

Annex 3 (Par.1, Par.2, Par.3 en Par.4)

Par.1 (met 6 bijlagen)

$Q' = A_0 \mu_0 + A_1 \mu_1 + A_2 \mu_2^{1/2} + A_3 \mu_3 + A_4 \mu_4$, waarbij A_i de partiële regressiecoëfficiënten zijn. Voorts zijn μ_i de golfkenmerken en Q' de relatieve afvoer¹ beide bij Borgharen. De A_i waarden worden gevonden met behulp van multiële regressie analyse. Gebruikt zijn de hoogwatergolven van Borgharen voor alle topafvoeren vanaf 1850 m³/s uit de periode 1931-2000, d.z. 16 golven. De golfkenmerken μ_i en Q' zijn vermeld in de bijlage. De μ_4 waarden zijn gehomogeniseerde waarden in verband met de grote rivierwerken, die tot omstreeks 1980 duurden. De andere kenmerken vertoonden hiervan geen significante veranderingen. Uit de berekende A_i waarden kan niet zonder meer worden besloten welke de grootste invloed heeft op de relatieve afvoer Q' . Daartoe worden de μ_i waarden geschaald naar vergelijkbare grootte en de variantie aangepast aan die van Q' . Op deze wijze ontstaan uit de A_i waarden de gestandaardiseerde partiële regressiecoëfficiënten B_i . In de bijlage is te zien, welke kenmerken grote invloed hebben op de relatieve afvoer Q' , te weten de inhoud (μ_0), de standaardafwijking om de gemiddelde tijd (μ_2)^{0,5} en de kurtosis (μ_4). De multiële correlatiecoëfficiënt R wordt in de bijlage berekend op 0,93. De nulhypothese luidt, dat er geen relatie is tussen Q' en μ_i . Deze wordt verworpen indien $R > R_{\text{kritiek}}$. Voor 10 vrijheidsgraden (nl.16-5-1) en een dubbele overschrijdingskans van 5% bedraagt de kritieke waarde 0,763 en de conclusie is derhalve, dat er wél sprake is van een multiële samenhang en dus, dat althans een deel van de verklarende variabelen μ_i een significante invloed heeft op Q' .

Zoals de multiële correlatiecoëfficiënt R een maat is voor de kwaliteit van de totale samenhang is de partiele correlatiecoëfficiënt $r_{iQ'}$ een maatstaf om de bijdrage van iedere μ_i aan de totale samenhang te beoordelen. $r_{iQ'}$ geeft nl. de correlatie tussen de verklarende μ_i en de verklaarde Q' , nadat de invloed van de overige verklarenden uit Q' zijn geëlimineerd. Met de partiele correlatiecoëfficiënt wordt dus aangegeven in hoeverre het zinvol is om een variabele μ_i in de relatie met Q' op te nemen. Zoals de bijlage laat zien is de berekening van $r_{iQ'}$ gebaseerd op de enkelvoudige correlaties r_{ij} en $r_{iQ'}$ als elementen van de determinant D_{corr} , alsmede op de inverse daarvan. Voor de correlatiecoëfficiënt $r_{iQ'}$ wordt gevonden:

$$r_{0Q'} = 0,88$$

$$r_{1Q'} = -0,18$$

$$r_{2Q'} = -0,33$$

$$r_{3Q'} = -0,17$$

$$r_{4Q'} = 0,63$$

De kritieke waarde van $r_{iQ'} = 0,576$, waaruit volgt, dat μ_0 en μ_4 dus een significante bijdrage leveren aan de multiële samenhang. μ_4 doet dat evenwel in veel mindere mate dan μ_0 . Het blijkt, dat voor de niet gehomogeniseerde μ_4 waarden de multiële correlatiecoëfficiënt $R=0,94$ is. Voor de partiële correlatiecoëfficiënten geldt:

$$r_{0Q'} = 0,87 \quad r_{2Q'} = -0,21$$

$$r_{1Q'} = -0,15 \quad r_{3Q'} = -0,14$$

$$r_{4Q'} = 0,63$$

Voor de significante bijdragen van μ_0 en μ_4 is er derhalve ook geen wezenlijk verschil met het resultaat van de wél gehomogeniseerde μ_4 .

¹ De piekafvoer minus de basisafvoer

hoogwatergolven vanaf 1931 tot 2000 voor topafvoeren vanaf 1850 m³/s

mu0	mu1	(mu2) ^{0,5}	mu3	mu4	Q'	Q _{basis}	datum
793	5,24	3,11	0,8	3,19	1463	597	29-11-39
933	7,48	3,4	0,21	2,3	1348	492	26-11-44
187	2,89	1,13	0,23	2,33	716	1229	13-2-45
468	4,71	2,51	0,39	2,34	881	974	22-12-52
697	6,7	3	0,27	3,02	1270	680	27-2-58
1254	8,38	3,93	0,35	2,32	1875	250	1-2-61
656	6,78	3,20	-0,06	2,41	1061	786	11-12-65
627	6,96	3,37	0,21	2,37	997	895	21-12-65
1078	7,01	3,87	0,52	2,57	1368	482	13-12-66
828	6,14	3,41	0,68	3,05	1582	583	23-2-70
615	5,87	2,09	-0,2	3	1571	979	8-2-84
704	4,78	2,58	0,58	2,70	1297	613	17-3-88
931	5,77	3,38	1,02	3,26	1972	293	13-1-93
896	4,66	2,25	0,52	2,44	2009	1030	22-12-93
575	4,69	2,03	0,08	2,04	1073	1591	30-1-95
459	4,28	1,92	0,82	3,44	1291	751	27-12-99

Schaling, zodanig dat mu_i ligt tussen 0 en 1

$$Q' = A0 \mu0 + A1 \mu1 + A2 \mu2 + A3 \mu3 + A4 \mu4$$

(voor de grote afvoeren Q > 1850 m³/s, periode vanaf 1931)

mu0	mu1	mu2 ^{0,5}	mu3	mu4	Q'
0,4	0,52	0,62	0,8	0,64	1463
0,47	0,79	0,68	0,21	0,46	1348
0,09	0,29	0,23	0,23	0,47	716
0,23	0,47	0,5	0,39	0,47	881
0,35	0,67	0,6	0,27	0,6	1270
0,63	0,84	0,79	0,35	0,46	1875
0,32	0,68	0,64	-0,06	0,48	1061
0,31	0,7	0,67	0,21	0,47	997
0,54	0,7	0,77	0,52	0,51	1368
0,41	0,61	0,68	0,68	0,61	1582
0,31	0,59	0,42	-0,2	0,6	1571
0,35	0,48	0,52	0,58	0,54	1297
0,47	0,58	0,68	1,02	0,65	1972
0,45	0,47	0,45	0,52	0,49	2009
0,29	0,47	0,41	0,08	0,41	1073
0,23	0,43	0,38	0,82	0,69	1291
5,85	9,29	9,04	6,42	8,55	21774

$(\mu_0)^2$	$\mu_0 \cdot \mu_1$	$\mu_0 \cdot \mu_2^A$	$\mu_0 \cdot \mu_3$	$\mu_0 \cdot \mu_4$	$\mu_0 \cdot Q'$	$\mu_1 \cdot Q'$	$\mu_2 \cdot Q'$
0,16	0,208	0,248	0,32	0,256	585,2	760,76	907,06
0,2209	0,3713	0,3196	0,0987	0,2162	633,56	1064,92	916,64
0,0081	0,0261	0,0207	0,0207	0,0423	64,44	207,64	164,68
0,0529	0,1081	0,115	0,0897	0,1081	202,63	414,07	440,5
0,1225	0,2345	0,21	0,0945	0,21	444,5	850,9	762
0,3969	0,5292	0,4977	0,2205	0,2898	1181,25	1575	1481,25
0,1024	0,2176	0,2048	-0,0192	0,1536	339,52	721,48	679,04
0,0961	0,217	0,2077	0,0651	0,1457	309,07	697,9	667,99
0,2916	0,378	0,4158	0,2808	0,2754	738,72	957,6	1053,36
0,1681	0,2501	0,2788	0,2788	0,2501	648,62	965,02	1075,76
0,0961	0,1829	0,1302	-0,062	0,186	487,01	926,89	659,82
0,1225	0,168	0,182	0,203	0,189	453,95	622,56	674,44
0,2209	0,2726	0,3196	0,4794	0,3055	926,84	1143,76	1340,96
0,2025	0,2115	0,2025	0,234	0,2205	904,05	944,23	904,05
0,0841	0,1363	0,1189	0,0232	0,1189	311,17	504,31	439,93
0,0529	0,0989	0,0874	0,1886	0,1587	296,93	555,13	490,58
2,40	3,61	3,56	2,52	3,13	8527,46	12912,17	12658,06

$\mu_4 \cdot Q'$	$(\mu_1)^2$	$\mu_1 \cdot \mu_2$	$\mu_1 \cdot \mu_3$	$\mu_1 \cdot \mu_4$	$(\mu_2)^2$	$\mu_2 \cdot \mu_3$	$\mu_2 \cdot \mu_4$
936,32	0,2704	0,3224	0,416	0,3328	0,3844	0,496	0,3968
620,08	0,6241	0,5372	0,1659	0,3634	0,4624	0,1428	0,3128
336,52	0,0841	0,0667	0,0667	0,1363	0,0529	0,0529	0,1081
414,07	0,2209	0,235	0,1833	0,2209	0,25	0,195	0,235
762	0,4489	0,402	0,1809	0,402	0,36	0,162	0,36
862,5	0,7056	0,6636	0,294	0,3864	0,6241	0,2765	0,3634
509,28	0,4624	0,4352	-0,0408	0,3264	0,4096	-0,0384	0,3072
468,59	0,49	0,469	0,147	0,329	0,4489	0,1407	0,3149
697,68	0,49	0,539	0,364	0,357	0,5929	0,4004	0,3927
965,02	0,3721	0,4148	0,4148	0,3721	0,4624	0,4624	0,4148
942,6	0,3481	0,2478	-0,118	0,354	0,1764	-0,084	0,252
700,38	0,2304	0,2496	0,2784	0,2592	0,2704	0,3016	0,2808
1281,8	0,3364	0,3944	0,5916	0,377	0,4624	0,6936	0,442
984,41	0,2209	0,2115	0,2444	0,2303	0,2025	0,234	0,2205
439,93	0,2209	0,1927	0,0376	0,1927	0,1681	0,0328	0,1681
890,79	0,1849	0,1634	0,3526	0,2967	0,1444	0,3116	0,2622
11811,97	5,71	5,54	3,58	4,94	5,47	3,78	4,83

$\mu_3 \cdot \mu_4$	$(\mu_4)^2$	$(Q')^2$	$\mu_3 \cdot Q'$	$(\mu_3)^2$
0,512	0,4096	2140369	1170,4	0,64
0,0966	0,2116	1817104	283,08	0,0441
0,1081	0,2209	512656	164,68	0,0529
0,1833	0,2209	776161	343,59	0,1521
0,162	0,36	1612900	342,9	0,0729
0,161	0,2116	3515625	656,25	0,1225
-0,0288	0,2304	1125721	-63,66	0,0036
0,0987	0,2209	994009	209,37	0,0441
0,2652	0,2601	1871424	711,36	0,2704
0,4148	0,3721	2502724	1075,76	0,4624
-0,12	0,36	2468041	-314,2	0,04
0,3132	0,2916	1682209	752,26	0,3364
0,663	0,4225	3888784	2011,44	1,0404
0,2548	0,2401	4036081	1044,68	0,2704
0,0328	0,1681	1151329	85,84	0,0064
0,5658	0,4761	1666681	1058,62	0,6724
3,68	4,68	31761818,00	9532,37	4,23

bijl2 van
Par.1

2,4	3,61	3,56	2,52	3,13	D _{regr}	0,006123
3,61	5,71	5,54	3,58	4,94	1/D _{regr}	163,3228
3,56	5,54	5,47	3,78	4,83		
2,52	3,58	3,78	4,23	3,68		
3,13	4,94	4,83	3,68	4,68		
8527,46	12912,17	12658,06	9532,37	11811,97 *		23,31784
3,61	5,71	5,54	3,58	4,94	A ₀	3808,33
3,56	5,54	5,47	3,78	4,83		
2,52	3,58	3,78	4,23	3,68		
3,13	4,94	4,83	3,68	4,68		
2,4	3,61	3,56	2,52	3,13		-1,23953
8527,46	12912,17	12658,06	9532,37	11811,97	A ₁	-202,44
3,56	5,54	5,47	3,78	4,83		
2,52	3,58	3,78	4,23	3,68		
3,13	4,94	4,83	3,68	4,68		
2,4	3,61	3,56	2,52	3,13		-8,8275
3,61	5,71	5,54	3,58	4,94	A ₂	-1441,73
8527,46	12912,17	12658,06	9532,37	11811,97		
2,52	3,58	3,78	4,23	3,68		
3,13	4,94	4,83	3,68	4,68		
2,4	3,61	3,56	2,52	3,13		-0,30757
3,61	5,71	5,54	3,58	4,94	A ₃	-50,23
3,56	5,54	5,47	3,78	4,83		
8527,46	12912,17	12658,06	9532,37	11811,97		
3,13	4,94	4,83	3,68	4,68		
2,4	3,61	3,56	2,52	3,13		10,51923
3,61	5,71	5,54	3,58	4,94	A ₄	1718,03
3,56	5,54	5,47	3,78	4,83		
2,52	3,58	3,78	4,23	3,68		
8527,46	12912,17	12658,06	9532,37	11811,97		

$$B_i = A_i (S_{ii} / S_{yy})^{0,5}$$

B_i is de gestandaardiseerde partiele regressiecoëfficiënt

B ₀	1,33	Q' = B ₀ mu ₀ * (sigma Q') / (sigma mu ₀) +
B ₁	-0,08	B ₁ mu ₁ * (sigma Q') / (sigma mu ₁) +
B ₂	-0,60	
B ₃	-0,04	
B ₄	0,39	

bijl3 van
Par.1

controle: $B_0r_{00} + B_1r_{01} + B_2r_{02} + B_3r_{03} + B_4r_{04} = ? r_{0Q'}$, terwijl: $r_{ij} = S_{ij} / (S_{ii} * S_{jj})^{0,5}$

r_{ij} is de enkelv. corr. coeff		$B_i * r_{0i}$
$r_{00} =$	1	1,33
$r_{01} =$	0,75	-0,06
$r_{02} =$	0,82	-0,49
$r_{03} =$	0,26	-0,01
$r_{04} =$	0,00	0,00
$r_{0Q'} =$	0,76	0,77

Berekening R^2 (multipale correlatie coefficient) uit de enkelvoudige corr.coefficienten $r_{iQ'}$

$$R^2 = \text{Som}(B_i * r_{iQ'})$$

$$r_{0Q'} = S_{0Q'} / (S_{00} * S_{Q'Q'})^{0,5}$$

		$B_i * r_{iQ'}$
$r_{0Q'} =$	0,76	1,01
$r_{1Q'} =$	0,33	-0,03
$r_{2Q'} =$	0,40	-0,24
$r_{3Q'} =$	0,42	-0,02
$r_{4Q'} =$	0,37	0,14
	$R^2 =$	0,87
	$R =$	0,933

en $R_{0,025}^{n-m-1}$ bedraagt 0,763

Partiele correlatie coefficienten (af te leiden uit de enkelvoudige corr. coefficienten)

$$r_{ij} = S_{ij} / (S_{ii} * S_{jj})^{0,5}$$

$$r_{12} = S_{12} / (S_{11} * S_{22})^{0,5}$$

$r_{12} =$	0,87	$r_{0Q'} =$	0,76	$r_{00} =$	1
$r_{13} =$	-0,21	$r_{1Q'} =$	0,33	$r_{01} =$	0,75
$r_{14} =$	-0,15	$r_{2Q'} =$	0,40	$r_{02} =$	0,82
$r_{23} =$	0,20	$r_{3Q'} =$	0,42	$r_{03} =$	0,26
$r_{24} =$	0,00	$r_{4Q'} =$	0,37	$r_{04} =$	0
$r_{34} =$	0,60			$r_{0Q'} =$	0,76

Bepaling van de elementen van de inverse determinant:

	1	0,75	0,82	0,26	0	0,76	D_{corr}
	0,75	1	0,87	-0,21	-0,15	0,33	0,001308
$r =$	0,82	0,87	1	0,2	0	0,4	
	0,26	-0,21	0,2	1	0,6	0,42	
	0	-0,15	0	0,6	1	0,37	
	0,76	0,33	0,4	0,42	0,37	1	

	1	0,87	-0,21	-0,15	0,33	m_{00}	m_{00} / D_{corr}
	0,87	1	0,2	0	0,4	0,025772	19,71
	-0,21	0,2	1	0,6	0,42		
	-0,15	0	0,6	1	0,37		
	0,33	0,4	0,42	0,37	1		

bijl4 van
Par.1

1	0,82	0,26	0	0,76	m_{11}	m_{11} / D_{corr}
0,82	1	0,2	0	0,4	0,024973	19,10
0,26	0,2	1	0,6	0,42		
0	0	0,6	1	0,37		
0,76	0,4	0,42	0,37	1		
1	0,75	0,26	0	0,76	m_{22}	m_{22} / D_{corr}
0,75	1	-0,21	-0,15	0,33	0,020052	15,33
0,26	-0,21	1	0,6	0,42		
0	-0,15	0,6	1	0,37		
0,76	0,33	0,42	0,37	1		
1	0,75	0,82	0	0,76	m_{33}	m_{33} / D_{corr}
0,75	1	0,87	-0,15	0,33	0,009426	7,21
0,82	0,87	1	0	0,4		
0	-0,15	0	1	0,37		
0,76	0,33	0,4	0,37	1		
1	0,75	0,82	0,26	0,76	m_{44}	m_{44} / D_{corr}
0,75	1	0,87	-0,21	0,33	0,004677	3,58
0,82	0,87	1	0,2	0,4		
0,26	-0,21	0,2	1	0,42		
0,76	0,33	0,4	0,42	1		
					$m_{0Q'}$	$m_{0Q'} / D_{corr}$
0,75	1	0,87	-0,21	-0,15	0,014189	
0,82	0,87	1	0,2	0	-0,01419	-10,85
0,26	-0,21	0,2	1	0,6		
0	-0,15	0	0,6	1		
0,76	0,33	0,4	0,42	0,37		
1	0,75	0,82	0,26	0	$m_{1Q'}$	$m_{1Q'} / D_{corr}$
0,82	0,87	1	0,2	0	0,002874	2,20
0,26	-0,21	0,2	1	0,6		
0	-0,15	0	0,6	1		
0,76	0,33	0,4	0,42	0,37		
1	0,75	0,82	0,26	0	$m_{2Q'}$	$m_{2Q'} / D_{corr}$
0,75	1	0,87	-0,21	-0,15	-0,00474	
0,26	-0,21	0,2	1	0,6	0,00474	3,62
0	-0,15	0	0,6	1		
0,76	0,33	0,4	0,42	0,37		
1	0,75	0,82	0,26	0	$m_{3Q'}$	$m_{3Q'} / D_{corr}$
0,75	1	0,87	-0,21	-0,15	0,001684	1,29
0,82	0,87	1	0,2	0		
0	-0,15	0	0,6	1		
0,76	0,33	0,4	0,42	0,37		

bijl5 van
Par.1

1	0,75	0,82	0,26	0	$m_{4Q'}$	$m_{4Q'}/D_{corr}$
0,75	1	0,87	-0,21	-0,15	0,004332	
0,82	0,87	1	0,2	0	-0,00433	-3,31
0,26	-0,21	0,2	1	0,6		
0,76	0,33	0,4	0,42	0,37		

1	0,75	0,82	0,26	0	$m_{Q'Q'}$	$m_{Q'Q'}/D_{corr}$
0,75	1	0,87	-0,21	-0,15	0,010142	7,75
0,82	0,87	1	0,2	0		
0,26	-0,21	0,2	1	0,6		
0	-0,15	0	0,6	1		

19,71					-10,85
	19,1				2,2
belangrijke		15,33			3,62
elementen			7,21		1,29
van D_{corr} invers				3,58	-3,31
					7,75

De partiele correlatiecoëfficiënten $r_{iQ'}$ * ontstaan uit de elementen van D_{corr} invers

$$r_{iQ'}^* = -d_{iQ'} / (d_{ii} * d_{Q'Q'})^{0,5}$$

$$r_{0Q'}^* = 10,85 / (19,71 * 7,75)^{0,5} \text{ etc.}$$

$$r_{0Q'}^* = 0,88$$

$$r_{1Q'}^* = -0,18$$

$$r_{2Q'}^* = -0,33$$

$$r_{3Q'}^* = -0,17$$

$$r_{4Q'}^* = 0,63$$

De kritieke waarde voor $r_{iQ'}$ * bedraagt 0,576

NB:

de statistische tabel(C9) en theorie zijn uit:

"Statistische procesbeheersing" ,

P. van der Grinten en J.Lenoir, Spectrum, Utrecht 1973

Par.II (met 2 bijlagen)

Variabele $t_{\text{gem.}}$ van de golf

Zoals reeds bekend, zijn inhoud en kurtosis van de golf Q' te Borgharen van belang voor de waterstanden benedenstrooms. De vraag is in hoeverre een variabele $t_{\text{gem.}}$ (μ_1) ook van invloed zou kunnen zijn op de waterstanden. Daartoe zijn 6 golven extra met Sobek berekend, te weten 2 golven met topafvoeren van $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q'=1000 \text{ m}^3/\text{s}$) en ongeveer ($t_{\text{gem.}} + 1$) en ($t_{\text{gem.}} - 1$), idem 2 golven van $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q'=1500 \text{ m}^3/\text{s}$) en idem 2 golven van $3150 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q'=1650 \text{ m}^3/\text{s}$) telkens met konstant gehouden inhoud (μ_0), kurtosis (μ_4) en basisafvoer (Q_{basis}) al naar gelang de $Q_{08\text{uurmax}}$ (tabel 8).

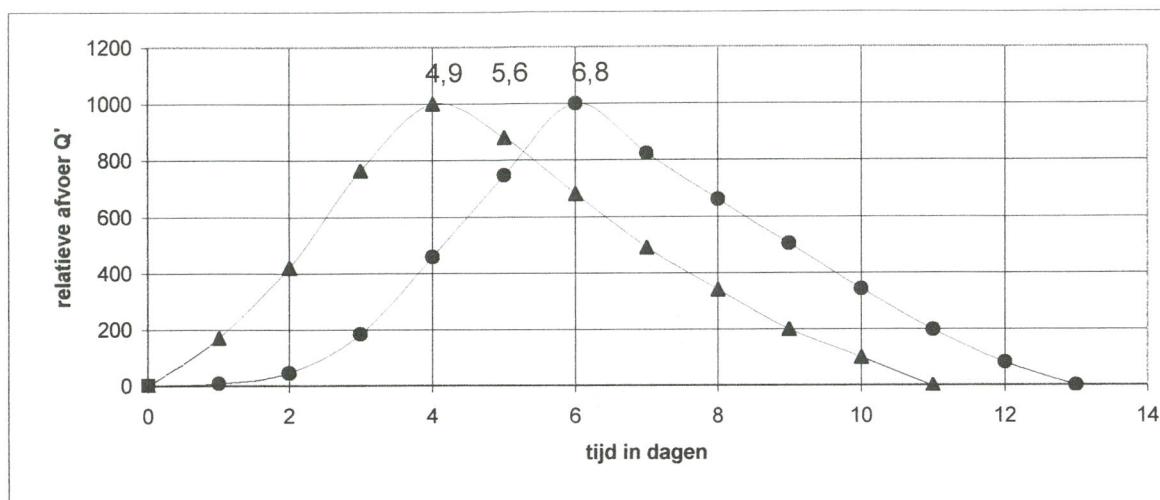
Uit de resultaten, welke in de bijlagen 1 en 2 in beeld zijn gebracht volgt dat:

- Voor topafvoeren rond $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ de golven met een steil front ca. $0,05\text{m}$ hogere waterstanden benedenstrooms veroorzaken.
- In het algemeen het effect van één dag verschoven t_{gem} te Borgharen op de waterstanden benedenstrooms te verwaarlozen is.

(zie ook par.IV)

$Q_{top} = 1500$ en $Q' = 1000$

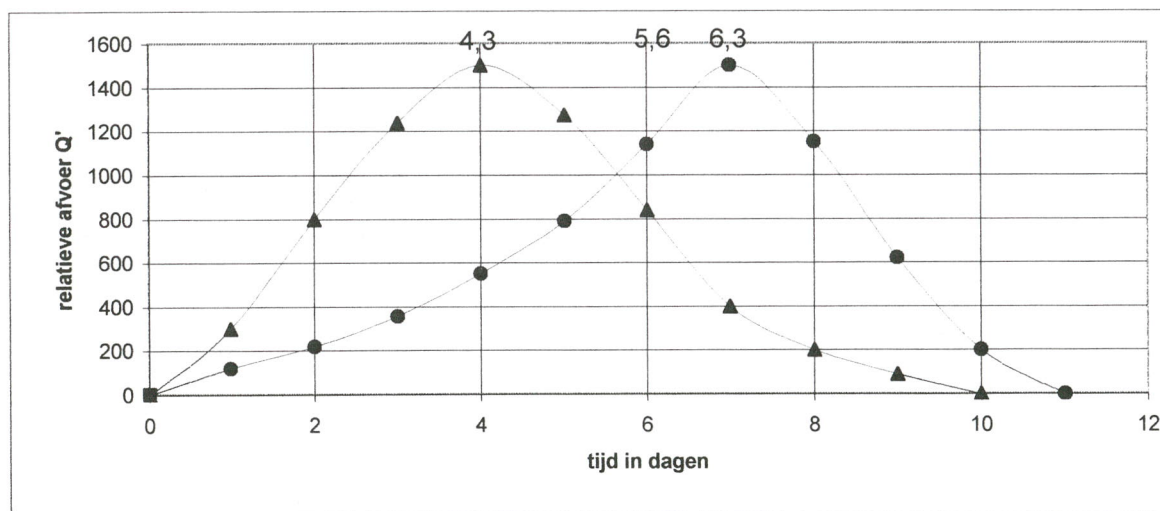
gelijke inhoud = $436 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, gelijke kurtosis = 2,60 en variabele $t_{gem}(4,9-5,6-6,8)$



t_{gem}	4,9	5,6	6,8
Hvenlo	15,73	15,66	15,67
Hmook	9,25	9,19	9,2

$Q_{top} = 2500$ en $Q' = 1500$

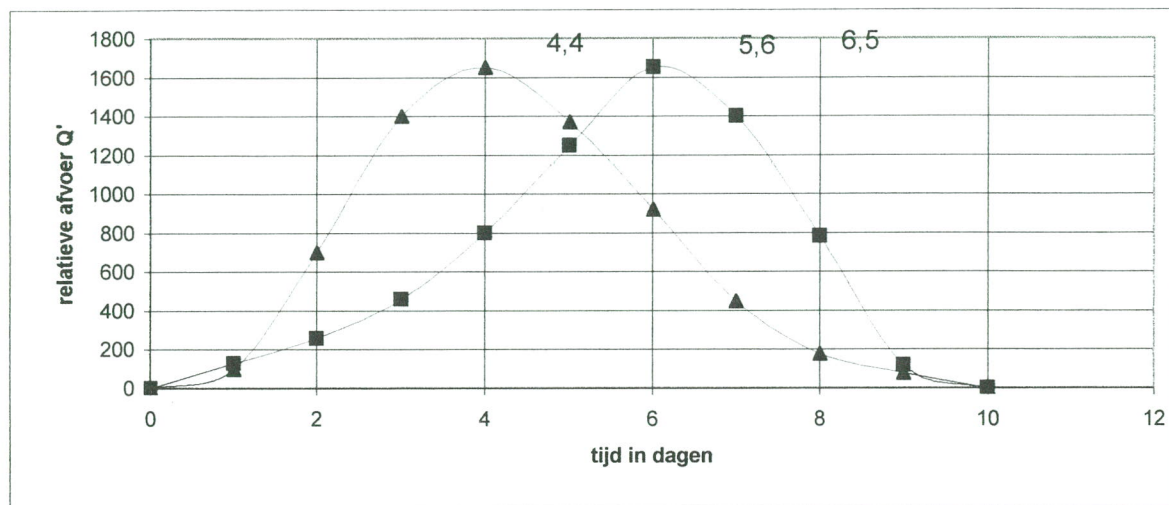
gelijke inhoud = $574 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, gelijke kurtosis = 2,78 en variabele $t_{gem}(4,3-5,6-6,3)$



t_{gem}	4,3	5,6	6,3
Hvenlo	17,83	17,84	17,77
Hmook	11,17	11,18	11,08

$Q_{top} = 3150$ en $Q' = 1650$

gelijke inhoud = $592 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, gelijke kurtosis = 2,87 en variabele $t_{gem}(4,4-5,6-6,5)$



t_{gem}	4,4	5,6	6,5
Hvenlo	18,72	18,71	18,75
Hmook	12	12	12,04

Par. III (met 7 bijlagen)

Hysteresese effect

Om te bezien in hoeverre de niet uniforme golfafvoer Q afwijkt van de stationaire afvoer Q_s is de Jones formule toegepast op de afvoergolven voor een hoogwater te Borgharen met een topafvoer van $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (bijln. 1 en 2) en voor een hoogwater te Borgharen met een topafvoer van $3150 \text{ m}^3/\text{s}$ (bijln. 3 en 4).

In bijl.5 is dat ook gedaan voor Venlo, waarvoor uit metingen een stationaire Q_s - H relatie ter beschikking is en met Sobek de waterstanden worden berekend met de twee golven te Borgharen als startwaarde. Elk van de golven heeft zowel een kleine- als een grote kurtosis (μ_4), terwijl hun inhouden (μ_0) konstant zijn en een gemiddelde waarde hebben.

De formule van Jones (uit: Principles of River Engineering, P.Jansen c.s., Delft 1979, pag. 75 en 76) luidt

$$Q - Q_s = \frac{Q_s}{2i_b c} \frac{dh}{dt}$$

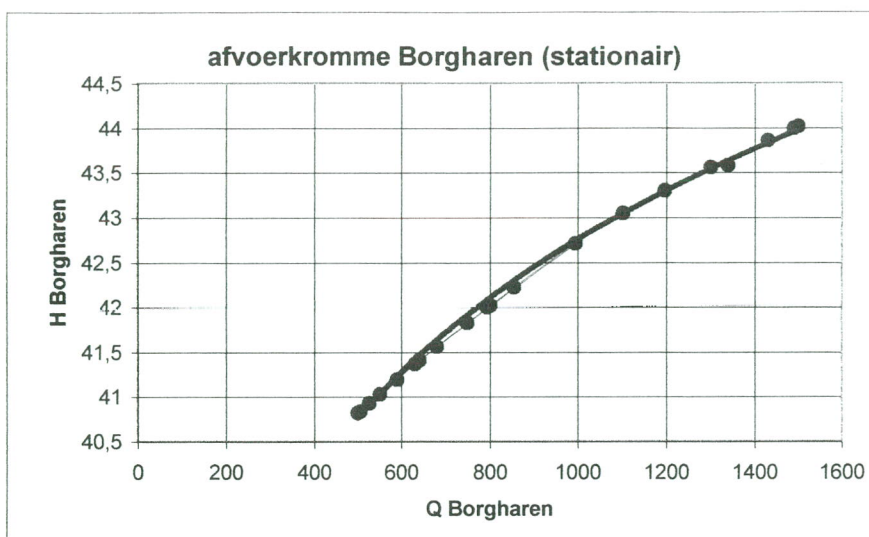
waarbij $i_b = 50 \cdot 10^{-5}$ (Borgharen) en $10 \cdot 10^{-5}$ (Venlo)
 Q_s = stationaire afvoer (m^3/s) uit de afvoerkromme Borgharen 1995 c.q. afvoerkromme Venlo (1996)
 Q = niet stationaire afvoer (m^3/s)
 $c = 1,5$ watersnelheid, zie bijl.6, die afgeleid is uit de schematisatie van Implic (1980), Zwendl (1995) en Waqua (1999) voor samengestelde rivierprofielen (zomerbed en winterbed).
 dh = waterstandverschil van dag tot dag
 $dt = 86400 \text{ sec.}$

In de bijlagen 3 en 4 is te zien, dat in alle gevallen het verschil $Q - Q_s$ te Borgharen gering is (max. $15 \text{ m}^3/\text{s} \approx 1\text{cm}$), zodat de opgetreden golfafvoer gelijk te achten is aan de bij de waterstand behorende stationaire afvoer. Het geringe verschil te Borgharen is te verklaren uit het steile bodemverhang en de hoge snelheden op de Grensmaas (Borgharen-Maasbracht) en waarvan ook bekend is, dat op dit riviertraject nauwelijks topvervlakking optreedt.

Voor Venlo (bijl.5) is het niet stationaire effect ($Q - Q_s$) circa 5 maal zo groot als voor Borgharen. Maximaal $70 \text{ m}^3/\text{s} \approx 10\text{cm}$.

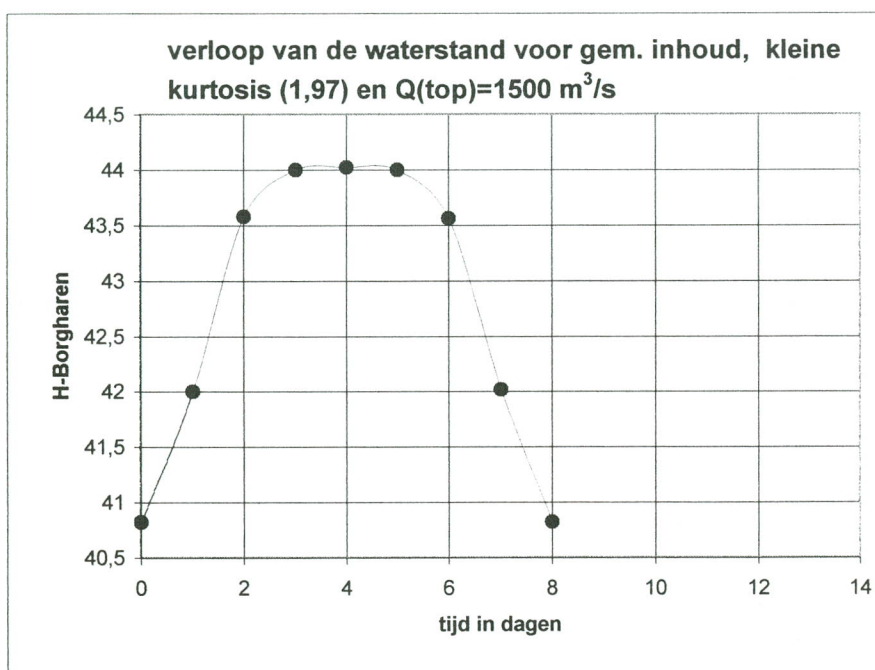
In bijl.7 zijn voorts de stationaire effecten berekend voor twee bekende hoogwaters nl. van januari 1993 en van december 1993 waarvoor de kurtoses veel verschillen, te weten 3,25 (groot) resp. 2,44 (gemiddeld), terwijl de zeer grote inhouden weinig verschillen (931 resp. $885 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Te zien is, dat de maximale verschillen ($Q - Q_s$) ca. $25 \text{ m}^3/\text{s} \approx 5\text{cm}$ resp. $35 \text{ m}^3/\text{s} \approx 5\text{cm}$ bedragen.

Par.III



Q08u.max. Hborgharer

500	40,82
794	42
1340	43,58
1490	44
1500	44,02
1490	44
1300	43,56
800	42,02
500	40,82



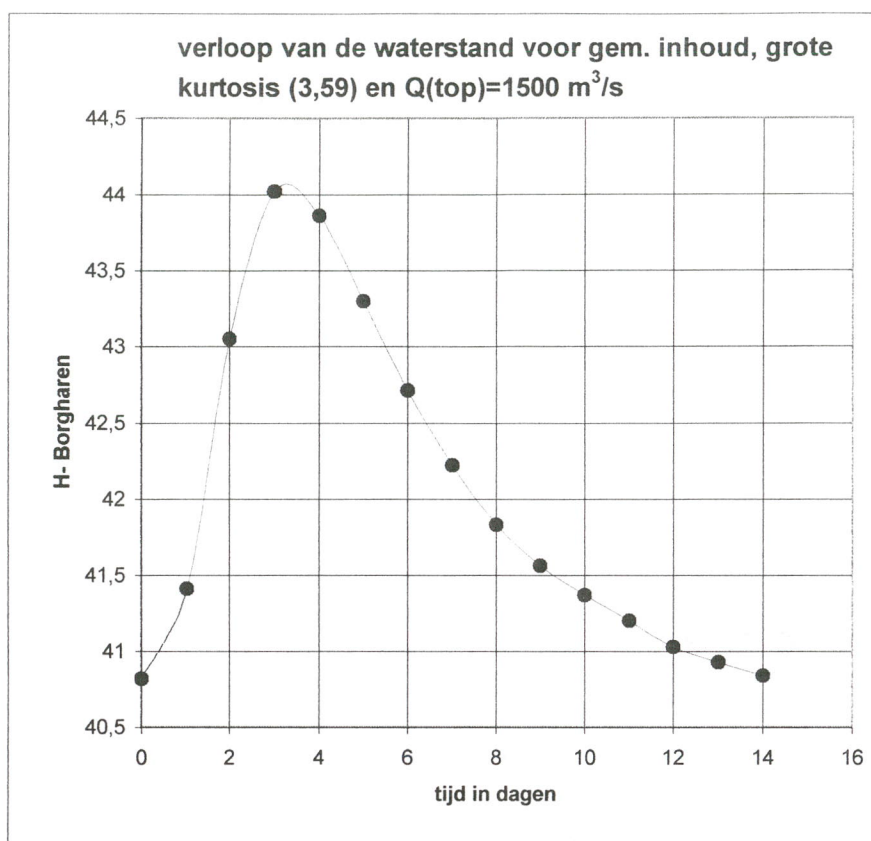
tijd Hborgharer

0	40,82
1	42
2	43,58
3	44
4	44,02
5	44
6	43,56
7	42,02
8	40,82

Q08u.max. Hborghare: (Q0+Q1)/2 (H0+H1)/2 H1-H0 Q-Qstat.

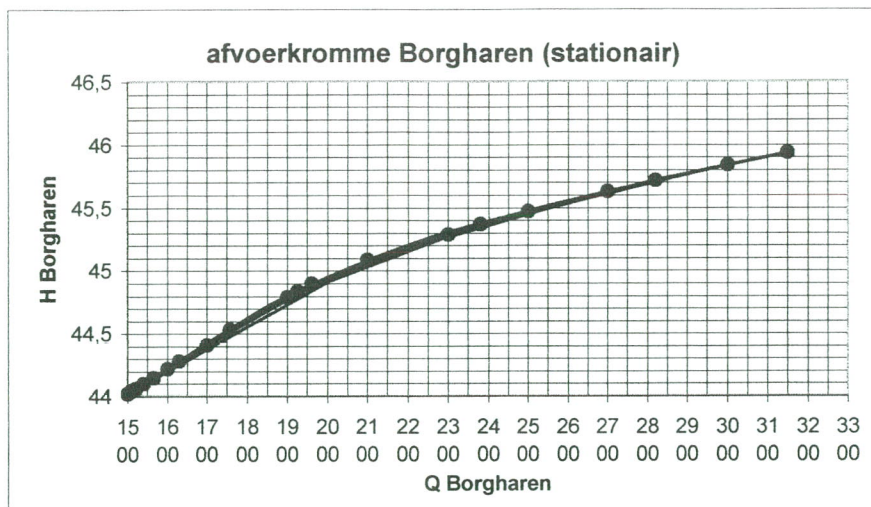
500	40,82				
794	42	647	41,41	1,18	3
1340	43,58	1067	42,79	1,58	7
1490	44	1415	43,79	0,42	3
1500	44,02	1495	44,01	0,02	0
1490	44	1495	44,01	-0,02	0
1300	43,56	1395	43,78	-0,44	-3
800	42,02	1050	42,79	-1,54	-7
500	40,82	650	41,42	-1,2	-3

bijl1van
Par.III

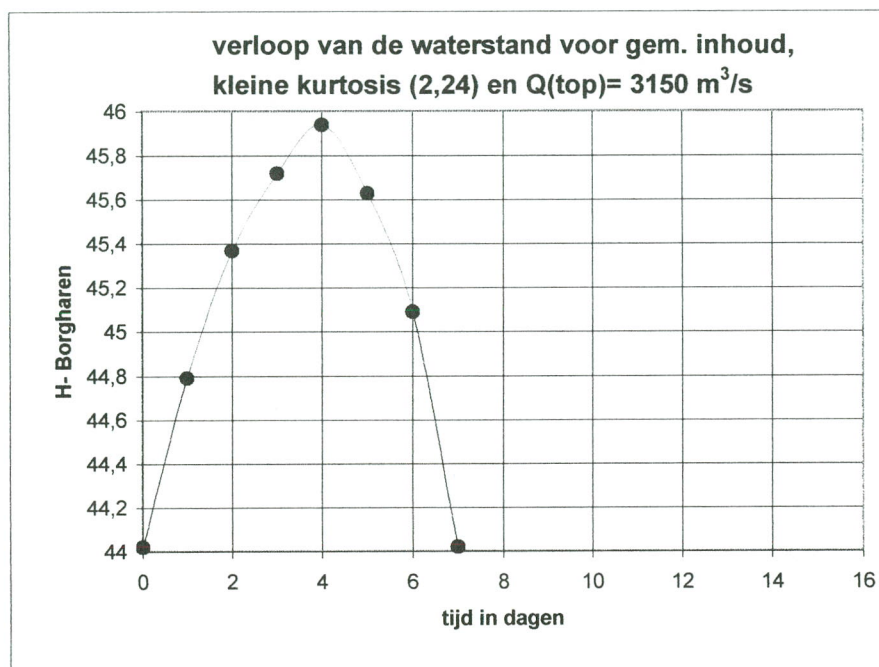


t	Hborghare
0	40,82
1	41,41
2	43,05
3	44,02
4	43,86
5	43,3
6	42,71
7	42,22
8	41,83
9	41,56
10	41,37
11	41,2
12	41,03
13	40,93
14	40,84

Q08u.max.	Hborghare	$(Q0+Q1)/2$	$(H0+H1)/2$	$H1-H0$	$Q-Q\text{stat.}$
500	40,82				
640	41,41	570	41,12	0,59	1
1100	43,05	870	42,23	1,64	6
1500	44,02	1300	43,54	0,97	6
1430	43,86	1465	43,94	-0,16	-1
1195	43,3	1312,5	43,58	-0,56	-3
995	42,71	1095	43,01	-0,59	-3
854	42,22	924,5	42,47	-0,49	-2
748	41,83	801	42,03	-0,39	-1
680	41,56	714	41,7	-0,27	-1
630	41,37	655	41,47	-0,19	0
590	41,2	610	41,29	-0,17	0
550	41,03	570	41,12	-0,17	0
525	40,93	537,5	40,98	-0,1	0
505	40,84	515	40,89	-0,09	0

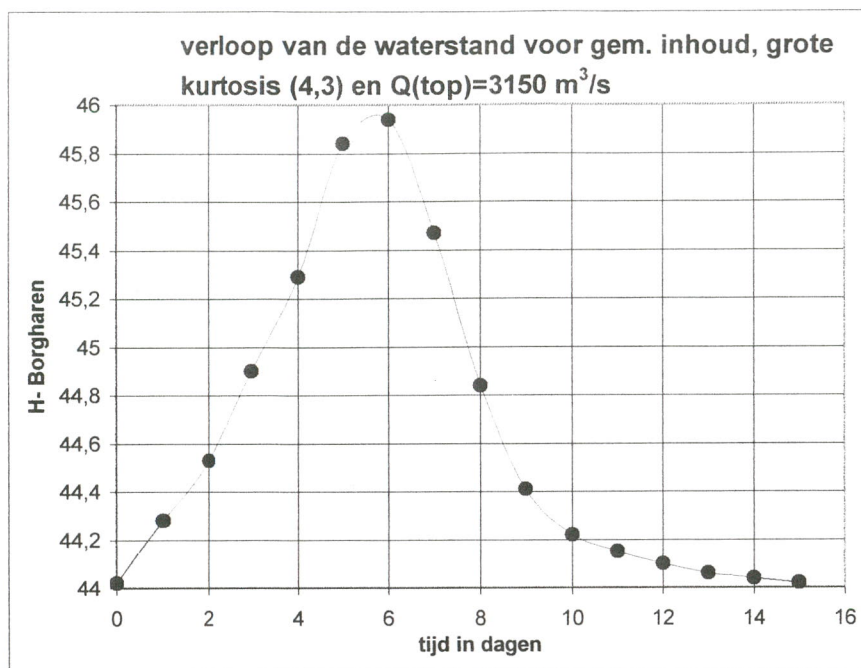


Q08u.max. Hborgharer	
1500	44,02
1900	44,79
2380	45,37
2820	45,72
3150	45,94
2700	45,63
2100	45,09
1500	44,02



tijd Hborgharer	
0	44,02
1	44,79
2	45,37
3	45,72
4	45,94
5	45,63
6	45,09
7	44,02

Q08u.max. Hborghare: $(Q_0+Q_1)/2$		$(H_0+H_1)/2$		H_1-H_0		$Q-Q_{\text{stat.}}$	
1500	44,02						
1900	44,79	1700	44,41	0,77	8		
2380	45,37	2140	45,08	0,58	12		
2820	45,72	2600	45,55	0,35	10		
3150	45,94	2985	45,83	0,22	8		
2700	45,63	2925	45,79	-0,31	-10		
2100	45,09	2400	45,36	-0,54	-14		
1500	44,02	1800	44,56	-1,07	-14		
	40,82						

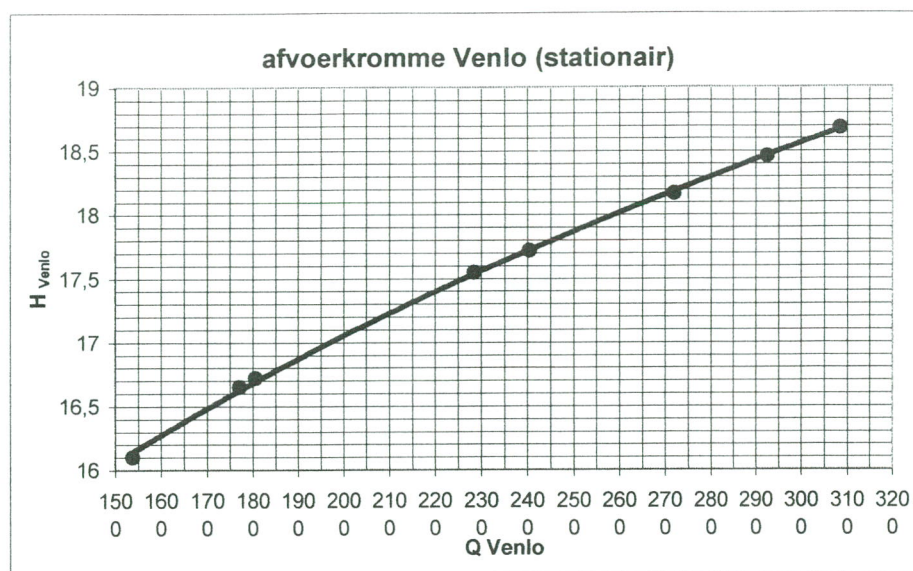


t	Hborghare
0	44,02
1	44,28
2	44,53
3	44,9
4	45,29
5	45,84
6	45,94
7	45,47
8	44,84
9	44,41
10	44,22
11	44,15
12	44,1
13	44,06
14	44,04
15	44,02

Q08u.max. Hborghare | $(Q_0+Q_1)/2$ | $(H_0+H_1)/2$ | H_1-H_0 | Q-Qstat.

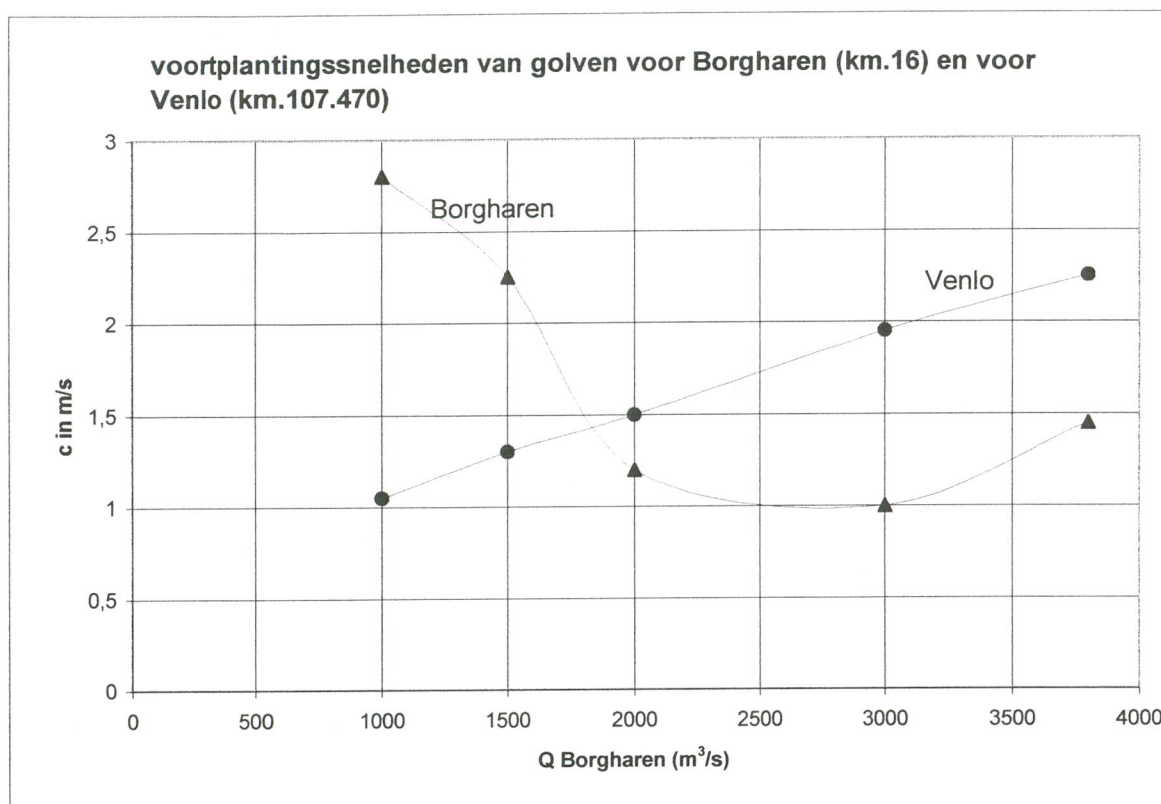
1500	44,02				
1629	44,28	1565	44,15	0,26	2
1758	44,53	1694	44,41	0,25	3
1960	44,9	1859	44,72	0,37	5
2300	45,29	2130	45,1	0,39	8
3000	45,84	2650	45,57	0,55	15
3150	45,94	3075	45,89	0,1	3
2500	45,47	2825	45,71	-0,47	-15
1925	44,84	2213	45,16	-0,63	-14
1700	44,41	1813	44,63	-0,43	-6
1600	44,22	1650	44,32	-0,19	-2
1565	44,15	1583	44,19	-0,07	-1
1540	44,1	1553	44,13	-0,05	0
1520	44,06	1530	44,08	-0,04	0
1510	44,04	1515	44,05	-0,02	0
1500	44,02	1505	44,03	-0,02	0

Qvenlo	Hvenlo
1538	16,1
1770	16,65
2285	17,55
2719	18,17
3085	18,68
2926	18,46
2404	17,72
1805	16,72



Qvenlo	Hvenlo	$(Q_0 + Q_1) / (H_0 + H_1) / 2$		$(H_1 - H_0)$	Q-Qstationnair	gem.mu 0 mu4=klein
1538	16,1					
1770	16,65	1654	16,38	0,55	38	gem.mu 0 mu4=groot
2285	17,55	2028	17,1	0,9	66	
2719	18,17	2502	17,86	0,62	51	
3085	18,68	2902	18,43	0,51	45	
2926	18,46	3006	18,57	-0,22	-19	
2404	17,72	2665	18,09	-0,74	-63	
1805	16,72	2105	17,22	-1	-76	
1675	16,45					gem.mu 0 mu4=groot
1745	16,58	1710	16,52	0,13	9	
1900	16,87	1823	16,73	0,29	22	
2100	17,22	2000	17,05	0,35	27	
2400	17,72	2250	17,47	0,5	39	
2950	18,51	2675	18,12	0,79	70	
3100	18,71	3025	18,61	0,2	18	
2890	18,43	2995	18,57	-0,28	-26	
2385	17,7	2638	18,07	-0,73	-62	
2000	17,07	2193	17,39	-0,63	-50	
1870	16,81	1935	16,94	-0,26	-20	
1770	16,62	1820	16,72	-0,19	-14	
1745	16,58	1758	16,6	-0,04	-3	
1700	16,51	1723	16,55	-0,07	-5	
1675	16,45	1688	16,48	-0,06	-4	
1670	16,43	1673	16,44	-0,02	-1	

Borgharen	Borgharen	Venlo
Q	c (m/s)	c (m/s)
1000	2,8	1,05
1500	2,25	1,3
2000	1,2	1,5
3000	1	1,95
3800	1,45	2,25



Borgharen golf 10 t/m 25 jan. 1993

Q	H	$(Q_0 + Q_1) / (H_0 + H_1) / 2 (H_1 - H_0)$		Q-Qstationnair		
301	39,85					
500	40,82	401	40,34	0,97	2	mu0=931
1360	43,7	930	42,26	2,88	11	mu4=3,25
2265	45,26	1813	44,48	1,56	24	
1945	44,87	2105	45,07	-0,39	-8	
1710	44,43	1828	44,65	-0,44	-7	
1360	43,7	1535	44,07	-0,73	-6	
1034	42,84	1197	43,27	-0,86	-5	
812	42,06	923	42,45	-0,78	-3	
673	41,54	743	41,8	-0,52	-2	
610	41,28	642	41,41	-0,26	-1	

Borgharen golf 19 t/m 29 dec. 1993

Q	H	$(Q_0 + Q_1) / (H_0 + H_1) / 2 (H_1 - H_0)$		Q-Qstationnair		
1060	42,92					
1395	43,78	1228	43,35	0,86	5	mu0=885
2545	45,51	1970	44,65	1,73	33	mu4=2,44
3039	45,87	2792	45,69	0,36	12	
2700	45,63	2870	45,75	-0,24	-8	
2386	45,37	2543	45,5	-0,26	-8	
2190	45,19	2288	45,28	-0,18	-5	
1880	44,76	2035	44,98	-0,43	-8	
1615	44,25	1748	44,51	-0,51	-7	
1460	43,93	1538	44,09	-0,32	-3	
1222	43,37	1341	43,65	-0,56	-4	

Par. IV (met 6 bijlagen)

Bijlage 1 t/m 3 tonen de gesimuleerde golven voor $Q_{08uurmax.} = 1500, 2500$ en $3150 \text{ m}^3/\text{s}$ met Q_{basis} van resp. $500, 1000$ en $1500 \text{ m}^3/\text{s}$. Daarin zijn bases (onderbroken horizontale lijnen) zodanig getekend, dat de afloop van de golf vier dagen na de top eindigt. De nu ontstane golven hebben, zoals te zien, basisafvoeren, die hoger zijn dan de oorspronkelijke. Bijvoorbeeld voor $Q_{08uurmax.} = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (eerste plaatje van bijl. 1) is de basisafvoer veel groter nl. $500 + 285 = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ etc. Hoewel alle nu ontstane golven een zichtbaar andere, veel kleinere, inhoud hebben dan de oorspronkelijke golven, zijn de met Sobek berekende waterstanden voor Venlo en Mook gelijk aan die van de oorspronkelijke golven, dankzij de hogere basisafvoer.

In bijlage 3 en 4 is voor de hoogwaterperiode van december 1991 met $Q_{08uurmax.} = 1650 \text{ m}^3/\text{s}$ de golftop 1, 2 en 3 dagen verschoven en de overige kenmerken konstant gelijk aan die van de oorspronkelijke golf gehouden. De Sobek berekeningen laten het volgende zien voor Venlo en Mook:

Voor de verschuiving met 1 dag is het waterstandverschil te Venlo $0,05\text{m}$ en te Mook minder. Echter blijkt, in tegenstelling met hetgeen in Par.II werd geconstateerd, dat naarmate de opgaande helling flauwer wordt de waterstand benedenstrooms hoger is. Hierbij spelen verschillen in basisafvoer, inhoud en spitsheid zoals vermeld in de betreffende bijlagen een rol.

Bij verschuiving met 2 dagen is het effect het grootst nl. $0,15\text{m}$ te Venlo en $0,11\text{m}$ te Mook t.o.v. de nulsituatie. Bij verdere verschuiving wijzigt dat niet meer.

De hoogwaterperiode van januari 1993 met $Q_{08uurmax.} = 2265 \text{ m}^3/\text{s}$ geeft eenzelfde beeld (bijl. 4 en 5): hogere waterstanden bij flauwere oploop van de golf.

Bij 3 dagen golftop verschuiving $0,13\text{m}$ bij Venlo en $0,11\text{m}$ bij Mook.

Bij 6 dagen verschuiving wijzigt dit niet meer, maar bij 9 dagen wel weer iets t.o.v. de nulsituatie: $0,17\text{m}$ bij Venlo en $0,15\text{m}$ bij Mook.

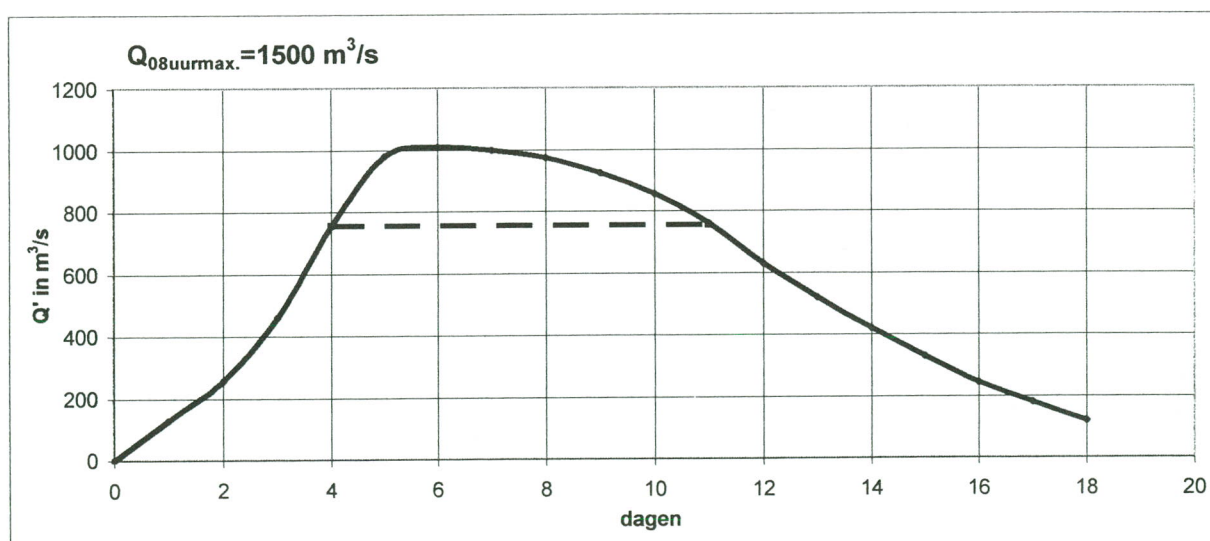
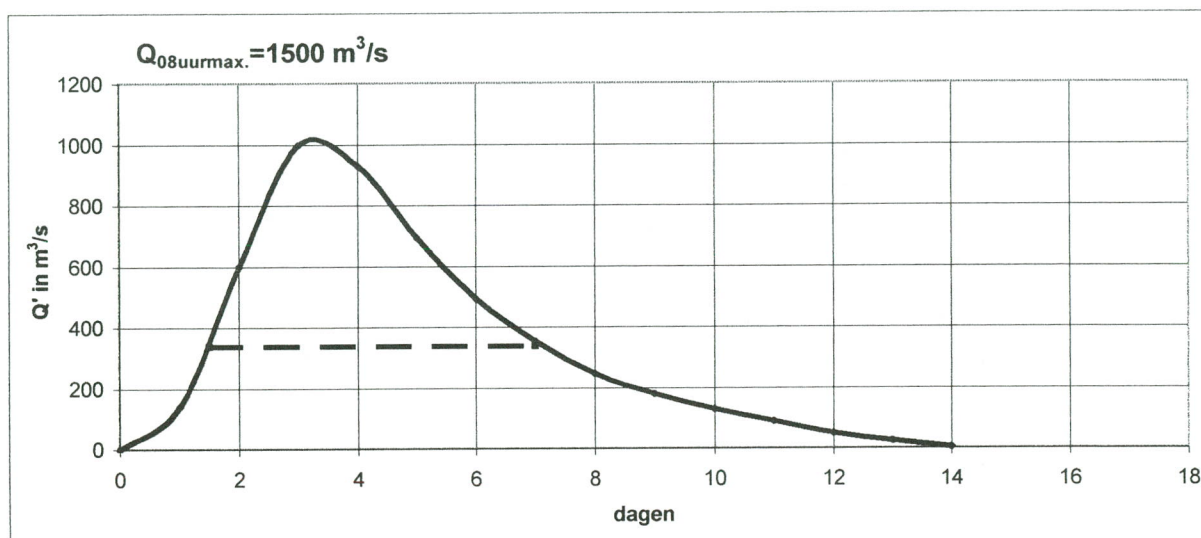
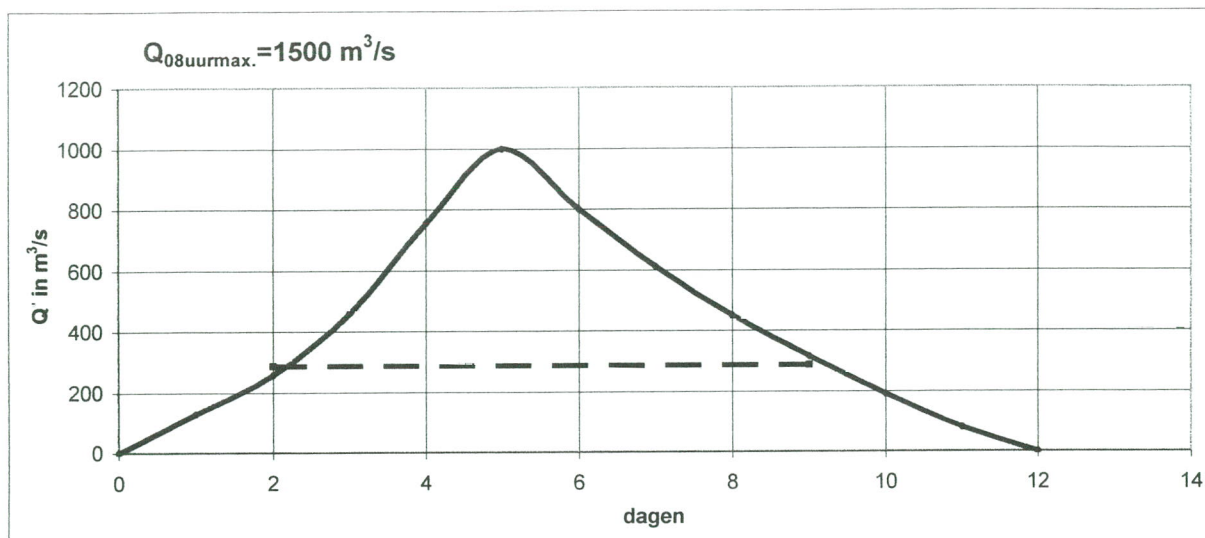
Bijlage 6 toont een gesimuleerde golf om daarmee de situatie voor $Q_{08uurmax.} = 3150 \text{ m}^3/\text{s}$ te beschouwen. Te zien is, dat wijzigingen in de staart van deze golf de waterstand niet verandert. Ook bij een zeer lange aanloop en dus een relatief korte afloop van de golf heeft dit geen effect op de waterstand t.o.v. de nulsituatie.

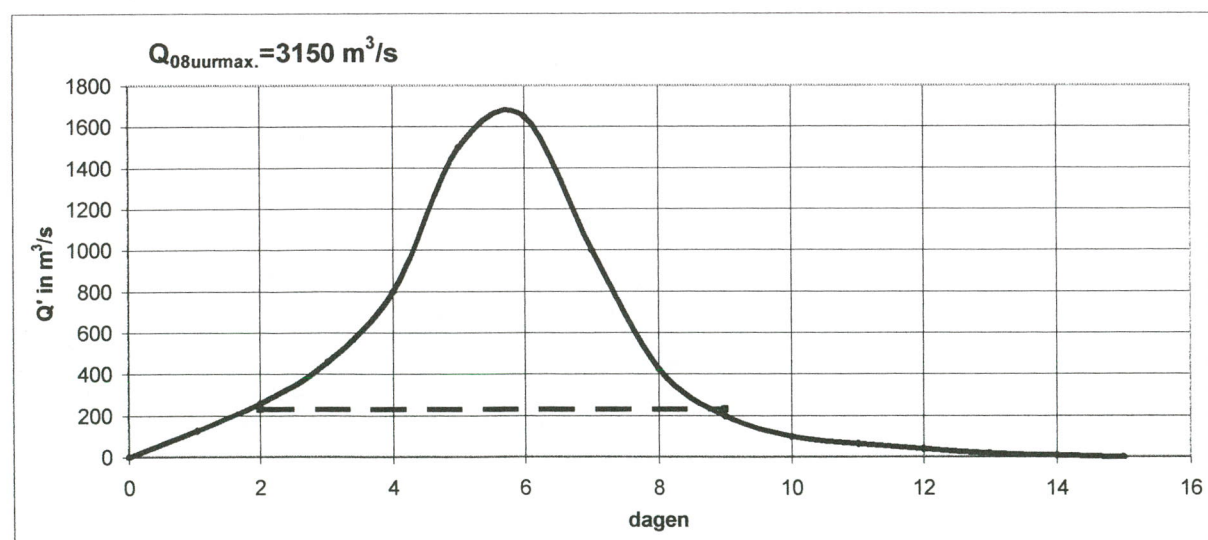
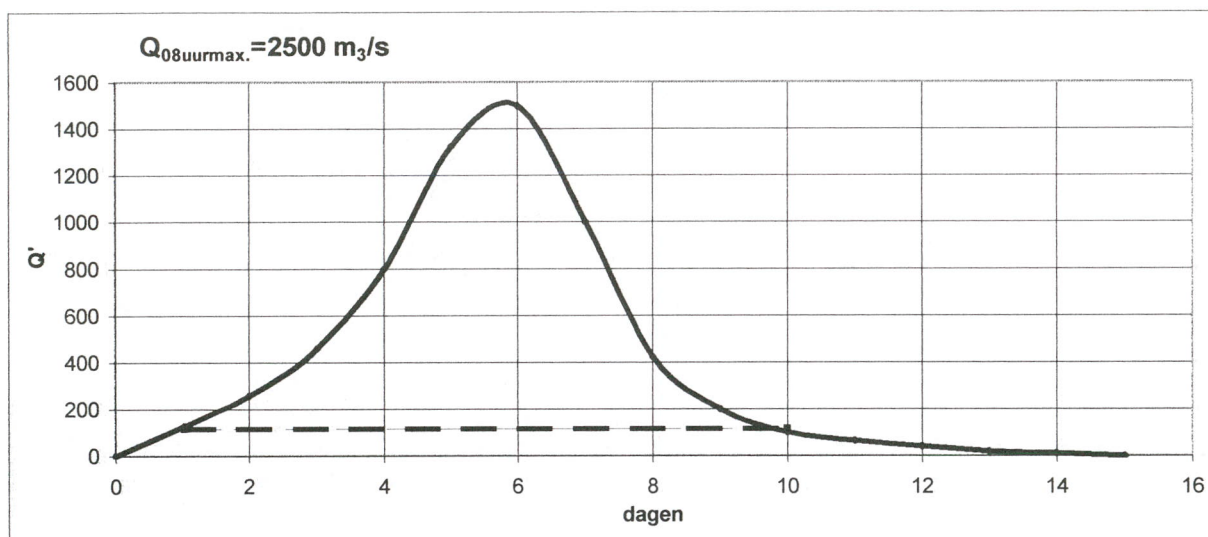
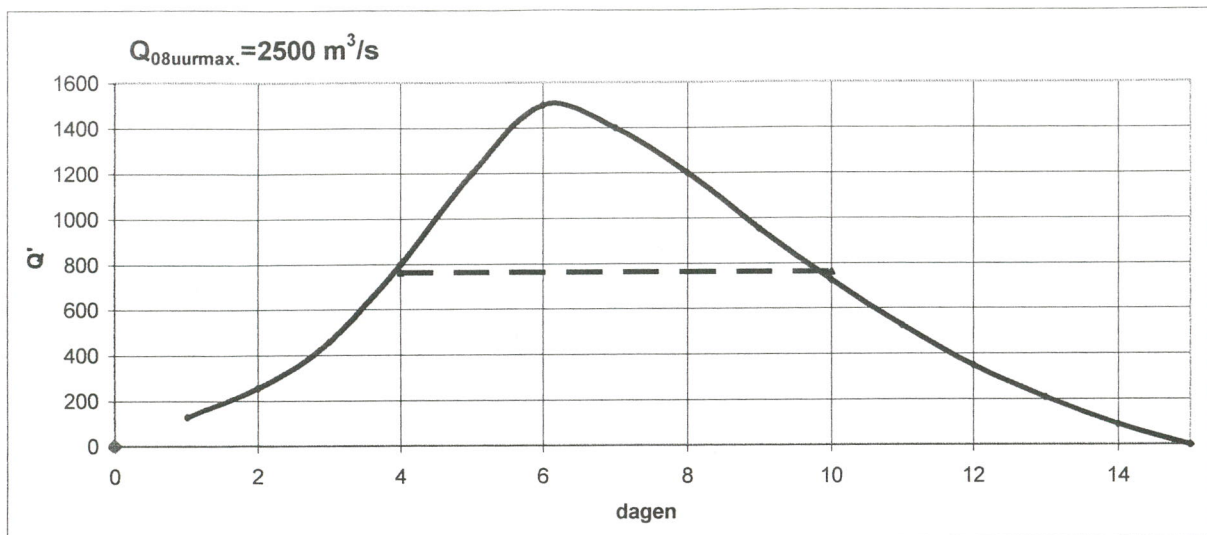
De conclusie is derhalve, dat:

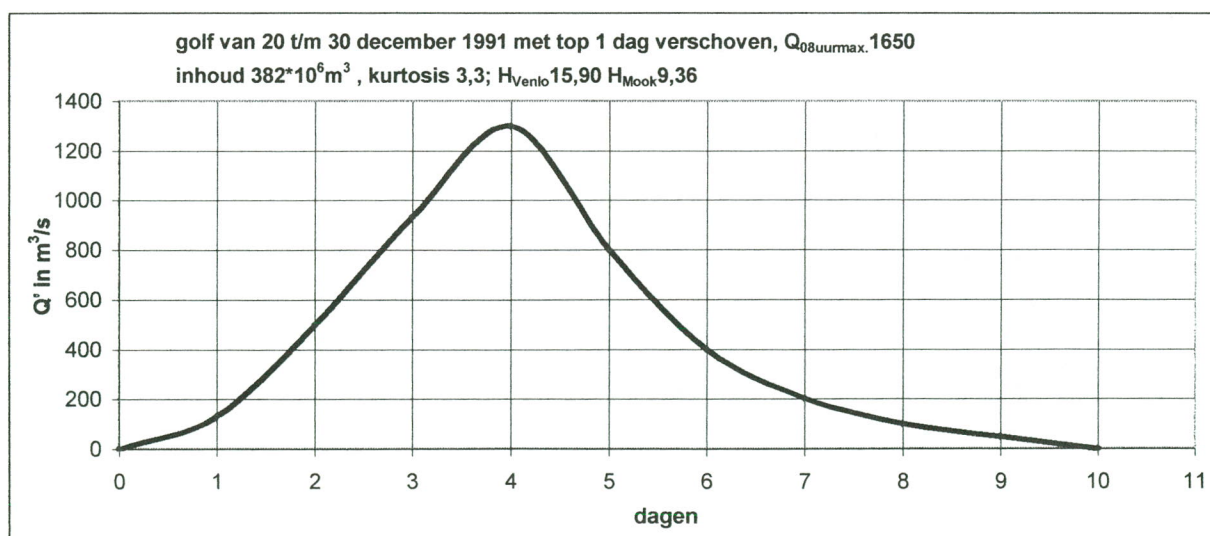
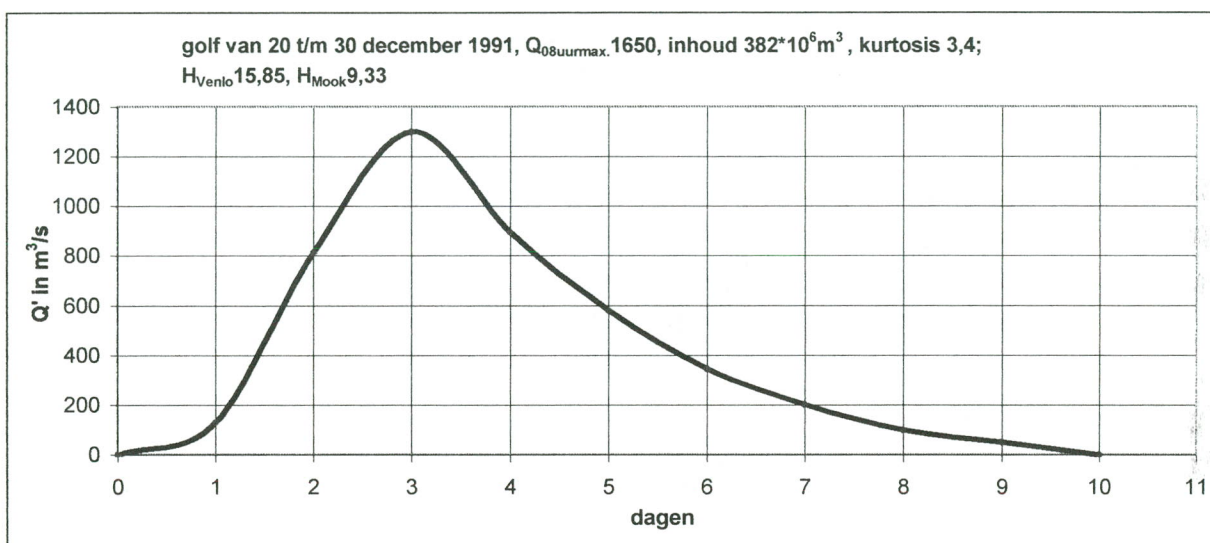
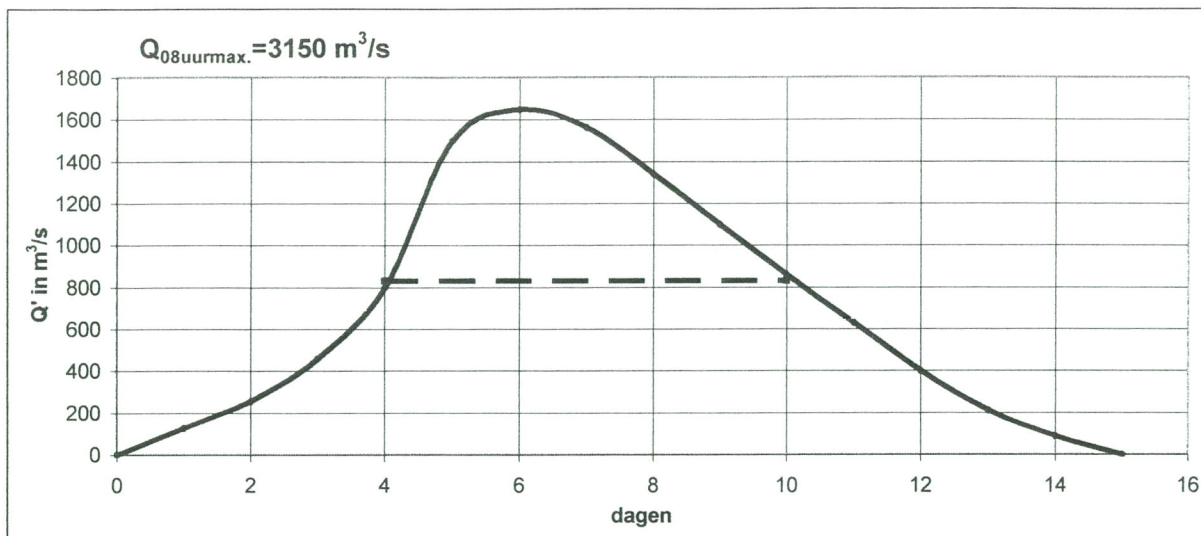
Bij verschuiving van de golftop en konstante overige kenmerken ($Q_{08uurmax.}$, Q_{basis} , μ_0 en μ_4) geldt, dat voor afvoeren rond 1500 - en rond $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ het effect op de waterstanden benedenstrooms het grootst is en kan oplopen tot $0,10$ à $0,15\text{m}$ (bij topverschuiving van 2 dagen). Voor $Q_{08uurmax.} = 3150 \text{ m}^3/\text{s}$ heeft schuiven met de golftop geen gevolgen voor de waterstanden benedenstrooms.

Opmerking:

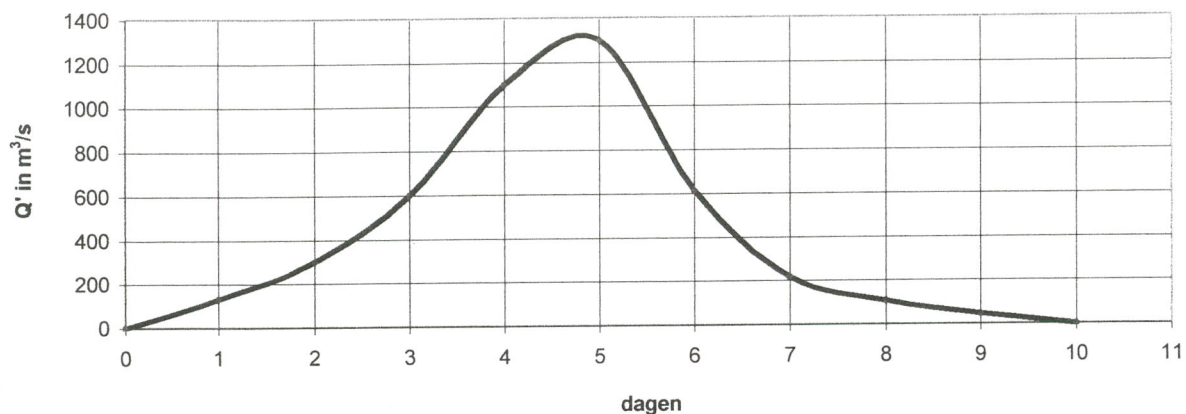
Sommige voorbeeldgolven zijn "buiten normaal" d.w.z. dat ze niet voldoen aan de uit ervaring voortgekomen definitie van Maasgolf, zoals beschreven in 2.1 (hoofdstuk II). Dit is het geval waar de oploop naar de top van de golf langer duurt dan de afloop.



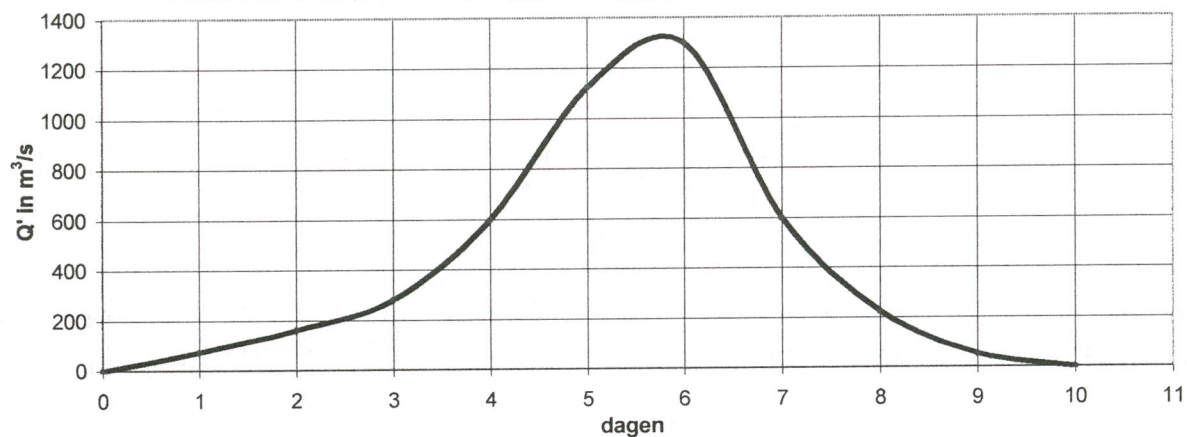




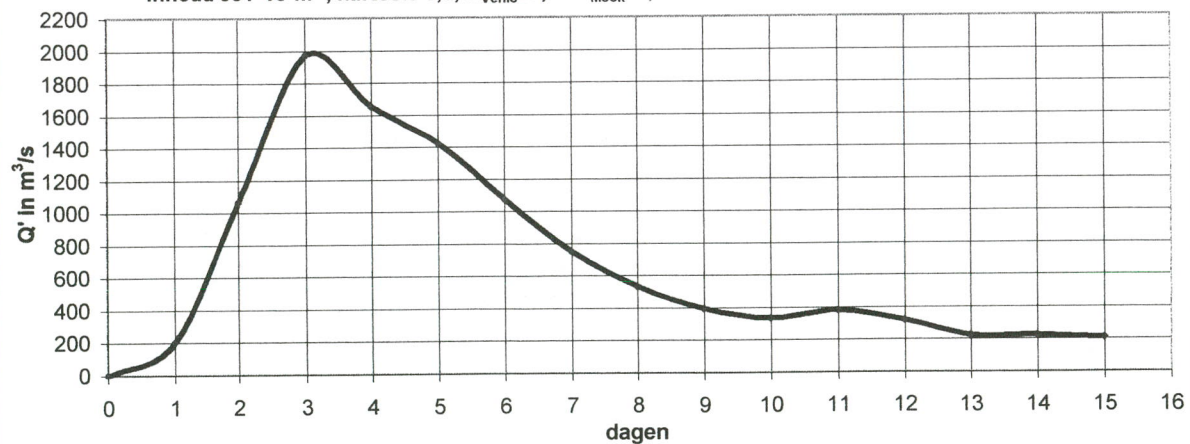
golf van 20 t/m 30 december 1991 met top 2 dagen verschoven, $Q_{08uurmax.}$ 1650
inhoud $382 \cdot 10^6 m^3$, kurtosis 3,3; H_{Venlo} 16,00 H_{Mook} 9,44

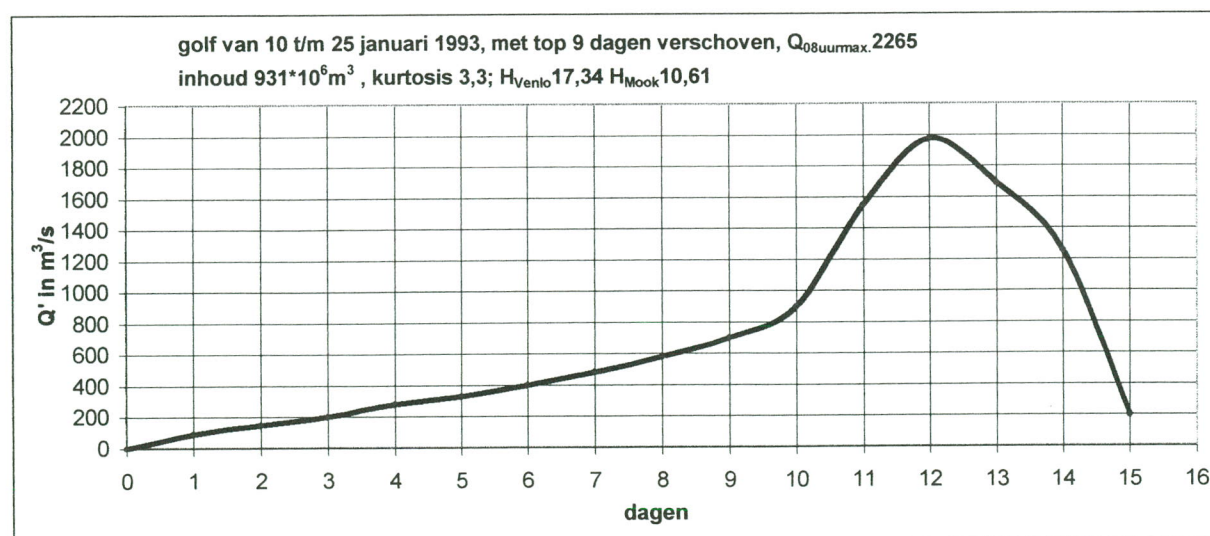
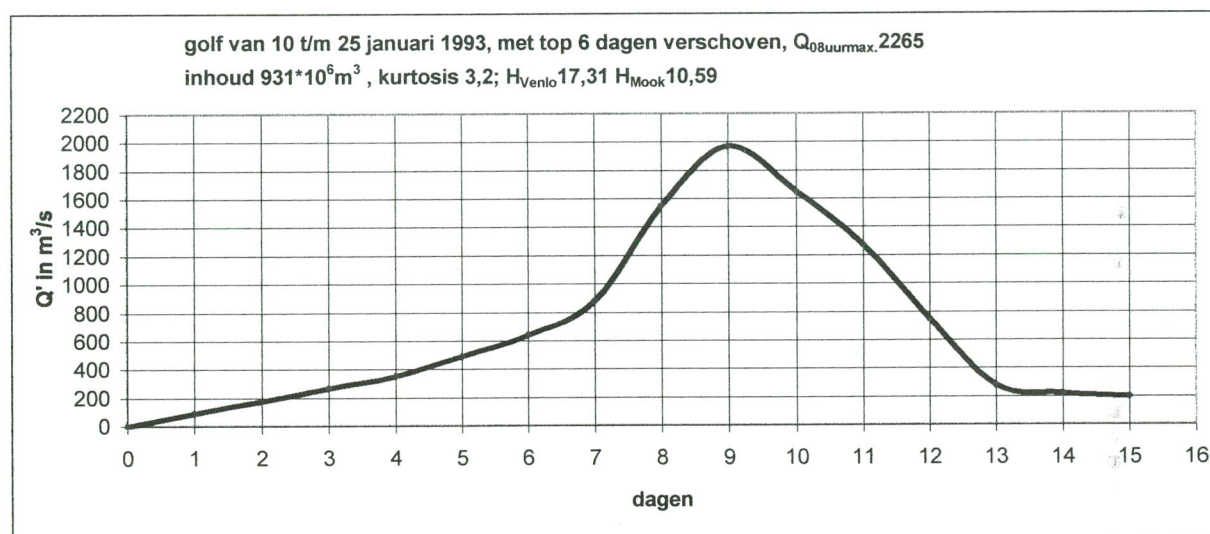
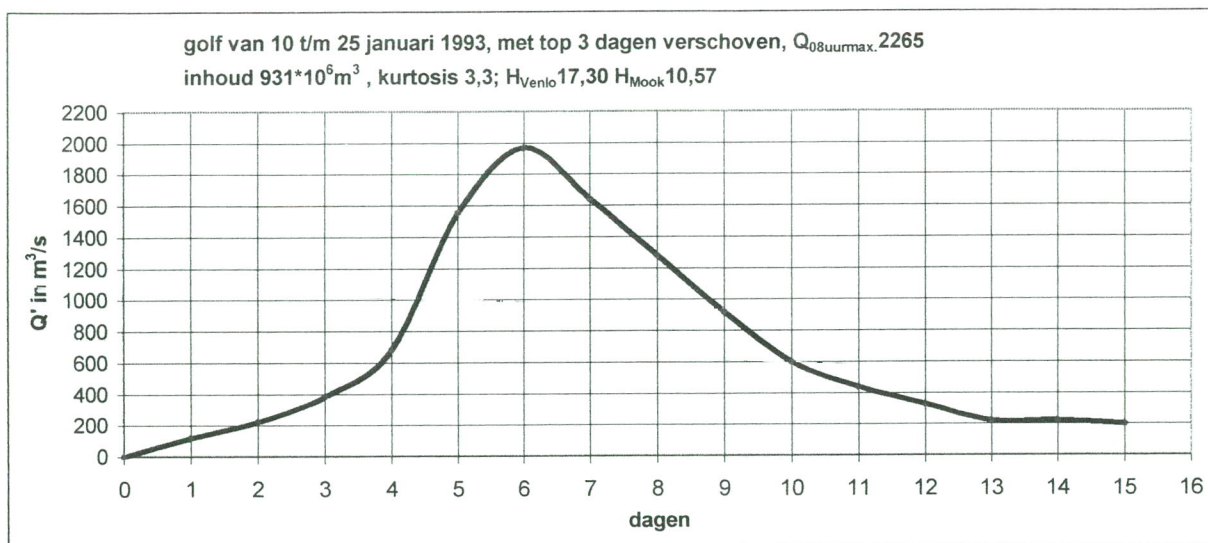


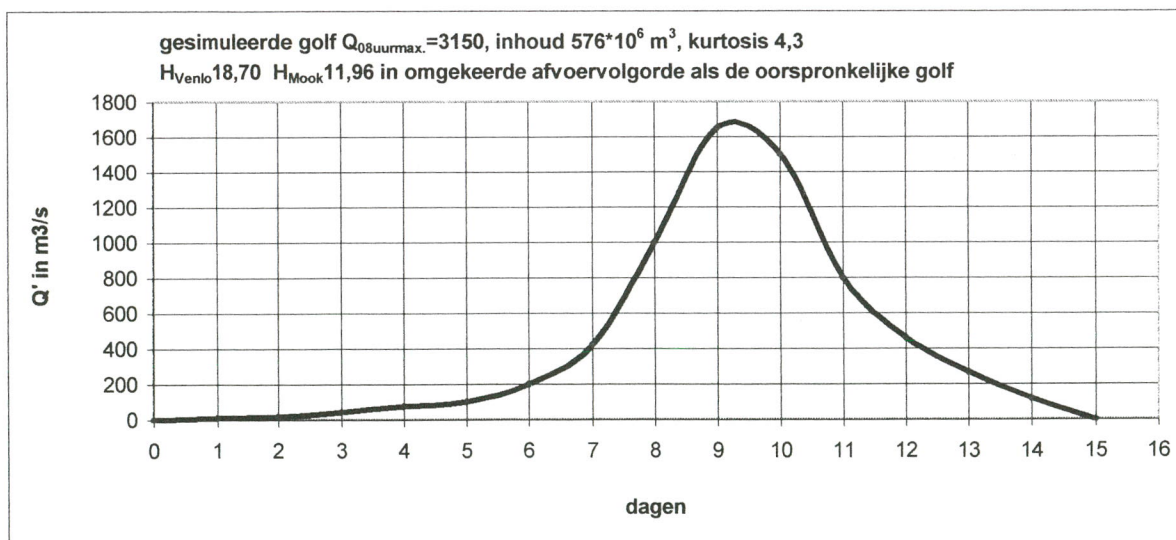
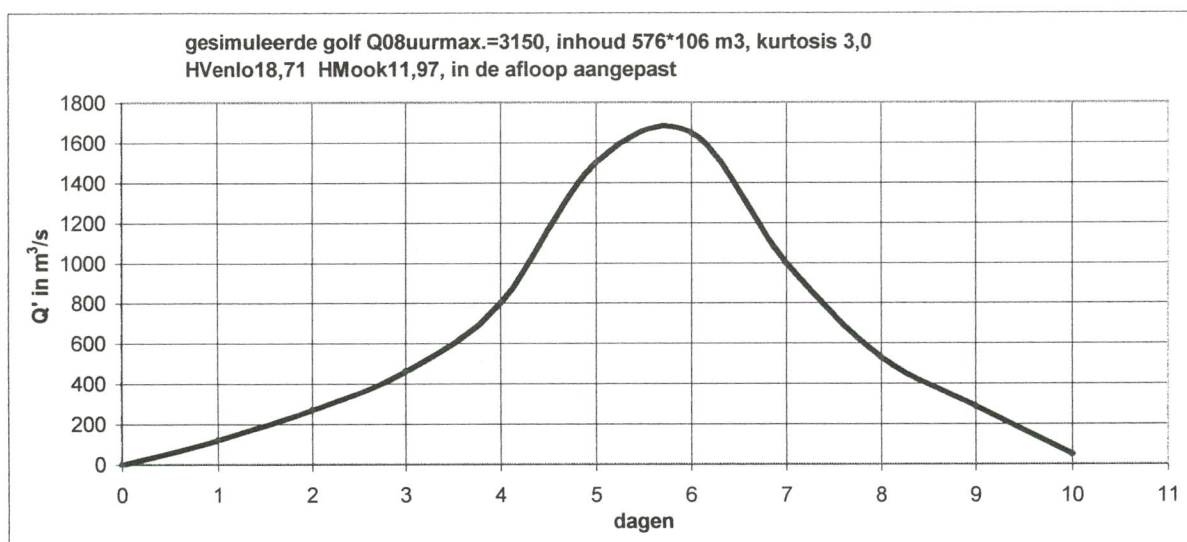
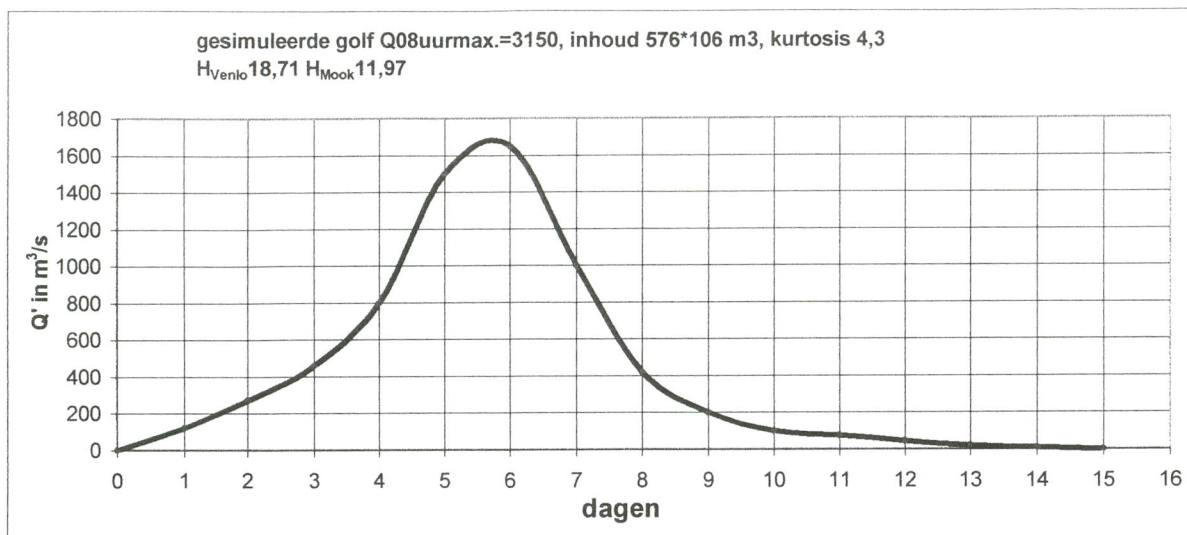
golf van 20 t/m 30 december 1991 met top 3 dagen verschoven, $Q_{08uurmax.}$ 1650
inhoud $382 \cdot 10^6 m^3$, kurtosis 3,3; H_{Venlo} 16,01 H_{Mook} 9,45



golf van 10 t/m 25 januari 1993, $Q_{08uurmax.}$ 2265
inhoud $931 \cdot 10^6 m^3$, kurtosis 3,3; H_{Venlo} 17,17 H_{Mook} 10,46







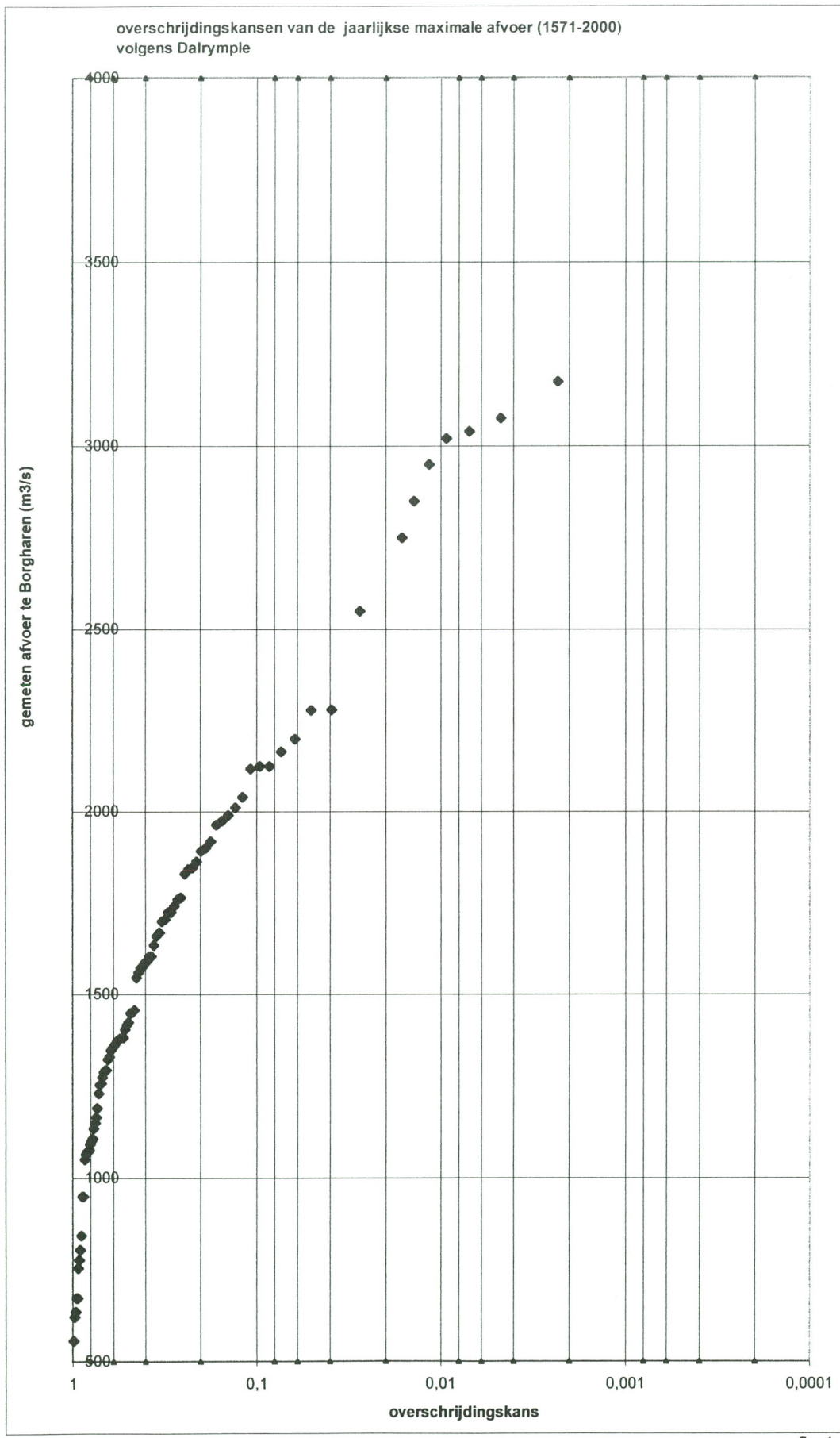


fig.1a

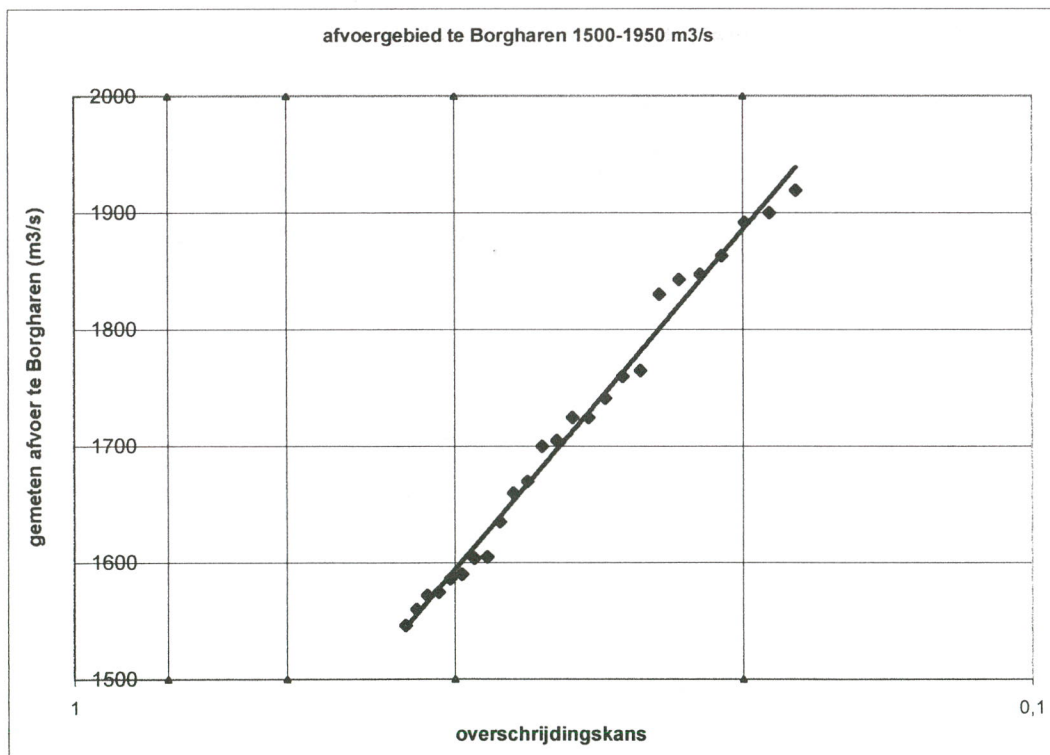
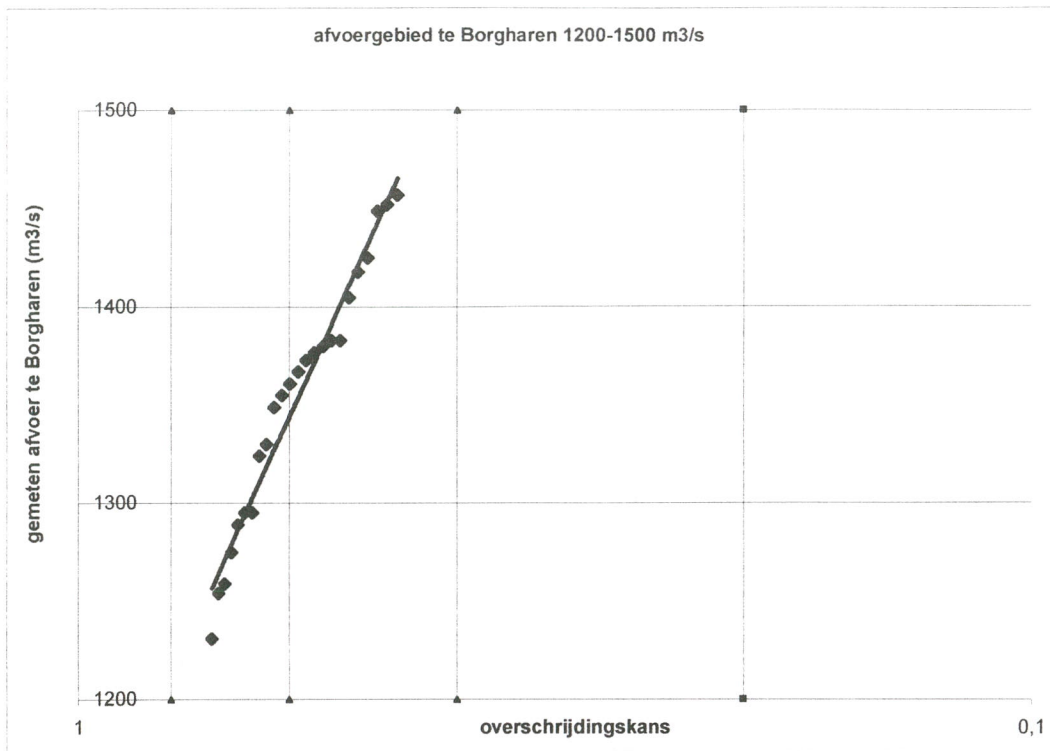


fig.1b

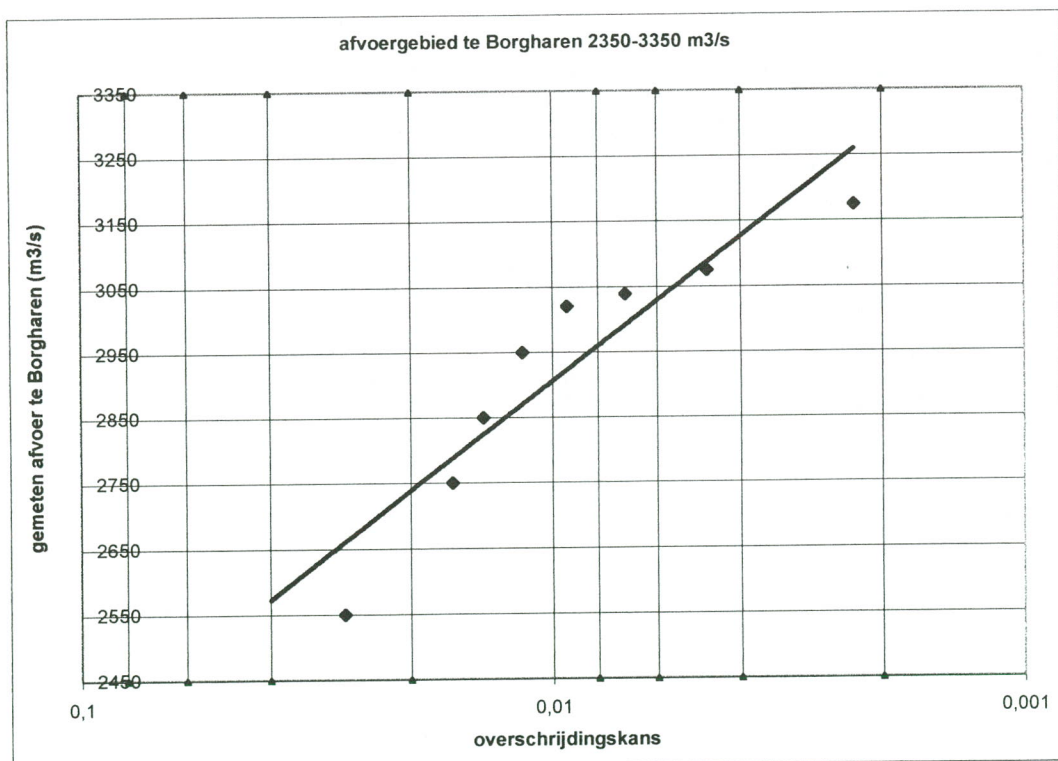
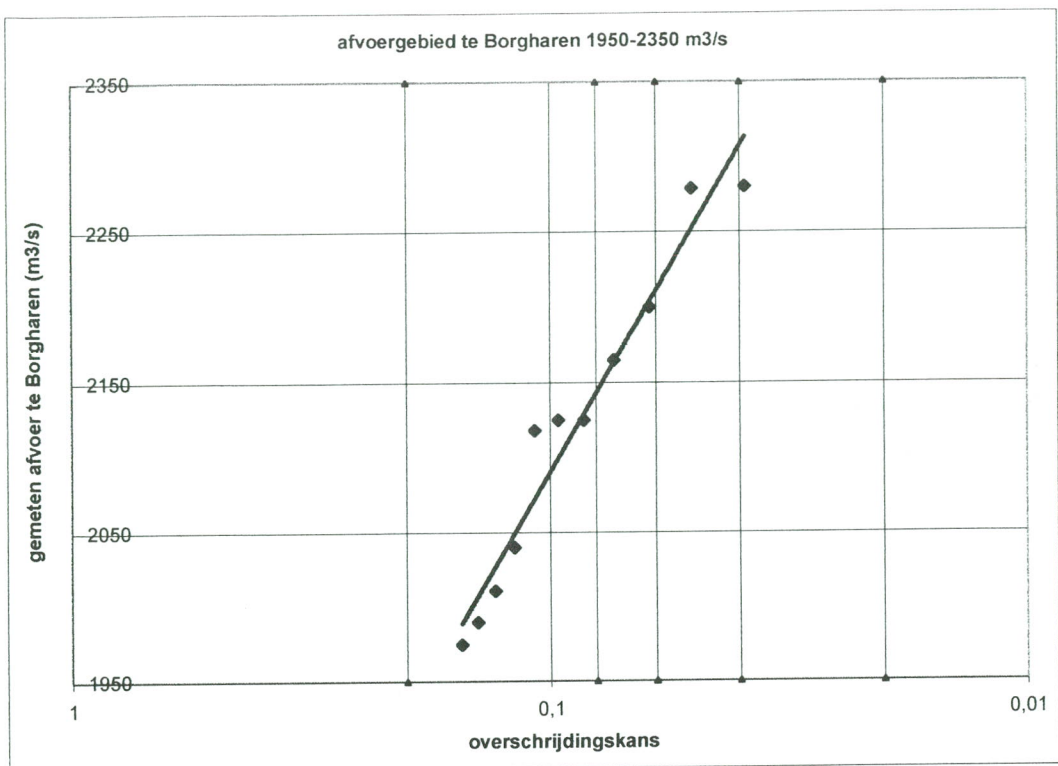


fig.1c

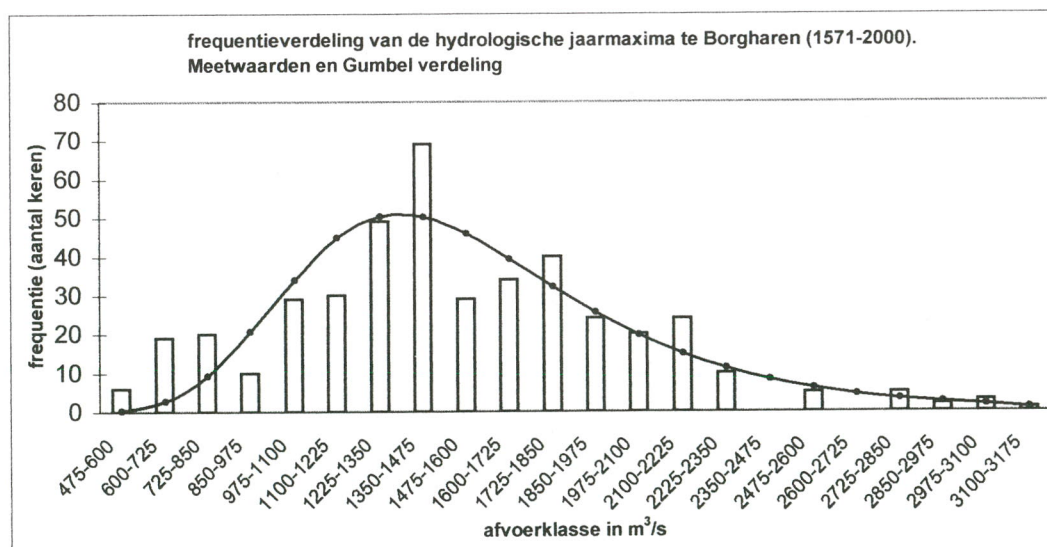
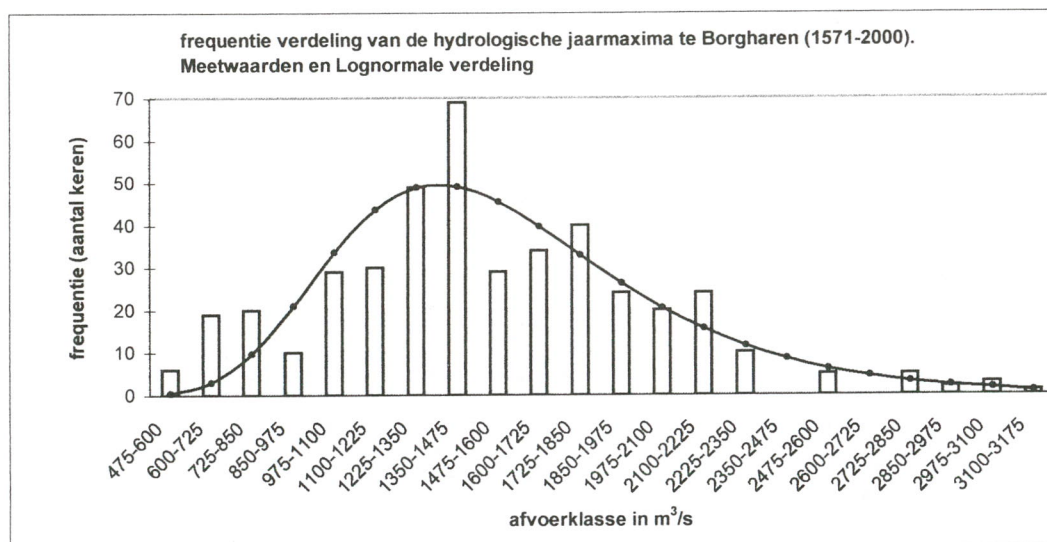
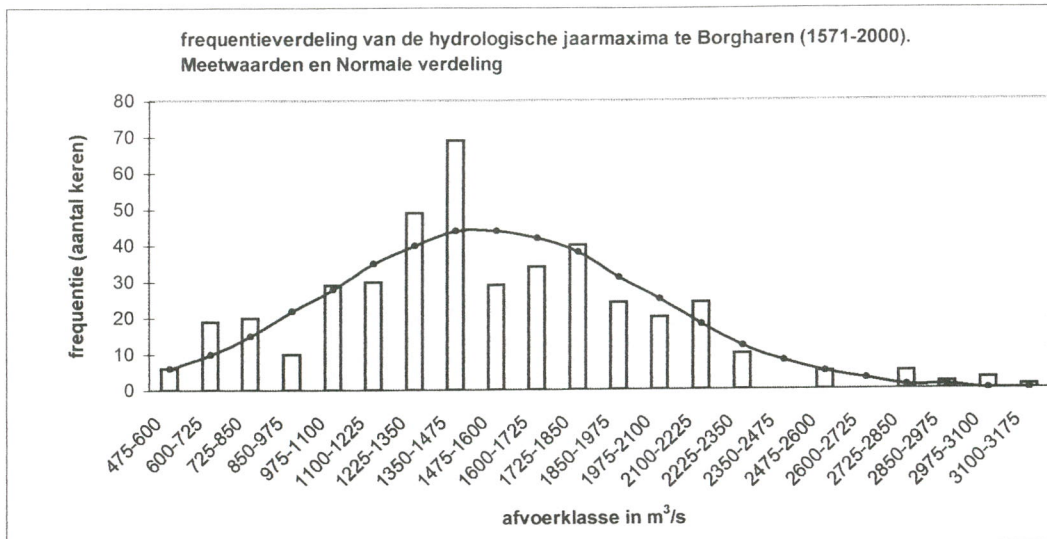


fig.2a

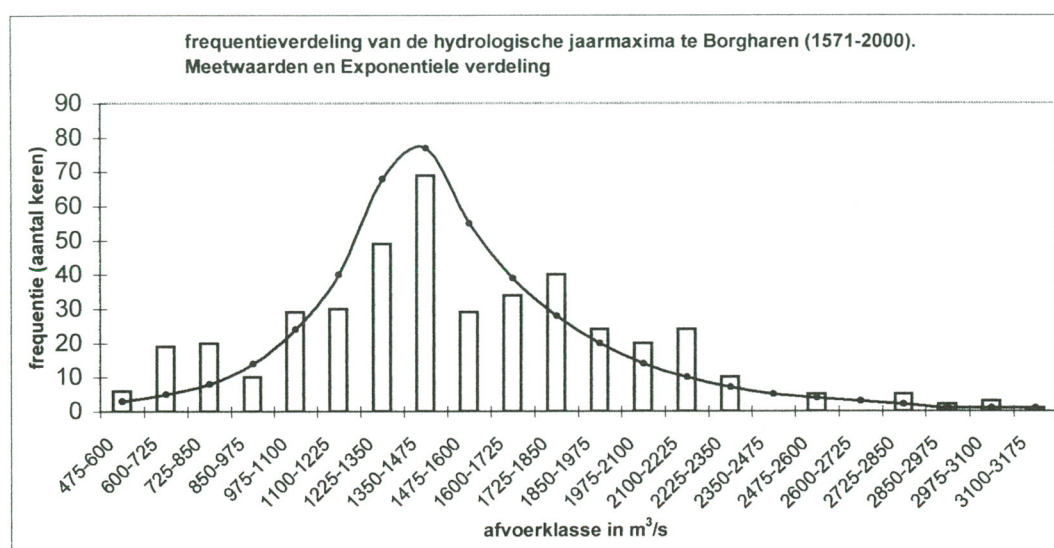
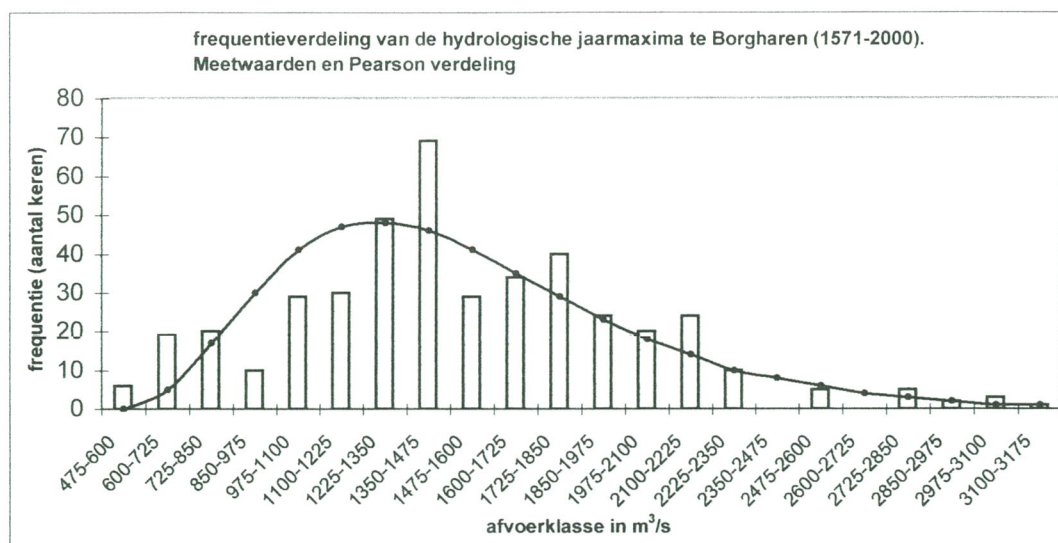


fig.2b

Voor de gebruikte formules wordt naar tabel 3 verwezen

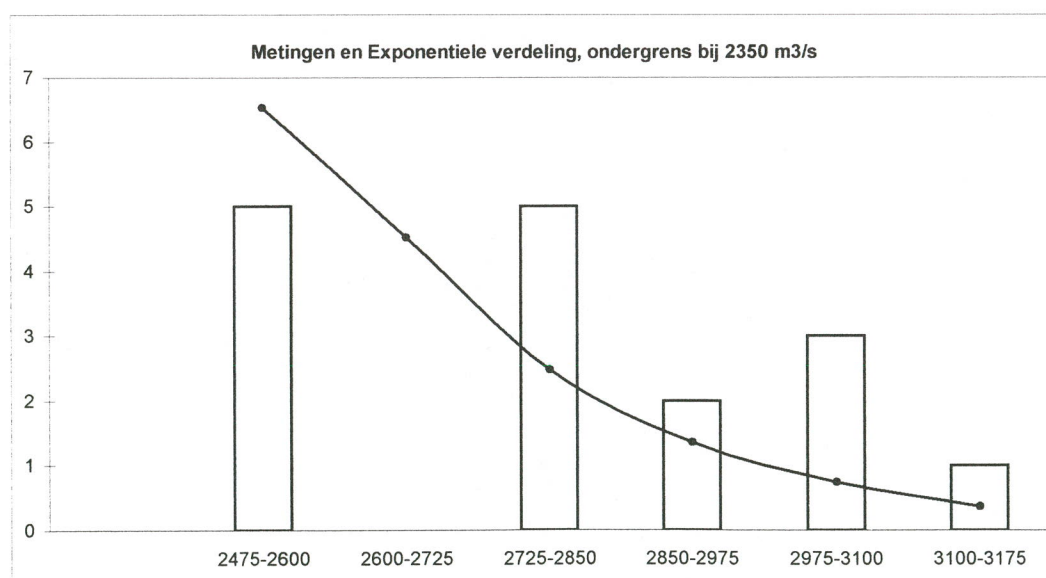
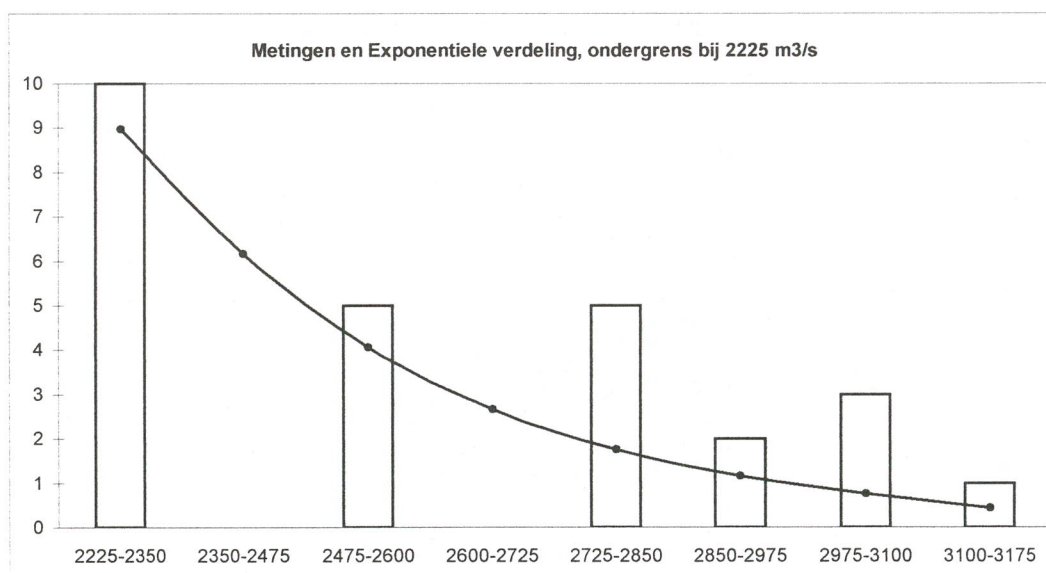
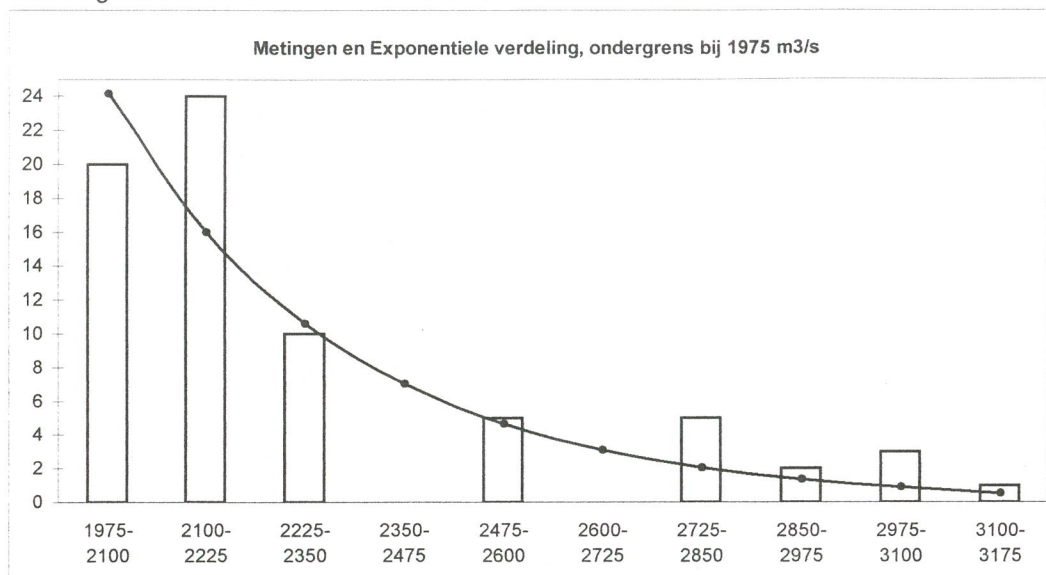
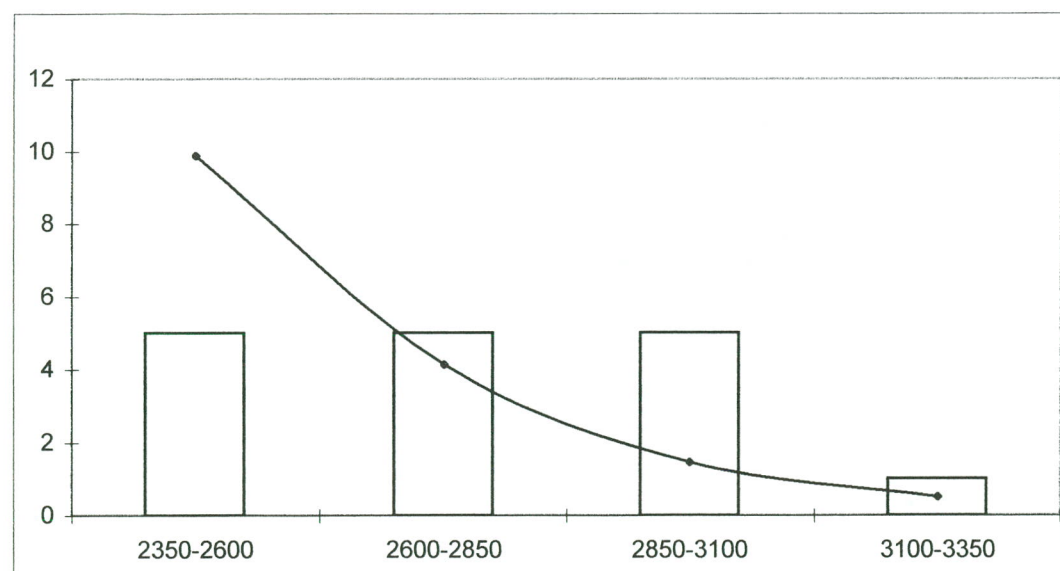
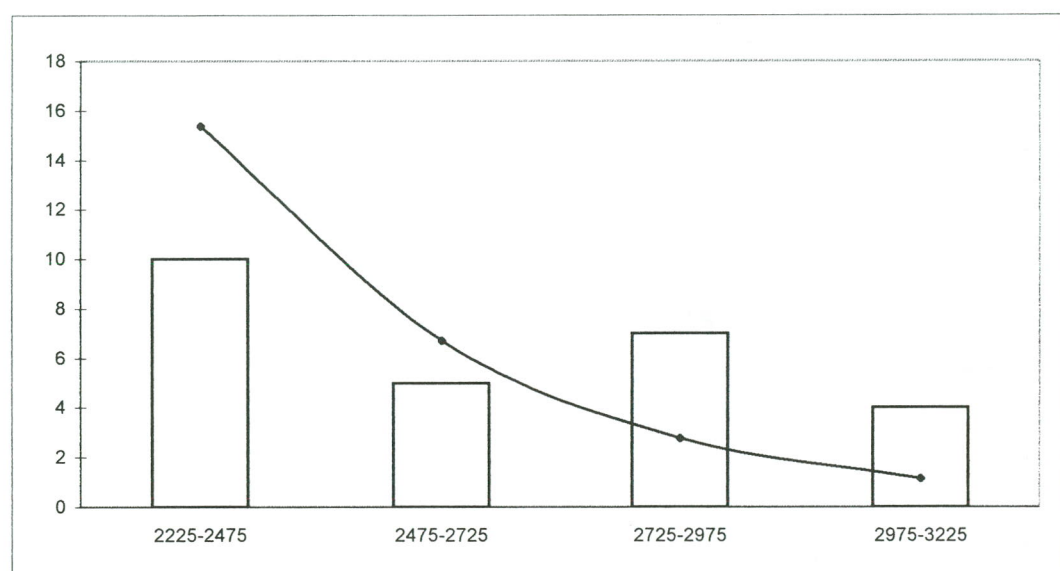
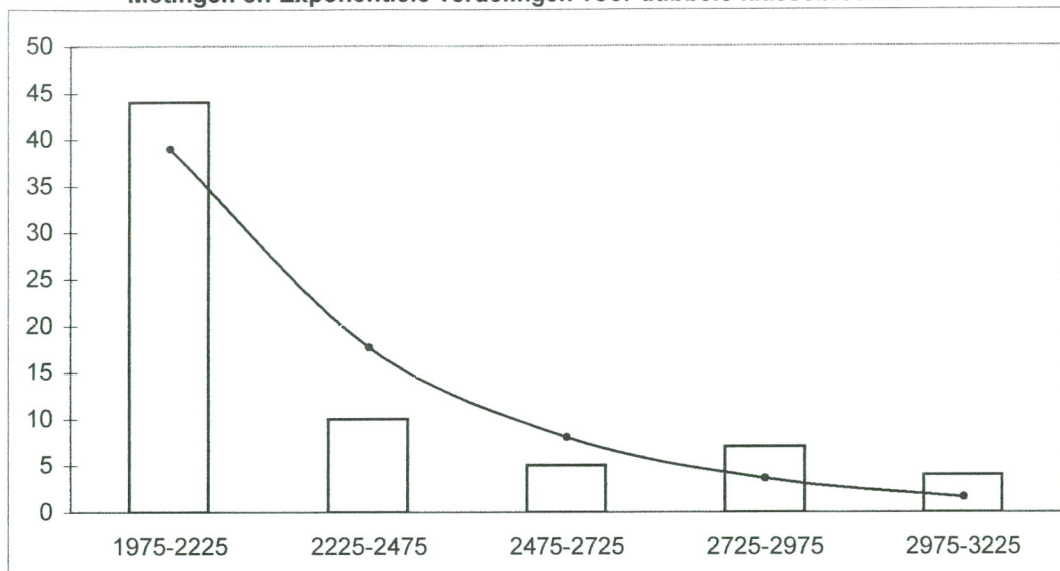


fig.3a

Metingen en Exponentiele verdelingen voor dubbele klassebreedten



Voor de gebruikte formules wordt verwezen naar tabel 3.

fig.3b

ondergrens bij 2350 m³/s.

Exponentiële verdeling met 95% betrouwbaarheidsgebied van de lijn
bollen: metingen.

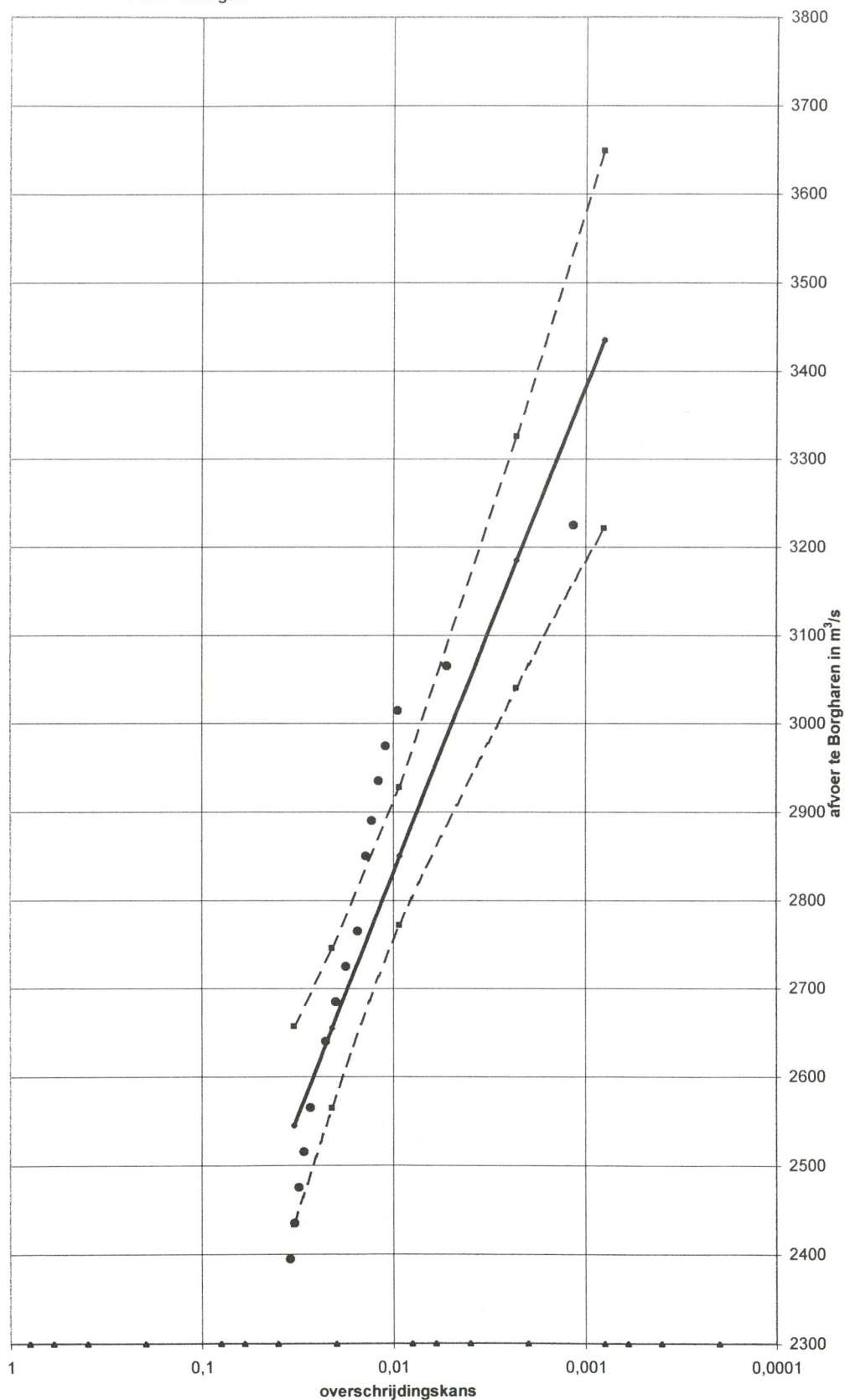
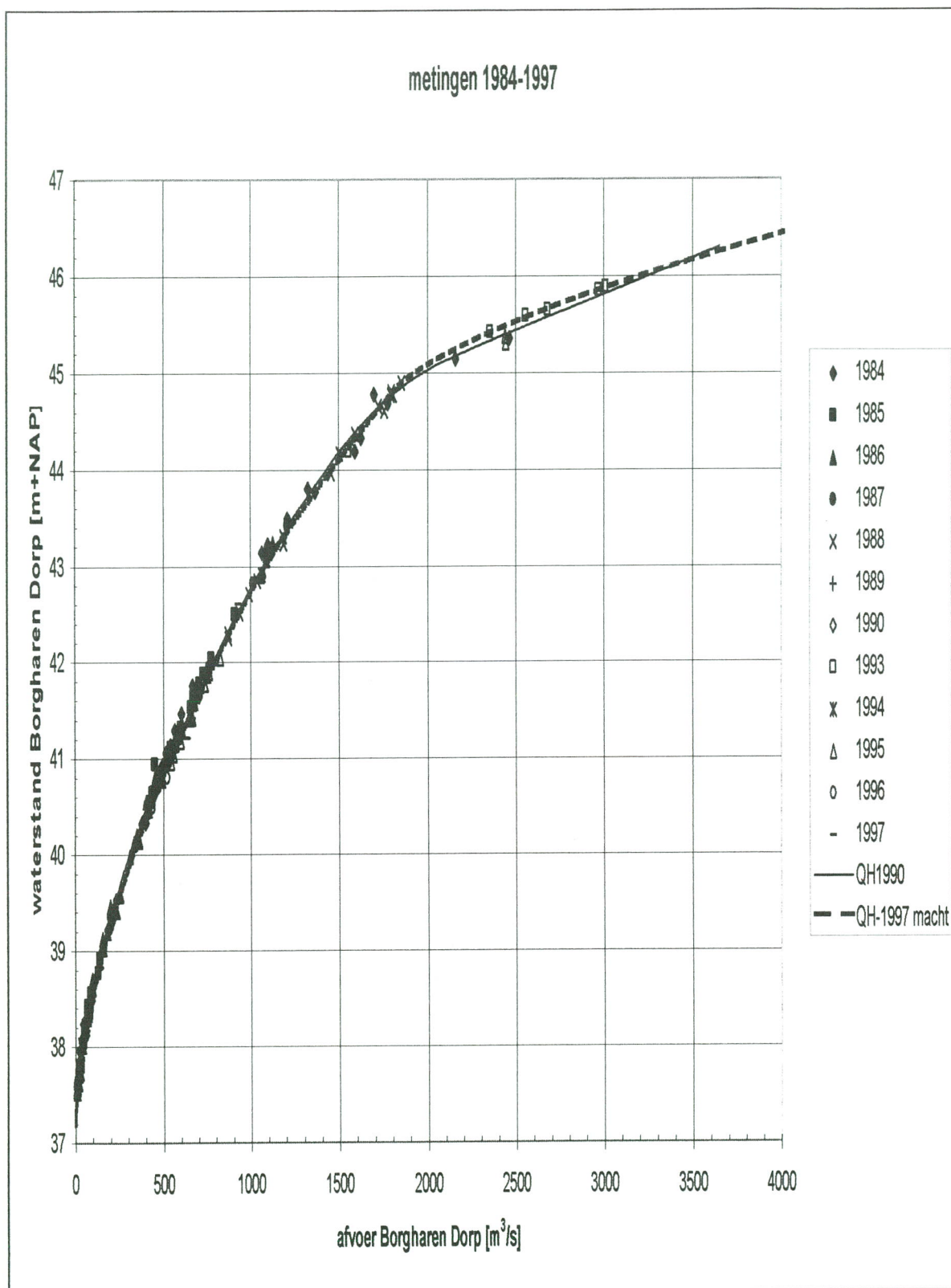


fig.4



Afvoerkromme Borgharen geldig vanaf 1997
(H.Barneveld, A. Bastings, directie Limburg, ook digitaal beschikbaar)

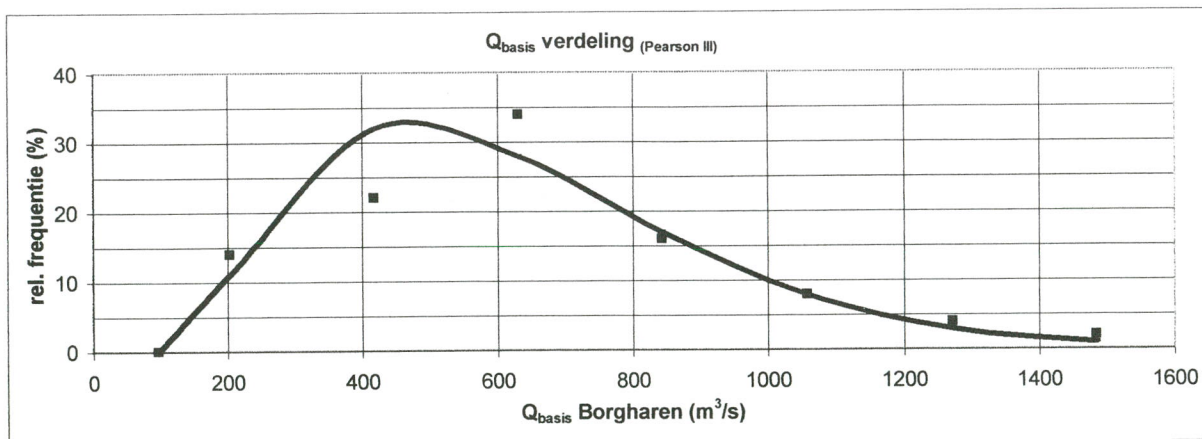
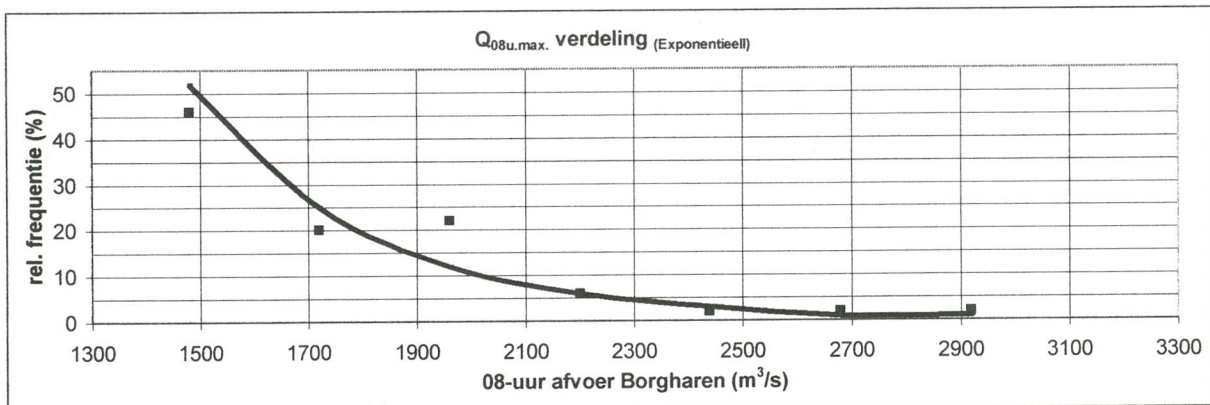
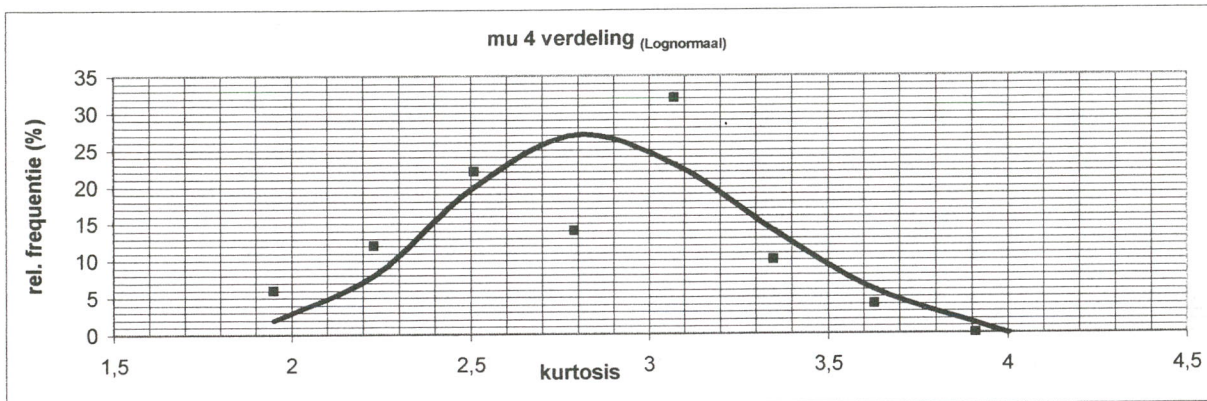
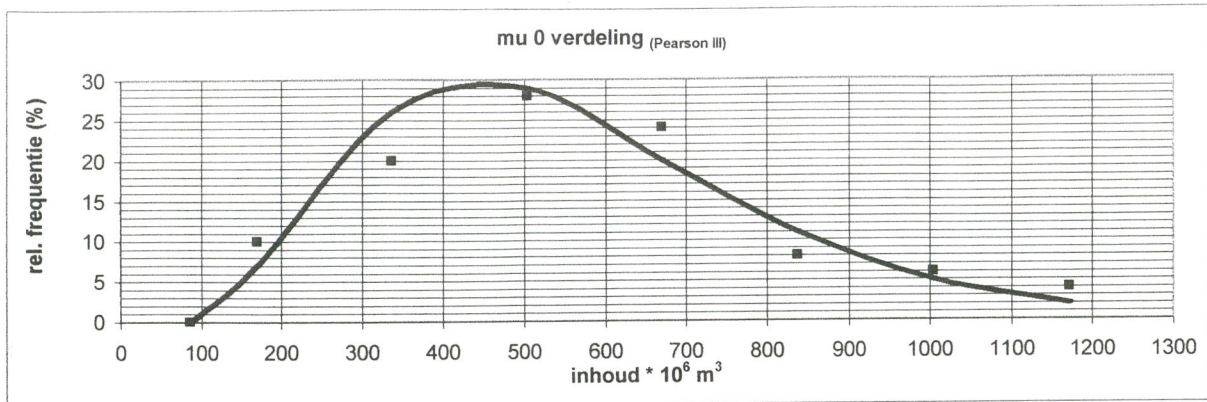


fig.6

Empirisch onderzoek (gegevens uit tabel 5)

Nadere verklaring in 2.2.

Kleine basisafvoer, *Gem.basisafvoer **Grote basisafvoer

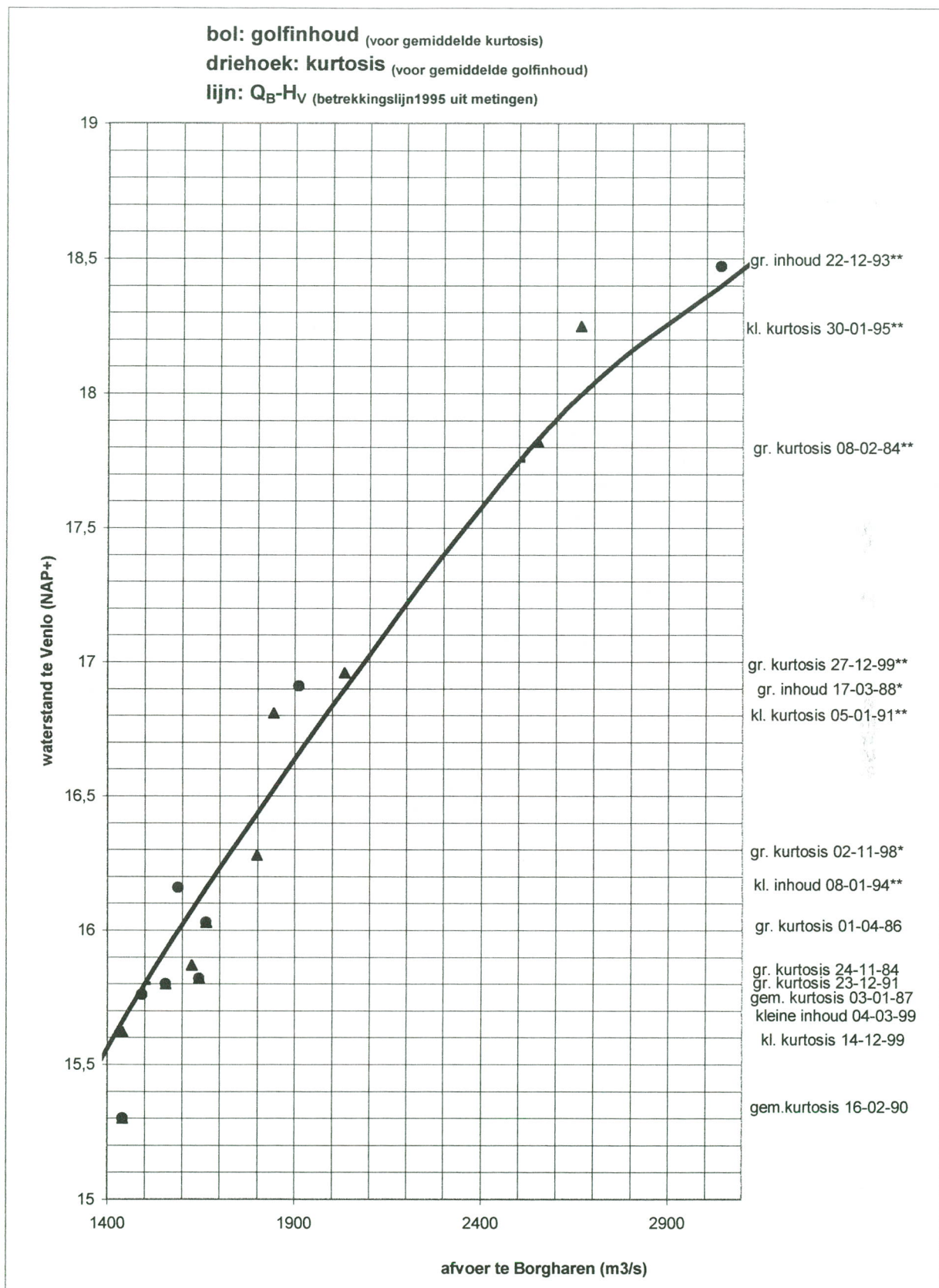
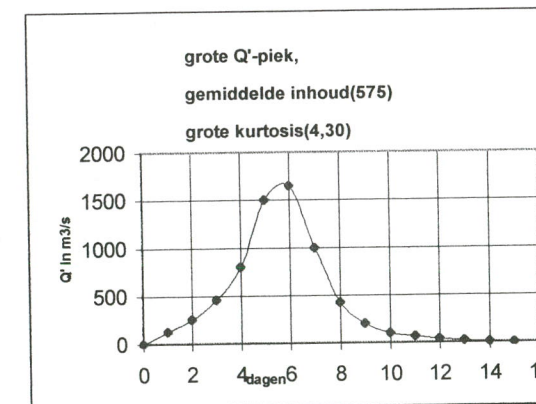
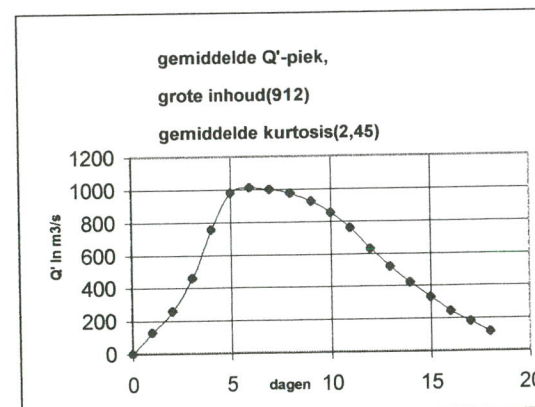
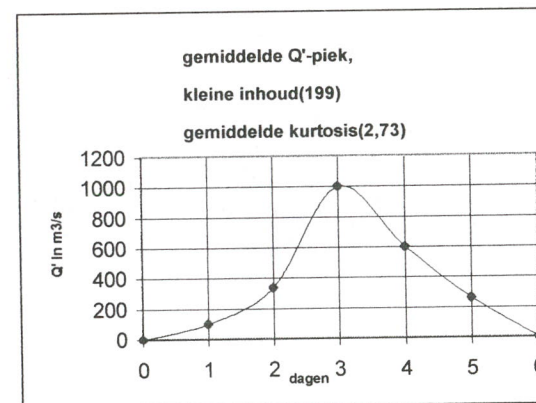
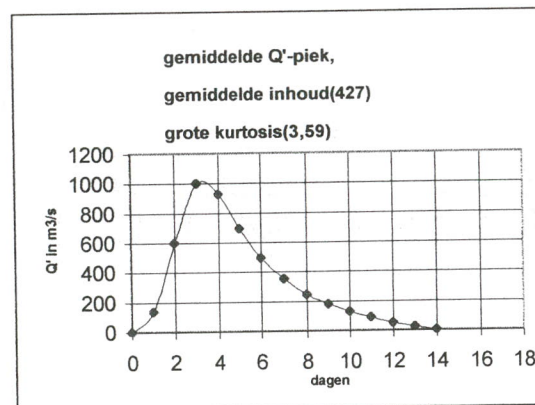
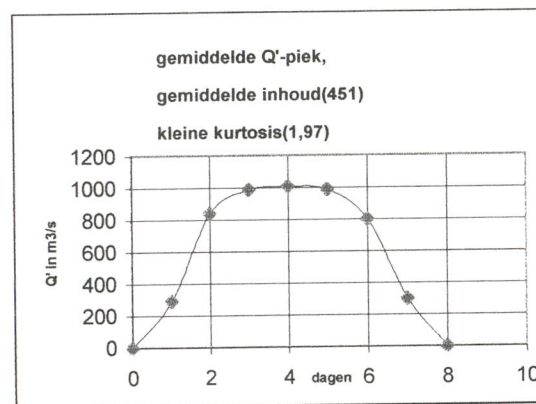
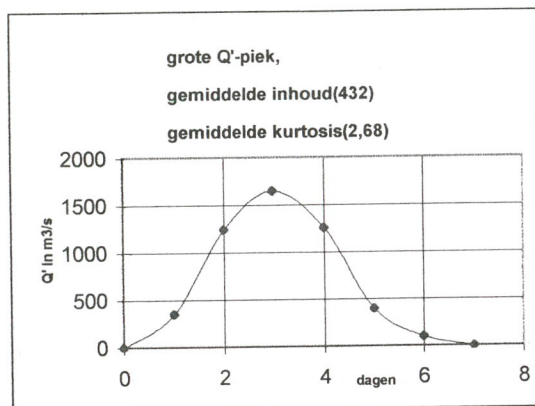
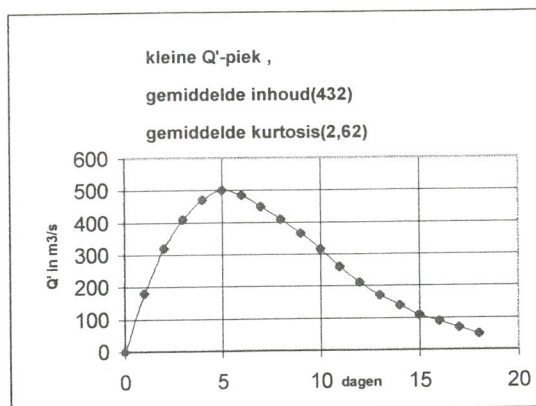
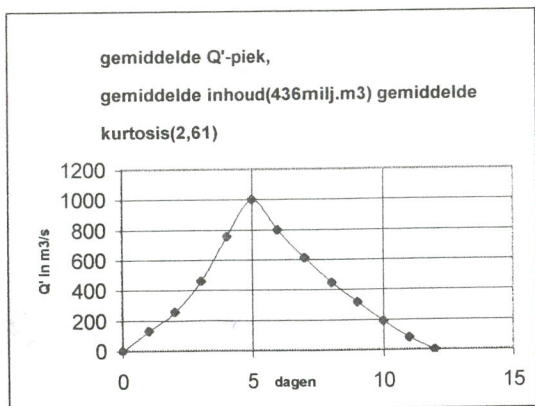
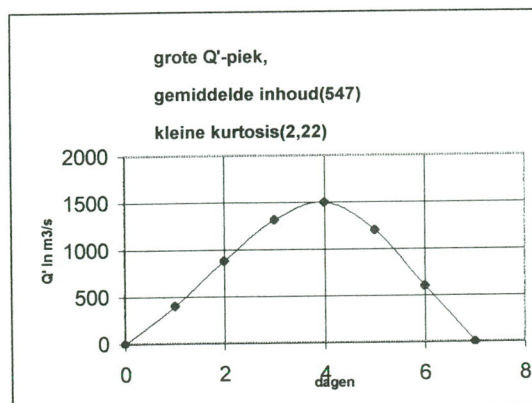
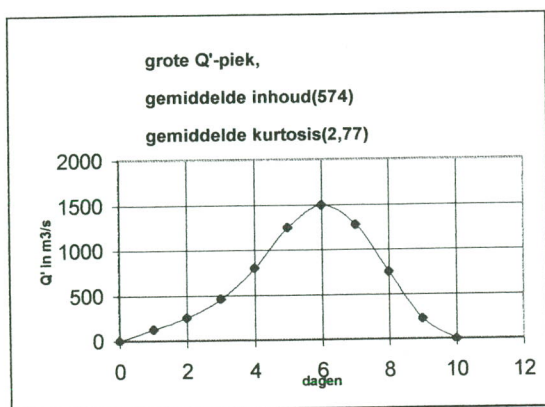
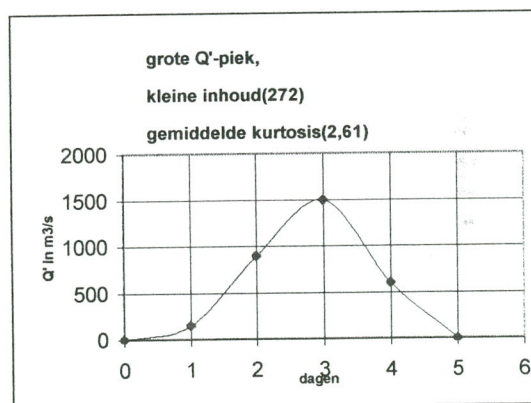
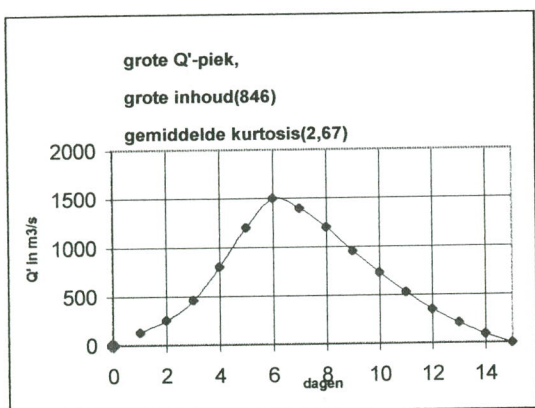
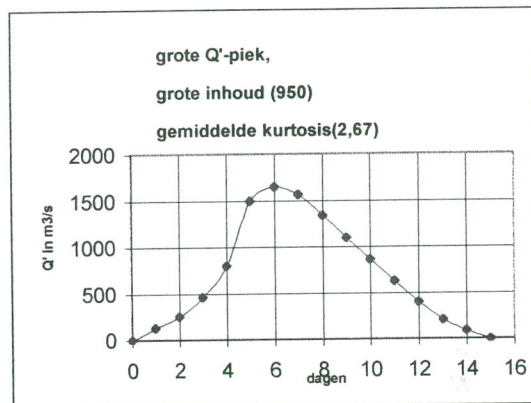
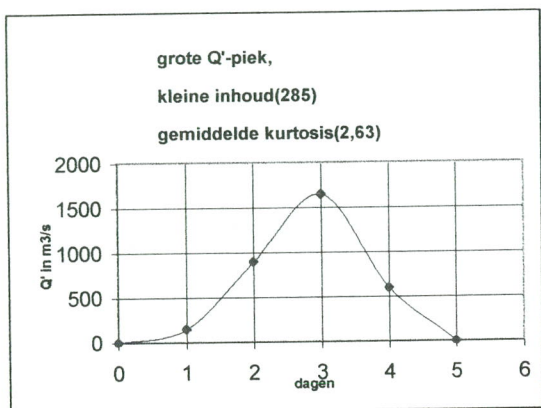
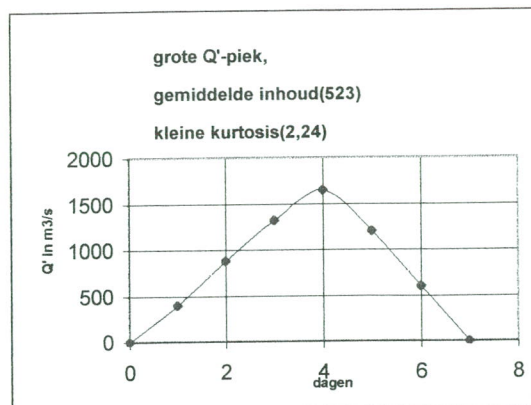
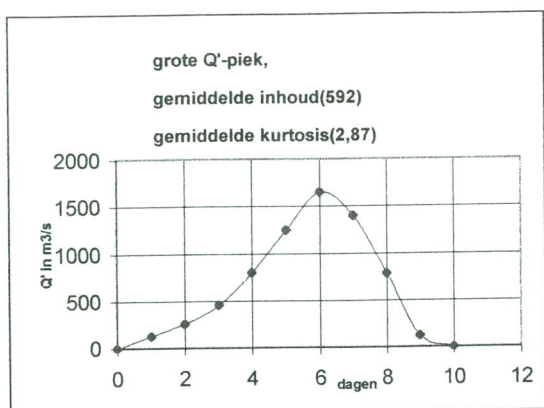
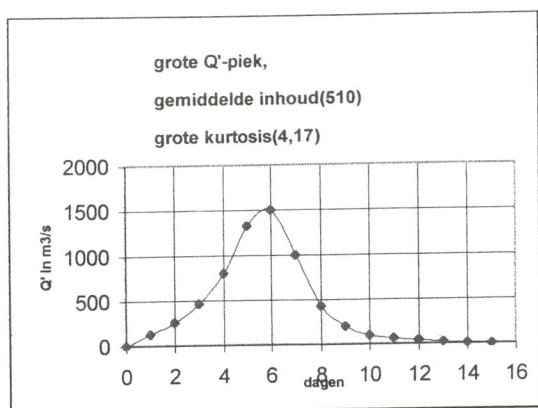


fig.7







Simulatie onderzoek (te gebruiken samen met tabel 8)

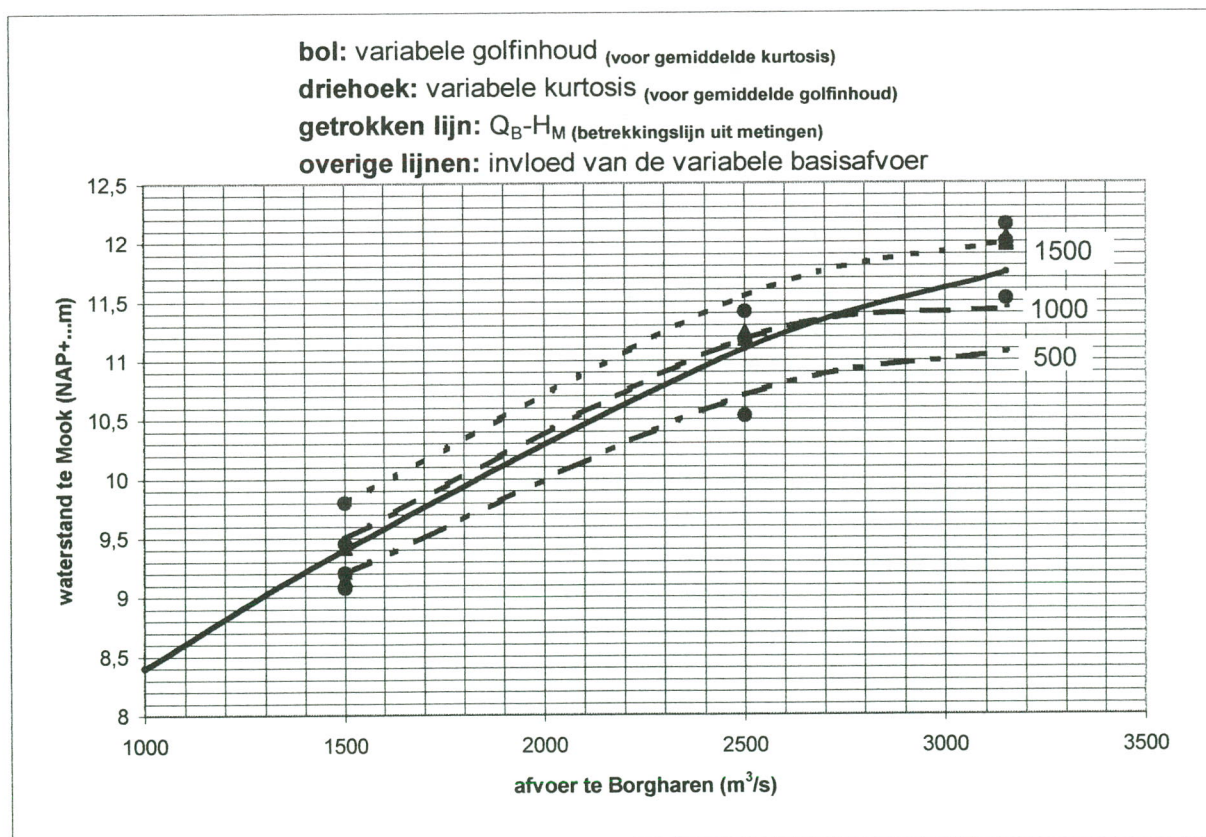
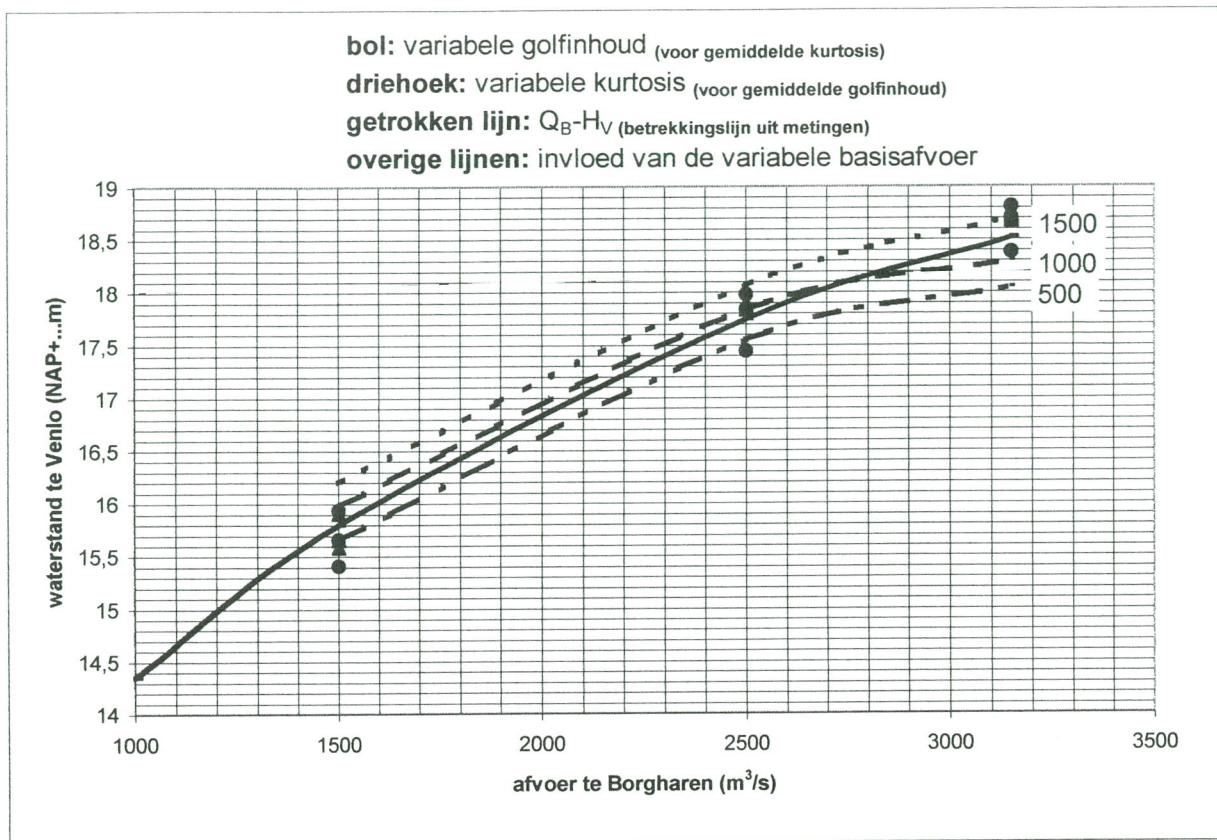
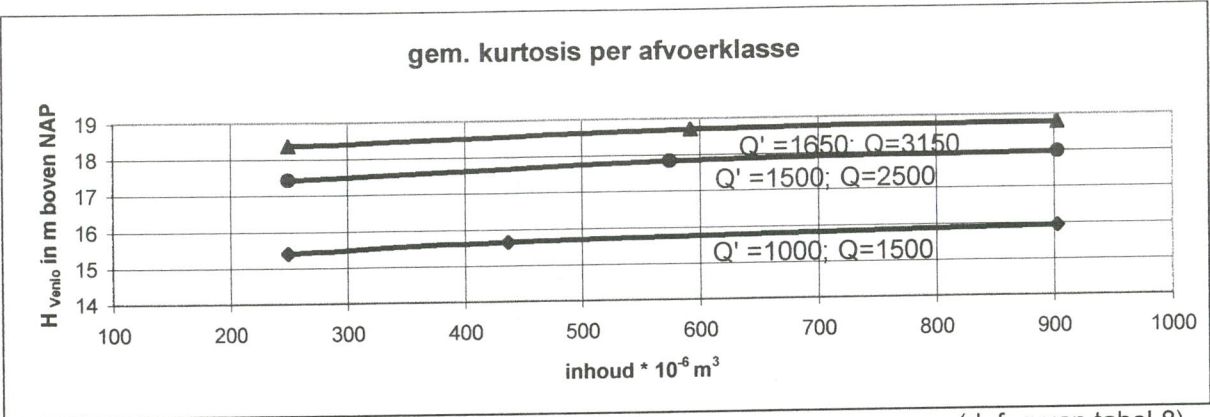
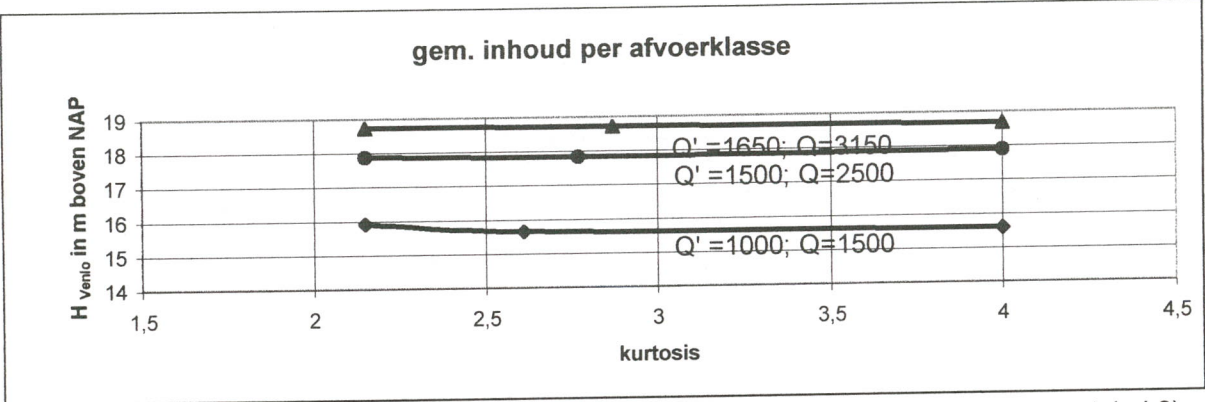


fig.9

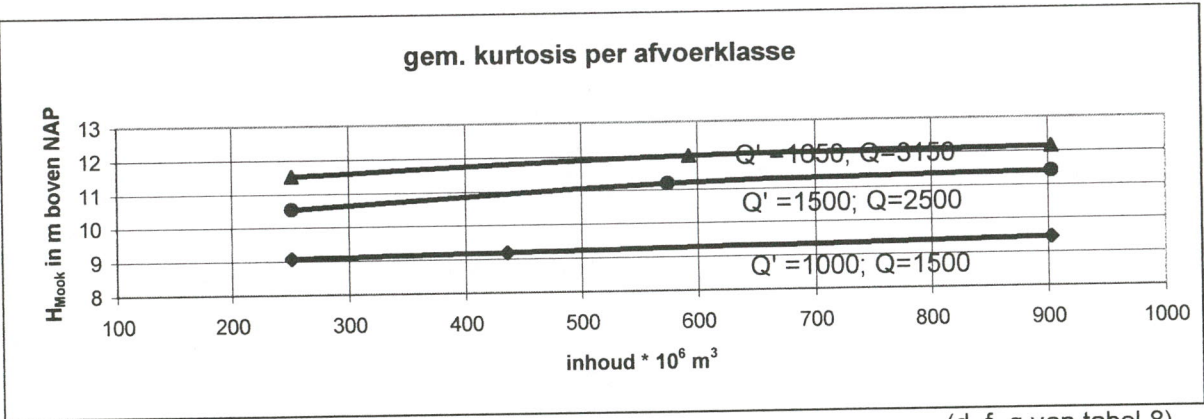
Simulatie onderzoek naar de invloed van μ_0 en μ_4 op de waterst. van Venlo en Mook



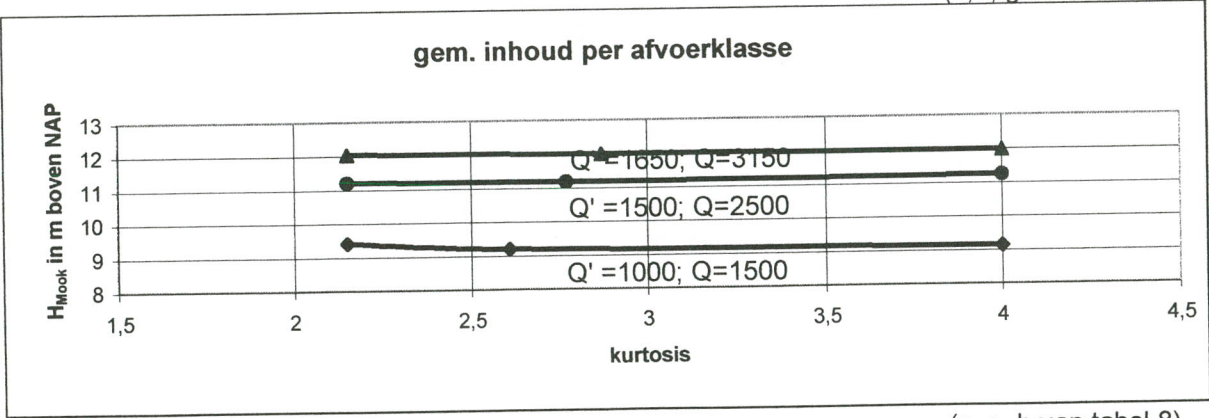
(d, f, g van tabel 8)



(c, e, h van tabel 8)



(d, f, g van tabel 8)



(c, e, h van tabel 8)

fig.10

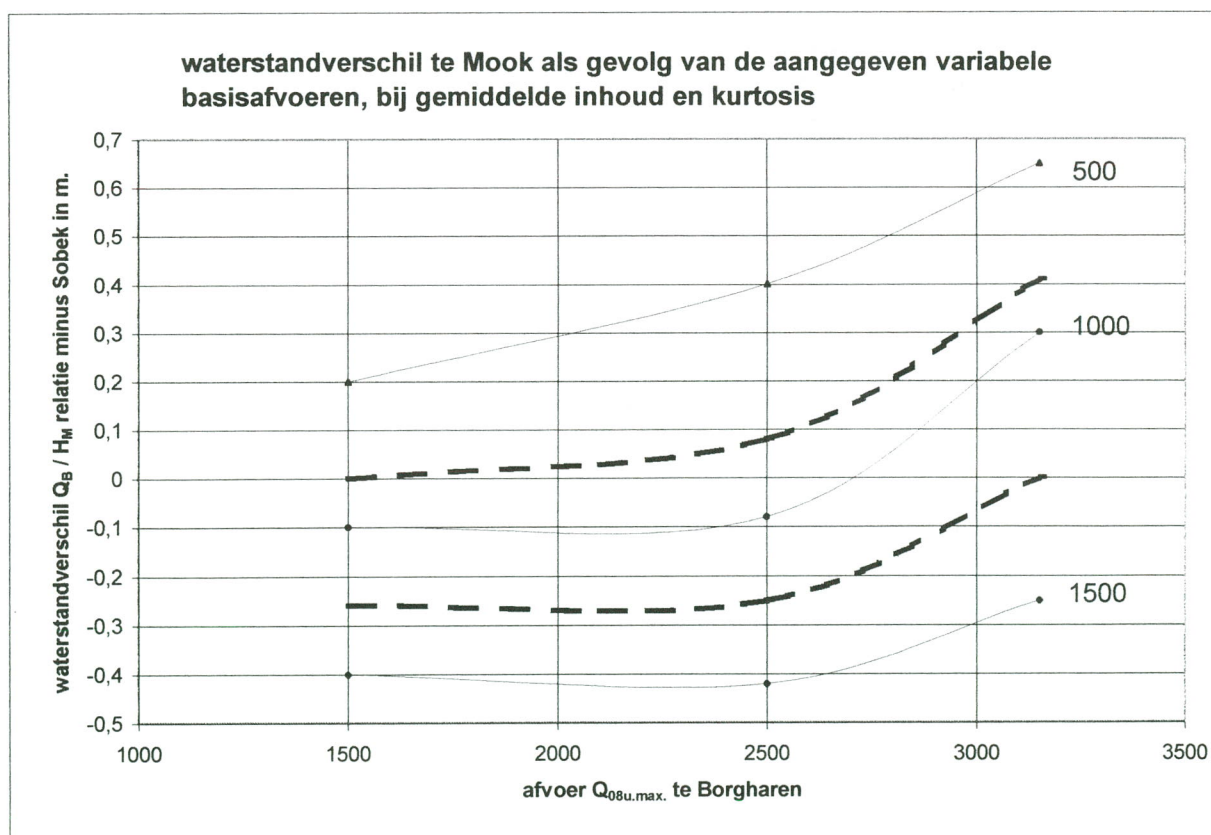
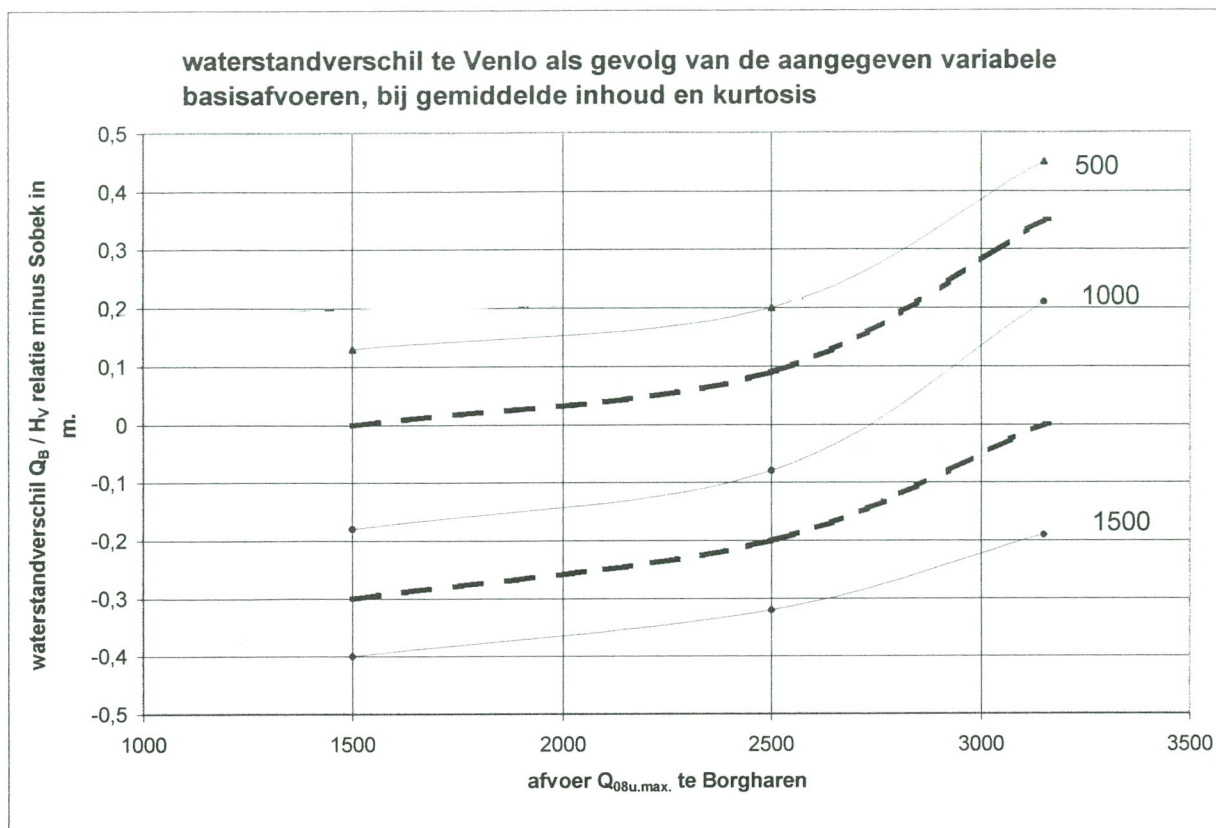


fig.11

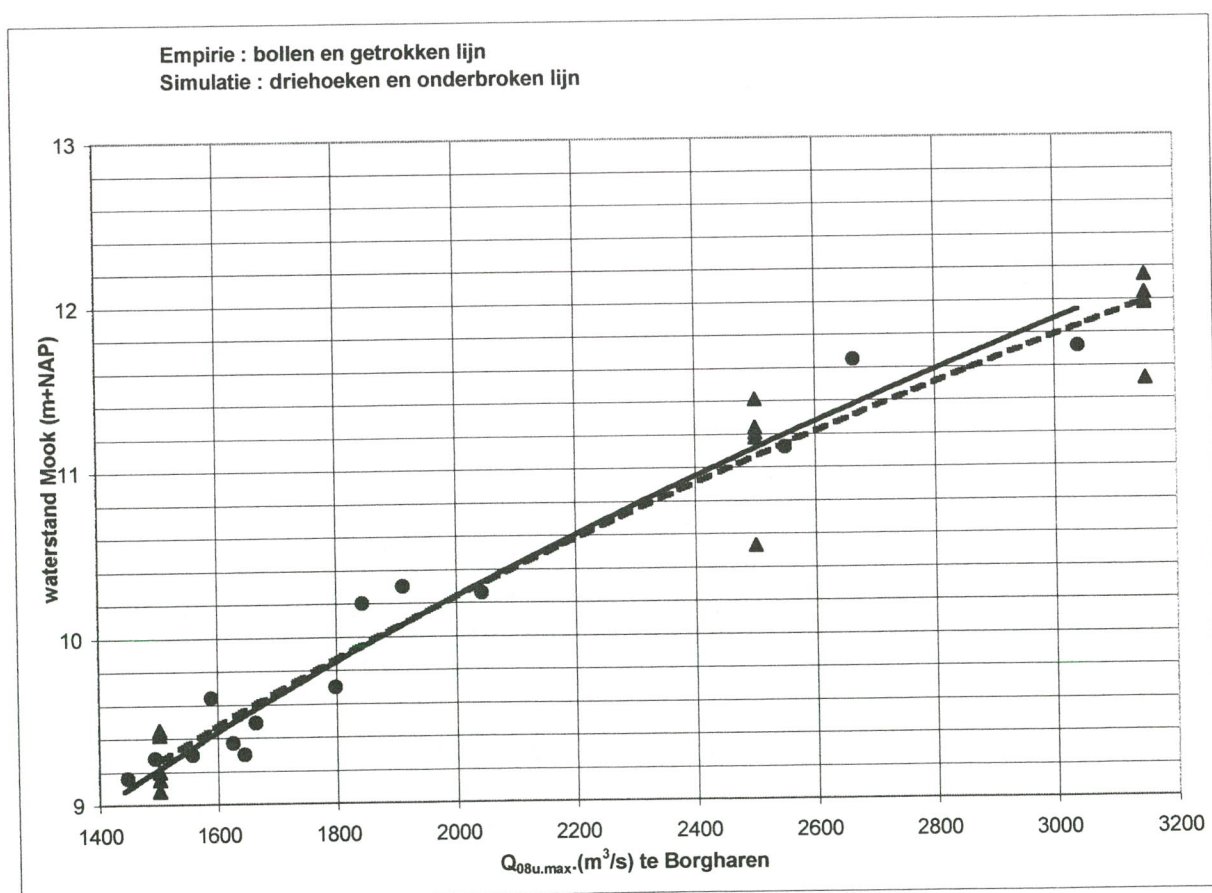
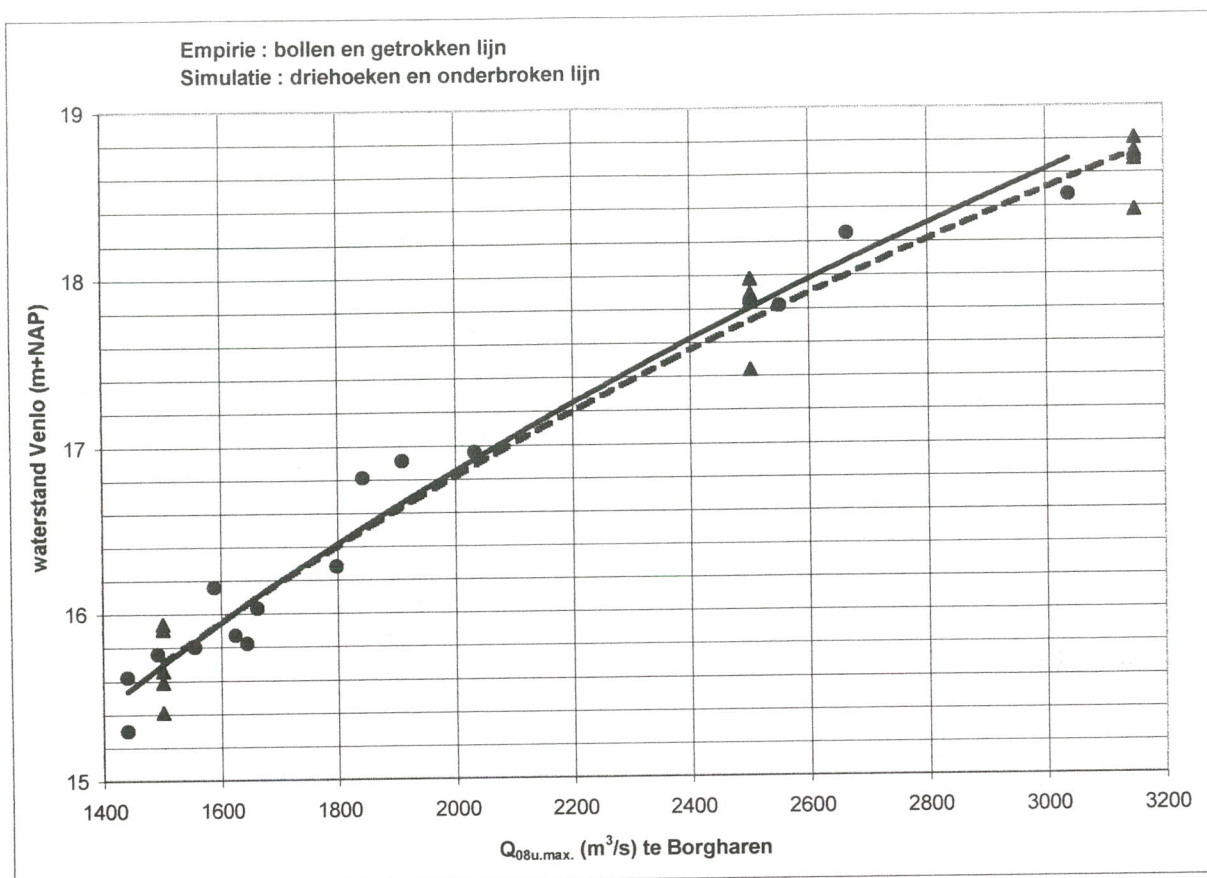


fig.12

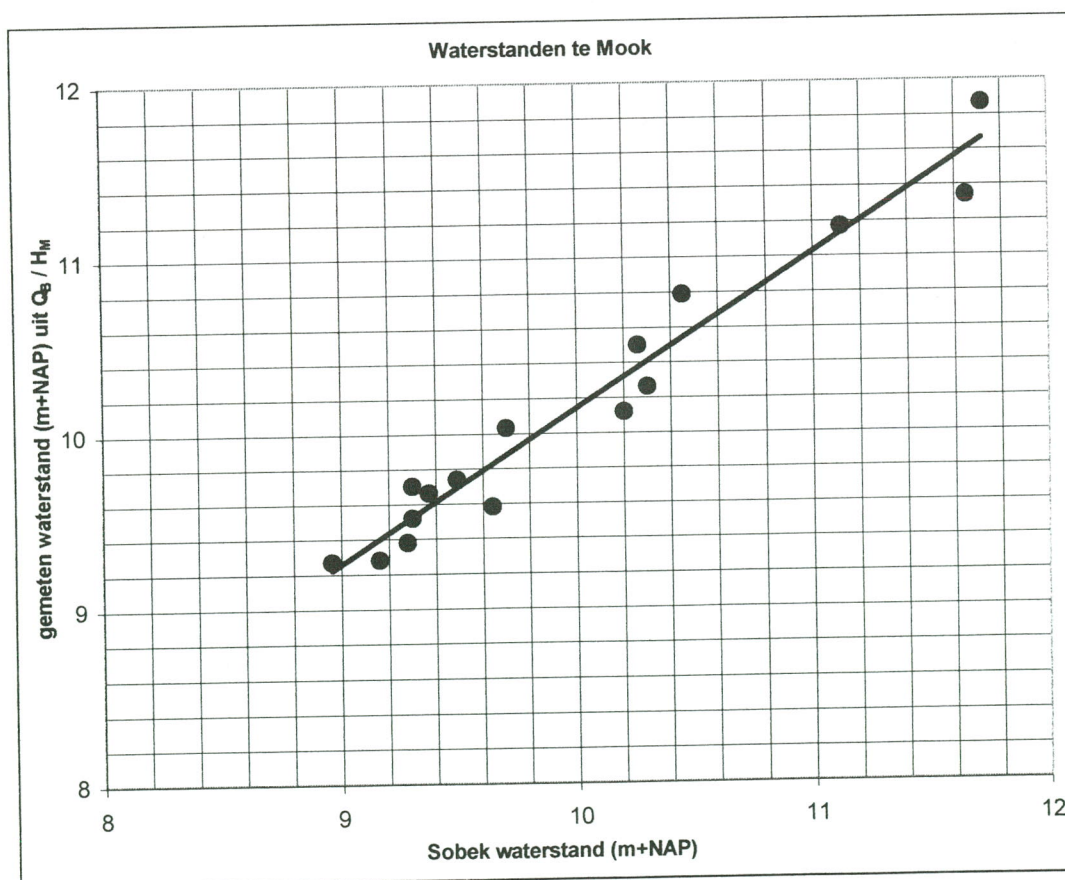
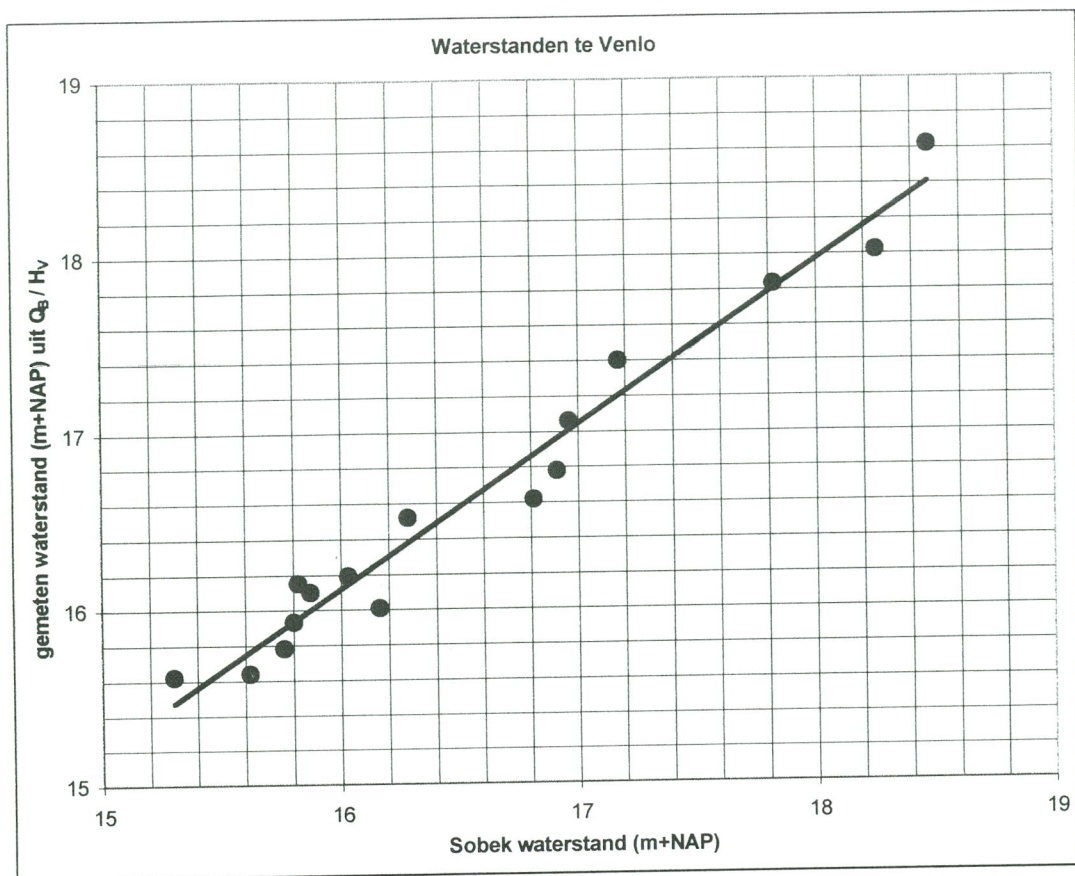


fig.13

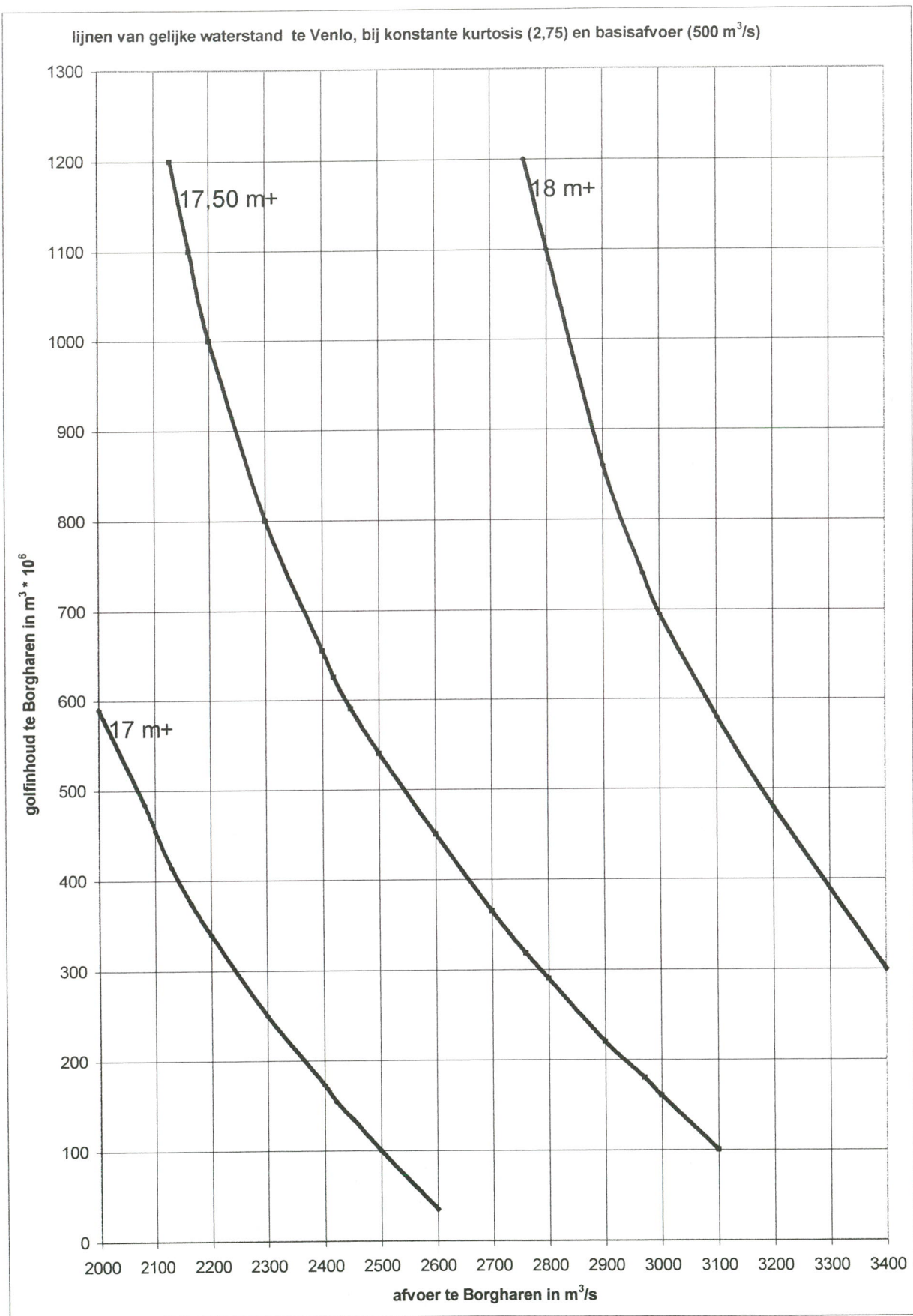


fig. 14

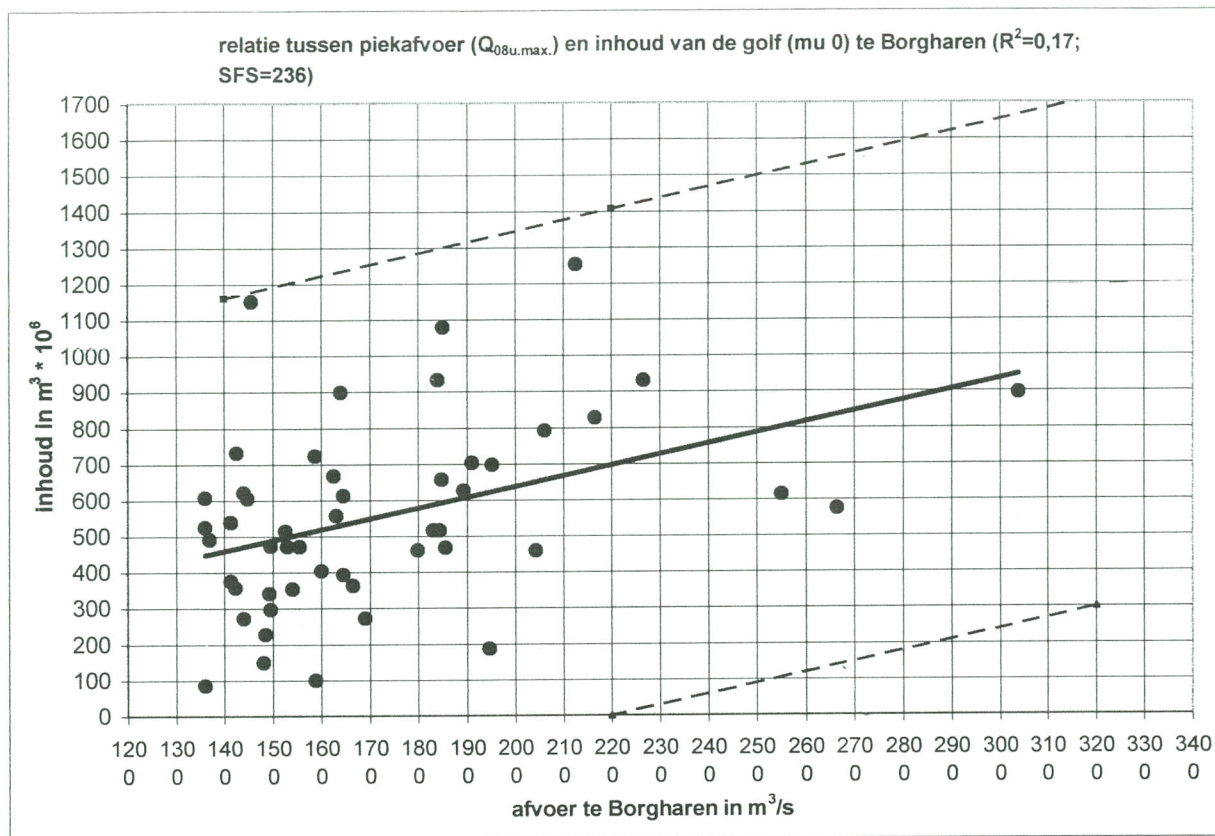


fig.15

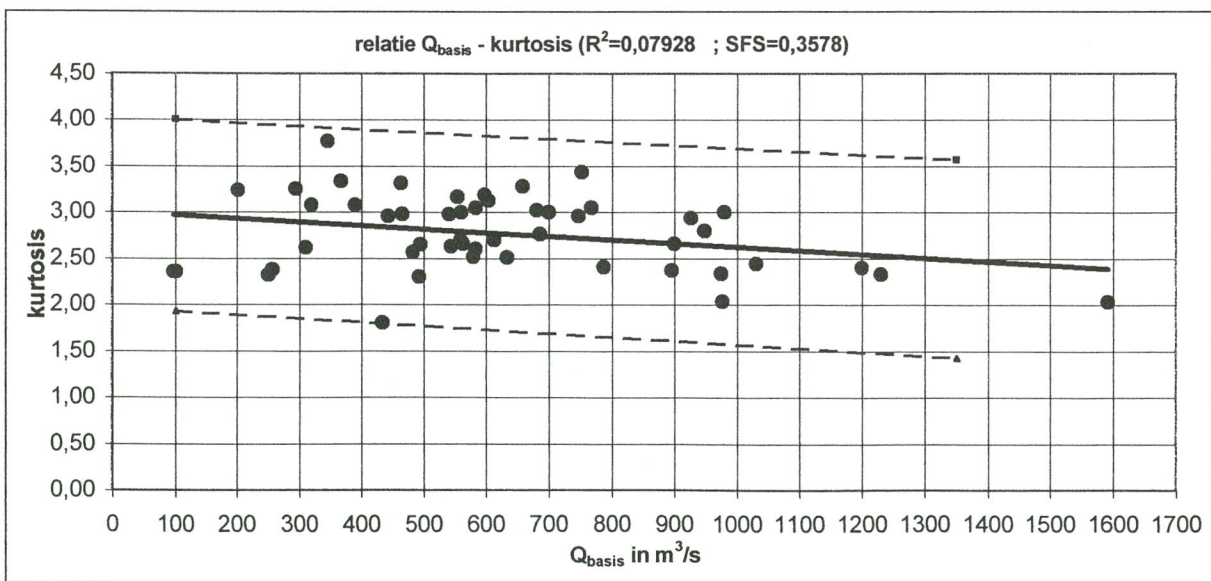
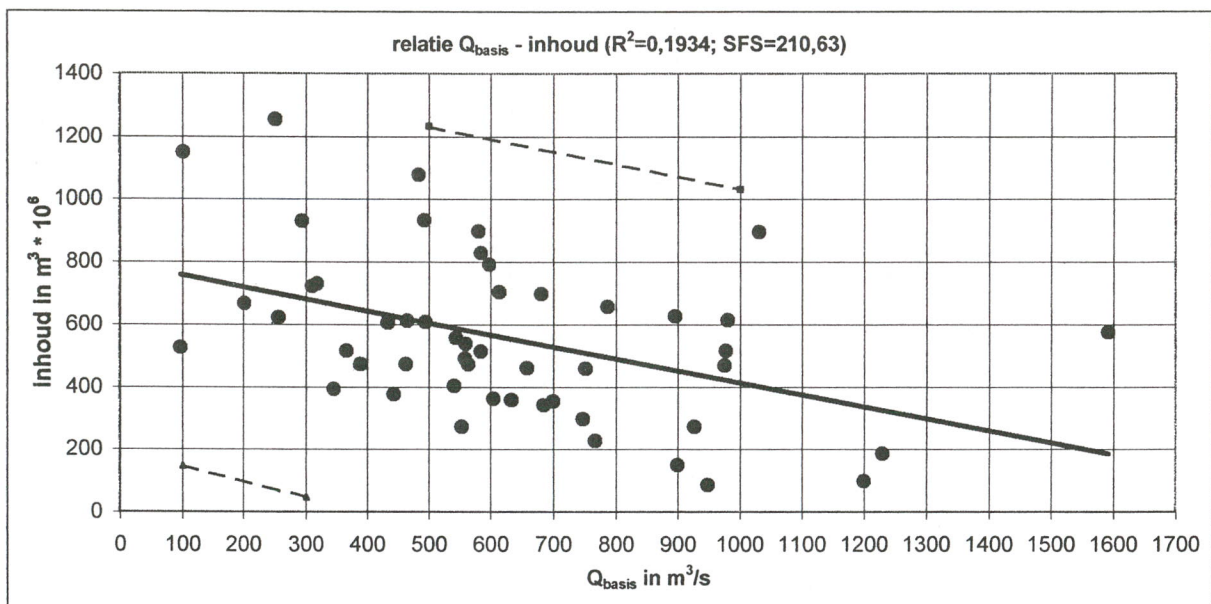
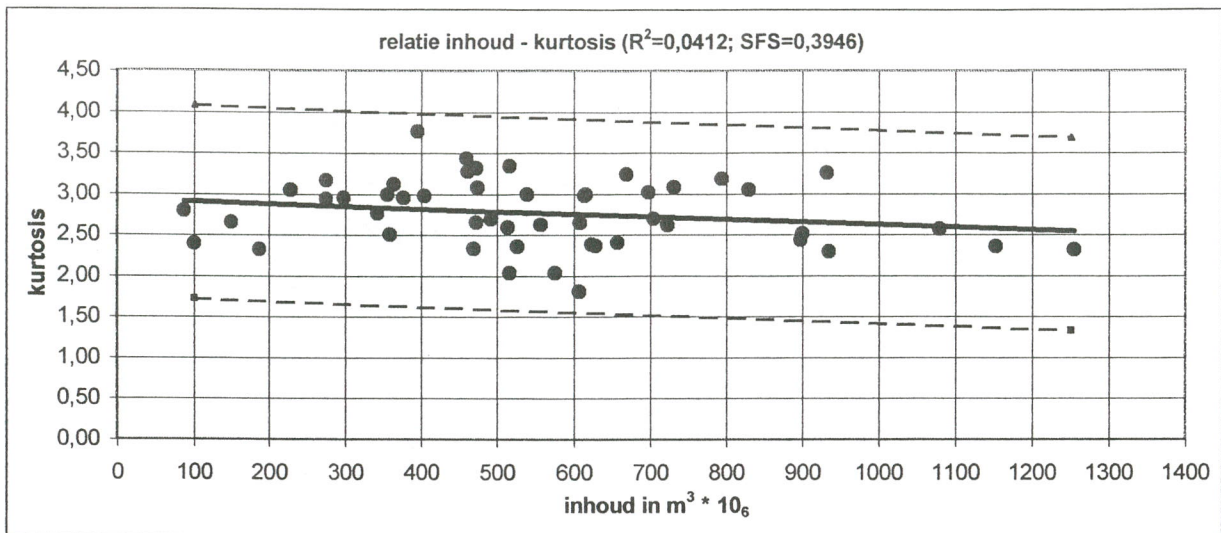


fig.16

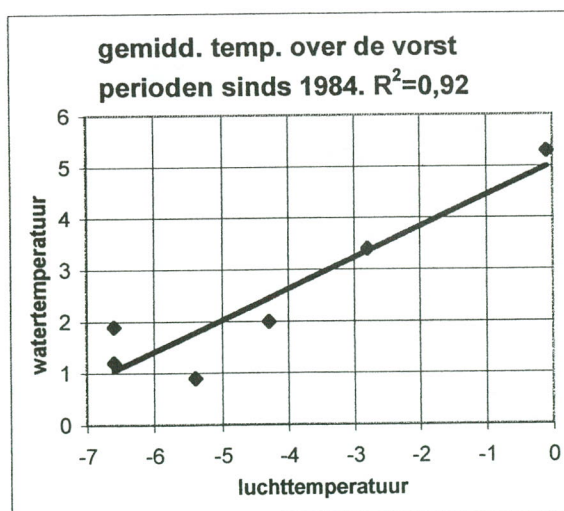
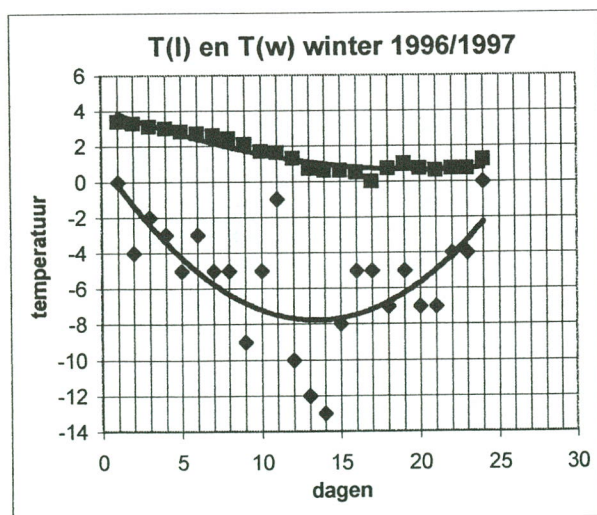
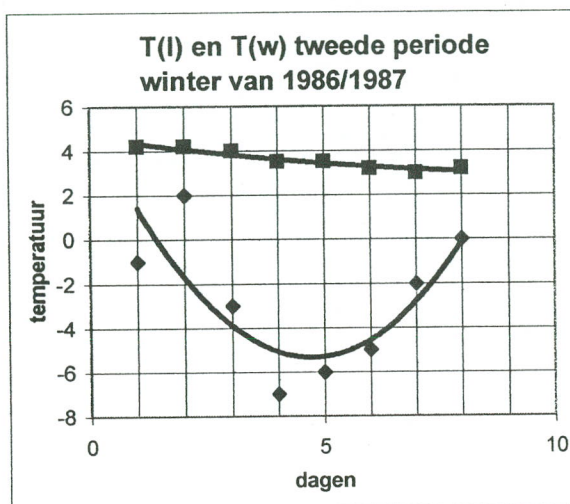
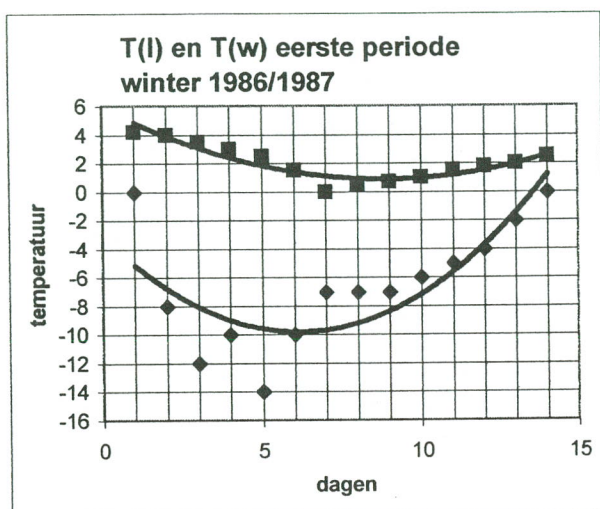
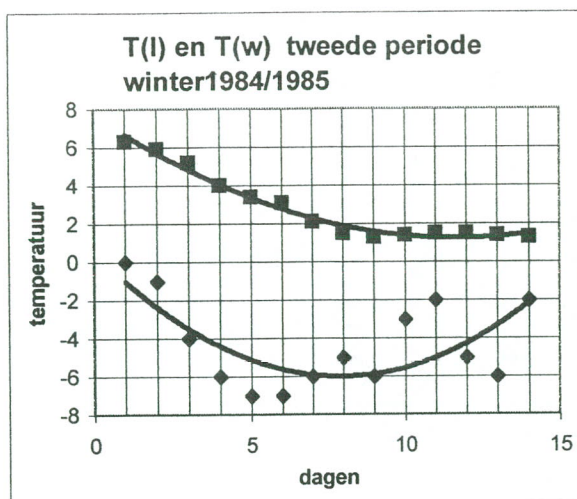
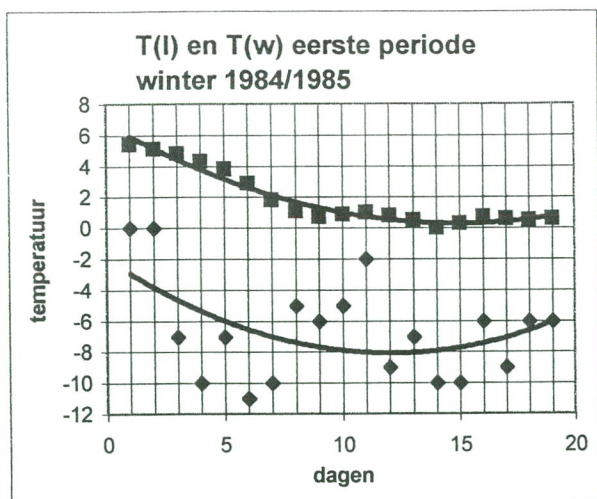


fig.17

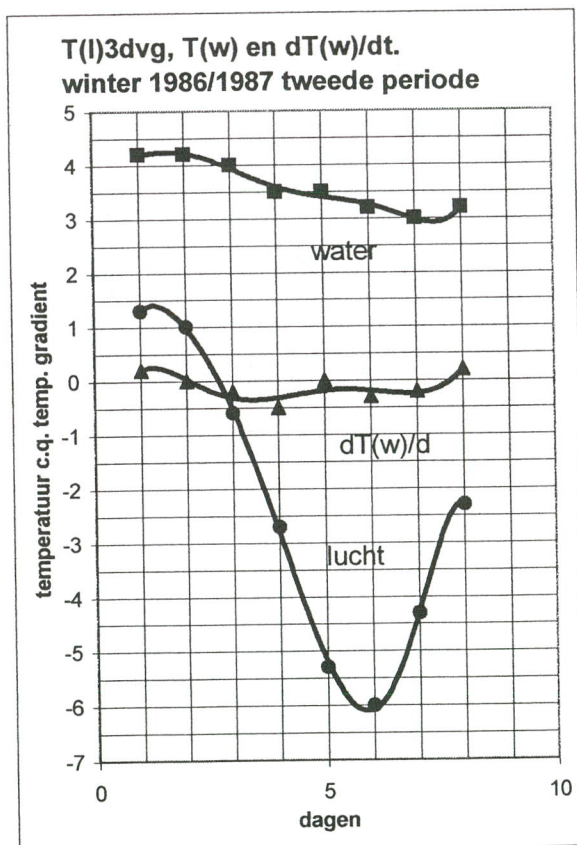
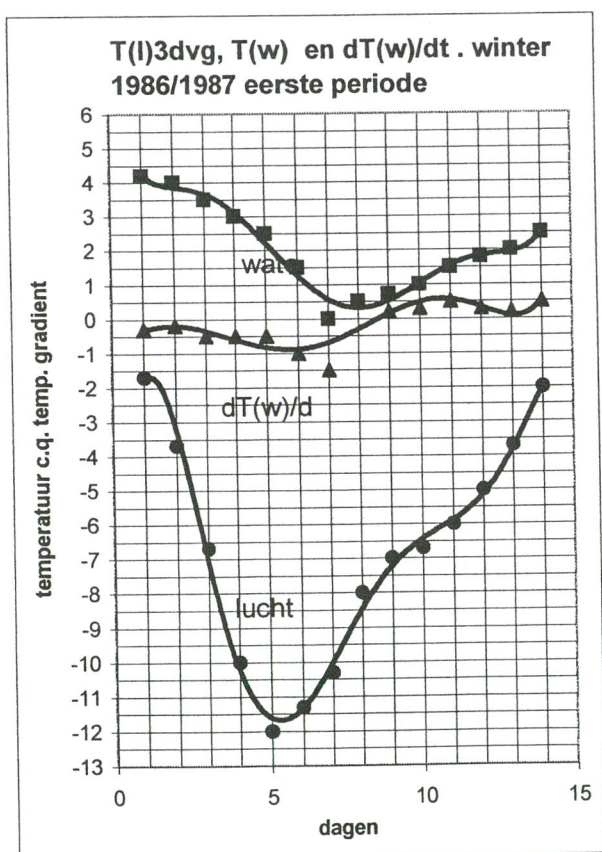
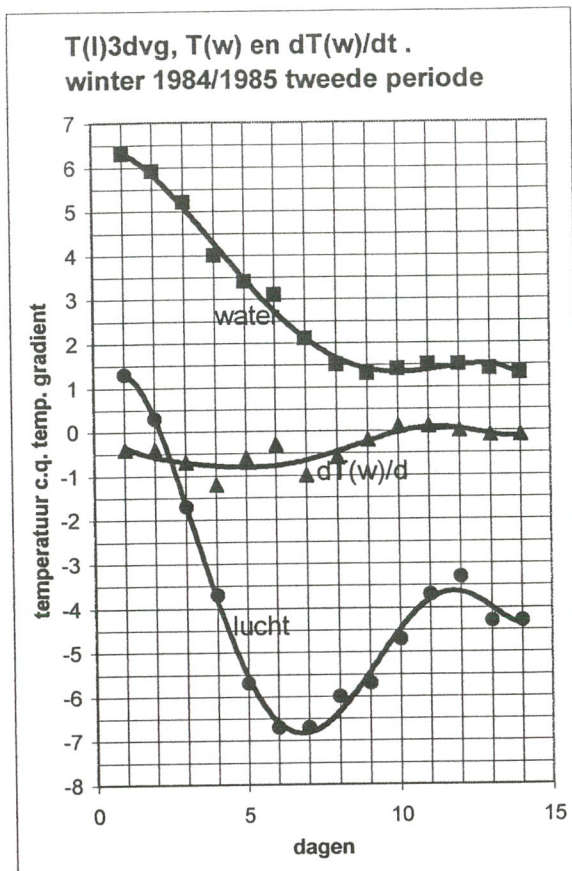
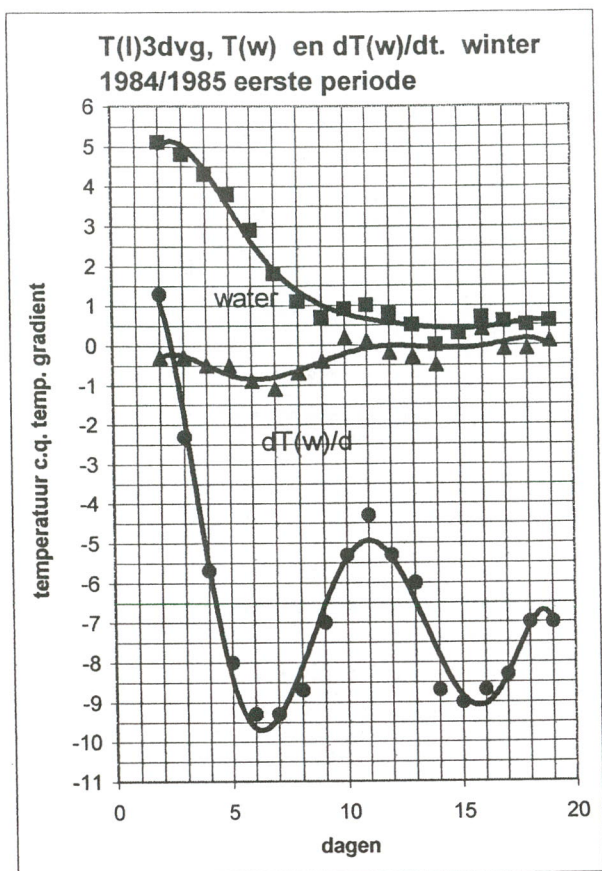


fig.18a

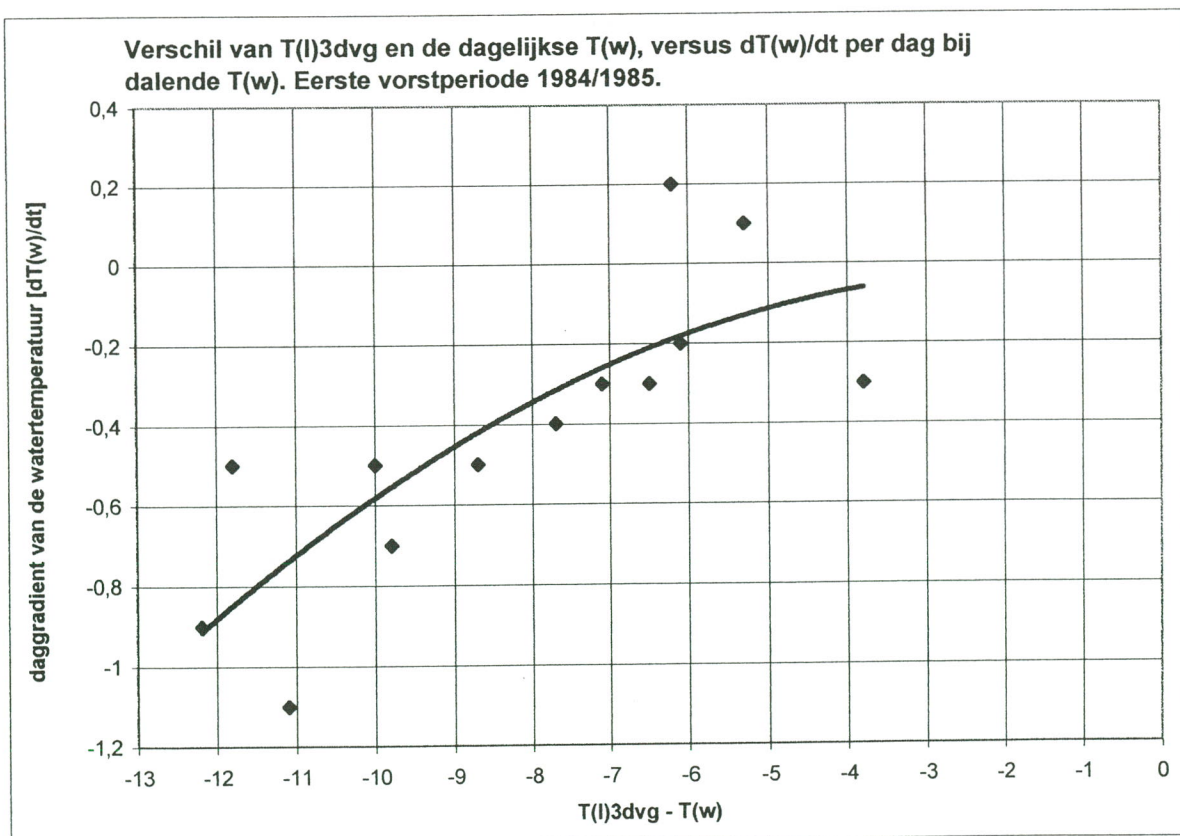
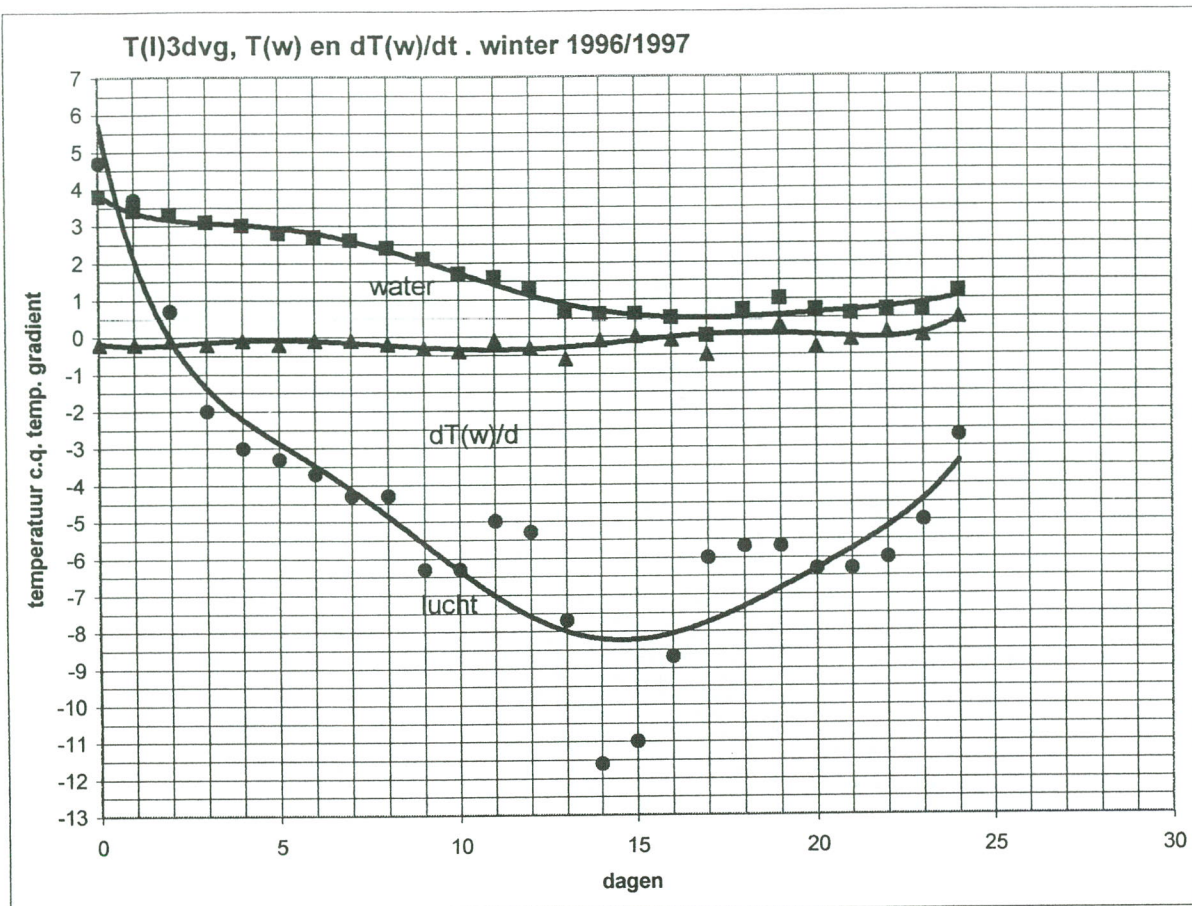


fig.18b

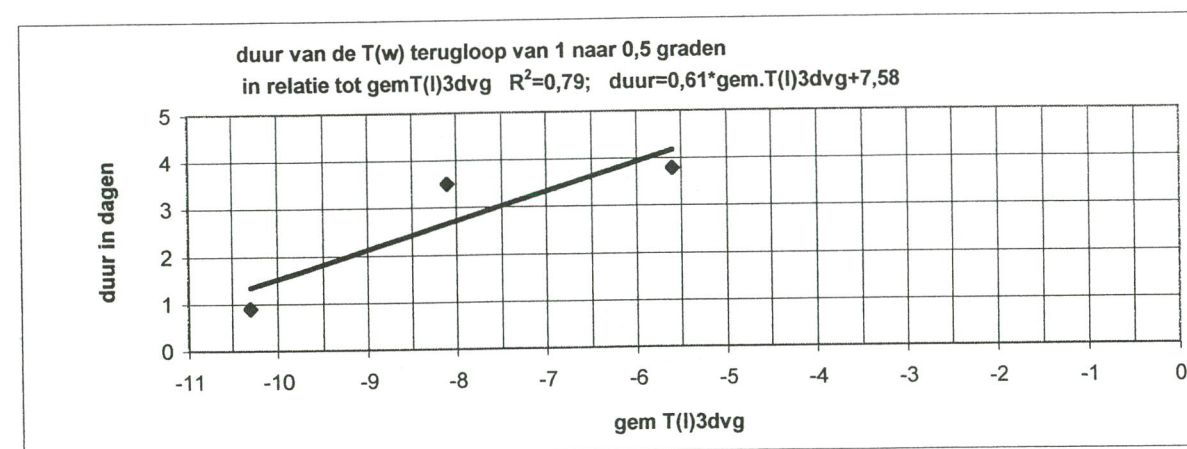
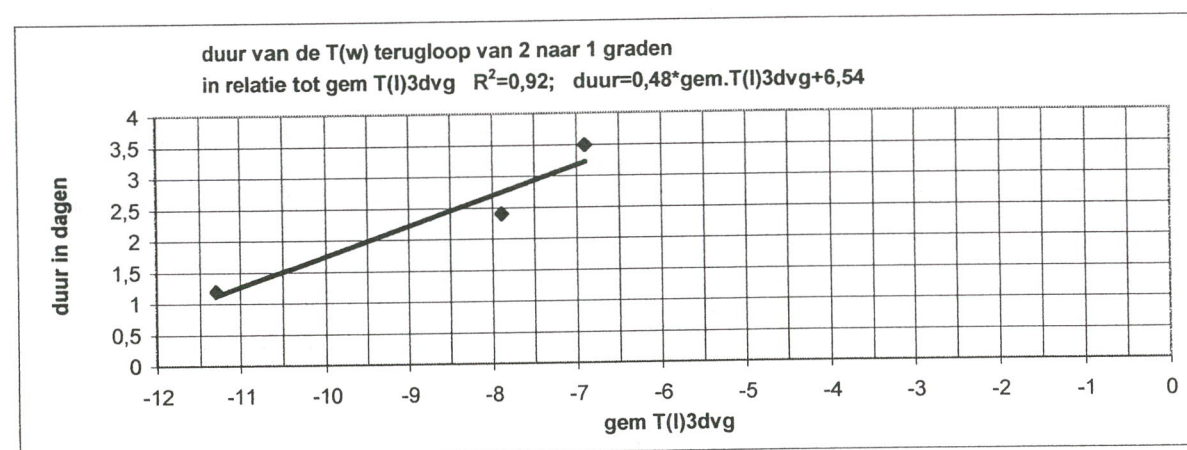
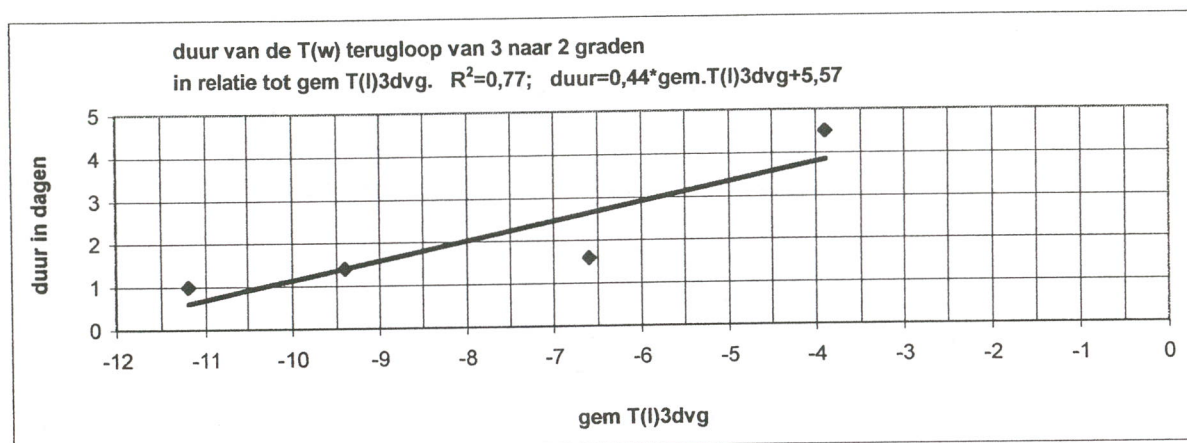
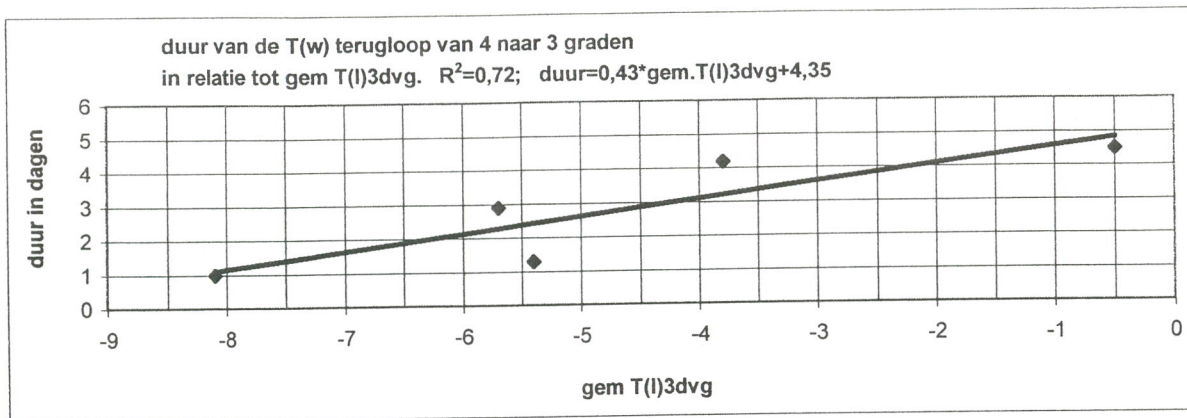


fig.19

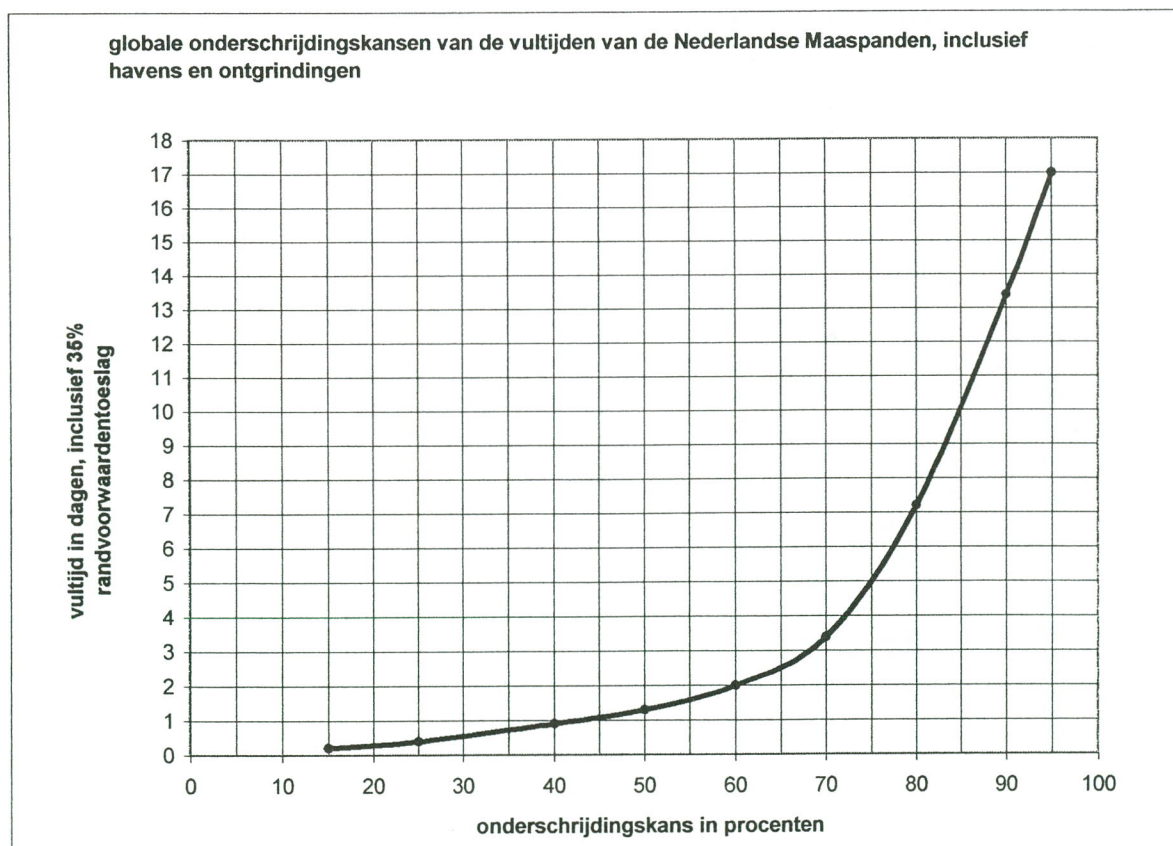
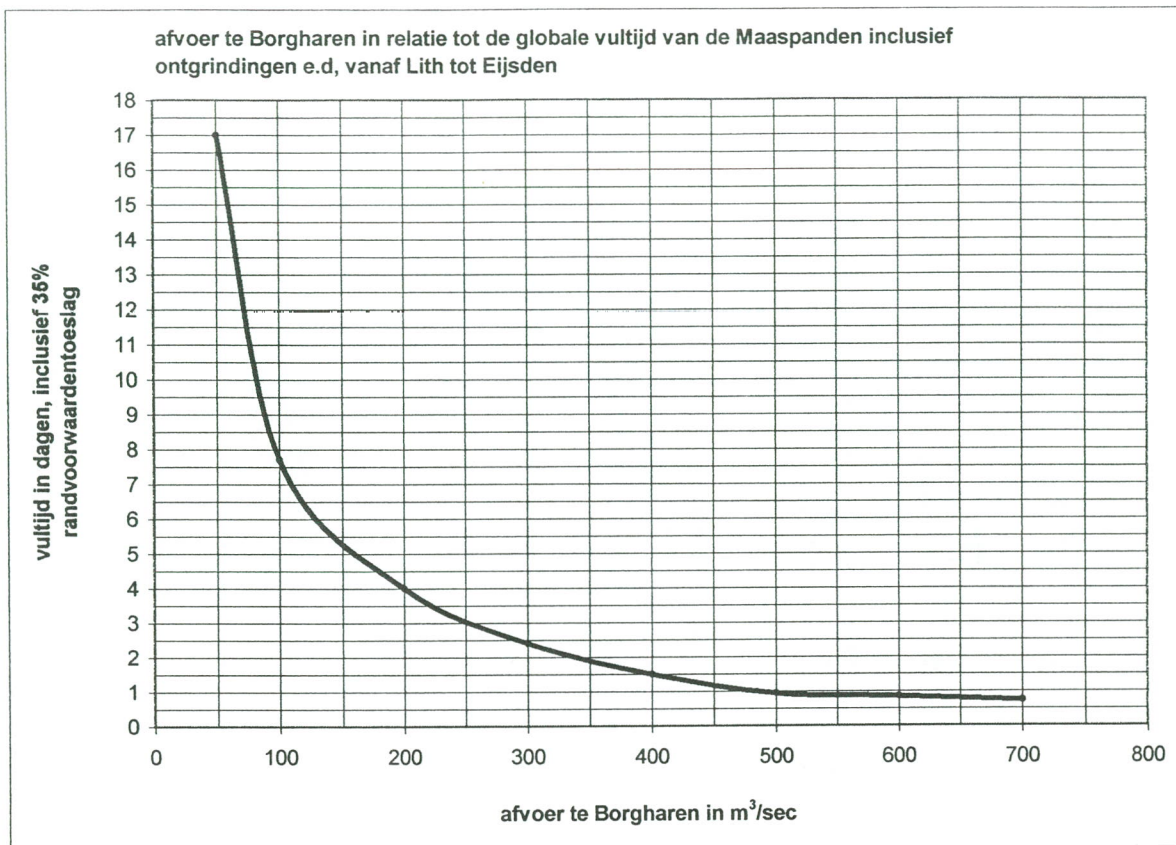


fig.20

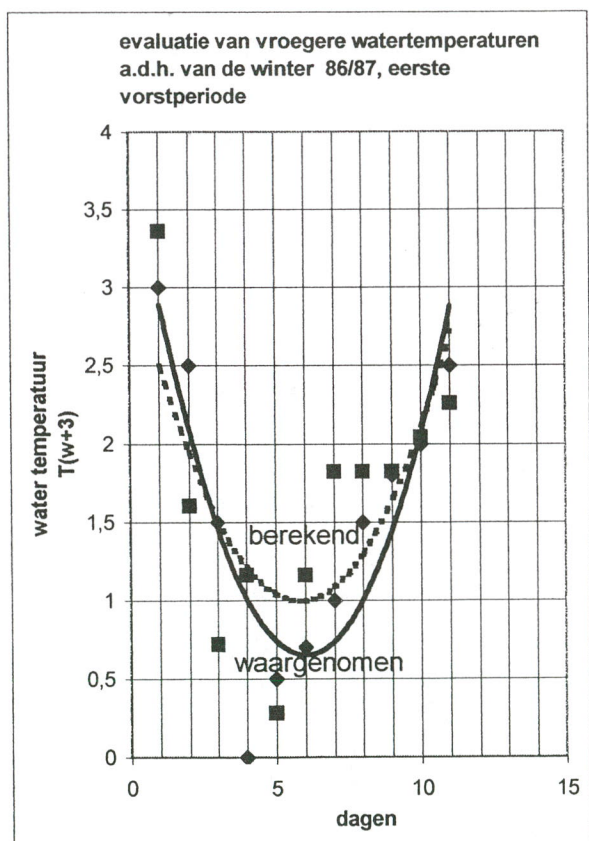
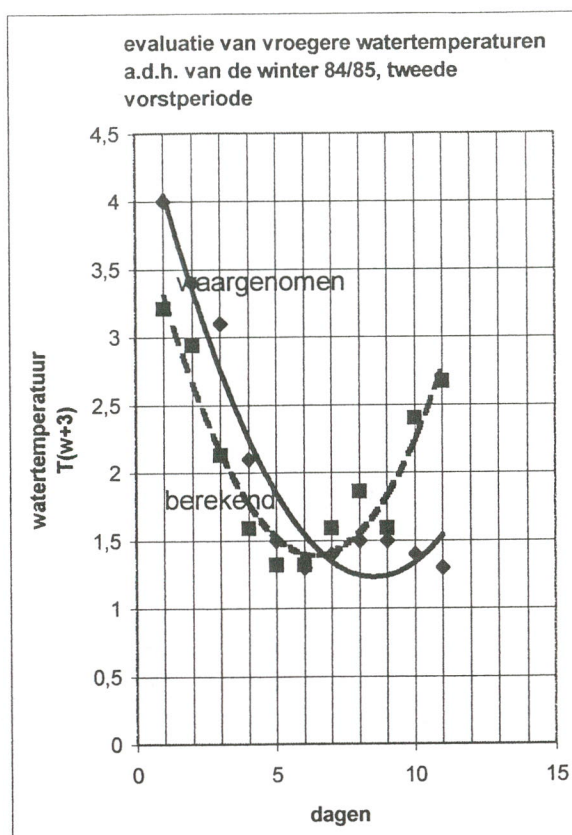
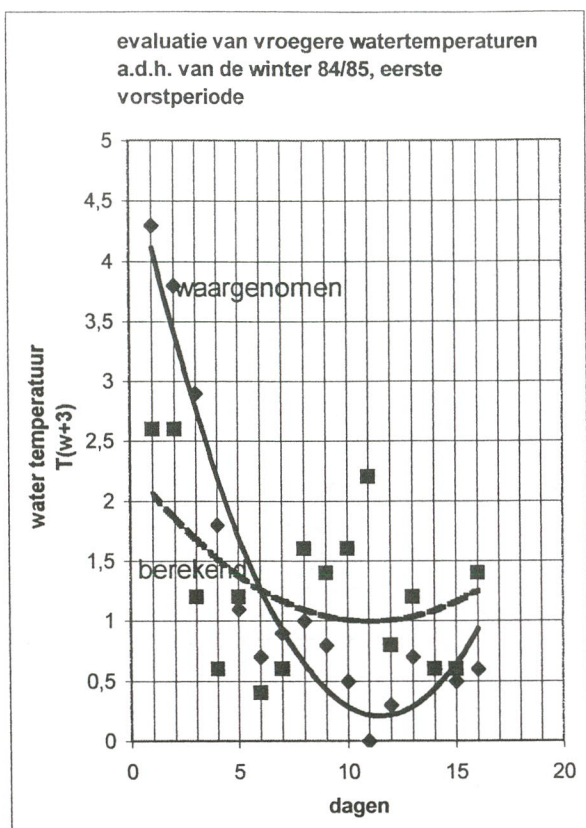


fig.21a

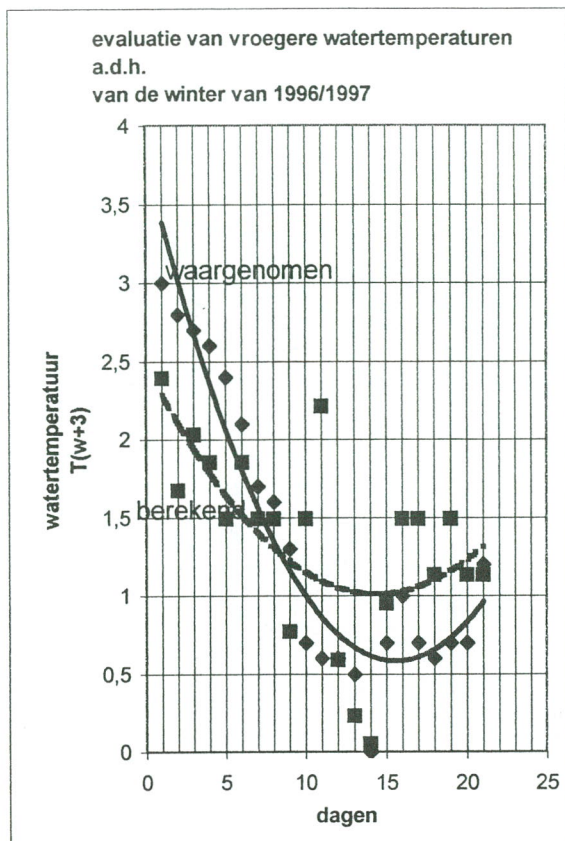
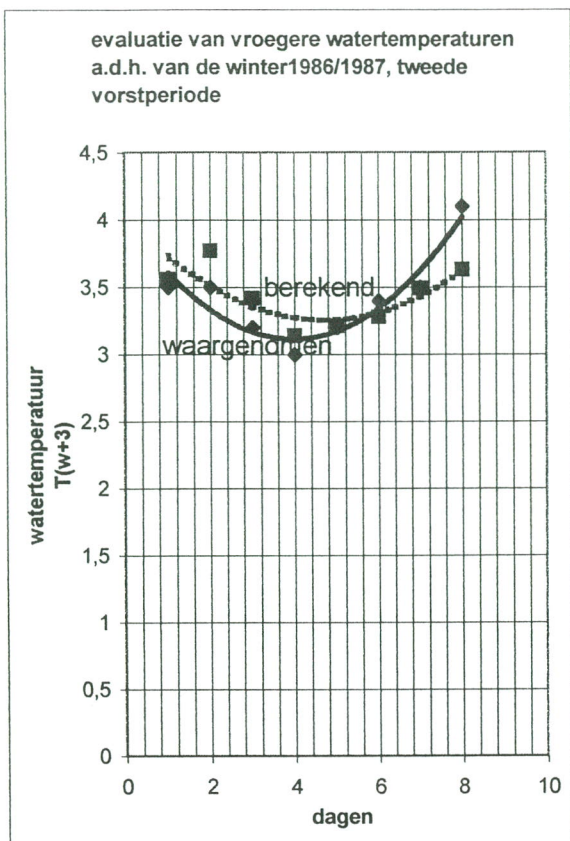


fig.21b

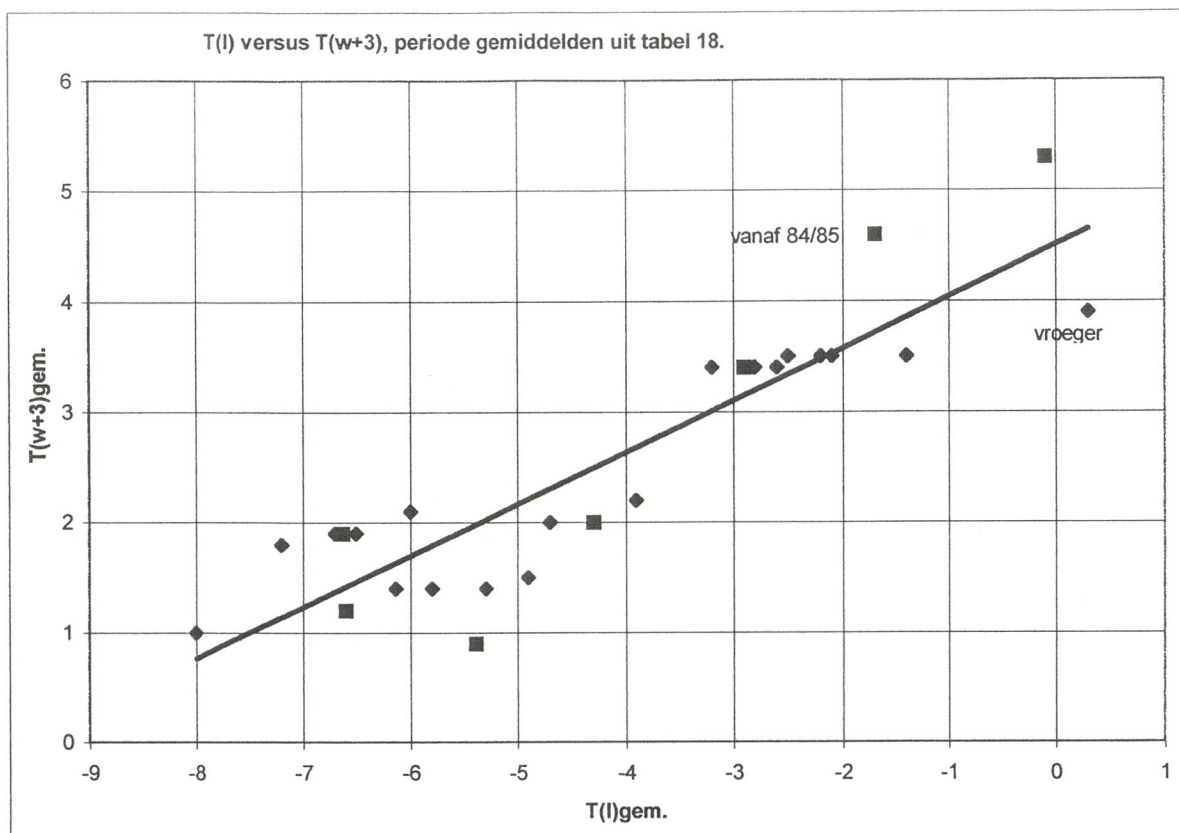


fig.22

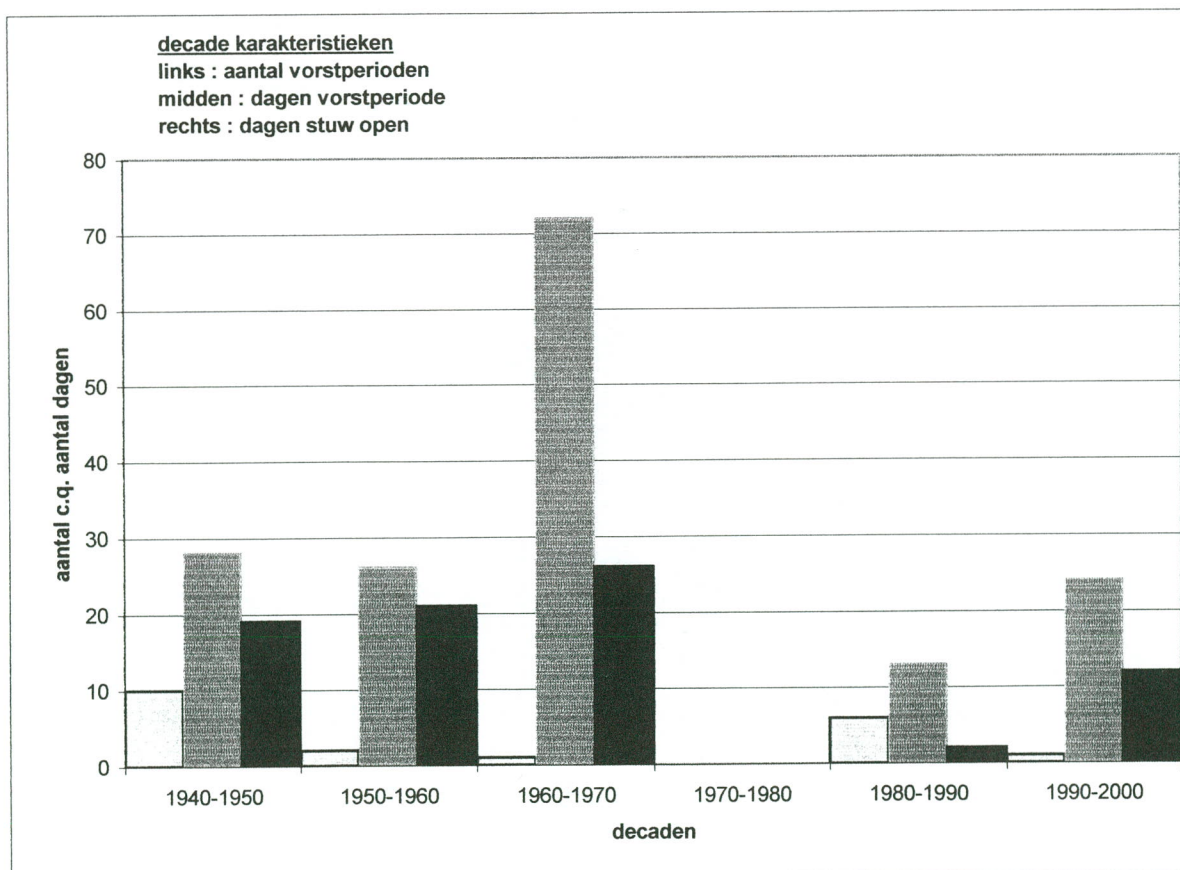
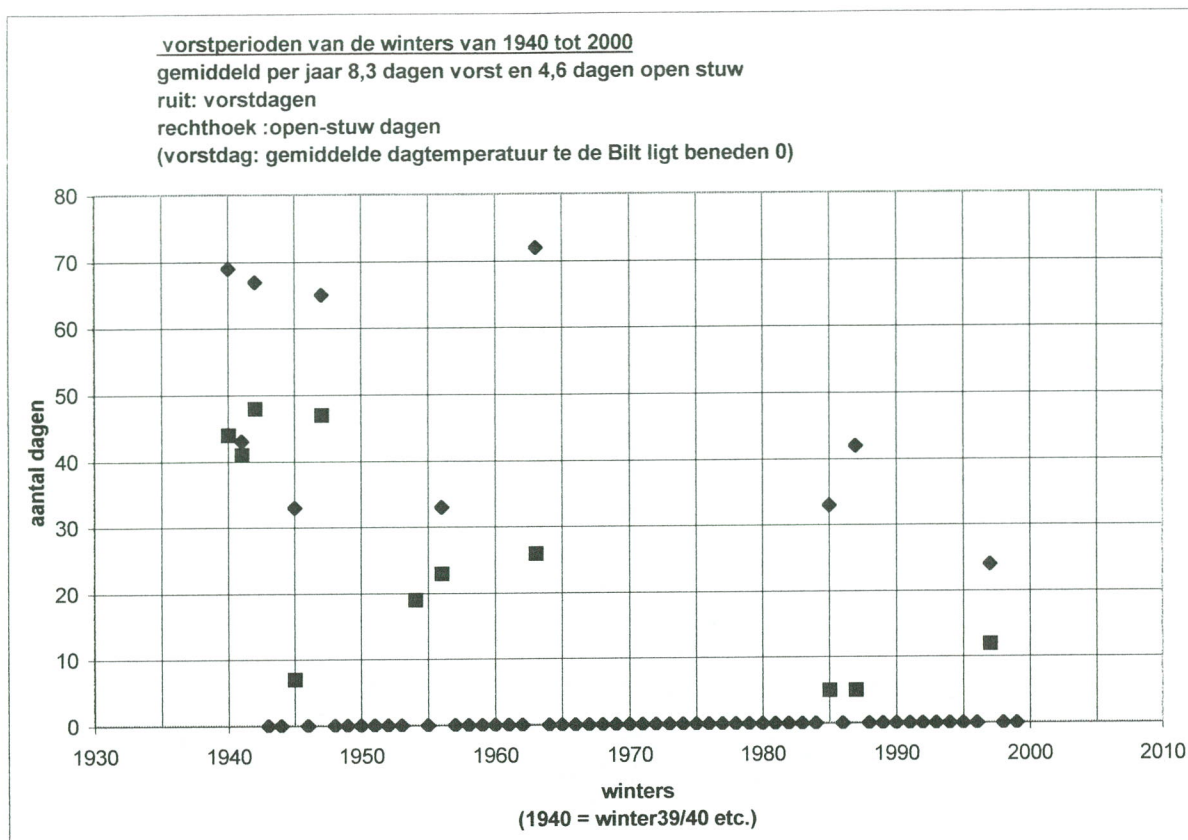
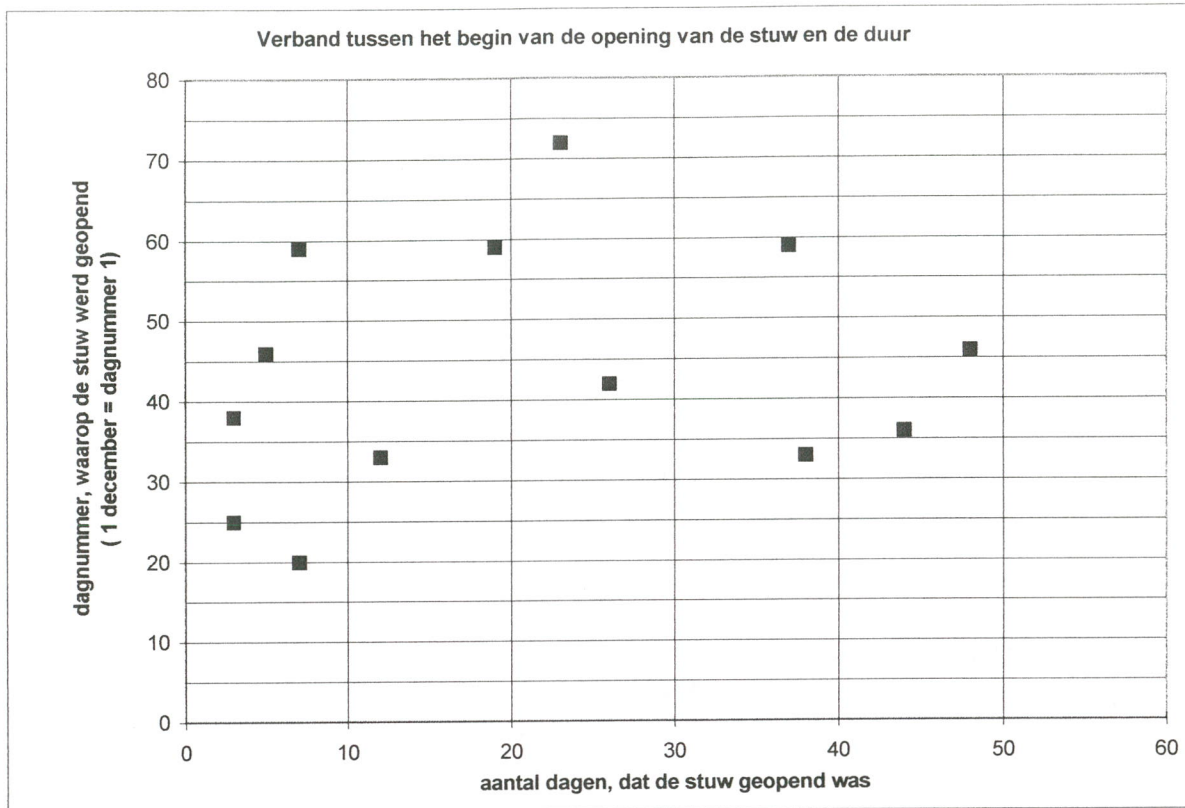
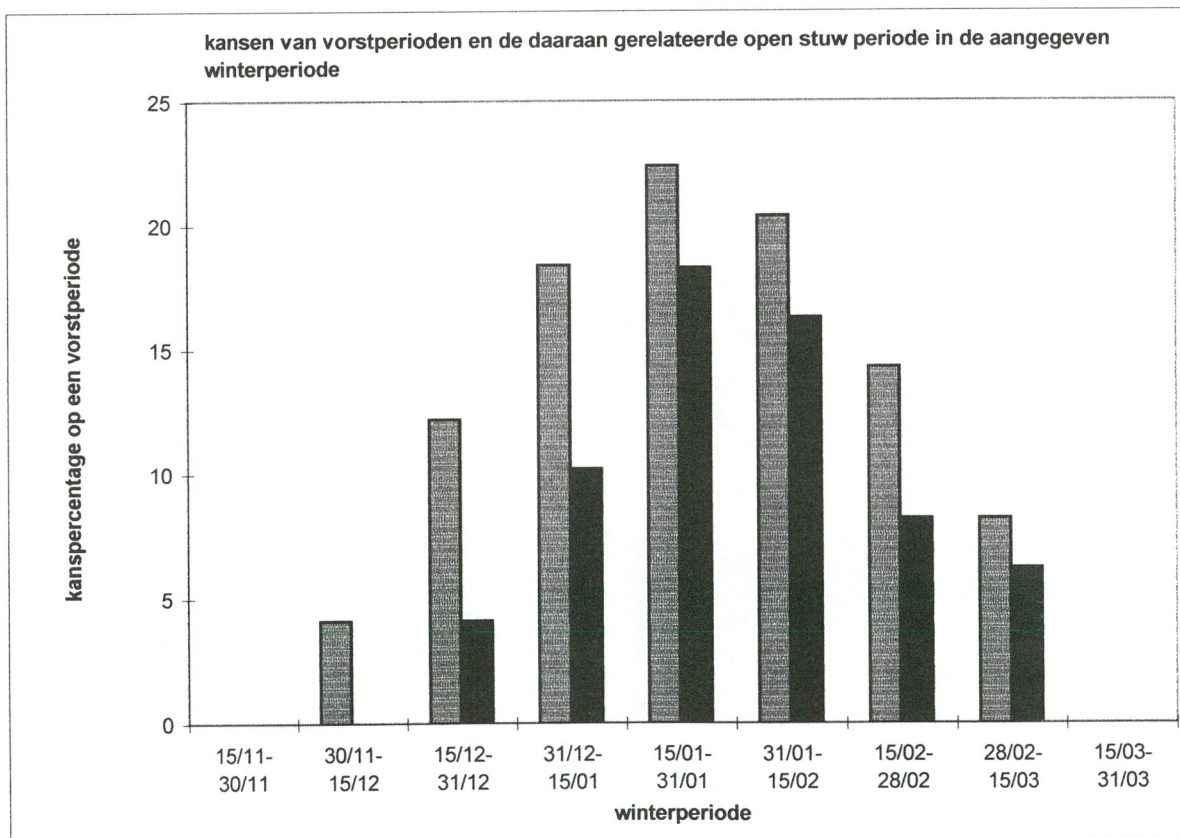


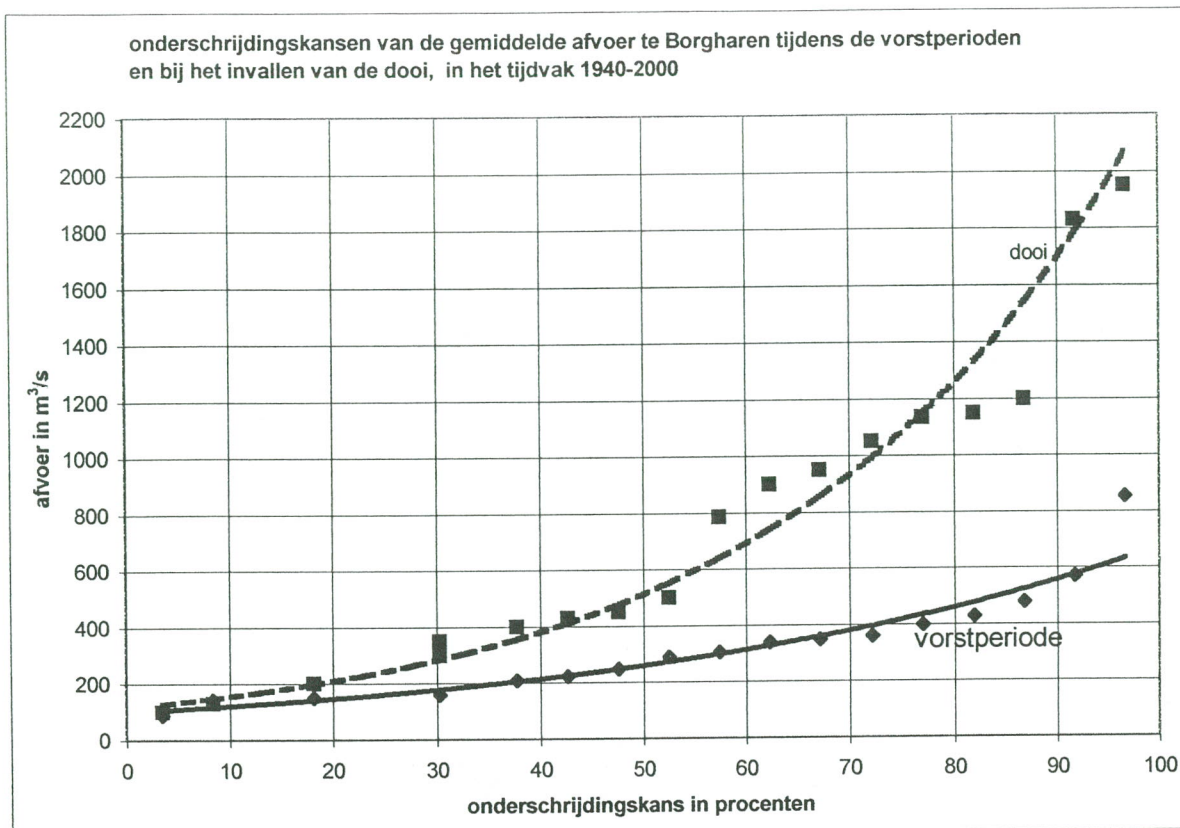
fig.23



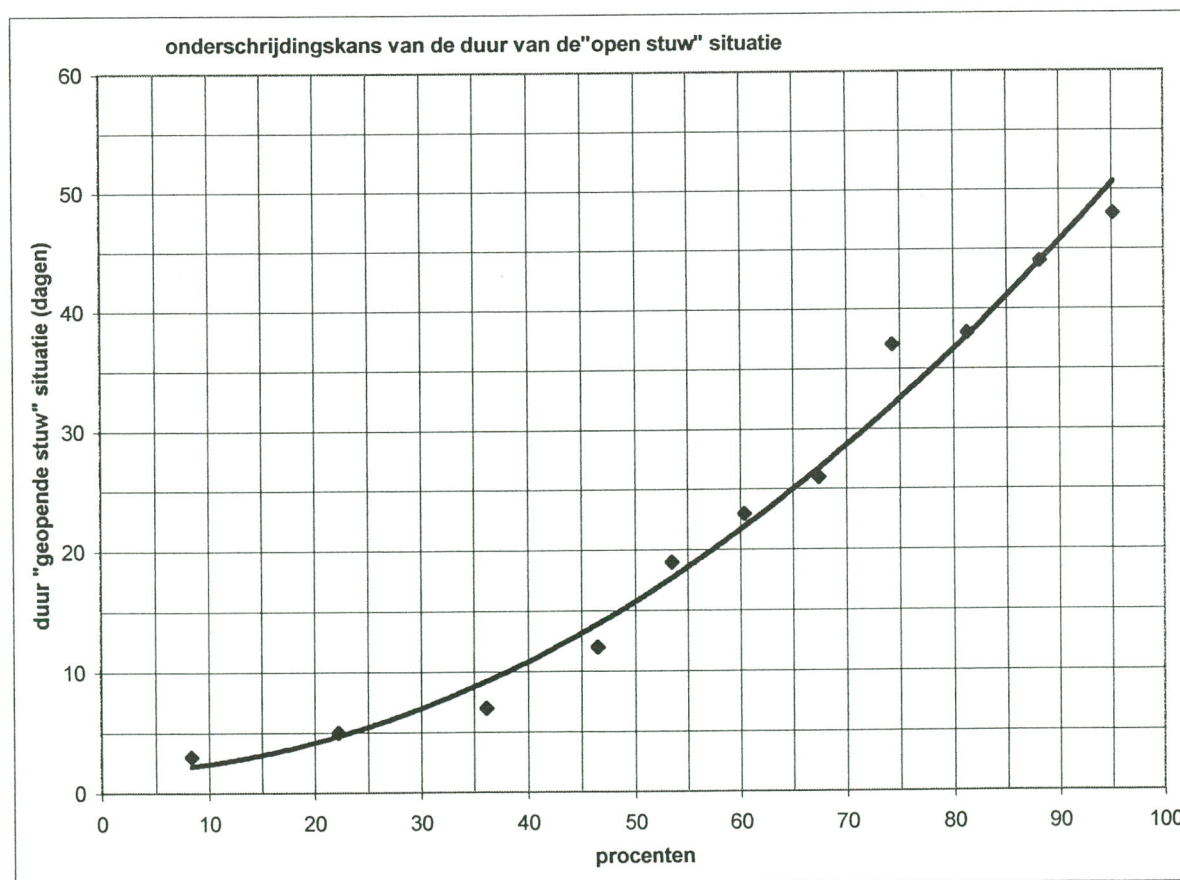
(a)



(b)



(a)



(b)

stroomjaarmaxima** te Borgharen

jaar	gemeten	jaar	gemeten
1643	3075 *	1960	2125
1740	3020 *	1961	1705
1850	2850 *	1962	1077
1880	2950 *	1963	1670
1911	1377	1964	1373
1912	1295	1965	1892
1913	1741	1966	1964
1914	1405	1967	1586
1915	1990	1968	777
1916	1725	1969	2165
1917	1847	1970	950
1918	1295	1971	477
1919	2279 *	1972	1071
1920	673	1973	1071
1921	843	1974	1259
1922	1383	1975	635
1923	1135	1976	1231
1924	2040	1977	1102
1925	3175 *	1978	1367
1926	1604	1979	2200
1927	1355	1980	1349
1928	1361	1981	1418
1929	1107	1982	1165
1930	1725	1983	2550
1931	1289	1984	1635
1932	1383	1985	1760
1933	557	1986	1575
1934	1065	1987	1919
1935	1190	1988	1275
1936	1457	1989	1449
1937	1590	1990	1843
1938	1546	1991	1660
1939	2125	1992	2280
1940	1425	1993	3039
1941	1151	1994	2750
1942	1330	1995	754
1943	950	1996	1093
1944	2011	1997	1051
1945	1765	1998	1863
1946	1560	1999	2118
1947	1605		
1948	622		
1949	1324		
1950	1572		
1951	1700		
1952	1900		
1953	673		
1954	1380		
1955	1830		
1956	1452		
1957	1975		
1958	1254		
1959	804		

* aangepast i.v.m. rivierverruimingen

** het stroomjaar loopt (volgens de definitie van
Rijkswaterstaat) van 1 november tot 1 november
dus stroomjaar 1925 loopt van november 1925 tot november 1926

Rangschikking van gemeten stroomjaartoppen te Borgharen

gemeten	rangnr.	getransf.	herhaling	overschr.	gemeten	rangnr.	getransf.	herhaling	overschr.
m ³ /s	m	m _{trans}	jaren	kans (%)	m ³ /s	m	m _{trans}	jaren	kans (%)
3175	1	1	430	0,23	1383	53	233	1,85	54,15
3075	2	2	215	0,47	1380	54	238	1,81	55,30
3039	3	3	143	0,70	1377	55	243	1,77	56,44
3020	4	4	108	0,93	1373	56	248	1,74	57,58
2950	5	5	86	1,16	1367	57	253	1,70	58,72
2850	6	6	72	1,40	1361	58	257	1,67	59,86
2750	7	7	61	1,63	1355	59	262	1,64	61,00
2550	8	12	36	2,77	1349	60	267	1,61	62,15
2280	9	17	26	3,91	1330	61	272	1,58	63,29
2279	10	22	20	5,05	1324	62	277	1,55	64,43
2200	11	27	16	6,20	1295	63	282	1,53	65,57
2165	12	32	14	7,34	1295	64	287	1,50	66,71
2125	13	36	12	8,48	1289	65	292	1,47	67,86
2125	14	41	10	9,62	1275	66	297	1,45	69,00
2118	15	46	9,3	10,76	1259	67	302	1,43	70,14
2040	16	51	8,4	11,90	1254	68	307	1,40	71,28
2011	17	56	7,7	13,05	1231	69	311	1,38	72,42
1990	18	61	7,0	14,19	1190	70	316	1,36	73,57
1975	19	66	6,5	15,33	1165	71	321	1,34	74,71
1964	20	71	6,1	16,47	1151	72	326	1,32	75,85
1919	21	76	5,7	17,61	1135	73	331	1,30	76,99
1900	22	81	5,3	18,76	1107	74	336	1,28	78,13
1892	23	86	5,0	19,90	1102	75	341	1,26	79,27
1863	24	90	4,8	21,04	1093	76	346	1,24	80,42
1847	25	95	4,5	22,18	1077	77	351	1,23	81,56
1843	26	100	4,3	23,32	1071	78	356	1,21	82,70
1830	27	105	4,1	24,47	1071	79	361	1,19	83,84
1765	28	110	3,9	25,61	1065	80	365	1,18	84,98
1760	29	115	3,7	26,75	1051	81	370	1,16	86,13
1741	30	120	3,6	27,89	950	82	375	1,15	87,27
1725	31	125	3,4	29,03	950	83	380	1,13	88,41
1725	32	130	3,3	30,17	843	84	385	1,12	89,55
1705	33	135	3,2	31,32	804	85	390	1,10	90,69
1700	34	140	3,1	32,46	777	86	395	1,09	91,83
1670	35	144	3,0	33,60	754	87	400	1,08	92,98
1660	36	149	2,9	34,74	673	88	405	1,06	94,12
1635	37	154	2,8	35,88	673	89	410	1,05	95,26
1605	38	159	2,7	37,03	635	90	415	1,04	96,40
1604	39	164	2,6	38,17	622	91	419	1,03	97,54
1590	40	169	2,54	39,31	557	92	424	1,01	98,69
1586	41	174	2,47	40,45	477	93	429	1,00	99,83
1575	42	179	2,40	41,59					
1572	43	184	2,34	42,73					
1560	44	189	2,28	43,88					
1546	45	194	2,22	45,02					
1457	46	198	2,17	46,16					
1452	47	203	2,11	47,30					
1449	48	208	2,06	48,44					
1425	49	213	2,02	49,59					
1418	50	218	1,97	50,73					
1405	51	223	1,93	51,87					
1383	52	228	1,89	53,01					

Herhalingstijden in jaren volgens de
theorie van Dalrymple [9]

Uit metingen geschatte parameters voor de theoretische verdelingen

Zie fig.2

Normale verdeling: $x_{\text{gem.}} = 1504$ en $s_x = 491$

Lognormale verdeling: $x_{\text{gem. ln } x} = 7,2652$ en $s_{\ln x} = 0,3182$

Gumbel verdeling: $\alpha = 0,002572$ en $\beta = 1279,9$

Pearson verdeling: $\alpha = 4,269451$ en $\beta = 241,0146$ en ondergrens = $477 \text{ m}^3/\text{s}$

Exponentiele verdeling: $\lambda_{\text{oploop}} = 0,004217$ en $x^* = x-799$

$\lambda_{\text{daling}} = 0,002698$ en $x^* = x-1420$

Zie fig.3a

Exponentiele verdeling: grens 1975, $\lambda = 0,003289$ en $x^* = x-1985$

grens 2225, $\lambda = 0,003348$ en $x^* = x-2301$

grens 2350, $\lambda = 0,004792$ en $x^* = x-2586$

Zie fig, 3b

Exponentiele verdeling: grens 1975, $\lambda = 0,003160$ en $x^* = x-1987$

grens 2225, $\lambda = 0,003533$ en $x^* = x-2365$

grens 2350, $\lambda = 0,004178$ en $x^* = x-2517$

reeks van alle relatieve golven vanaf 1931 met hun kenmerken

datum	Q' max	duur	mu 0	mu 1	(mu2) ^{0,5}	mu 3	mu 4	Q _{basisafvoer}
top Q	08-uur	dagen	m ³ * 10 ⁻⁶	dagen			**	
	m ³ /s						gehom.	m ³ /s
5-1-31	1107	16	731	6,37	3,56	0,71	3,08	318
15-1-38	942	13	514	5,44	2,94	0,58	2,60	583
25-1-39	582	6	149	3,48	1,19	0,22	2,66	899
29-11-39	1463	14	793	5,24	3,11	0,80	3,19	597
6-11-40	1264	9	526	4,64	2,13	0,50	2,36	96
26-11-44	1348	14	933	7,48	3,40	0,21	2,30	492
13-2-45	716	5	187	2,89	1,13	0,23	2,33	1229
8-2-46	1061	15	899	6,55	3,29	0,32	2,52	579
9-4-47	1106	10	473	4,41	1,86	0,50	3,08	389
4-1-48	749	10	297	4,75	2,26	0,77	2,96	746
16-1-48	841	10	355	4,23	2,28	0,67	3,00	699
21-1-51	719	8	227	4,69	1,49	-0,04	3,05	766
4-1-52	971	9	376	4,13	2,00	0,61	2,96	442
13-1-52	1087	15	557	5,65	3,63	0,71	2,63	543
13-2-52	887	7	273	2,69	1,53	0,79	3,17	553
22-12-52	881	10	468	4,71	2,51	0,39	2,34	974
19-1-55	866	14	607	6,27	3,26	0,31	2,65	494
5-3-56	1464	10	516	4,02	2,03	0,73	3,34	366
16-2-57	789	8	358	4,51	1,86	0,14	2,51	633
27-2-57	413	4	86	1,95	0,83	0,48	2,80	947
27-2-58	1270	14	697	6,70	3,00	0,27	3,02	680
6-12-60	1060	9	404	4,20	1,89	0,58	2,98	540
1-2-61	1875	16	1254	8,38	3,93	0,35	2,32	250
14-2-62	1181	13	613	5,29	2,91	0,57	2,98	464
22-11-63	1068	12	472	5,07	2,35	0,58	3,32	462
11-12-65	1061	13	656	6,78	3,20	-0,06	2,41	786
21-12-65	997	14	627	6,96	3,37	0,21	2,37	895
4-1-66	764	8	273	3,90	1,53	0,12	2,94	926
13-12-66	1368	15	1078	7,01	3,87	0,52	2,57	482
25-12-67	1277	13	722	5,46	3,52	0,57	2,62	309
16-1-68	812	11	491	5,12	2,75	0,44	2,70	558
23-2-70	1582	15	828	6,14	3,41	0,68	3,05	583
12-12-79	1356	16	1151	8,55	4,00	0,21	2,36	100
6-2-80	854	13	539	5,57	2,91	0,47	3,00	559
8-2-84	1571	11	615	5,87	2,09	-0,20	3,00	979
24-11-84	1424	15	668	5,60	3,00	0,90	3,24	201
1-4-86	1060	11	363	5,89	2,01	0,06	3,13	604
3-1-87	992	13	472	6,22	2,69	0,40	2,66	563
17-3-88	1297	11	704	4,78	2,58	0,58	2,70	613
16-2-90	1184	15	622	7,54	3,30	0,39	2,38	256
5-1-91	867	13	516	5,84	3,23	0,49	2,03	976
23-12-91	1300	10	394	3,99	1,90	1,04	3,77	345
13-1-93	1972	15	931	5,77	3,38	1,02	3,26	293
22-12-93	2009	10	896	4,66	2,25	0,52	2,44	1030
8-1-94	389	5	99	2,73	1,03	0,13	2,40	1199
30-1-95	1073	10	575	4,69	2,03	0,08	2,04	1591
2-11-98	1140	14	461	6,38	2,61	0,23	3,28	658
4-3-99	807	10	341	4,11	2,27	0,72	2,77	685
14-12-99	1014	11	606	5,21	3,07	0,28	1,81	433
27-12-99	1291	10	459	4,28	1,92	0,82	3,44	751

tabel 4

Afvoeren en waterstanden voor het Empirisch onderzoek

datum top	Q _{08u.max} Borgharen	Q _{basis} Borgharen	Q' _{08u.max} Borgharen	Sobek waterst Venlo NAP+	waterst Venlo uit Q _{B-Hv} NAP+		Sobek waterst Mook NAP+	waterst Mook uit Q _{B-H_M} NAP +	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(5) - (6)	(8)	(9)	(8) - (9)
8-2-84	2550 groot	979 groot	1571 groot	17,82	17,83	-1	11,12	11,17	-5
24-11-84	1625 gem	201 klein	1424 groot	15,87	16,10	-23	9,37	9,66	-29
1-4-86	1664 gem	604 gem	1060 gem	16,03	16,19	-16	9,49	9,74	-25
3-1-87	1555 klein	563 gem	992 gem	15,80	15,93	-13	9,30	9,52	-22
17-3-88	1910 groot	631 gem	1297 groot	16,91	16,78	+13	10,30	10,26	+4
16-2-90	1440 klein	256 klein	1184 groot	15,30	15,62	-32	8,96	9,27	-31
5-1-91	1843 gem	976 groot	867 gem	16,81	16,62	+19	10,20	10,12	+8
23-12-91	1645 gem	345 klein	1300 groot	15,82	16,15	-33	9,30	9,70	-40
13-1-93	2265 groot	293 klein	1972 groot	17,17	17,40	-23	10,45	10,79	-34
22-12-93	3039 groot	1030 groot	2009 groot	18,47	18,62	-15	11,72	11,87	-15
8-1-94	1588 klein	1199 groot	389 klein	16,16	16,01	+15	9,64	9,58	+6
30-1-95	2664 groot	1591 groot	1073 gem	18,25	18,02	+23	11,65	11,34	+31
2-11-98	1798 gem	658 gem	1140 groot	16,28	16,52	-24	9,70	10,03	-33
4-3-99	1492 klein	685 gem	807 klein	15,76	15,78	-2	9,28	9,38	-10
14-12-99	1447 klein	433 klein	1014 gem	15,62	15,64	-2	9,16	9,28	-12
27-12-99	2042 groot	751 groot	1291 groot	16,96	17,06	-10	10,26	10,50	-24
						-8±18			-14±19

Golfkenmerken voor het Empirisch onderzoek

datum	mu 0	mu 1	(mu2) ^{0,5}	mu 3	mu 4	golfduur
top Q	m ³ * 10 ⁻⁶	dagen				Dagen
8-02-84	615 gem	5,87 groot	2,09 gem	0,20 klein	3,00 groot	11
24-11-84	668 gem	5,60 gem	3,00 groot	0,90 groot	3,24 groot	15
1-04-86	363 gem	5,89 groot	2,01 gem	0,06 klein	3,13 groot	11
3-01-87	472 gem	6,22 groot	2,69 groot	0,40 gem	2,66 gem	13
17-03-88	704 groot	4,78 gem	2,58 gem	0,58 groot	2,70 gem	11
16-02-90	622 gem	7,54 groot	3,30 groot	0,39 gem	2,38 gem	15
5-01-91	516 gem	5,84 groot	3,23 groot	0,49 gem	2,03 klein	13
23-12-91	394 gem	3,99 gem	1,90 gem	1,04 groot	3,77 groot	10
13-01-93	931 groot	5,77 groot	3,38 groot	1,02 groot	3,26 groot	15
22-12-93	896 groot	4,66 gem	2,25 gem	0,52 groot	2,44 gem	10
8-01-94	99 klein	2,73 klein	1,03 klein	0,13 klein	2,40 gem	5
30-01-95	575 gem	4,69 gem	2,03 gem	0,08 klein	2,04 klein	10
2-11-98	461 gem	6,38 groot	2,61 gem	0,23 gem	3,28 groot	14
4-03-99	341 klein	4,11 gem	2,27 gem	0,72 groot	2,77 gem	10
14-12-99	606 gem	5,21 gem	3,07 groot	0,28 gem	1,81 klein	11
27-12-99	459 gem	4,28 gem	1,92 gem	0,82 groot	3,44 groot	10

	klein	gem	Groot
Q _{08u.max}	<1600	1600-1850	>1850
Q _{basis}	<500	500-750	>750
Q' _{08u.max}	<850	850-1100	>1100
mu 0	<360*10 ⁶	360-690	>690*10 ⁶
mu 1	<3,85	3,85-5,70	>5,70
(mu 2) ^{0,5}	<1,75	1,75-2,65	>2,65
mu 3	<0,15	0,15-0,50	>0,50
mu 4 ^{**}	<2,4	2,4-2,9	>2,9

classificatie, ontleend aan alle golven sinds 1931 (tabel 4)

tabel 5

Pearson III

μ_0

$X_{\text{gem.}}=560$
 $\text{ondergr.}=86$
 $(X-X_0)_{\text{gem.}}=474$
 $S_X=251$
 $a=3,57$
 $b=132,91$
 $ab=474$
 $ab^2=251^2$
 $X^*=X-86$

$f_{\text{empirisch}}$	midden X	$f_{\text{PearsonIII}}$
0	86	0
10	170	7
20	336	26
28	503	29
24	670	20
8	837	11
6	1004	5
4	1171	2
100		100

LN

μ_4

$u_{\text{ln}}=1,006941$
 $s_{\text{ln}}=0,154311$

$f_{\text{empirisch}}$	midden X	f_{LN}
6	1,95	2
12	2,23	8
22	2,51	20
14	2,79	27
32	3,07	23
10	3,35	14
4	3,63	6
100		100

EXP.

$Q_{08u.\text{max.}}$

$X_{\text{gem.}}=1749$
 $S_X=333$
 $X^*=X-(1749-333)=X-1416$
 Labda
 $=1/S_X=0,00300$

$f_{\text{empirisch}}$	midden X	$f_{\text{exponentieel}}$
46	1480	52
20	1720	25
22	1960	12
6	2200	6
2	2439	3
2	2679	1
2	2919	1
100		100

Pearson III

Q_{basis}

$X_{\text{gem.}}=622$
 $\text{ondergr.}=96$
 $(X-X_0)_{\text{gem.}}=526$
 $S_X=298$
 $a=3,11558$
 $b=168,8289$
 $ab=526$
 $ab^2=298^2$
 $X^*=X-96$

$f_{\text{empirisch}}$	midden X	$f_{\text{PearsonIII}}$
0	96	0
14	203	11
22	417	32
34	630	28
16	843	17
8	1057	8
4	1271	3
2	1484	1
100		100

DICHTHEID:

Pearson III: $\varphi(X^*, a, b) = [b^a \Gamma(a)]^{-1} (X^*)^{a-1} \exp[-(X^*)/b]$

LN: $\varphi(X, u_{\text{ln}}, s_{\text{ln}}) = (X s_{\text{ln}} \sqrt{2\pi})^{-1} \exp[-\frac{1}{2}\{(\ln X - u_{\text{ln}}) / s_{\text{ln}}\}^2]$

Exp: $\varphi(X^*, \lambda) = \lambda \exp[-\lambda X^*]$

tabel 6

Simulatie onderzoek

Gevoeligheid van de waterstanden bij variërende μ 0 en μ 4 binnen hun klassebreedte
Basisafvoer 500-, 1000- en 1500 m³/s voor piekafvoeren van resp. 1500-, 2500- en 3150 m³/s

Venlo

afvoer	mu 0*10 ⁶	mu 4	Hvenlo	delta H	0,01m=9*10 ⁶ m ³
1500	454	2,65	15,68	0,03	
	427	2,65	15,65		
2500	574	2,77	17,84	0,2	0,01m=7,4*10 ⁶ m ³
	427	2,77	17,64		
3150	592	2,87	18,71	0,06	0,01m=11,5*10 ⁶ m ³
	523	2,87	18,65		
1500	436	2,61	15,66	-0,09	0,01m= - 0,027 kurtosis
	436	2,37	15,75		
2500	574	2,77	1784	0,01	0,01m= 0,13 kurtosis
	574	2,64	17,83		
3150	592	2,87	18,71	0,03	0,01m= 0,07 kurtosis
	592	2,66	18,68		

Mook

afvoer	mu 0*10 ⁶	mu 4	Hmook	delta H	0,01m=9*10 ⁶ m ³
1500	454	2,65	9,21	0,03	
	427	2,65	9,18		
2500	574	2,77	11,18	0,31	0,01m=4,7*10 ⁶ m ³
	427	2,77	10,87		
3150	592	2,87	12	0,08	0,01m=8,6*10 ⁶ m ³
	523	2,87	11,92		
1500	436	2,61	9,19	-0,08	0,01m= - 0,03 kurtosis
	436	2,37	9,27		
2500	574	2,77	11,18	0,01	0,01m= 0,13 kurtosis
	574	2,64	11,17		
3150	592	2,87	12	0,04	0,01m= 0,05 kurtosis
	592	2,66	11,96		

Simulatie onderzoek
(te gebruiken samen met fig.9)

Q_{basis} Borgharen**	$Q'_{08u.\text{max.}}$ Borgharen	kurtosis (μ_4) Borgharen	golfinhoud (μ_0) Borgharen	Sobek waterst Venlo*	$Q_{08u.\text{max}}$ Borgharen	Sobek waterst Mook ^
100 klein	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	436*10 ⁶ gemiddeld	14,34	1100	8,19 a
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	436 gemiddeld	15,66	1500	9,20
1500 groot	1000 gemiddeld	2,77 gemiddeld	574 gemiddeld	18,07	2500	11,54
500 gemiddeld	500 klein	2,61 gemiddeld	436 gemiddeld	14,21	1000	8,10 b
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	436 gemiddeld	15,66	1500	9,20
500 gemiddeld	1650 groot	2,77 gemiddeld	574 gemiddeld	17,26	2150	10,64
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,15 klein	436 gemiddeld	15,91	1500	9,42 c
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	436 gemiddeld	15,66	1500	9,20
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	4,00 groot	436 gemiddeld	15,59	1500	9,15
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	250 klein	15,41	1500	9,08 d
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	436 gemiddeld	15,66	1500	9,20
500 gemiddeld	1000 gemiddeld	2,61 gemiddeld	903 groot	15,94	1500	9,45
1500 groot	1650 groot	2,15 klein	592 gemiddeld	18,73	3150	12,04e
1500 groot	1650 groot	2,87 gemiddeld	592 gemiddeld	18,71	3150	12,00
1500 groot	1650 groot	4,00 groot	592 gemiddeld	18,68	3150	11,98
1500 groot	1650 groot	2,87 gemiddeld	250 klein	18,38	3150	11,52f
1500 groot	1650 groot	2,87 gemiddeld	592 gemiddeld	18,71	3150	12,00
1500 groot	1650 groot	2,87 gemiddeld	903 groot	18,81	3150	12,15
1000 groot	1500 groot	2,77 gemiddeld	250 klein	17,44	2500	10,53g
1000 groot	1500 groot	2,77 gemiddeld	574 gemiddeld	17,84	2500	11,18
1000 groot	1500 groot	2,77 gemiddeld	903 groot	17,98	2500	11,41
1000 groot	1500 groot	2,15 klein	574 gemiddeld	17,87	2500	11,21h
1000 groot	1500 groot	2,77 gemiddeld	574 gemiddeld	17,84	2500	11,18
1000 groot	1500 groot	4,00 groot	574 gemiddeld	17,89	2500	11,24

in de gearceerde velden zijn de variabele waarden toegepast, terwijl de overige parameters (horizontaal) konstant zijn

** km 16.000 * km 107.470 ^ km 165.800

Nadere gegevens uit gesimuleerde golven:

$Q_{08u.\text{max.}}$ (m ³ /s)	gem.inhoud (m ³)	gem. kurtosis	grote inhoud	kleine inhoud	grote kurtosis	kleine kurtosis	Q_{basis} (m ³ /s)
1500	436 *10 ⁶	2,61	903 *10 ⁶	250 *10 ⁶	4,00	2,15	500
2500	574	2,77	id.	id.	id.	id.	1000
3150	592	2,87	id.	id.	id.	id.	1500

$Q_{8u.\text{max}}$ Borgh.	Q_{basis}	H-Venlo	H-Mook	$Q_{8u.\text{max}}$ Borgh.	Q_{basis}	H-Venlo	H-Mook	$Q_{8u.\text{max}}$ Borgh.	Q_{basis}	H-Venlo	H-Mook
1500	500	15,66	9,20	2500	500	17,55	10,70	3150	500	18,05	11,07
1500	1000	15,98	9,50	2500	1000	17,84	11,18	3150	1000	18,30	11,44
				2500	1500	18,07	11,54	3150	1500	18,71	12,00

tabel 8

Winter	periode geopende stuw te Lith	duur geopende stuw Lith in dagen	hoogste etmaalafvoer te Borgharen aan het einde van de vorstperiode	vorstperiode karakteristiek #
1939 / 1940	5/1 - 21/2	44	950 m ³ /s	-3,8
1940 / 1941	25/12 - 27/12 2/1 - 8/2	3	900	-2,1
		38	1200	-3,9
		0,0	500	-2,5
1941 / 1942	15/1 - 3/3	48	1135	-4,7
1944 / 1945	28/1 - 3/2	0,0	200	-2,2
		7	1950	-2,6
1946 / 1947	20/12 - 26/12 7/1 - 9/1 28/1 - 5/3	7	130	-6,0
		3	450	-7,2
		37	1050	-4,7
1953 / 1954	28/1 - 15/2	19	300	-4,9
1955 / 1956	10/2 - 3/3	23	1830	-6,5
1962 / 1963	11/1 - 5/2	26	400	-4,1
1984 / 1985	15/1 - 19/1	5	785	-6,8
		0,0	200	-4,3
1986 / 1987	15/1 - 20/1	5	200	-6,6
		0,0	350	-2,8
		0,0	1150	-0,1
		0,0	430	-1,7
1996 / 1997	2/1 - 13/1	12	100	-5,4

de som van het aantal graden luchttemperatuur (gemiddeld over de dag)
gedeeld door het aantal van toepassing zijnde dagen

Stuw Lith in bedrijf sinds 13 maart 1936

Winter 1984 / 1985	datum	etmaal luchttemperatuur de Bilt in °C	watertemperatuur in °C te Lith 08-uur
Begin vorstperiode	02-01-85		
Einde vorstperiode	20-02-85		
	31-12-84	4	6,2
wind:	01-01-85	4	5,7
NNW 3-5 m/s	02	0	5,4
id.	03	0	5,1
id.	04	-7	4,8
id.	05	-10	4,3
Verand. 5 m/s	06	-7	3,8
id.	07	-11	2,9
ZW 5 m/s	08	-10	1,8
id.	09	-5	1,1
ZZW 3 m/s	10	-6	0,7
id.	11	-5	0,9
NO 4 m/s	12	-2	1,0
id.	13	-9	0,8
id.	14	-7	0,5
id.	15 stuw geopend	-10	0,0
ZO 3 m/s	16 geen ijsvorming	-10	0,3
NO 2 m/s	17 „	-6	0,7
id.	18 „	-9	0,6
ZO 2 m/s	19 stuw gezet	-6	0,5
id.	20	-6	0,6
Z 4-5 m/s	21	+2	0,5
id.	22	+4	1,0
id.	23	+1	1,7
id.	24	+1	2,8
id.	25	+4	4,0
Verand. 4 m/s	26	+2	3,8
id.	27	0	3,5
id.	28	0	3,3
id.	29	+5	3,2
id.	30	+7	3,5
W 5-6 m/s	31	+8	4,5
id.	01-02-85	+9	5,0
id.	02	+7	5,6
id.	03	+4	6,4
Verand. 2 m/s	04	+4	6,8
id.	05	+2	6,8
id.	06	+2	6,7
ONO 6 m/s	07	0	6,3
Id.	08	-1	5,9
Id.	09	-4	5,2
Id.	10	-6	4,0
Id.	11	-7	3,4
Id.	12	-7	3,1
Id.	13	-6	2,1
Verand. 3-6 m/s	14	-5	1,5
Id.	15	-6	1,3
NO 3-5 m/s	16	-3	1,4
Id.	17	-2	1,5
Verand. 4-5 m/s	18	-5	1,5
Id.	19	-6	1,4
Id.	20	-2	1,3
Id.	21	+2	1,5
Id.	22	+2	1,7
ZW 2-3 m/s	23	+3	2,0

tabel 10

Winter 1986 / 1987	datum	etmaal luchttemperatuur de Bilt in °C	watertemperatuur in °C te Lith 08-uur
Begin vorstperiode	09-01-87		
Einde vorstperiode	09-03-87		
	05-01-87	+6	5,8
	06	+2	5,5
	07	-2	5,0
	08	-3	4,5
ZW 4 m/s	09-01-87	0	4,2
NO 5-9	10	-8	4,0
id.	11	-12	3,5
id.	12	-10	3,0
id.	13	-14	2,5
id.	14	-10	1,5
id.	15 stuw geopend	-7	0,5
Oost 3	16 drijfjls	-7	0,0
id.	17 „	-7	0,7
id.	18 blank water	-6	1,0
id.	19 „	-5	1,5
NO 1-2	20 stuw gezet	-4	1,8
id.	21	-2	2,0
id.	22	0	2,5
id.	23	+8	2,8
id.	24	+1	3,3
Verand. 3	25	+3	3,5
id.	26	+2	4,0
id.	27	-1	4,2
id.	28	+2	4,2
id.	29	-3	4,0
id.	30	-7	3,5
id.	31	-6	3,5
id.	01-02-87	-5	3,2
id.	02	-2	3,0
id.	03	0	3,2
id.	04	+2	3,4
id. 5	05	+4	3,5
id. 8	06	+6	4,1
id. 4	07	+3	5,0
ZW 5	08	+5	5,2
id.	09	+7	5,6
id.	10	+6	6,1
id.	11	+4	6,7
Verand. 2	12	+4	7,1
id.	13	+4	7,0
id.	14	+4	7,0
NO 5-6	15	+1	6,9
id.	16	+1	6,6
id.	17	0	6,4
id.	18	0	6,2
id.	19	-1	5,9
id.	20	-2	5,4
id.	21	0	5,0
id.	22	+3	5,1
id.	23	+1	5,1
Verand. 3	24	-1	5,0
id.	25	-1	5,0
id.	26	+1	5,0
id.	27	+7	5,5
id.	28	+7	6,5
id.	01-03-87	+8	7,0
id.	02	+5	6,8
id.	03	-5	5,6
id.	04	-5	5,4
Oost 3-5	05	-3	4,9
id.	06	-1	4,9
id.	07	-2	4,7

tabel 11

Winter 1996 / 1997	Datum	etmaal luchttemperatuur de Bilt in °C	watertemperatuur in °C te Lith 08-uur
Begin vorstperiode	19-12-96		
Einde vorstperiode	22-01-97		
	17-12-97	+3	4,0
	18-12-97	+5	3,8
	19-12-96	+6	3,6
Noordoost 5 m/s	20	0	3,4
id.	21	-4	3,3
id.	22	-2	3,1
id.	23	-3	3,0
id.	24	-5	2,8
id.	25	-3	2,7
Verand. 3 m/s	26	-5	2,6
id.	27	-5	2,4
Noordoost 3 m/s	28	-9	2,1
id.	29	-5	1,7
Noordoost 5 m/s	30	-1	1,6
id.	31	-10	1,3
id.	01-01-97	-12	0,7
id. 2 m/s	02 stuw geopend	-13	0,6
id. 12 m/s	03 drijfijis	-8	0,6
id.	04 „	-5	0,5
id.	05 „	-5	0,0
id. 5-6 m/s	06 „	-7	0,7
id.	07 vast ijs Hedel	-5	1,0
id.	08 „	-7	0,7
id.	09 „	-7	0,6
id.	10 „	-4	0,7
Zuid 6 m/s	11 „	-4	0,7
id.	12 blank water	0	1,2
id.	13 stuw gezet	+3	1,8
id.	14 drijfijis Hedel	+2	2,4
id.	15	0	2,8
id.	16	0	2,8
id.	17	+3	2,6
ZZW 8-10 m/s	18	+5	2,6
Verand. 5-10 m/s	19	+4	2,5
Noord 5-6 m/s	20	+3	2,6
Verand. 10 m/s	21	+1	2,6
id. 7 m/s	22	+5	2,9

tabel 12

toetsing voor eerste periode 84/85

dag	T_i	T_w waargen.	T_w berekend	verschil
1	0	5,1	5,1	0
2	-7	4,8	4,9	-0,1
3	-10	4,3	4,4	-0,1
4	-7	3,8	4	-0,2
5	-11	2,9	3,4	-0,5
6	-10	1,8	2,6	-0,8
7	-5	1,1	2,1	-1
8	-6	0,7	1,9	-1,2
9	-5	0,9	1,9	-1
10	-2	1	1,7	-0,7
11	-9	0,8	1,5	-0,7
12	-7	0,5	0,9	-0,4

toetsing voor de eerste periode 86/87

dag	T_i	T_w waargen.	T_w berekend	verschil
1	0	4,2	4,2	0
2	-8	4	4	0
3	-12	3,5	3,4	0,1
4	-10	3	2,8	0,2
5	-14	2,5	2,1	0,4
6	-10	1,5	1,2	0,3
7	-7	0,5	0,6	-0,1

toetsing periode 1996/1997

dag	T_i	T_w waargen.	T_w berekend	verschil
1	0	3,4	3,4	0
2	-4	3,3	3,3	0
3	-2	3,1	3,1	0
4	-3	3	3	0
5	-5	2,8	2,7	0,1
6	-3	2,7	2,4	0,3
7	-5	2,6	2,2	0,4
8	-5	2,4	2	0,4
9	-9	2,1	1,7	0,4
10	-5	1,7	1,2	0,5
11	-1	1,6	1,1	0,5
12	-10	1,3	0,6	0,7
13	-12	0,7	0	0,7
14	-13	0,6	0	0,6
15	-8	0,6	0,1	0,5
16	-5	0,5	0	0,5

T_w berekend volgens principe a) te weten : $T_{wj} = \text{Som } a_i T_{l(j-i)} + b$

winter 1984/1985 :

waargenomen dag	waargenomen watertempera- tuur (Tw) in °C	berekende dag volgens tabel 15	verschil in dagen	verschil in temperatuur *
(1)	(2)	(3)	(4)=(1)-(3)	(5)
5	3,8	5	0	0
6	2,9	5,9	0,1	0,1
7	1,8	7,3	-0,3	-0,2
8 *	1,1	10,1 *	-2,1	-0,5 *
13	0,5	14,3	-1,3	-0,2

winter 1986/1987 :

waargenomen dag	waargenomen watertempera- tuur (Tw) in °C	berekende dag volgens tabel 15	verschil in dagen	verschil in temperatuur *
(1)	(2)	(3)	(4)=(1)-(3)	(5)
2	4,0	2	0	0
4	3,0	3,9	0,1	0
5	2,5	4,5	0,5	0,4
6	1,5	5,6	0,4	0,3
7	0,5	6,9	0,1	0,1

winter 1996/1997 :

waargenomen dag	waargenomen watertempera- tuur (Tw) in °C	berekende dag volgens tabel 15	verschil in dagen	verschil in temperatuur *
(1)	(2)	(3)	(4)=(1)-(3)	(5)
4	3,0	4	0	0
9	2,1	7,8	1,2	0,3
12	1,3	11,0	1,0	0,3
16	0,5	13,7	2,3	0,4

* Voorbeeld

Het verschil tussen "waargenomen" en "berekende" watertemperatuur, uitgedrukt in dagen (kolom 4), volgens methode 4, met gebruik van de lucht- en watertemperatuur uit tabel 10. Vervolgens m.b.v. fig.18 het vereffende verschil bepaald tussen $T_w = 8$ dagen en $T_w = 10,1$ dagen, hetgeen resulteert in $0,5$ °C.

NB

De vergelijkbare resultaten tussen T_w (waargenomen) en T_w (berekend) zijn vermeld in tabel 16 voor zowel methode a) als methode 4.

tabel 13b

winter	T(l) gem	T(w+3) gem	periode- lengte (dagen)
'84/'85	-6,6	1,2	19
idem	-4,3	2,0	14
'86/'87	-6,6	1,9	14
idem	-2,8	3,4	8
'96/'97	-5,4	0,9	24

kenmerken van de ijsperioden naar aanleiding van dagelijkse lucht- en watertemperatuur waarnemingen. $T(w+3)=0,64T(l)+5,28$ met $R^2=0,88$

De relaties tussen water- en luchttemperatuur in de verschillende vorstperioden, waarin dagelijks temperatuurmetingen werden verricht. Verschuiving van de watertemperatuur met 3 dagen als gevolg van naijling.

84/85, eerste vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,20 T(l) + 2,60 \quad [R^2=0,31] \dots\dots\dots(1)$

idem, tweede vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,27 T(l) + 3,21 \quad [R^2=0,46] \dots\dots\dots(2)$

86/87, eerste vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,22 T(l) + 3,36 \quad [R^2=0,72] \dots\dots\dots(3)$

idem, tweede vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,07 T(l) + 3,63 \quad [R^2=0,50] \dots\dots\dots(4)$

96/97 $T(w_{+3}) = 0,18 T(l) + 2,39 \quad [R^2=0,45] \dots\dots\dots(5)$

1984/1985 eerste periode		
terugloop van... °C naar... °C	duur van de terugloop in dagen	T(l)3dvg, gemiddeld over de terugloop
4 naar 3	1,0	-8,1
3 naar 2	1,4	-9,4
2 naar 1	2,4	-7,9
1 naar 0,5	3,8	-5,6

1984/1985 tweede periode		
terugloop van... °C naar... °C	duur van de terugloop in dagen	T(l)3dvg, gemiddeld over de terugloop
4 naar 3	1,3	-5,4
3 naar 2	1,6	-6,6

1986/1987 eerste periode		
terugloop van... °C naar... °C	duur van de terugloop in dagen	T(l)3dvg, gemiddeld over de terugloop
4 naar 3	2,9	-5,7
3 naar 2	1,0	-11,2
2 naar 1	1,2	-11,3
1 naar 0,5	0,9	-10,3

1986/1987 tweede periode		
terugloop van... °C naar... °C	duur van de terugloop in dagen	T(l)3dvg, gemiddeld over de terugloop
4 naar 3	4,2	-3,8

1996/1997		
terugloop van... °C naar... °C	duur van de terugloop in dagen	T(l)3dvg, gemiddeld over de terugloop
4 naar 3	4,5	-0,5
3 naar 2	4,5	-3,9
2 naar 1	3,5	-6,9
1 naar 0,5	3,5	-8,1

Toelichting :

Uit figuur 18 volgt de duur van de terugloop van de vereffende watertemperatuur van... °C naar ... °C, alsmede de gemiddelde vereffende T(l)3dvg over de duur van de terugloop.

Voorbeeld

Uit deze tabel 15 volgt, dat het in de eerste vorstperiode van 84/85 om van de watertemperatuur $T(w)=3^{\circ}\text{C}$ naar 2°C te komen 1,4 dagen duurt. In figuur 18a (polynoom voor de watertemperatuur van 3°C naar 2°C) is te zien, dat de driedaags voortschrijdende luchttemperatuur T(l)3dvg voor dag 5,4 tot dag 6,8 gemiddeld $-9,4^{\circ}\text{C}$ bedraagt.

toetsing voor eerste periode 84/85

(I)	(II)	(III)	(IV)	(II) - (III)	(II) - (IV)
T_i	T_w waargen.	T_w berekend	T_w berekend		
0	5,1	5,1		0	
-7	4,8	4,9		-0,1	
-10	4,3	4,4		-0,1	
-7	3,8	4	3,8	-0,2	0
-11	2,9	3,4	2,8	-0,5	0,1
-10	1,8	2,6	2	-0,8	-0,2
-5	1,1	2,1	1,6	-1	-0,5
-6	0,7	1,9	1,3	-1,2	-0,6
-5	0,9	1,9	1,4	-1	-0,5
-2	1	1,7	1,5	-0,7	-0,5
-9	0,8	1,5	1,3	-0,7	-0,5
-7	0,5	0,9	0,7	-0,4	-0,2
			abs.gemid. 0,7		abs.gemid. 0,3

toetsing voor de eerste periode 86/87

(I)	(II)	(III)	(IV)	(II) - (III)	(II) - (IV)
T_i	T_w waargen.	T_w berekend	T_w berekend		
0	4,2	4,2		0	
-8	4	4	4	0	0
-12	3,5	3,4	3,5	0,1	0
-10	3	2,8	3	0,2	0
-14	2,5	2,1	2,1	0,4	0,4
-10	1,5	1,2	1,2	0,3	0,3
-7	0,5	0,6	0,4	-0,1	0,1
			abs.gemid. 0,2		abs.gemid. 0,1

toetsing periode 1996/1997

(I)	(II)	(III)	(IV)	(II) - (III)	(II) - (IV)
T_i	T_w waargen.	T_w berekend	T_w berekend		
0	3,4	3,4	3,4	0	0
-4	3,3	3,3	3,3	0	0
-2	3,1	3,1	3,1	0	0
-3	3	3	3	0	0
-5	2,8	2,7	2,7	0,1	0,1
-3	2,7	2,4	2,6	0,3	0,1
-5	2,6	2,2	2,4	0,4	0,2
-5	2,4	2	2,2	0,4	0,2
-9	2,1	1,7	1,8	0,4	0,3
-5	1,7	1,2	1,3	0,5	0,4
-1	1,6	1,1	1,2	0,5	0,4
-10	1,3	0,6	1	0,7	0,3
-12	0,7	0	0,4	0,7	0,3
-13	0,6	0	0,2	0,6	0,4
-8	0,6	0,1	0,2	0,5	0,4
-5	0,5	0	0,1	0,5	0,4
			abs.gemid. 0,4		abs.gemid. 0,2

kolom I uit tabel 10/11/12

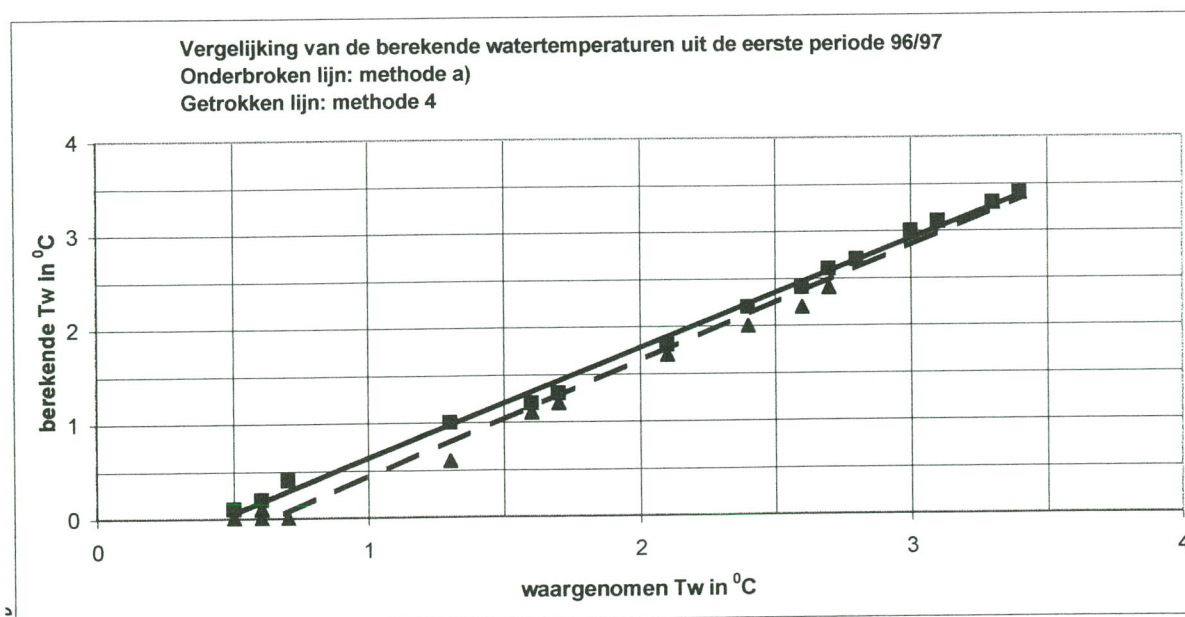
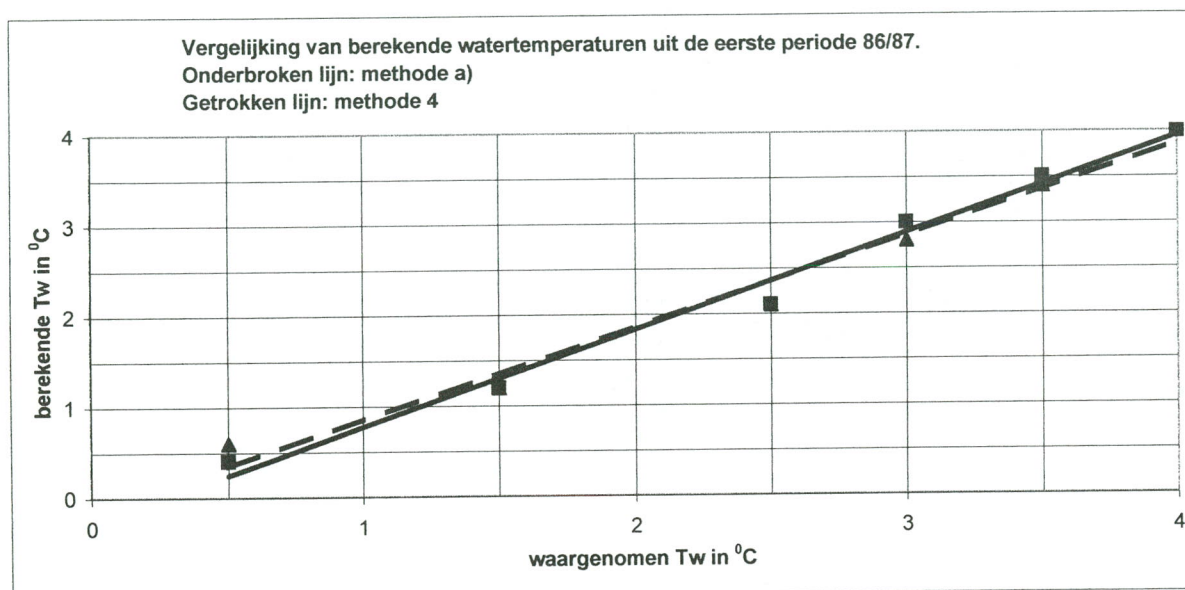
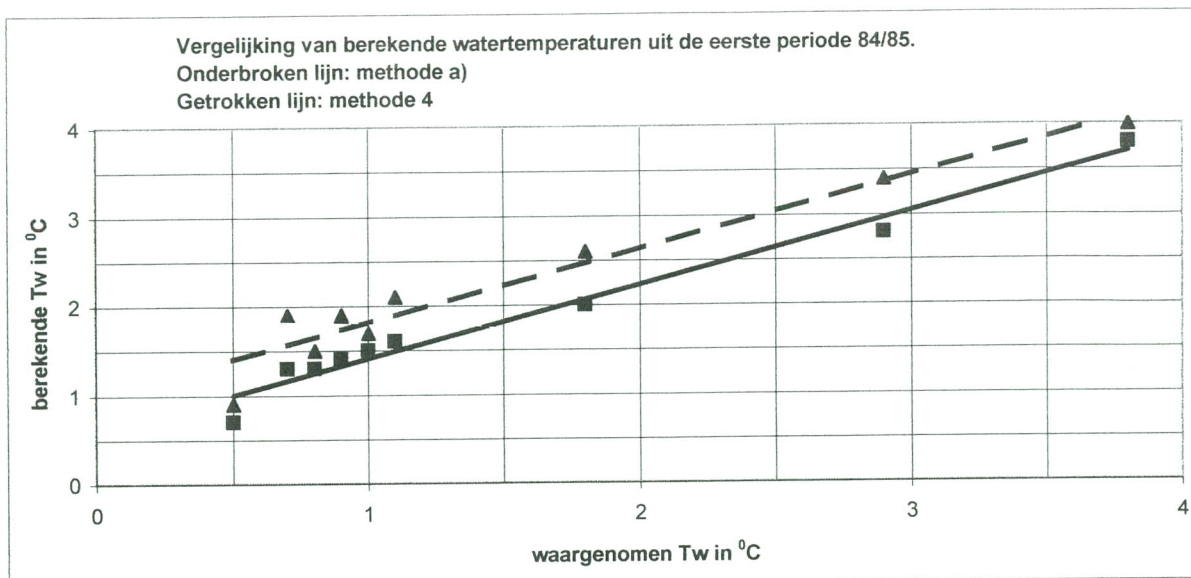
kolom II uit tabel 10/11/12

kolom III berekend met methode a), dus $T_{w_j} = \text{Som } a_i T_{I(i-j)} + b$

kolom IV berekend met methode 4, dus via tabel 15 en fig. 19

tabel 16

(zie bijgaand volgende blad)



winter	gemiddelde afvoer tijdens de vorstperiode (m ³ /s)	dagen vultijd voor Maas en plassen (vgl. fig. 22)	gewijzigde afvoer na inval van de dooi	dagen vultijd i.v.m. gewijzigde afvoer volgens (4)	volg- nummer	vorst periode nr. *
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
1939/1940	290	1,6	950	0,5	1	1
1940/1941	480	0,8	900	0,4	2	
id.	430	0,9	1200	stuw open	3	2
id.	855	0,4	500	0,7	4	
1941/1942	250	1,9	1135	stuw open	5	3
1944/1945	400	1,0	200	2,0	6	
id.	225	2,2	1950	stuw open	7	4
1946/1947	210	2,4	130	3,9	8	
id.	90	8,0	450	1,6	9	
id.	160	3,6	1050	stuw open	10	5
1953/1954	160	3,6	300	1,9	11	6
1955/1956	350	1,2	1830	stuw open	12	7
1962/1963	150	3,8	400	1,4	13	8
1984/1985	150	3,8	785	0,7	14	9
id.	340	1,2	200	2,0	15	
1986/1987	360	1,1	200	2,0	16	10
id.	145	3,9	350	1,6	17	
id.	305	1,4	1150	stuw open	18	
id.	570	0,6	430	0,8	19	
1996/1997	150	3,8	100	5,7	20	11

* een vorstperiode heeft minstens 5 aaneengesloten dagen met een dagelijkse gemiddelde dagtemperatuur, die lager is dan 0 °C.

tabel 17

winter	T(l)gemiddeld	T(w+3)gemiddeld	Afgeleid uit...*	periode- lengte in dagen
39/40	-1,4	3,5	4	17
id.	-5,3	1,4	5	35
id.	-2,9	3,4	4	17
40/41	-2,1	3,5	4	12
id.	-3,9	2,2	2	18
id.	-2,5	3,5	4	13
41/42	-8	1	5	22
id.	-5,4	1,4	5	12
id.	-3,2	3,4	4	20
id.	0,3	3,9	4	13
44/45	-2,2	3,5	4	10
id.	-2,6	3,4	4	23
46/47	-6	2,1	3	11
id.	-7,2	1,8	3	5
id.	-4,7	2	2	48
53/54	-4,9	1,5	5	19
55/56	-6,5	1,9	3	33
62/63	-5,8	1,4	5	13
id.	-6,7	1,9	3	19
id.	-2,5	3,5	4	22
84/85	-6,6	1,2	1	19
id.	-4,3	2,0	2	14
86/87	-6,6	1,9	3	14
id.	-2,8	3,4	4	8
96/97	-5,4	0,9	5	24

* de nummering heeft betrekking op de grijs gearceerde winters, waarin dagelijkse waarnemingen zijn verricht. In die winters waren de lineaire relaties tussen de luchttemperatuur [T(l)] en de drie dagen verschoven watertemperatuur [T(w+3)], zoals in tabel 14 is vermeld, te weten :

84/85, eerste vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,20 T(l) + 2,60 \quad [R^2=0,31] \dots\dots\dots(1)$

idem, tweede vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,27 T(l) + 3,21 \quad [R^2=0,46] \dots\dots\dots(2)$

86/87, eerste vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,22 T(l) + 3,36 \quad [R^2=0,72] \dots\dots\dots(3)$

idem, tweede vorstperiode $T(w_{+3}) = 0,07 T(l) + 3,63 \quad [R^2=0,50] \dots\dots\dots(4)$

96/97 $T(w_{+3}) = 0,18 T(l) + 2,39 \quad [R^2=0,45] \dots\dots\dots(5)$

de eerste vorstperiode 84/85, $T(w_{+3}) = 0,20 T(l) + 2,60$ waarvoor $R^2=0,31 \dots\dots(1)$ is niet bruikbaar.