

Reproductie van
“A compound Weibull model for the description of
surface wind velocity distributions”:
een toelichting
(voorlopige versie)

Ilja Smits
KNMI, Postbus 201, 3730 AE De Bilt
Tel: 030-2206 874, Fax: 030-2204 614
Datum: 12-11-1999

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	2
2.	Reproductie Rijkoort-Weibull model	2
2.1.	Kansverdeling van windsnelheden.....	2
2.2.	Extreme-waarden kansverdeling van windsnelheden	4
3.	Update statistiek met nieuwe tijdreeksen.....	5
4.	Conclusies.....	5
5.	Referenties	6
6.	Appendices	7
	Tabel 1 (Rijkoort, 1962-1976)	7
	Tabel 1 (Reproductie, 1962-1976)	7
	Tabel 1 (Reproductie, 1981-1995)	8
	Tabel 2 (Rijkoort, 1962-1976)	9
	Tabel 2 (Reproductie, 1962-1976)	10
	Tabel 2 (Reproductie 1981-1995)	11
	Tabel 3 (Rijkoort, 1962-1976)	12
	Tabel 3 (Reproductie, 1962-1976)	13
	Tabel 3 (Reproductie, 1981-1995)	14
	Tabel 4: Windsnelheden (m/s) corresponderend met herhalingsstijden (reproductie, 1962-1976)	15
	Tabel 5: Windsnelheden (m/s) corresponderend met herhalingsstijden (reproductie, 1981-1995)	15
	Figuur 1: Geografisch overzicht parameter a	16
	Figuur 2: Geografisch overzicht parameter k.....	17
	Figuur 3: Geografisch overzicht parameter γ	18

1. Inleiding

In dit rapport (onderdeel van het HYDRA-project) wordt een toelichting gegeven op de reproductie van “a compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions” van P.J. Rijkooort. Aan de hand van dit model kunnen herhalingstijden van zeer uitzonderlijk hoge windsnelheden gegenereerd worden.

Getracht is de tabellen met parameters te reproduceren aan de hand van dezelfde dataset die Rijkooort gebruikt heeft. In deze dataset zijn een twaalfstal stations opgenomen waarin het tijdvak loopt van 1962 tot en met 1976. Bij de reproductie is stap voor stap de procedure doorlopen. In dit rapport wordt nader ingegaan bij punten die niet geheel duidelijk zijn, waardoor wellicht verschillen in de resultaten zijn ontstaan. Met behulp van recentere windreeksen (tijdvak 1981-1995) afkomstig van dezelfde stations als voor het tijdvak 1962-1976 is eveneens gekeken of er belangrijke verschillen tussen de twee tijdvakken optreden.

In dit rapport wordt het Rijkooort-Weibull (RW) model niet stap voor stap uitgelegd, maar is meer voor detailniveau gekozen. Dit is nodig voor de juiste toepassing van het RW model in de praktijk. Kennis van het model is dan ook aanbevolen bij het lezen van dit rapport. Een uitgebreide beschrijving van het model is te vinden in het genoemde rapport van Rijkooort (1983).

2. Reproductie Rijkooort-Weibull model

Het model van Rijkooort is opgebouwd in twee hoofdstappen. Allereerst wordt een methode gegeven voor het bepalen van de kansverdeling van windsnelheden, waarmee uitspraken gegenereerd kunnen worden over het gehele bereik van windsnelheden. Vervolgens wordt dit uitgebreid tot de extreme-waarden kansverdeling van windsnelheden, waarmee herhalingstijden van zeer uitzonderlijke windsnelheden kunnen worden bepaald.

Tijdens de reproductie is op een aantal punten gestuit die wat meer aandacht verdient. Tevens wordt aangegeven welke invloed deze punten hebben op het eindresultaat. Een opsomming volgt hieronder:

2.1. Kansverdeling van windsnelheden

- Alle uurlijkse windwaarnemingen worden door Rijkooort opgesplitst naar drie criteria: dag/nacht, windrichting en seizoen.
Lage windsnelheden (< 2 m/s) hebben echter geen windrichting danwel een windrichting die onbetrouwbaar is danwel een windrichting die moeilijk te interpreteren is. Om deze reden heeft Rijkooort ervoor gekozen deze windsnelheden te verdelen over de windrichtingen evenredig met het percentage windwaarnemingen bij een bepaalde windrichting.
Rijkooort geeft echter niet aan wat hij doet met windsnelheden van meer dan 2 m/s die eveneens geen windrichting (= variabel) hebben. Bij de reproductie is besloten deze windsnelheden op dezelfde manier te verdelen over de windrichtingen zoals bij windsnelheden van minder dan 2 m/s. Omdat deze winden relatief weinig voorkomen (gemiddeld over de stations 0.27 %) heeft dit waarschijnlijk geen noemenswaardige invloed gehad op de resultaten.
- Het schatten van de individuele parameters a_{ij} , k_{ij} , γ_{ij} , d_{ij} en n_{ij} is gedaan volgens de maximum likelihood methode. Hierbij hebben zich vrijwel geen moeilijkheden voorgedaan.
Wat betreft de parameter γ_{ij} (de zogenaamde stabiliteitsparameter) is er een kleine onduidelijkheid. In veel gevallen is deze parameter voor station L.S. Texel namelijk negatief. γ_{ij} is echter toegevoegd aan de normale Weibull-verdeling om onderscheid te maken tussen de windsnelheidsverdeling gedurende de dag enerzijds en gedurende de nacht anderzijds, waarbij de parameter grotere waarden aanneemt naarmate het verschil tussen dag en nacht groter wordt. Wanneer er geen verschil is tussen dag en nacht is de parameter gelijk aan nul en is de aangepaste Weibull-verdeling gelijk aan de standaard Weibull-verdeling. Een negatieve waarde (hoewel dicht bij nul) duidt dus op een tegenstrijdigheid. Station L.S. Texel is een zeestation (ongeveer 30 km van de kust gelegen) waar het verschil tussen dag en nacht te verwaarlozen is. Waarden voor de γ -parameters rondom 0 en daarmee circa 50% van

de waarden beneden dit niveau is daarom te verwachten. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn. Het is echter niet duidelijk of Rijkooort deze waarden op nul gesteld heeft of dat hij gewerkt heeft met de negatieve waarden. Bij de reproductie is gewerkt met de geschatte waarden en dus ook met de negatieve waarden.

Aangezien deze negatieve waarden grotendeels niet ver van nul verwijderd zijn heeft dit waarschijnlijk eveneens weinig invloed op de resultaten.

- De volgende stap in het model is het harmonisch fitten van de individuele parameters naar windrichting. Hierbij zijn twee sinusfuncties toegepast met verschillende amplitudes en verschuivingen met perioden resp. 1 en $\frac{1}{2}$. Aangenomen hierbij is dat Rijkooort deze twee sinusfuncties omgezet heeft in een combinatie van twee sinus- en twee cosinusfuncties om vervolgens hierop meervoudige lineaire regressie toe te passen en zo de schattingen van het gemiddelde niveau, de twee amplitudes en de twee verschuivingen te verkrijgen. In formule vorm:

$$a_{ij} = \alpha_{j0} + \alpha_{j1} \sin(30i + \alpha_{j2}) + \alpha_{j3} \sin(60i + \alpha_{j4}),$$

met $i = 1, \dots, 6$ wordt omgezet naar

$$a_{ij} = \alpha_{j0} + b_1 \sin 30i + b_2 \cos 30i + b_3 \sin 60i + b_4 \cos 60i,$$

met

$$b_1 = \alpha_{j1} \cos \alpha_{j2},$$

$$b_2 = \alpha_{j1} \sin \alpha_{j2},$$

$$b_3 = \alpha_{j3} \cos \alpha_{j4},$$

$$b_4 = \alpha_{j3} \sin \alpha_{j4},$$

$$i = 1, \dots, 6.$$

Door het toepassen van meervoudige lineaire regressie kunnen de b -waarden geschat worden en aan de hand van deze waarden de schattingen voor de verschillende amplitudes en verschuivingen.

Door de harmonisatie worden de 360 parameters per station verminderd naar 150 parameters per station. Deze reductie van parameters vermindert een gedeelte van de “ruis” en maakt het landelijk interpoleren van de parameters eenvoudiger.

- Het aantal harmonische parameters wordt nog verder gereduceerd door een aantal handelingen. Hierdoor blijven 19 seizoensafhankelijke parameters en 6 stationsafhankelijke parameters over. De volgende punten vergen bij het toepassen van de reductie enige toelichting:
 - De eerste harmonische parameter (resp. α_{j0} , $\tilde{\kappa}_{j0}$, $\tilde{\gamma}_{j0}$, $\tilde{\alpha}_{j0}$ en $\tilde{\eta}_{j0}$) is niets anders dan het gemiddelde van de betreffende parameter over alle windrichtingen. Zo is dit ook het geval voor de parameters d en n (zie tabel 2). Rijkooort heeft echter in zijn rapport de cumulatieven over de 15-jarige periode vermeld i.p.v. per jaar. Deze getallen dienen dus gedeeld te worden door 15. Rijkooort heeft niet met deze foutieve waarden verder gewerkt, waardoor nadelige gevolgen zich niet voordoen.
 - De waarden $\tilde{\gamma}_{j0} / \tilde{\gamma}$ heeft Rijkooort gemiddeld over alle stations. Dit levert de parameter γ_{j0}^* . Niet alle stations blijken hierbij meegenomen te zijn. L.S. Texel heeft immers een $\tilde{\gamma}$ -waarde die dicht bij 0 ligt, zodat het quotiënt grote waarden kan aannemen. Wanneer dit quotiënt wordt meegenomen bij het bepalen van het gemiddelde zal hierdoor een behoorlijke afwijking ontstaan. Dit heeft Rijkooort dan ook niet gedaan, al wekt hij wel die indruk door in de figuur Texel in de legenda te vernoemen. De bijbehorende lijn is echter niet geplott.

- Het bepalen van de parameters c en χ wordt op dezelfde manier gedaan zoals bij de harmonisatie naar windrichting. Het verschil is dat er nu geharmoniseerd wordt naar seizoen en dat er slechts een periode (=1) wordt gebruikt.
Bij het bepalen van de parameter c (de amplitude van de sinus bij harmonische fit naar seizoen behorende bij parameter a) concludeert Rijkoot dat deze schommelt tussen 0.09 en 0.13. Bij de reproductie is dit inderdaad het geval voor 11 van de 12 stations, maar niet voor station L.S. Texel. Bij dit station heeft c een waarde van 0.19 die dus behoorlijk afwijkt van de overige stations. Rijkoot gebruikt de constante waarde van 0.11 voor alle stations, wat ook bij de reproductie gedaan is. Deze waarde lijkt echter dus niet gepast voor Texel.
- De kolommen 5 en 6 uit tabel 1 zijn bepaald met behulp van correlatie tussen de eerste en tweede relatieve amplitudes van de harmonische fits op de dag- en nachtwaarden. Door middel van projectie van de amplitudes op de regressielijnen zijn de waarden uit kolom 5 en 6 verkregen. Hierbij ben ik er vanuit gegaan dat er sprake is van loodrechte projectie, wat echter niet expliciet vermeld staat.
- In tabel 2 is door Rijkoot per abuis een verkeerde waarde genoteerd voor δ_{11} . Er staat de waarde +0.10, dit moet zeer waarschijnlijk de waarde -0.10 zijn. Dit is gebaseerd op twee redeneringen: Allereerst bestaat er een vrijwel perfecte correlatie tussen de door Rijkoot berekende waarden voor δ_{11} en die van de reproductie, met uitzondering van genoemde parameter. Deze is bij de reproductie gelijk aan -0.11 wat er dus sterk op duidt dat Rijkoot het minteken weggelaten per abuis weggelaten heeft.
Verder kan het ook afgeleid worden uit figuur 6.4 uit het rapport van Rijkoot waarin te zien is dat bij vrijwel alle stations de parameter d_{11}^* lager is dan gemiddeld en dus dat δ_{11} een negatieve waarde dient te hebben.
- Bovenstaande geldt ook voor een andere parameter in tabel 2: n_{22}^* . Deze waarde staat op 232° , maar moet zeer waarschijnlijk 132° zijn. Dit is opnieuw gebaseerd op de zeer behoorlijke correlatie zonder deze parameter en op basis van figuur 6.5 uit het rapport van Rijkoot waaruit blijkt dat de gemiddelde verschuiving over alle stations een stuk lager is dan 232° .

2.2. *Extreme-waarden kansverdeling van windsnelheden*

- Op basis van de geschatte parameters kan vervolgens de extreme-waarden kansverdeling geconstrueerd worden. Hierbij wordt de parameter q geïntroduceerd om afhankelijke data op een kunstmatige manier onafhankelijk te maken. Deze parameter is dan ook bedoeld om met persistenties in windsnelheden rekening te houden. Deze persistenties worden minder naarmate de windsnelheid een hoger niveau bereikt waardoor in theorie de q -parameter de waarde één benadert. In de praktijk blijkt deze waarde kleiner te worden dan één en zelfs nul te benaderen. Dit komt doordat deze q -parameter niet alleen rekening houdt met persistenties maar ook een staartcorrectie maakt.
De q -waarden worden door Rijkoot bepaald met behulp van de jaarlijkse uurlijkse windmaxima. Deze kunnen op Gumbell papier geplot worden volgens de plotplaats formule van Benard en Bos-Levenbach (1953). Deze waarden worden vervolgens geïnterpoleerd. Aanvankelijk ging ik er vanuit dat dit gebeurde met lineaire regressie. Hierbij wordt echter de variatie in de punten gereduceerd terwijl dit bij het model van Rijkoot pas in een later stadium gebeurt. Om deze reden is het meer waarschijnlijk dat de interpolatie is gedaan door interpolatie tussen twee opeenvolgende punten, zodat een deel van de variatie gehandhaafd blijft.
Vervolgens wordt een verband gelegd tussen de Gumbell-waarden en de model-waarden waarbij q gelijk is aan 1. Met behulp van dit verband worden uiteindelijk de q -waarden berekend.
- Met behulp van de parameters in tabel 1, 2 en 3 kan nu de extreme-waarden kansverdelingen voor de verschillende stations worden bepaald. Rijkoot constateert dat voor een drietal stations (Eelde, Deelen en Leeuwarden) de gefitte verdeling niet optimaal is, wat hij het gevolg acht van de geschatte

k -waarden. Kleine veranderingen in de k -parameter kunnen immers grote veranderingen in de extreme-waarden kansverdelingen tot stand doen brengen. Rijkooft heeft om deze reden de k -waarden behorende bij de genoemde stations aangepast om een optimale fit te verkrijgen. Hierbij heeft hij de waargenomen extremen gebruikt, maar niet is aangegeven hoe hij deze extremen gebruikt heeft om tot de correctie te komen. Bij de reproductie is daarom geen correctie uitgevoerd en worden de resultaten vergeleken met de niet gecorrigeerde waarden van Rijkooft om zodoende een objectief vergelijk te kunnen maken.

Bij de reproductie is gebleken dat de k -waarden behorende bij de stations Deelen en Soesterberg relatief erg laag zijn. Opmerkelijk hierbij is het grote verschil met de waarden die Rijkooft berekend heeft. Deze liggen een stuk hoger. Bij de reproductie lopen de herhalingstijden van deze stations echter behoorlijk uit de pas en zijn niet conform de realiteit. Voor station Deelen geldt bijvoorbeeld dat de gemiddelde uurlijkse windsnelheid met een herhalingstijd van 1000 jaar 56.7 m/s bedraagt. Voor station Soesterberg is dit de (minder extreme, maar nog steeds onwaarschijnlijke) waarde van 38.3 m/s. Een verklaring hiervoor kan liggen in de lage waarden voor k , wat op zijn beurt mogelijk verklaard kan worden door de relatief sterke aanwezigheid van lage windsnelheden, waardoor de Weibull-fit vervormd is. Er zijn dus aanwijzingen dat de methode zeer gevoelig is voor de aanwezigheid van de lage windsnelheden. Dit is zeer ongewenst, vooral met het oog op toepassing op extremen.

3. Update statistiek met nieuwe tijdreeksen

Ter vergelijking met het vijftienjarige tijdvak 1962-1976 is ook het vijftienjarige tijdvak 1981-1995 geanalyseerd. Station L.S. Texel is hierbij niet meer opgenomen aangezien dit station tussentijds is opgeheven. De parameters in tabel 2 en 3 zijn dus nu op 11 i.p.v. 12 stations gebaseerd.

Na analyse valt op dat de lage k -waarden die optraden bij de stations Deelen en Soesterberg over het eerste tijdvak nu niet optreden. Het gevolg hiervan is dat de bijbehorende herhalingstijden nu wel realistisch zijn (zie tabel 4).

De nieuwe parameters zijn geografisch geïnterpoleerd met behulp van de “inverse distance” methode (zie figuur 1, 2 en 3). Omdat hierbij slechts 11 punten zijn gebruikt en de methode niet overweg kan met land/zee overgangen kan er niet meer dan een zeer globaal beeld uit deze figuren worden verkregen.

4. Conclusies

De belangrijkste punten die op basis van dit rapport geconcludeerd worden zijn als volgt:

- Tussen de resultaten van Rijkooft en die van de reproductie bestaan soms grote verschillen. Besproken is wat hiervan mogelijke oorzaken zouden kunnen zijn. De besproken punten wegen echter mijns inziens niet erg zwaar op de resultaten, waardoor het vooralsnog niet goed is aan te geven waardoor deze verschillen zijn ontstaan.
- De methode is erg gevoelig voor lage windsnelheden, terwijl de aandacht juist uitgaat naar hoge windsnelheden. Dit beïnvloedt de resultaten dermate ernstig dat de resultaten zeer waarschijnlijk niet erg betrouwbaar zijn. Om deze reden kan ook niet te veel waarde gehecht worden aan de verschilresultaten in de extreme windsnelheden met herhalingstijden van bv. 500 en 1000 jaar die zijn afgeleid uit de twee perioden (zie tabel 4 en 5). Bij verder onderzoek zal hierop nog dieper worden ingegaan.

5. Referenties

- Rijkoord, P.J., 1983, "A compound Weibull model for description of surface wind velocity distributions", *Wetenschappelijk Rapport WR 83-13*, KNMI.
- Benard, A. en E.C. Bos-Levenbach, 1950, "The plotting of observations on probability paper", *Statistica*, 7, pp.163-173

6. Appendices

Op de volgende pagina's staat een overzicht van de tabellen zoals die gepubliceerd zijn door Rijkoot, evenals de reproductie van de deze tabellen (beiden op basis van het tijdvak 1962-1976), evenals de tabellen met daarin de parameters die zijn gebaseerd op het tijdvak 1981-1995. Daarnaast zijn twee tabellen vermeld met herhalings tijden van de geanalyseerde stations. Tenslotte een drietal figuren met een geografisch verloop van de stationsafhankelijke parameters α , k en γ .

Tabel 1 (Rijkoot, 1962-1976)

Station	α	$\mathcal{X}$	$\bar{k}$	γ	$\bar{d}^*$	$\bar{n}^*$
Schiphol	6.36	74°	2.35	0.76	0.43	0.30
Eelde	5.52	58°	2.37	0.74	0.43	0.39
Soesterberg	5.24	38°	2.26	0.87	0.44	0.36
De Bilt	5.05	58°	2.28	0.79	0.42	0.34
Deelen	5.77	66°	2.18	0.82	0.44	0.35
Vlissingen	5.86	101°	2.33	0.30	0.45	0.41
Gilze Rijen	5.58	60°	2.35	0.85	0.49	0.51
Eindhoven	5.60	58°	2.32	0.79	0.48	0.42
Beek	4.69	75°	2.25	0.45	0.52	0.52
Leeuwarden	6.38	68°	2.48	0.70	0.42	0.30
L.S. Texel	7.99	129°	2.47	0.00	0.36	0.27
Zestienhoven	6.21	78°	2.35	0.75	0.44	0.41

Tabel 1 (Reproductie, 1962-1976)

Station	α	$\mathcal{X}$	$\bar{k}$	γ	$\bar{d}^*$	$\bar{n}^*$
Schiphol	6.39	74°	2.38	0.67	0.44	0.32
Eelde	5.59	61°	2.40	0.71	0.45	0.43
Soesterberg	5.23	33°	2.15	0.87	0.46	0.42
De Bilt	5.11	59°	2.30	0.79	0.43	0.42
Deelen	5.76	65°	2.09	0.83	0.47	0.4
Vlissingen	5.93	100°	2.37	0.32	0.48	0.44
Gilze Rijen	5.62	59°	2.35	0.83	0.53	0.54
Eindhoven	5.61	60°	2.30	0.78	0.52	0.45
Beek	4.86	83°	2.40	0.45	0.67	0.64
Leeuwarden	6.43	74°	2.46	0.71	0.43	0.31
L.S. Texel	7.99	128°	2.41	-0.01	0.41	0.28
Zestienhoven	6.22	76°	2.27	0.77	0.46	0.43

Tabel 1 (Reproductie, 1981-1995)

Station	$\bar{a}$	$\bar{\chi}$	$\bar{k}$	$\bar{\gamma}$	$\bar{d}^*$	$\bar{n}^*$
Schiphol	6.46	85°	2.51	0.70	0.57	0.48
Eelde	5.99	74°	2.39	0.82	0.59	0.58
Soesterberg	5.30	50°	2.28	0.85	0.58	0.52
De Bilt	4.95	61°	2.23	0.78	0.58	0.57
Deelen	5.71	65°	2.29	0.80	0.60	0.53
Vlissingen	6.25	101°	2.44	0.30	0.60	0.56
Gilze Rijen	5.47	66°	2.44	0.79	0.62	0.61
Eindhoven	5.36	70°	2.35	0.75	0.62	0.57
Beek	5.35	75°	2.44	0.50	0.71	0.74
Leeuwarden	6.39	79°	2.37	0.74	0.57	0.45
Zestienhoven	6.33	81°	2.36	0.79	0.58	0.54

Tabel 2 (Rijkoort, 1962-1976)

Seizoen	$\tilde{a}_{j1}$	$\tilde{a}_{j2}$	$\tilde{a}_{j3}$	$\tilde{a}_{j4}$	k_{j0}^*
Jan-Feb	0.98	198°	0.60	312°	0.941
Mrt-Apr	0.90	163°	0.65	317°	1.034
Mei-Jun	0.77	165°	0.60	316°	1.066
Jul-Aug	1.04	179°	0.47	318°	1.089
Sep-Okt	1.28	200°	0.47	313°	0.956
Nov-Dec	1.39	195°	0.51	298°	0.915
Seizoen	$\tilde{k}_{j1}$	$\tilde{k}_{j2}$	γ_{j0}^*	γ_{j1}	γ_{j2}
Jan-Feb	0.25	-19°	0.566	0.12	122°
Mrt-Apr	0.13	59°	1.191	0.26	138°
Mei-Jun	0.20	67°	1.316	0.20	173°
Jul-Aug	0.20	54°	1.304	0.32	169°
Sep-Okt	0.20	8°	1.117	0.26	143°
Nov-Dec	0.13	-40°	0.503	0.10	149°
Seizoen	$\tilde{d}_{j0}$	$\tilde{n}_{j0}$	δ_{j1}	ν_{j1}	δ_{j2}
Jan-Feb	29.4	89.0	-0.10	0.05	-0.05
Mrt-Apr	50.7	71.3	-0.21	-0.23	-0.03
Mei-Jun	68.6	53.4	-0.05	-0.18	-0.04
Jul-Aug	67.2	56.8	0.06	-0.06	0.04
Sep-Okt	50.7	71.3	0.05	0.16	0.01
Nov-Dec	25.3	96.7	0.25	0.30	0.08
Seizoen	d_{j2}^*	d_{j4}^*	n_{j2}^*	n_{j4}^*	
Jan-Feb	249°	327°	258°	-27°	
Mrt-Apr	151°	335°	132°	-11°	
Mei-Jun	170°	333°	156°	1°	
Jul-Aug	174°	324°	194°	-2°	
Sep-Okt	233°	350°	257°	10°	
Nov-Dec	232°	354°	255°	-5°	

Tabel 2 (Reproductie, 1962-1976)

Seizoen	$\tilde{a}_{j1}$	$\tilde{a}_{j2}$	$\tilde{a}_{j3}$	$\tilde{a}_{j4}$	k_{j0}^*
Jan-Feb	0.88	193°	0.48	314°	0.937
Mrt-Apr	0.77	166°	0.56	312°	1.021
Mei-Jun	0.63	170°	0.5	313°	1.061
Jul-Aug	0.87	183°	0.36	316°	1.089
Sep-Okt	1.08	201°	0.31	311°	0.960
Nov-Dec	1.18	191°	0.35	307°	0.932
Seizoen	$\tilde{k}_{j1}$	$\tilde{k}_{j2}$	γ_{j0}^*	γ_{j1}	γ_{j2}
Jan-Feb	0.27	356°	0.561	0.10	121°
Mrt-Apr	0.11	23°	1.215	0.22	154°
Mei-Jun	0.18	11°	1.340	0.17	175°
Jul-Aug	0.25	24°	1.310	0.28	177°
Sep-Okt	0.34	16°	1.065	0.20	181°
Nov-Dec	0.22	2°	0.510	0.10	146°
Seizoen	$\tilde{d}_{j0}$	$\tilde{n}_{j0}$	δ_{j1}	ν_{j1}	δ_{j2}
Jan-Feb	29.39	89.08	-0.11	0.02	-0.06
Mrt-Apr	50.73	71.24	-0.22	-0.26	-0.05
Mei-Jun	68.57	53.40	-0.04	-0.18	-0.03
Jul-Aug	67.15	56.82	0.07	-0.06	0.04
Sep-Okt	50.74	71.24	0.06	0.19	0.02
Nov-Dec	25.32	96.61	0.25	0.30	0.07
Seizoen	d_{j2}^*	d_{j4}^*	n_{j2}^*	n_{j4}^*	
Jan-Feb	248°	322°	255°	329°	
Mrt-Apr	151°	336°	136°	347°	
Mei-Jun	169°	335°	155°	0°	
Jul-Aug	174°	324°	192°	355°	
Sep-Okt	230°	346°	251°	4°	
Nov-Dec	231°	348°	232°	349°	

Tabel 2 (Reproductie 1981-1995)

Seizoen	$\tilde{a}_{j1}$	$\tilde{a}_{j2}$	$\tilde{a}_{j3}$	$\tilde{a}_{j4}$	k_{j0}^*
Jan-Feb	1.44	180°	0.70	296°	0.955
Mrt-Apr	0.98	168°	0.48	338°	1.028
Mei-Jun	0.60	173°	0.32	307°	1.052
Jul-Aug	0.81	179°	0.36	319°	1.077
Sep-Okt	0.98	206°	0.50	331°	0.978
Nov-Dec	1.24	197°	0.42	335°	0.911
Seizoen	$\tilde{k}_{j1}$	$\tilde{k}_{j2}$	γ_{j0}^*	γ_{j1}	γ_{j2}
Jan-Feb	0.20	12°	0.665	0.19	115°
Mrt-Apr	0.23	20°	1.180	0.16	133°
Mei-Jun	0.12	0°	1.260	0.17	169°
Jul-Aug	0.19	35°	1.354	0.28	175°
Sep-Okt	0.21	23°	1.099	0.21	180°
Nov-Dec	0.25	343°	0.442	0.11	150°
Seizoen	$\tilde{d}_{j0}$	$\tilde{n}_{j0}$	δ_{j1}	ν_{j1}	δ_{j2}
Jan-Feb	29.35	88.99	-0.04	0.09	0.18
Mrt-Apr	50.74	71.24	-0.15	-0.15	-0.01
Mei-Jun	68.57	53.40	-0.16	-0.28	-0.13
Jul-Aug	67.12	56.79	0.07	-0.11	-0.01
Sep-Okt	50.74	71.24	0.11	0.23	-0.03
Nov-Dec	25.32	96.64	0.18	0.23	0.02
Seizoen	d_{j2}^*	d_{j4}^*	n_{j2}^*	n_{j4}^*	
Jan-Feb	235°	340°	239°	352°	
Mrt-Apr	201°	344°	221°	359°	
Mei-Jun	158°	335°	131°	10°	
Jul-Aug	182°	321°	198°	1°	
Sep-Okt	229°	0°	252°	25°	
Nov-Dec	243°	354°	246°	357°	

Tabel 3 (Rijkoort, 1962-1976)

Wind- Richting	Jan-Feb		Mrt-Apr		Mei-Jun	
	A	B	A	B	A	B
0	-0.368	2.55	-0.635	2.72	-0.677	2.87
30	-0.412	2.86	-0.571	2.83	-0.630	3.16
60	-0.587	3.20	-0.695	3.24	-0.602	3.28
90	-0.613	3.49	-0.834	3.76	-0.604	3.05
120	-0.638	3.50	-0.842	3.27	-0.698	2.80
150	-0.511	3.08	-0.560	2.30	-0.518	2.32
180	-0.585	3.19	-0.532	2.49	-0.422	2.56
210	-0.536	3.45	-0.446	2.60	-0.475	2.90
240	-0.374	3.25	-0.480	2.92	-0.584	3.18
270	-0.381	3.28	-0.761	3.65	-0.590	3.20
300	-0.423	2.88	-0.925	3.75	-0.824	3.48
330	-0.466	2.28	-1.131	3.77	-0.952	3.40
Wind- Richting	Jul-Aug		Sep-Okt		Nov-Dec	
	A	B	A	B	A	B
0	-0.835	3.35	-0.679	2.79	-0.494	2.27
30	-0.956	3.76	-0.557	2.80	-0.434	2.78
60	-0.799	3.56	-0.500	2.82	-0.583	2.93
90	-0.687	2.97	-0.525	2.52	-0.647	3.18
120	-0.815	2.65	-0.470	2.41	-0.548	3.04
150	-0.746	2.65	-0.519	2.88	-0.590	2.70
180	-0.749	3.13	-0.508	2.88	-0.572	2.76
210	-0.612	3.23	-0.470	2.78	-0.485	2.82
240	-0.501	3.10	-0.448	3.31	-0.337	2.91
270	-0.550	3.32	-0.365	2.74	-0.340	2.56
300	-0.835	3.45	-0.418	2.29	-0.480	2.97
330	-1.118	3.69	-0.521	2.16	-0.398	1.55

Tabel 3 (Reproductie, 1962-1976)

Wind- Richting	Jan-Feb		Mrt-Apr		Mei-Jun	
	A	B	A	B	A	B
0	-0.310	2.27	-0.427	2.43	-0.201	2.11
30	-0.417	3.11	-0.463	2.76	-0.522	3.06
60	-0.679	3.68	-0.689	3.33	-0.603	3.29
90	-0.662	3.50	-0.830	3.80	-0.717	3.22
120	-0.616	3.70	-0.795	3.21	-0.624	2.40
150	-0.452	3.06	-0.417	1.81	-0.447	2.01
180	-0.568	3.26	-0.549	2.47	-0.492	2.58
210	-0.491	3.53	-0.434	2.48	-0.547	3.01
240	-0.404	3.63	-0.448	2.76	-0.572	3.29
270	-0.363	3.26	-0.701	3.65	-0.328	2.86
300	-0.429	2.95	-0.754	3.51	-0.577	3.14
330	-0.452	2.01	-0.904	3.39	-0.617	2.84
Wind- Richting	Jul-Aug		Sep-Okt		Nov-Dec	
	A	B	A	B	A	B
0	-0.677	3.03	-0.714	2.90	-0.621	2.40
30	-0.961	3.90	-0.750	3.20	-0.435	2.92
60	-0.897	3.84	-0.700	3.16	-0.820	3.56
90	-0.698	2.95	-0.593	2.78	-0.935	3.68
120	-0.825	2.41	-0.272	1.99	-0.647	3.19
150	-0.805	2.50	-0.504	3.05	-0.580	2.98
180	-0.802	3.18	-0.457	2.87	-0.512	2.86
210	-0.608	3.21	-0.288	2.70	-0.353	2.71
240	-0.395	2.88	-0.283	3.10	-0.225	2.82
270	-0.454	3.15	-0.122	2.48	-0.305	2.93
300	-0.685	3.20	-0.258	2.11	-0.459	2.61
330	-0.931	3.37	-0.475	1.91	-0.456	1.45

Tabel 3 (Reproductie, 1981-1995)

Wind- Richting	Jan-Feb		Mrt-Apr		Mei-Jun	
	A	B	A	B	A	B
0	-0.673	2.68	-0.551	2.17	-0.510	2.89
30	-0.679	3.43	-0.282	2.06	-0.550	3.18
60	-0.886	4.09	-0.819	3.28	-0.619	3.50
90	-0.926	3.87	-0.960	3.36	-0.520	3.04
120	-0.690	3.11	-0.560	2.09	-0.660	2.47
150	-0.662	3.24	-0.698	2.30	-0.714	2.44
180	-0.705	3.61	-0.652	2.49	-0.570	2.69
210	-0.433	2.98	-0.572	3.14	-0.633	3.14
240	-0.428	3.43	-0.498	2.98	-0.536	2.96
270	-0.365	3.29	-0.428	2.73	0.214	1.78
300	-0.304	2.23	-0.472	2.58	0.045	1.89
330	-0.624	1.78	-0.636	2.56	-0.305	2.18
Wind- Richting	Jul-Aug		Sep-Okt		Nov-Dec	
	A	B	A	B	A	B
0	-0.904	3.48	-0.750	2.66	-0.503	2.54
30	-0.898	3.67	-0.866	3.54	-0.541	3.41
60	-0.881	3.65	-0.754	3.39	-0.558	3.39
90	-0.871	3.29	-0.439	2.16	-0.535	3.12
120	-0.828	2.36	-0.685	2.59	-0.616	3.10
150	-0.858	2.80	-0.675	2.97	-0.342	2.78
180	-0.810	3.27	-0.675	3.54	-0.544	3.39
210	-0.554	3.01	-0.356	2.72	-0.198	2.77
240	-0.296	2.83	-0.150	2.35	-0.280	3.05
270	0.028	2.03	-0.440	2.94	-0.235	2.75
300	-0.315	2.43	-0.552	2.38	-0.222	2.07
330	-0.560	2.52	-0.521	1.42	-0.388	1.33

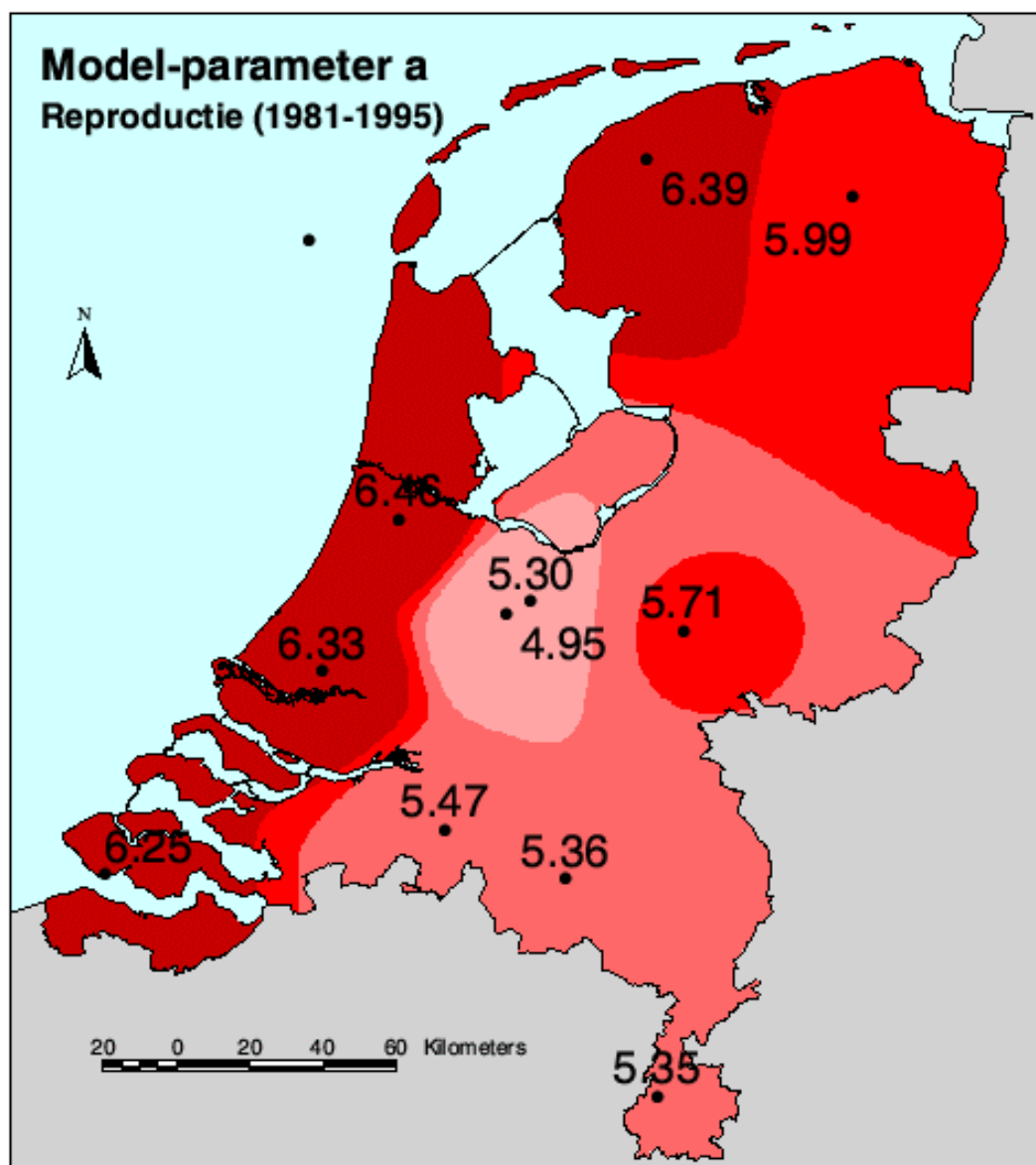
Tabel 4: Windsnelheden (m/s) corresponderend met herhalingsjaren (reproductie, 1962-1976)

station	herhalingsjaren in jaren								
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
Schiphol	19.6	22.0	23.5	24.9	26.7	28.1	29.4	31.0	32.2
Eelde	17.0	19.1	20.4	21.7	23.2	24.4	25.5	26.9	27.9
Soesterberg	19.7	22.8	24.9	26.9	29.6	31.6	33.6	36.3	38.3
De Bilt	16.8	19.1	20.6	21.9	23.7	25.0	26.2	27.8	29.0
Deelen	24.2	28.6	31.7	35.0	39.4	43.0	46.8	52.1	56.7
Vlissingen	18.9	21.2	22.7	24.1	25.8	27.0	28.3	29.8	30.9
Gilze Rijen	17.7	20.0	21.4	22.8	24.5	25.7	27.0	28.5	29.7
Eindhoven	18.4	20.8	22.4	23.9	25.8	27.1	28.5	30.2	31.5
Beek	15.5	17.4	18.7	19.8	21.2	22.2	23.2	24.5	25.4
Leeuwarden	18.7	20.9	22.2	23.5	25.1	26.3	27.4	28.8	29.9
L.S. Texel	24.3	27.0	28.8	30.4	32.4	33.8	35.2	37.0	38.3
Zestienhoven	20.9	23.8	25.6	27.3	29.5	31.1	32.7	34.8	36.3

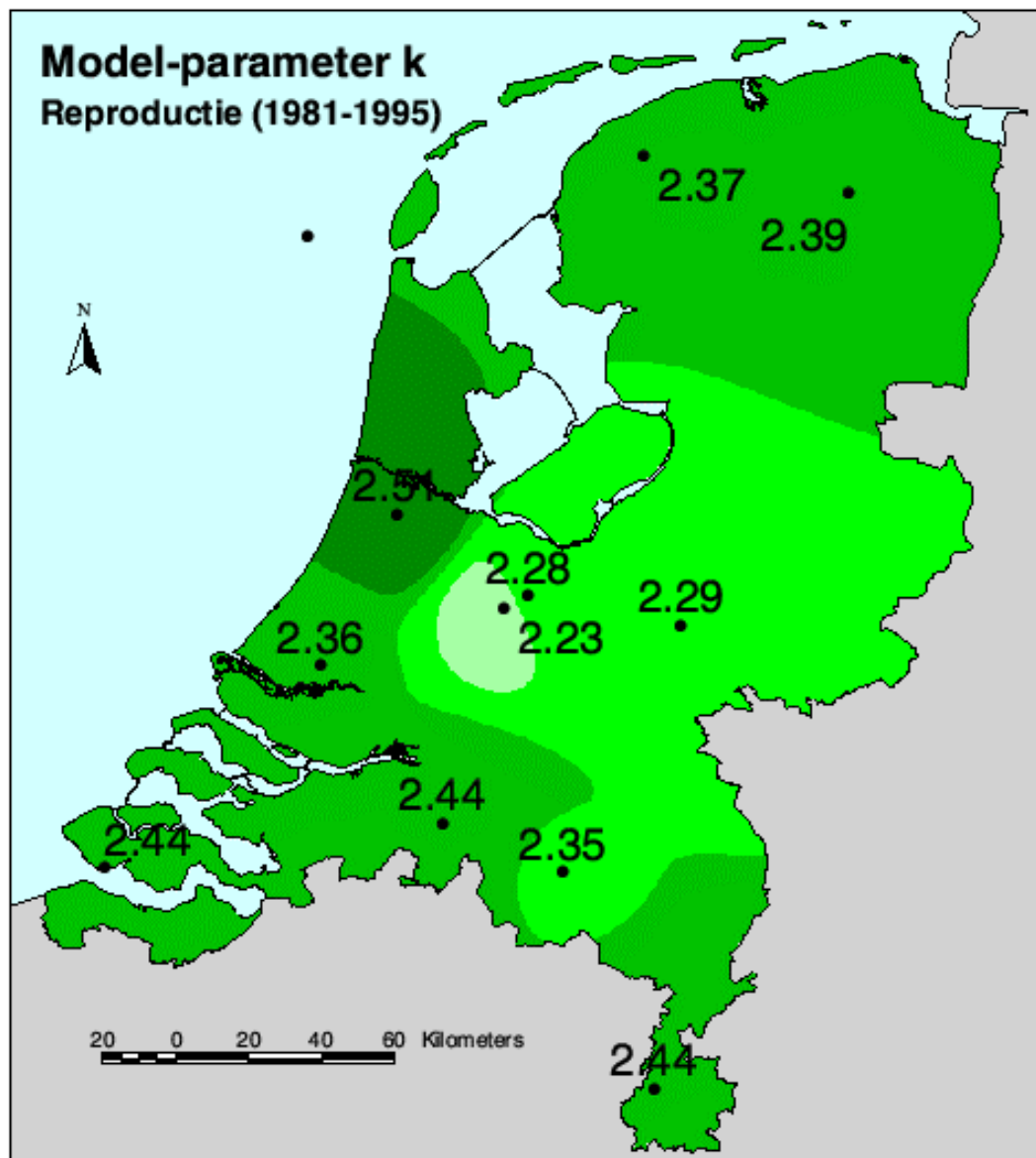
Tabel 5: Windsnelheden (m/s) corresponderend met herhalingsjaren (reproductie, 1981-1995)

station	herhalingsjaren in jaren								
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
Schiphol	18.8	20.8	22.2	23.4	24.9	26.0	27.0	28.4	29.4
Eelde	18.7	21.0	22.4	23.8	25.4	26.6	27.8	29.3	30.3
Soesterberg	17.9	20.2	21.7	23.1	24.9	26.2	27.4	29.0	30.2
De Bilt	17.8	20.2	21.8	23.3	25.2	26.5	27.9	29.6	30.8
Deelen	19.2	21.6	23.2	24.7	26.5	27.8	29.1	30.8	32.0
Vlissingen	19.2	21.4	22.7	24.0	25.7	26.8	27.9	29.4	30.4
Gilze Rijen	16.7	18.8	20.0	21.2	22.7	23.8	24.8	26.1	27.0
Eindhoven	17.4	19.6	21.0	22.4	24.0	25.2	26.3	27.8	28.8
Beek	16.7	18.7	20.0	21.2	22.6	23.7	24.7	26.0	26.9
Leeuwarden	20.1	22.5	24.0	25.4	27.2	28.5	29.7	31.3	32.5
Zestienhoven	20.1	22.5	24.1	25.5	27.3	28.6	29.9	31.5	32.6

Figuur 1: Geografisch overzicht parameter a



Figuur 2: Geografisch overzicht parameter k



Figuur 3: Geografisch overzicht parameter γ

