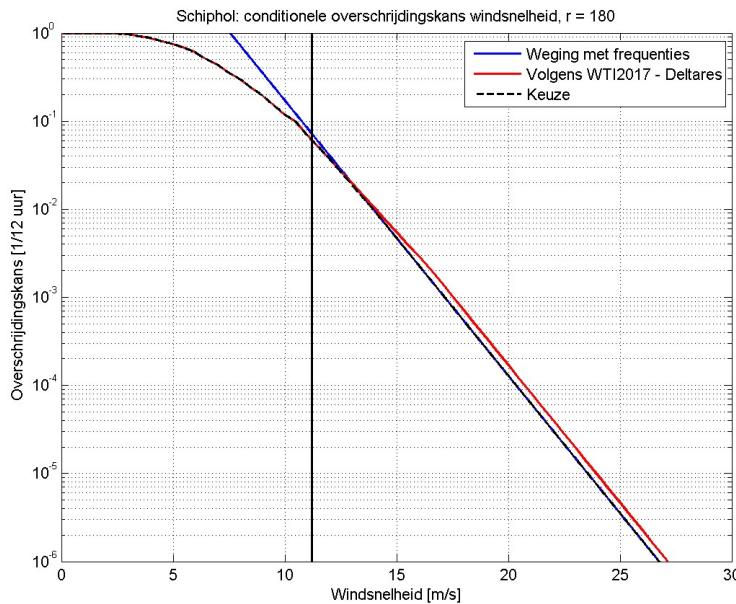
Figuur 15: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 112.5° , zonder statistische onzekerheid.



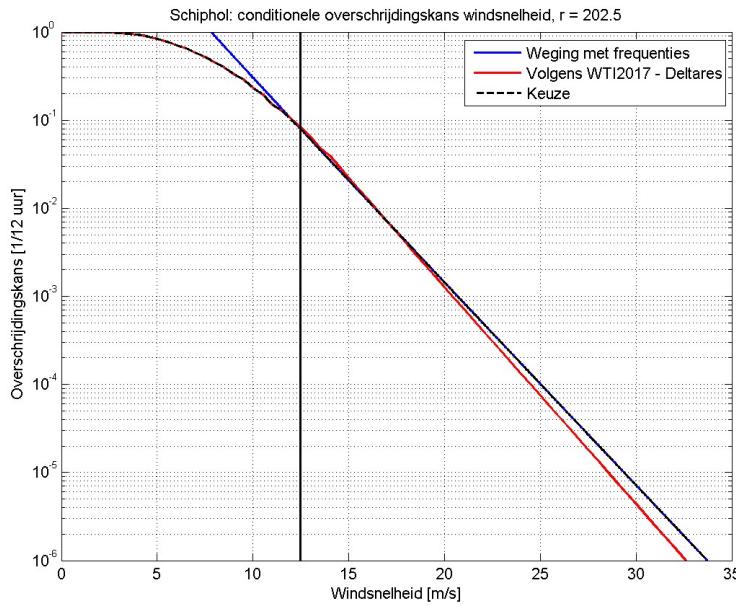
Figuur 16: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 135° , zonder statistische onzekerheid.



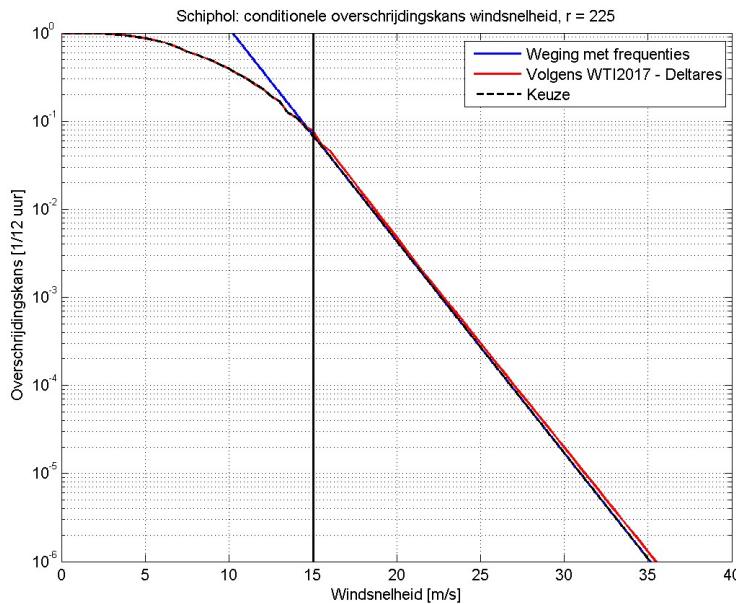
Figuur 17: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 157.5° , zonder statistische onzekerheid.



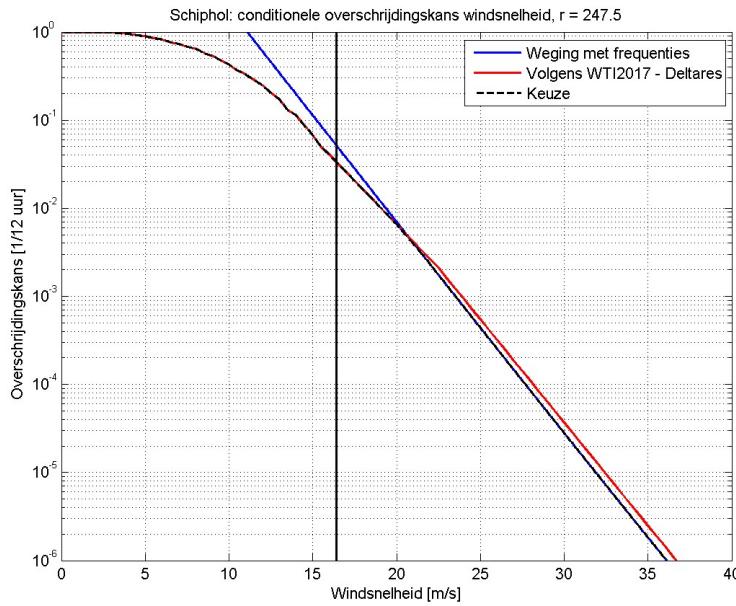
Figuur 18: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 180° , zonder statistische onzekerheid.



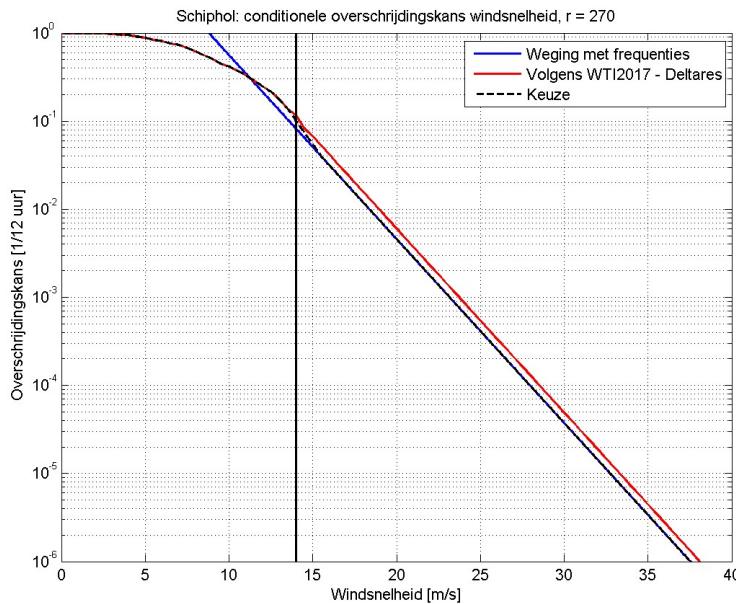
Figuur 19: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 202.5° , zonder statistische onzekerheid.



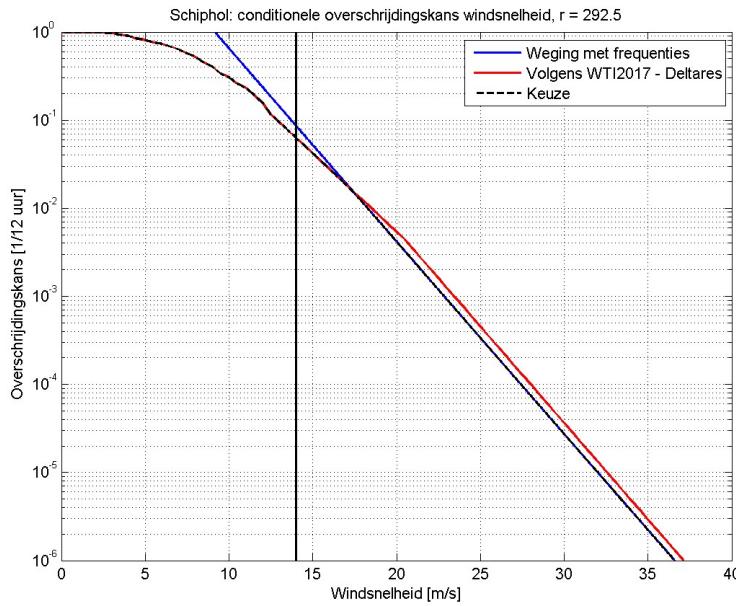
Figuur 20: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 225° , zonder statistische onzekerheid.



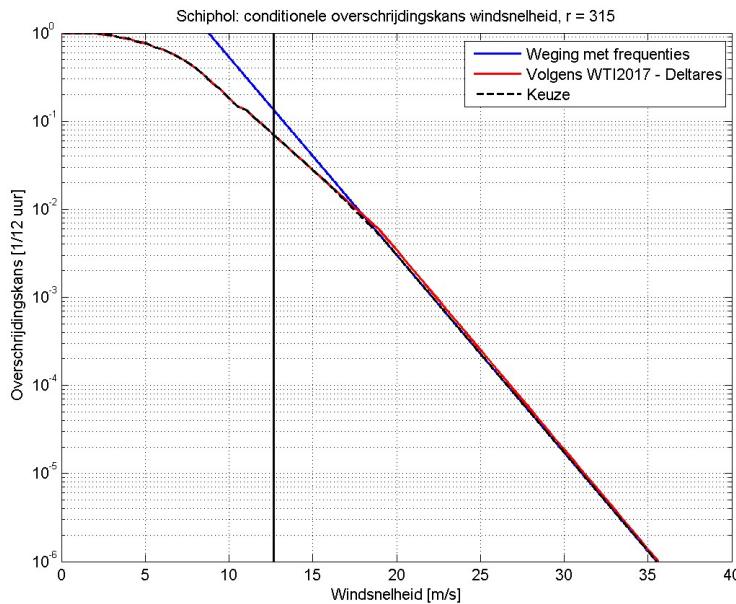
Figuur 21: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 247.5° , zonder statistische onzekerheid.



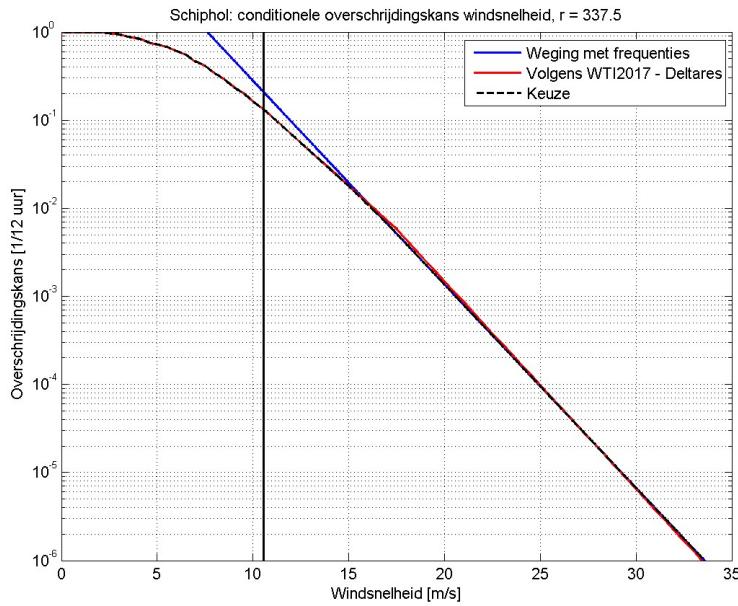
Figuur 22: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 270° , zonder statistische onzekerheid.



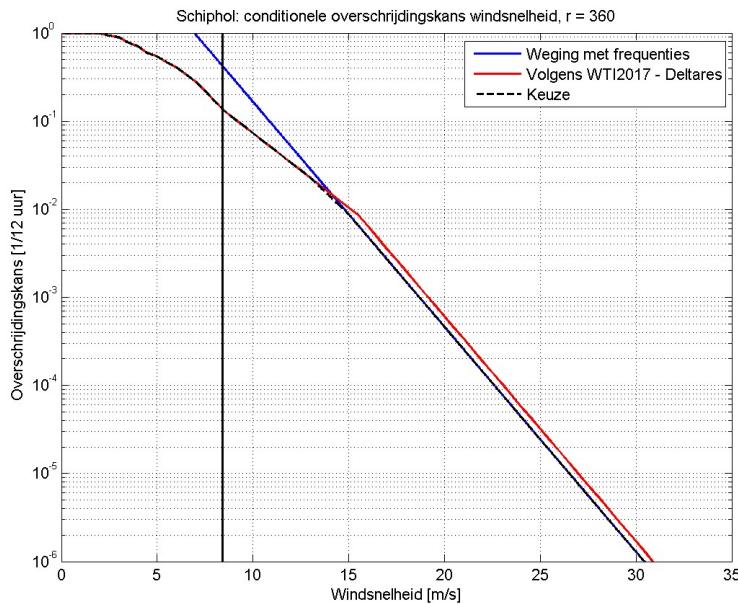
Figuur 23: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 292.5° , zonder statistische onzekerheid.



Figuur 24: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 315° , zonder statistische onzekerheid.

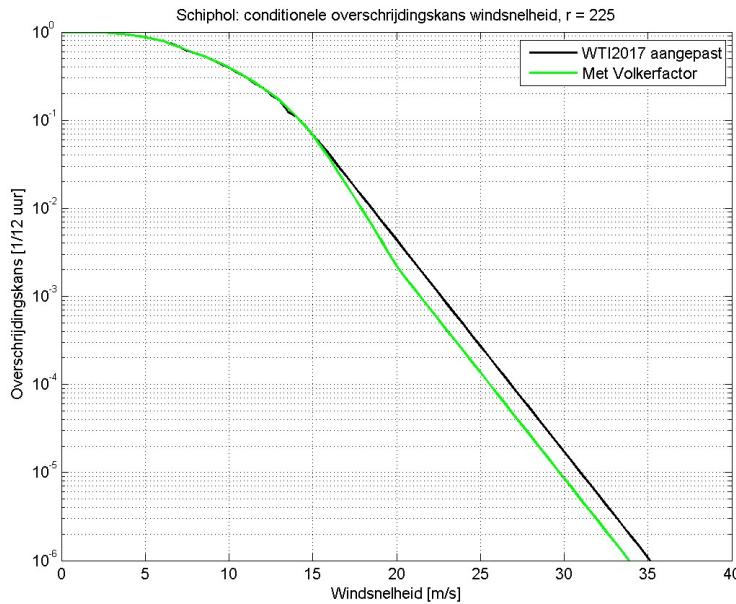


Figuur 25: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 337.5° , zonder statistische onzekerheid.

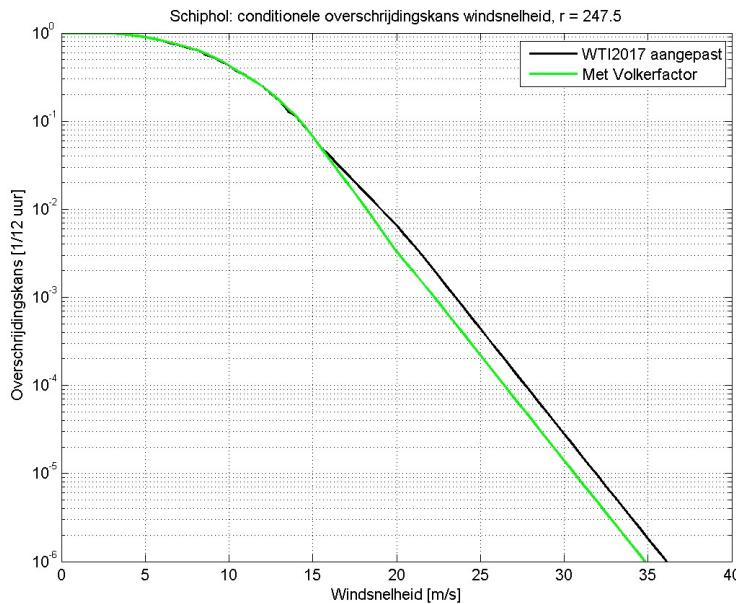


Figuur 26: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 360° , zonder statistische onzekerheid.

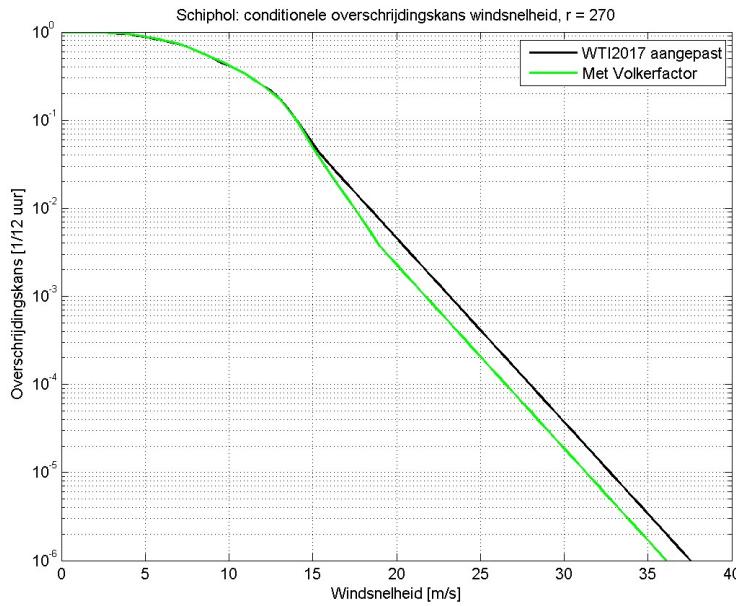
Appendix B: windstatistiek Schiphol met Volkerfactor



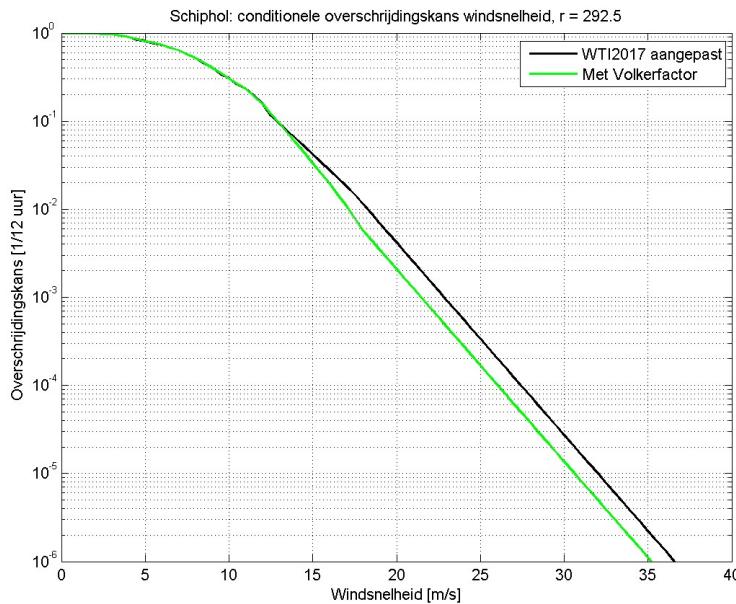
Figuur 27: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 225°, met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.



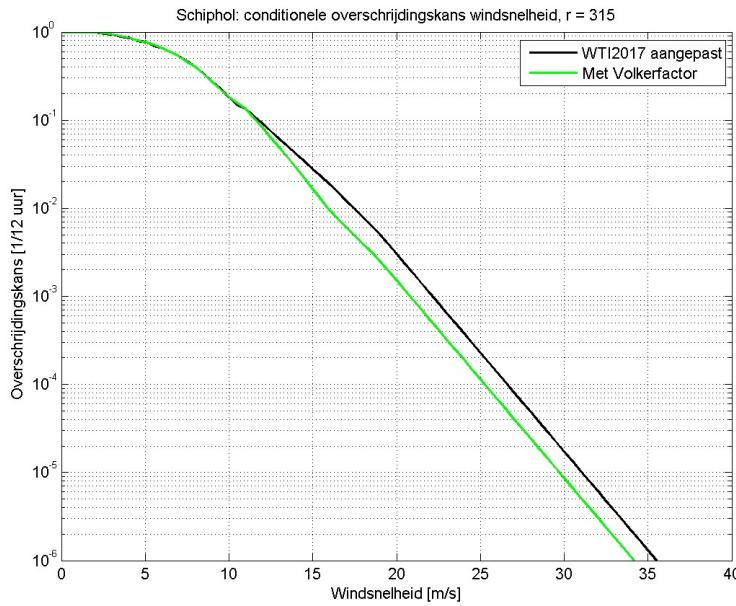
Figuur 28: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 247.5°, met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.



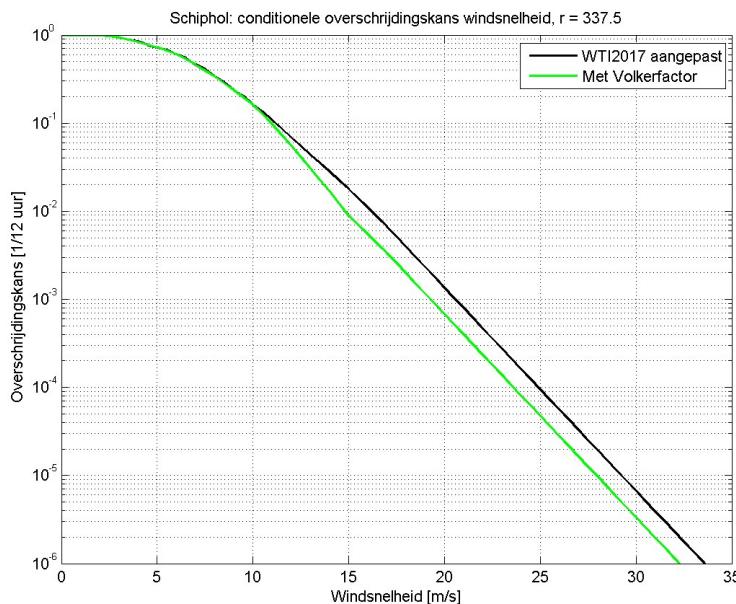
Figuur 29: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 270° , met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.



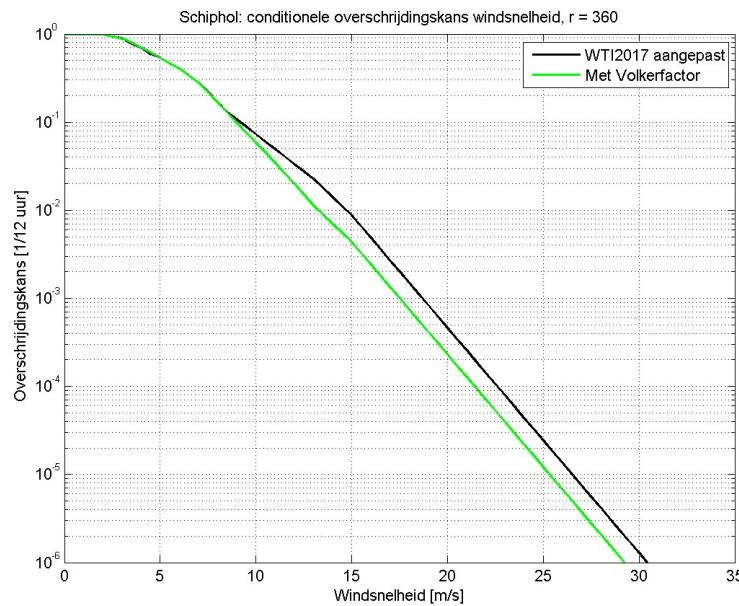
Figuur 30: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 292.5° , met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.



Figuur 31: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 315° , met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.

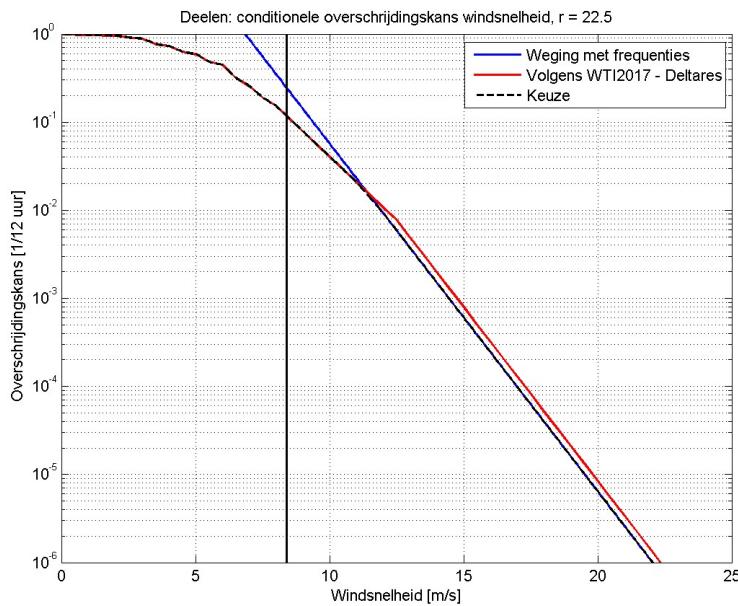


Figuur 32: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 337.5° , met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.

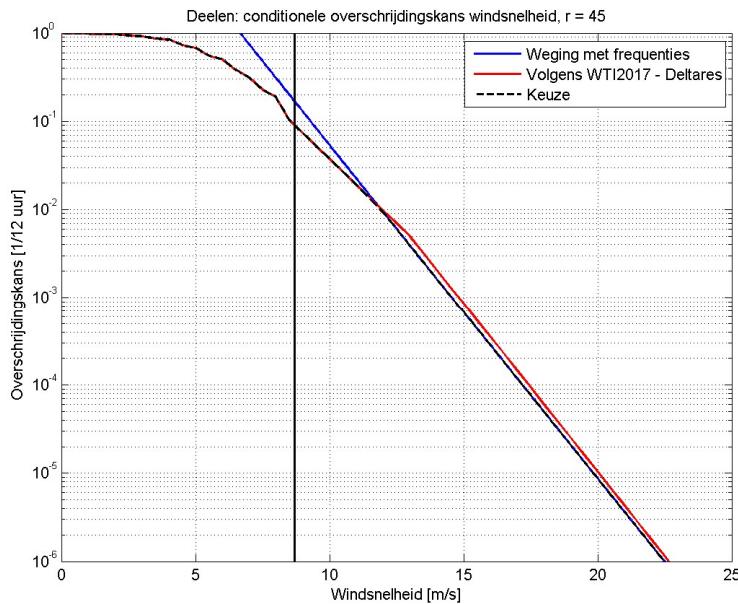


Figuur 33: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Schiphol voor windrichting 360°, met en zonder Volkerfactor, zonder statistische onzekerheid.

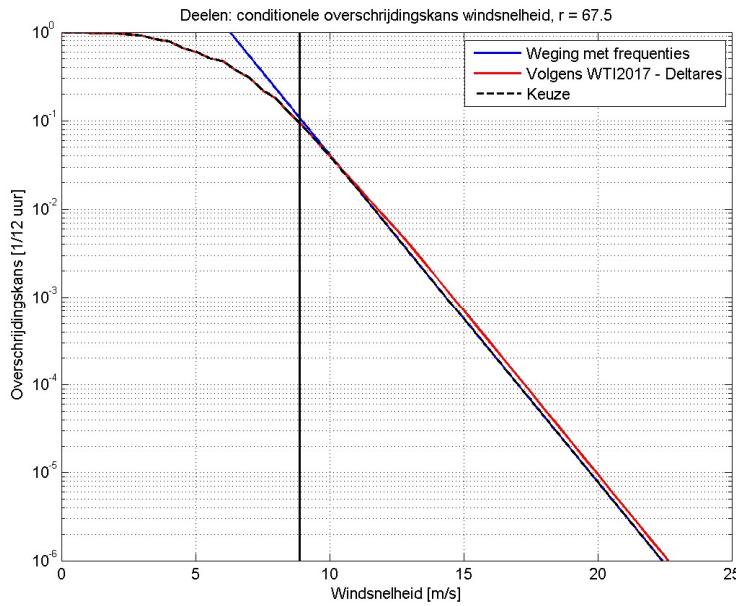
Appendix C: windstatistiek Deelen (16)



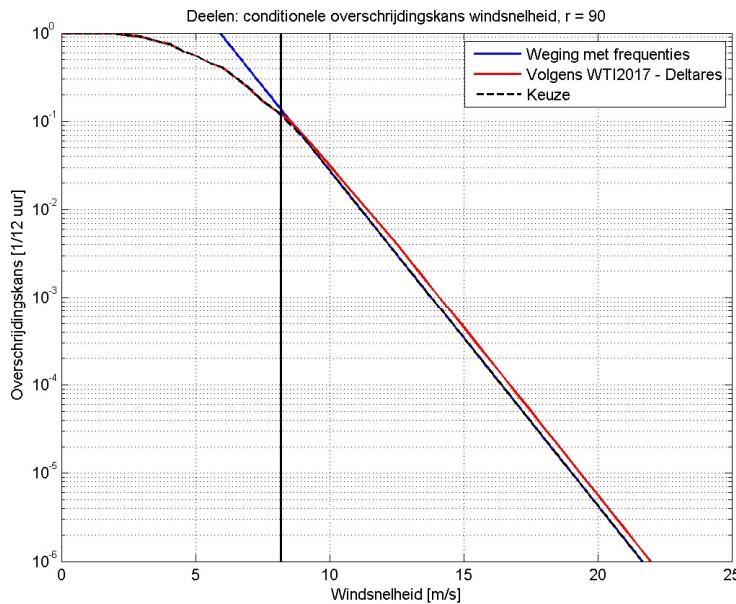
Figuur 34: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 22.5° , zonder statistische onzekerheid.



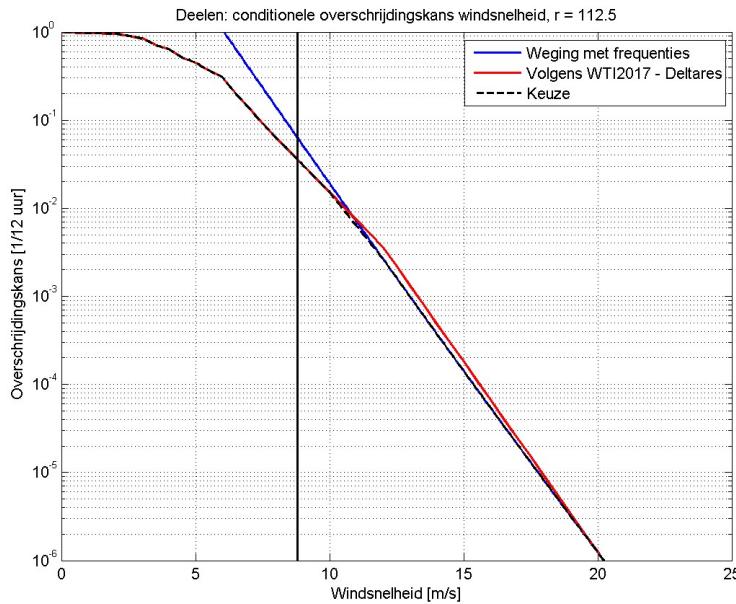
Figuur 35: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 45° , zonder statistische onzekerheid.



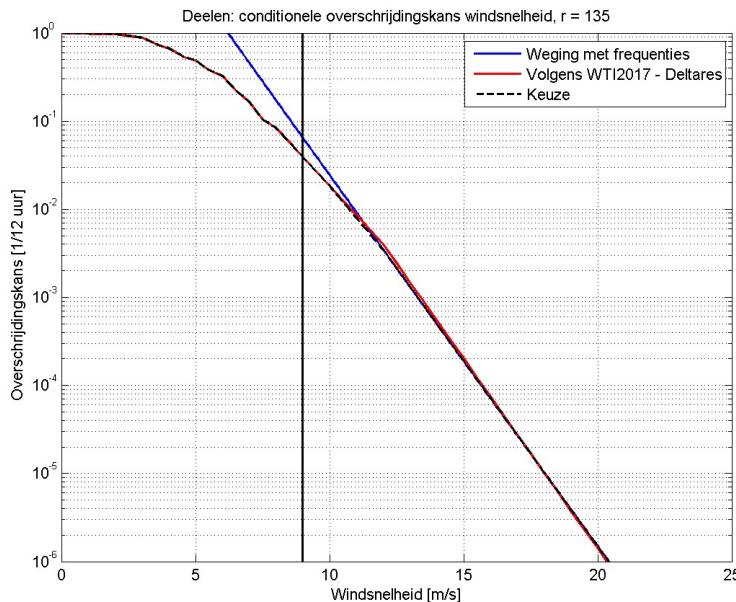
Figuur 36: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 67.5° , zonder statistische onzekerheid.



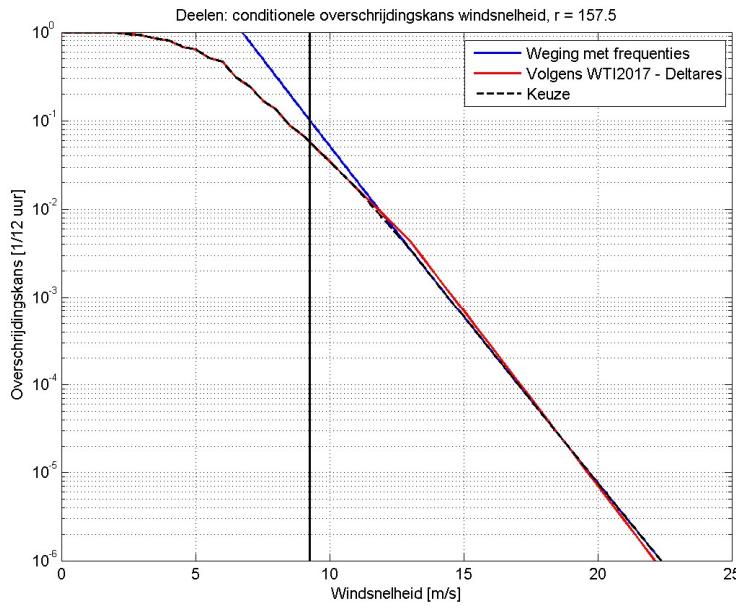
Figuur 37: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 90° , zonder statistische onzekerheid.



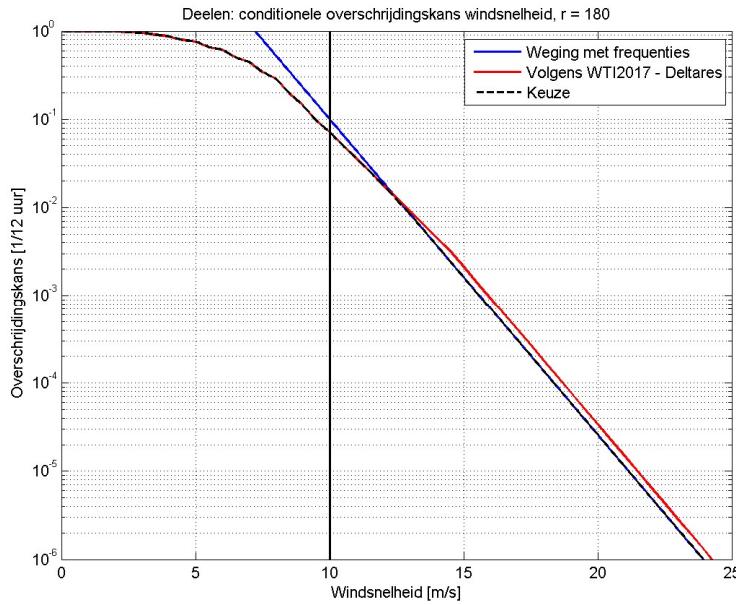
Figuur 38: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 112.5° , zonder statistische onzekerheid.



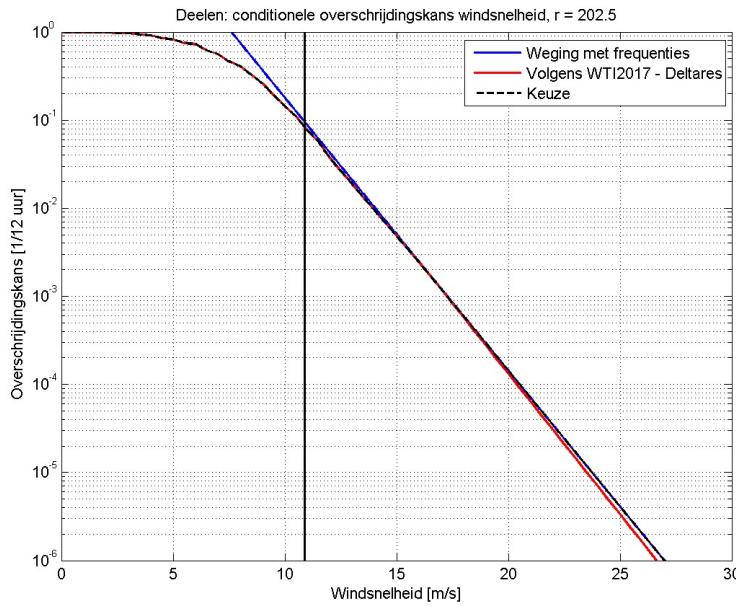
Figuur 39: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 135° , zonder statistische onzekerheid.



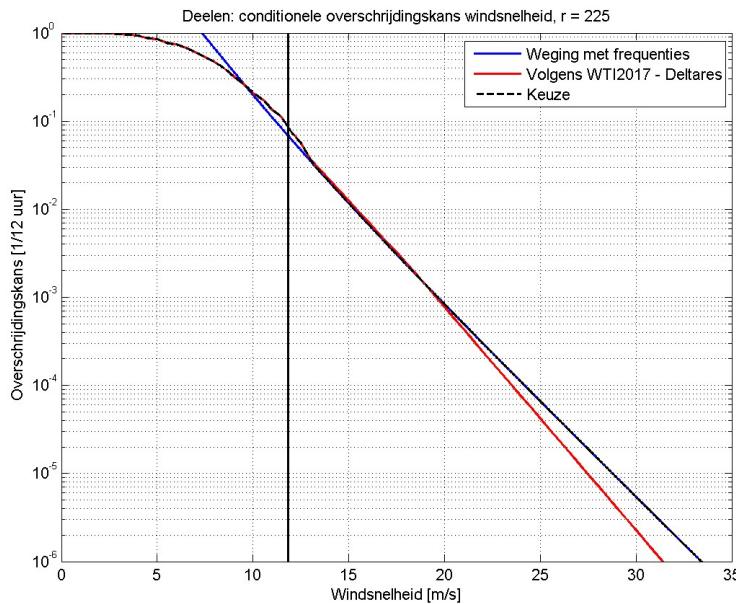
Figuur 40: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 157.5° , zonder statistische onzekerheid.



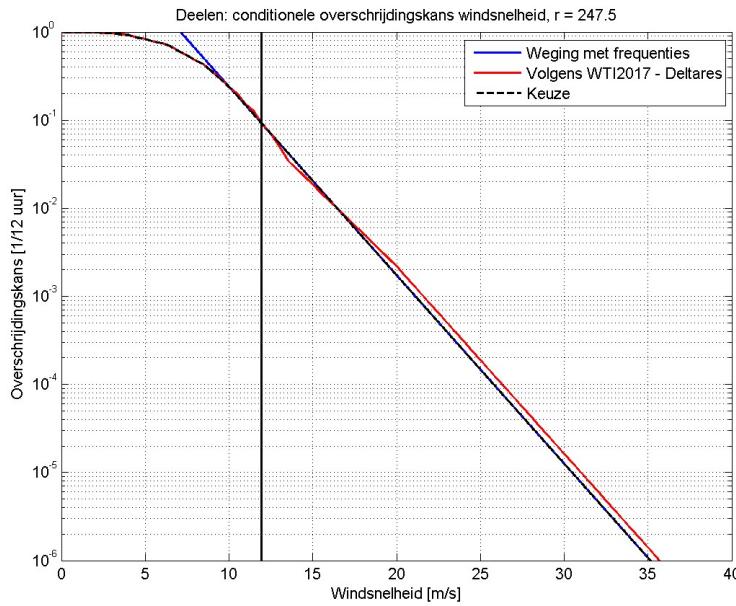
Figuur 41: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 180° , zonder statistische onzekerheid.



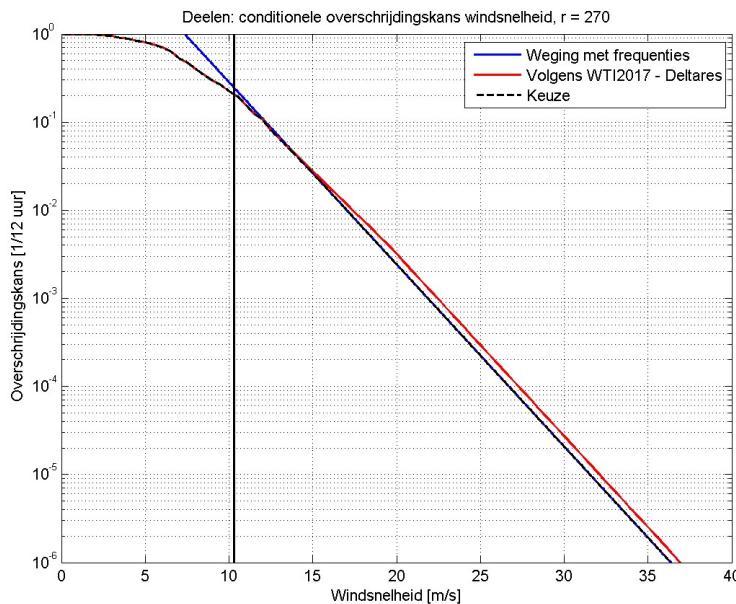
Figuur 42: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 202.5° , zonder statistische onzekerheid.



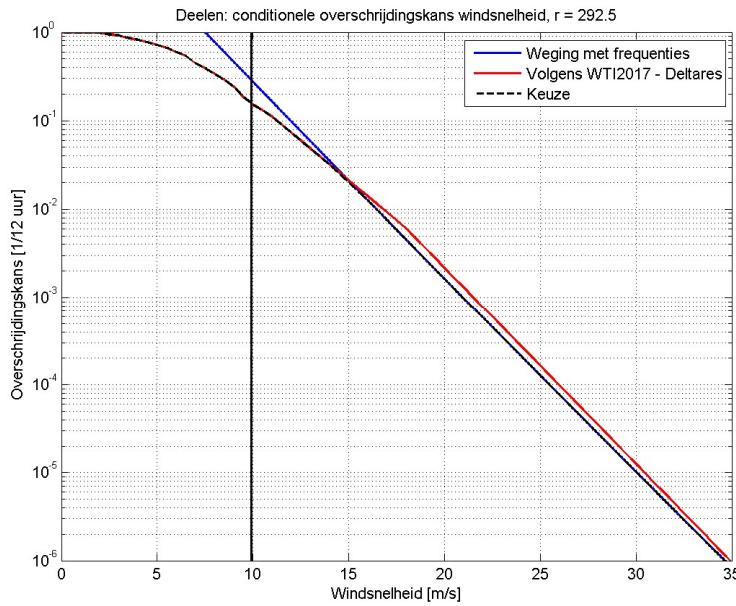
Figuur 43: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 225° , zonder statistische onzekerheid.



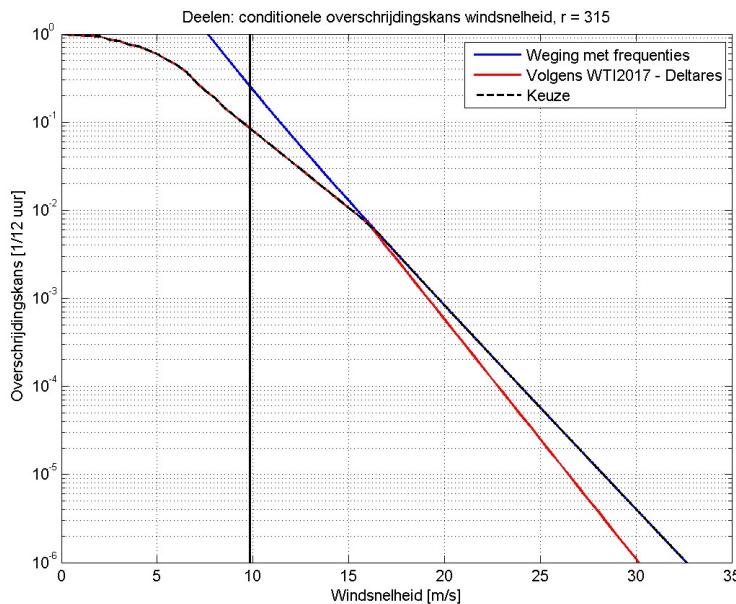
Figuur 44: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 247.5° , zonder statistische onzekerheid.



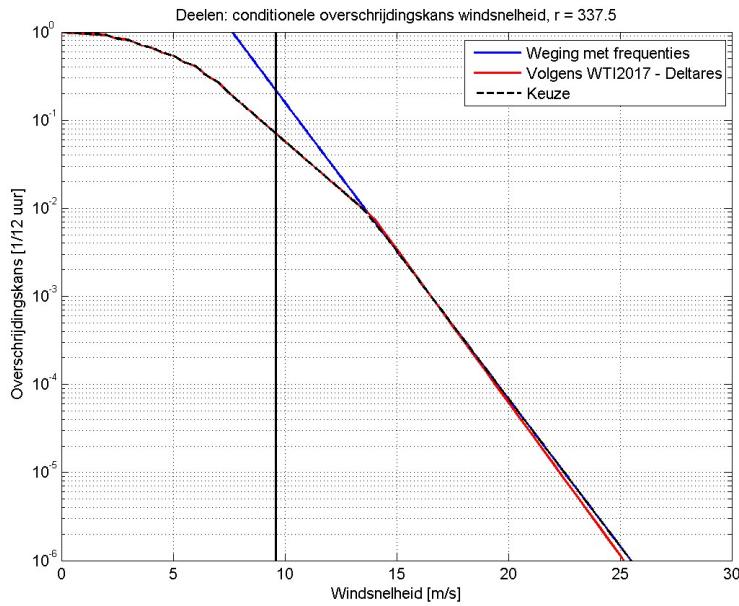
Figuur 45: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 270° , zonder statistische onzekerheid.



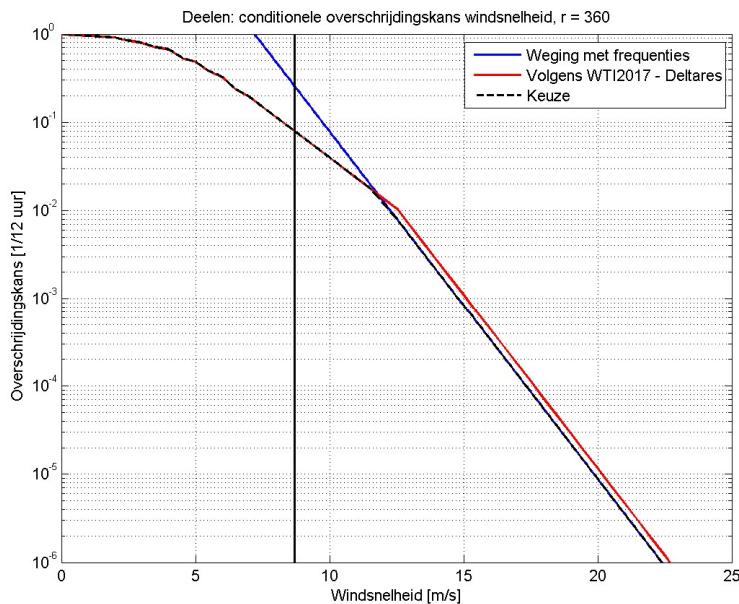
Figuur 46: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 292.5° , zonder statistische onzekerheid.



Figuur 47: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 315° , zonder statistische onzekerheid.



Figuur 48: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 337.5° , zonder statistische onzekerheid.



Figuur 49: Conditionele overschrijdingskans windsnelheid Deelen voor windrichting 360° , zonder statistische onzekerheid.