

Wubbo Ockelsbrug te Groningen
Ontwerpberekening mechanische uitrusting
Bijlage A - Hoofdberekening NEN6786-1

Projectnummer
Documentnummer

rev

0

DO-fase

<i>opgesteld:</i> <i>PH</i>	<i>geverifieerd:</i> J. Hiddingh	<i>geautoriseerd:</i> J. Hiddingh
Constructeur	Constructeur	Projectleider
<i>datum:</i> 30-03-2026	<i>datum:</i>	<i>datum:</i> 28-08-2026

A1 Documentbeheer

rev.	datum	omschrijving
0	30-3-2026	Wubbo Ockelsbrug

A2 Algemene gegevens

Berekening van de aandrijving van ophaal- of basculebruggen volgens NEN 6786-1:2017+C1.

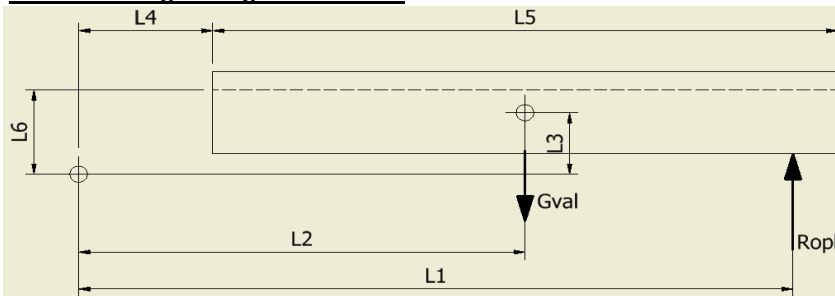
Type vaarweg:	4	(par. 2.3.2.2 tabel 1)
Gem. aantal uren niet-bedienbaar door wind:	72	(volgens par. 2.3.2.2 tabel 1)
Gem. aantal uren niet-bedienbaar door wind:	-	(specifieke eis)
Gem. aantal uren niet-bedienbaar door wind:	72	(aan te houden in berekening)
Windgebied:	II	(par. 4.2 NEN-EN 1991-1-4+NB)

Afstand van het hoogste punt van het val tot de gemiddelde waterstand

hoogste punt van het val tot de gemiddelde waterstand	$Z_e =$	2,47	m
doorvaarthoogte (N.A.P.)	$Z_d =$	1,52	m

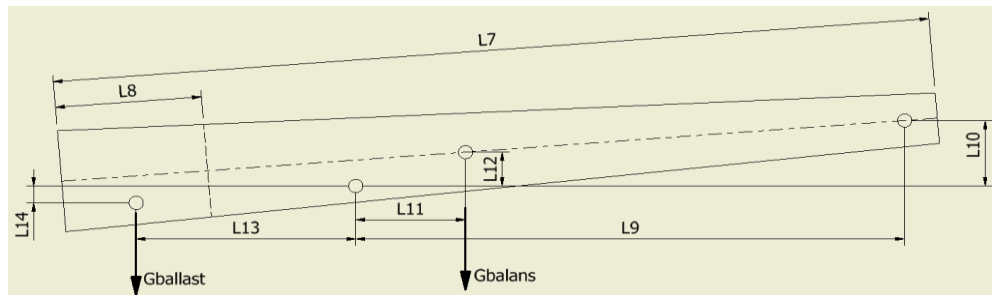
Terreincategorie	II	(Tabel NB.3; NEN-EN 1991-1-4)
Gevolklasse van de <u>aandrijving</u>	CC2	

Hoofdafmetingen en gewichten val:



B	=	12,640	m
L1	=	12,375	m
L2	=	3,920	m
L3	=	0,444	m
L4	=	2,790	m
L5	=	9,820	m
L6	=	1,129	m
G_{val}	=	88,000	ton

	Brug	
	Gesloten	Geopend
$\alpha =$	0	78
(totaal gewicht val incl. leuning, slijtlaag etc.)		

Hoofdafmetingen en gewichten balans:


L7	=	0,000 m	G _{balans}	=	0,000 ton (totaal)
L8	=	1,900 m	G _{ballast}	=	79,000 ton (totaal)
L9	=	0,000 m	G _{hangst}	=	0,000 ton (totaal)
L10	=	0,000 m	L _{hangst}	=	0,000 m
L11	=	0,000 m			
L12	=	0,000 m			
L13	=	4,220 m			
L14	=	0,612 m			

Conform par. 14 (3) moet de representatieve waarde van het sluitend moment van het eigen gewicht minimaal gelijk zijn aan het moment ten gevolge van een equivalente belasting op het brugdek van:

$$\begin{aligned}
 p_{\text{equi}} &= 100 \text{ N/m}^2 \\
 M_{\text{equi}} &= p_{\text{equi}} \cdot B \cdot L5 \cdot (L4 + 0,5 \cdot L5) \\
 &= 95576 \text{ Nm} \\
 &= 95,576 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Het moment ten gevolge van de onbalans is:

$$\begin{aligned}
 M_{\text{onb}} &= G_{\text{val}} \cdot L2 + G_{\text{balans}} \cdot L9 - G_{\text{ballast}} \cdot L11 + G_{\text{hangst}} \cdot L7 \\
 &= 113,600 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

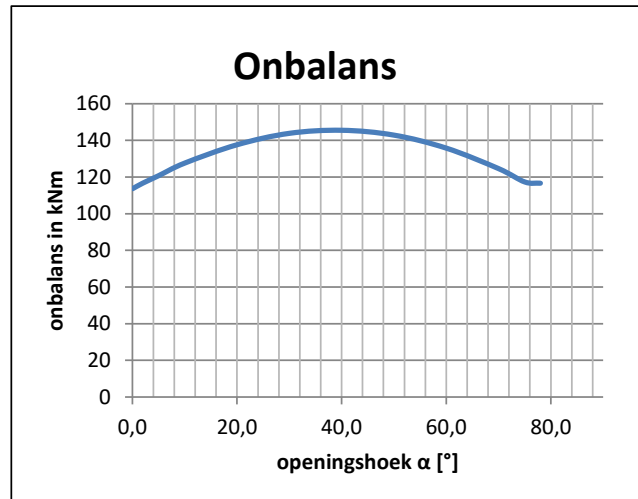
UC	=	$M_{\text{equi}} / M_{\text{onb}} < 1$	=	0,84	Voldoet
----	---	--	---	------	---------

De oplegkracht op beide opleggingen samen bedraagt:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{opl}} &= (G_{\text{val}} \cdot L2 + G_{\text{balans}} \cdot L9 - G_{\text{ballast}} \cdot L11 + G_{\text{hangst}} \cdot L7) / L1 \\
 &= 9,180 \text{ kN} = 918 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

In onderstaande grafiek is het moment ten gevolge van de onbalans uitgezet tegen de openingshoek:

α_{val} °	Onbalans kNm
0,0	113,600
2,0	116,705
5,0	120,733
10,0	127,616
20,0	137,618
30,0	143,848
40,0	145,519
50,0	142,879
60,0	135,788
70,0	124,614
75,0	117,339
78,0	116,645



Gedurende de gehele bewegingscyclus is een sluitend moment aanwezig.

Conform par. 2.3.5 moet gerekend worden met variabel dekgewicht:

Dek: **Staal**
ADG = 0,05 kN/m²

Conform par. 2.3.6 moet gerekend worden met wrijving:

De wrijving wordt geschematiseerd alsof het totale bruggewicht alleen in het hoofddraaipunt val wrijving veroorzaakt.

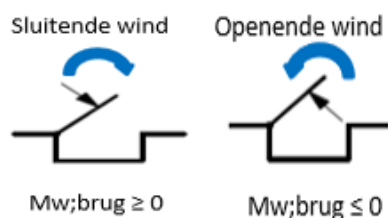
Glijdiameter draaipunt val D **350** mm (dubbel rijig zelfinstellend tonlager 24152CC/W33)
Wrijvingscoëfficiënt μ **0,002** - (NEN 6786-2017, tabel 4+5)
Reactiekracht draaipunt N **167,000** ton (Gbalans + Gballast + Ghangst. + Gval)

$$M_{wr} = \mu_r \cdot F_{Ed} \cdot (D/2)$$

$$M_{wr} = 0,585 \text{ kNm}$$

A2.1 Momenten t.g.v. Gk, Qkvar. en Mw;brug

Momenten om de draaiingsas:



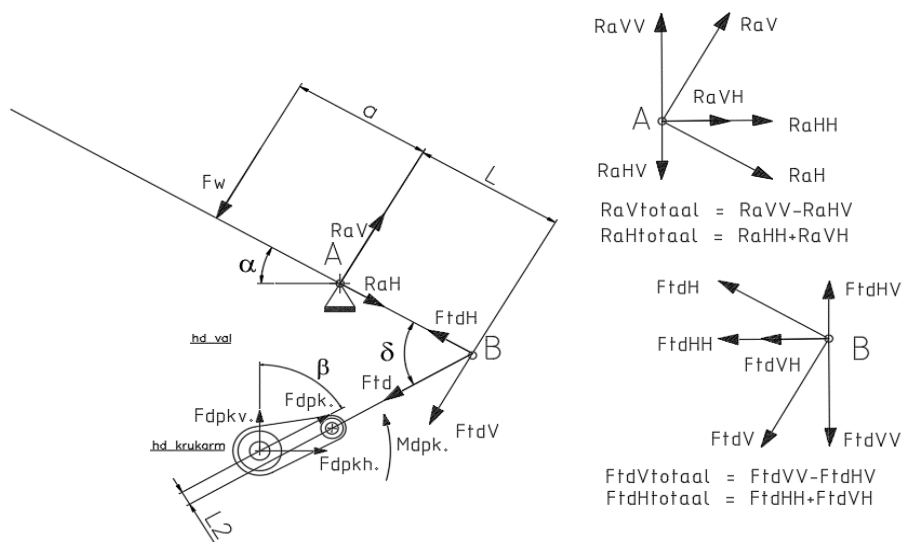
Tabel 17-1: Momenten om de draaiingsas: (hoofdas)

α_{val}	Gk	Qkvar.	Mw;brug			
			buiten de bewegingscyclus		tijdens de bewegingscyclus	
			wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
0,0	114	48	129	-129	91	-91
2,0	117	48	129	-146	91	-103
5,0	121	47	129	-170	91	-119
10,0	128	46	137	-229	97	-161
20,0	138	43	159	-368	112	-259
30,0	144	38	251	-525	177	-369
40,0	146	32	350	-562	246	-395
50,0	143	26	450	-588	317	-413
60,0	136	18	555	-608	391	-427
70,0	125	10	586	-621	412	-437
75,0	117	6	600	-626	422	-440
78,0	117	5	601	-626	423	-441

Belastingen op hoofddraaipunten val t.g.v. Fw;brug :

Voor de berekening van de krachten op de hoofddraaipunten wordt het moment veroorzaakt door de wind omgezet naar een windkracht F_w welke in middelpunt val oppervlak aangrijpt.

situatie:



Som Momenten t.o.v. A=0:

$$F_{TDV} = F_w * a / L$$

$$F_{TDH} = F_{TDV} / \tan \delta$$

Fw;brug:

$$F_w;brug = M_w;brug / a$$

Som krachten horizontaal is 0:

$$R_{AH} = F_{TDH}$$

$$R_{AVtotaal} = R_{AV} * \cos \alpha - R_{AH} * \sin \alpha$$

$$R_{AHtotaal} = R_{AV} * \sin \alpha + R_{AH} * \cos \alpha$$

$$F_{DPK} = F_{TD}$$

$$F_{DPKH} = F_{DPK} * \sin \beta$$

$$F_{DPKV} = F_{DPK} * \cos \beta$$

$$M_{DPK} = F_{DPK} * L_2$$

Som krachten vertikaal is 0:

$$R_{AV} = F_{TDV} + F_w$$

$$F_{TDVtotaal} = F_{TDV} * \cos \alpha - F_{TDH} * \sin \alpha$$

$$F_{TDHtotaal} = F_{TDV} * \sin \alpha + F_{TDH} * \cos \alpha$$

Tabel 2.1-2: Belastingen op hoofdraaipunten val t.g.v. wind:

a = afstand middelpunt oppervlak val tot draaipunt

L= afstand draaipunt trekduwstang val tot draaipunt val

L2= afstand (arm) tussen belasting F_{td} en draaipunt krukarm op aandrijf-as tandwielkast

α_{val}	δ	a	L	Fw;brug			
				buiten de bewegingscyclus		tijdens de bewegingscyclus	
				wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
°	°	m	m	kN	kN	kN	kN
0,0	32	7,70	2,9	16,73	-16,73	11,77	-11,77
2,0	38	7,70	2,9	16,73	-18,96	11,77	-13,34
5,0	42	7,70	2,9	16,73	-22,02	11,77	-15,49
10,0	48	7,70	2,9	17,84	-29,68	12,55	-20,88
20,0	56	7,70	2,9	20,65	-47,76	14,53	-33,60
30,0	60	7,70	2,9	32,65	-68,19	22,97	-47,96
40,0	62	7,70	2,9	45,50	-72,93	32,00	-51,30
50,0	60	7,70	2,9	58,50	-76,34	41,15	-53,70
60,0	54	7,70	2,9	72,12	-78,92	50,73	-55,52
70,0	44	7,70	2,9	76,16	-80,68	53,57	-56,75
75,0	38	7,70	2,9	77,91	-81,30	54,80	-57,19
78,0	35	7,70	2,9	78,05	-81,35	54,91	-57,22

aantal hoofdraaipunten

2

Doordat middelpunt windoppervlak symmetrisch ligt t.o.v. draaipunten val zal draaipunt A evenveel belast worden als draaipunt B.

percentage belasting draaipunt A: 0,5

percentage belasting draaipunt B: 0,5

Tabel 2.1-3: Belastingen op hoofddraaipunten val: per draaipunt

α_{val}	buiten de bewegingscyclus							
	wind sluitend							
					Draaipunt A		Draaipunt B	
	F_{TDV}	F_{TDH}	R_{AH}	R_{AV}	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$
°	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0,0	22,53	35,68	-35,68	44,04	44,04	-35,68	44,04	-35,68
2,0	22,53	29,24	-29,24	37,61	38,61	-27,91	38,61	-27,91
5,0	22,53	24,70	-24,70	33,06	35,09	-21,72	35,09	-21,72
10,0	24,03	21,63	-21,63	30,55	33,84	-15,99	33,84	-15,99
20,0	27,81	19,02	-19,02	29,35	34,08	-7,84	34,08	-7,84
30,0	43,97	25,27	-25,27	41,60	48,66	-1,09	48,66	-1,09
40,0	61,27	33,14	-33,14	55,88	64,11	10,54	64,11	10,54
50,0	78,78	46,17	-46,17	75,42	83,84	28,10	83,84	28,10
60,0	97,12	71,26	-71,26	107,32	115,38	57,31	115,38	57,31
70,0	102,55	105,66	-105,66	143,74	148,45	98,93	148,45	98,93
75,0	104,91	131,96	-131,96	170,92	171,70	130,94	171,70	130,94
78,0	105,11	150,06	-150,06	189,09	186,10	153,76	186,10	153,76

Tabel 2.1-4: Belastingen op hoofddraaipunten val: per draaipunt

α_{val}	buiten de bewegingscyclus							
	wind openend							
					Draaipunt A		Draaipunt B	
	F_{TDV}	F_{TDH}	R_{AH}	R_{AV}	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$
°	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0,0	-22,53	-35,68	35,68	-44,04	-44,04	35,68	-44,04	35,68
2,0	-25,54	-33,14	33,14	-42,62	-43,75	31,63	-43,75	31,63
5,0	-29,66	-32,50	32,50	-43,51	-46,18	28,59	-46,18	28,59
10,0	-39,96	-35,97	35,97	-50,81	-56,28	26,60	-56,28	26,60
20,0	-64,31	-43,99	43,99	-67,87	-78,82	18,12	-78,82	18,12
30,0	-91,82	-52,78	52,78	-86,87	-101,62	2,27	-101,62	2,27
40,0	-98,21	-53,12	53,12	-89,58	-102,77	-16,89	-102,77	-16,89
50,0	-102,80	-60,24	60,24	-98,41	-109,40	-36,66	-109,40	-36,66
60,0	-106,28	-77,99	77,99	-117,45	-126,26	-62,72	-126,26	-62,72
70,0	-108,65	-111,94	111,94	-152,28	-157,27	-104,81	-157,27	-104,81
75,0	-109,48	-137,71	137,71	-178,36	-179,18	-136,64	-179,18	-136,64
78,0	-109,54	-156,39	156,39	-197,06	-193,94	-160,24	-193,94	-160,24

Tabel 2.1-5: Belastingen op hoofddraaipunten val: per draaipunt

α_{val}	tijdens de bewegingscyclus							
	wind sluitend							
					Draaipunt A		Draaipunt B	
	F_{TDV}	F_{TDH}	R_{AH}	R_{AV}	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$
°	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0,0	15,85	25,10	-25,10	30,98	30,98	-25,10	30,98	-25,10
2,0	15,85	20,57	-20,57	26,46	27,16	-19,63	27,16	-19,63
5,0	15,85	17,37	-17,37	23,26	24,68	-15,28	24,68	-15,28
10,0	16,90	15,21	-15,21	21,49	23,80	-11,25	23,80	-11,25
20,0	19,56	13,38	-13,38	20,64	23,97	-5,51	23,97	-5,51
30,0	30,93	17,78	-17,78	29,26	34,23	-0,77	34,23	-0,77
40,0	43,10	23,31	-23,31	39,31	45,10	7,41	45,10	7,41
50,0	55,42	32,47	-32,47	53,05	58,98	19,77	58,98	19,77
60,0	68,32	50,13	-50,13	75,49	81,16	40,32	81,16	40,32
70,0	72,14	74,32	-74,32	101,11	104,42	69,59	104,42	69,59
75,0	73,80	92,83	-92,83	120,23	120,78	92,11	120,78	92,11
78,0	73,94	105,56	-105,56	133,01	130,91	108,16	130,91	108,16

Tabel 2.1-6: Belastingen op hoofddraaipunten val: per draaipunt

α_{val}	tijdens de bewegingscyclus							
	wind openend							
					Draaipunt A		Draaipunt B	
	F_{TDV}	F_{TDH}	R_{AH}	R_{AV}	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$	$R_{AVtotaal}$	$R_{AHtotaal}$
°	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0,0	-15,85	-25,10	25,10	-30,98	-30,98	25,10	-30,98	25,10
2,0	-17,96	-23,31	23,31	-29,98	-30,78	22,25	-30,78	22,25
5,0	-20,86	-22,86	22,86	-30,61	-32,49	20,11	-32,49	20,11
10,0	-28,11	-25,30	25,30	-35,74	-39,59	18,71	-39,59	18,71
20,0	-45,24	-30,94	30,94	-47,74	-55,44	12,75	-55,44	12,75
30,0	-64,59	-37,13	37,13	-61,11	-71,49	1,60	-71,49	1,60
40,0	-69,09	-37,36	37,36	-63,02	-72,29	-11,88	-72,29	-11,88
50,0	-72,31	-42,37	42,37	-69,22	-76,96	-25,79	-76,96	-25,79
60,0	-74,76	-54,86	54,86	-82,62	-88,82	-44,12	-88,82	-44,12
70,0	-76,43	-78,74	78,74	-107,12	-110,63	-73,73	-110,63	-73,73
75,0	-77,01	-96,87	96,87	-125,47	-126,04	-96,12	-126,04	-96,12
78,0	-77,06	-110,01	110,01	-138,62	-136,43	-112,72	-136,43	-112,72

Tabel 2.1-7: Belastingen op uitgaande as tandwielkast

aantal trek duwstangen

1

α_{val}	β_{TD}	L2	buiten de bewegingscyclus					
			wind sluitend					
			F_{TDV}	F_{TDH}	$F_{TD} = F_{DPK}$	F_{DPKH}	F_{DPKV}	M_{DPK}
°	°	m	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
0,0	57,7	0,196	45,07	71,36	84,40	71,36	45,07	16,57
2,0	54,4	0,449	45,07	58,49	73,84	60,02	43,00	33,15
5,0	52,6	0,649	45,07	49,39	66,86	53,13	40,59	43,40
10,0	52,0	0,850	48,05	43,25	64,65	50,94	39,81	54,95
20,0	54,4	1,047	55,62	38,04	67,38	54,77	39,25	70,54
30,0	59,9	1,100	87,94	50,55	101,43	87,74	50,88	111,57
40,0	68,4	1,066	122,53	66,27	139,31	129,53	51,27	148,56
50,0	80,4	0,981	157,57	92,33	182,63	180,05	30,55	179,09
60,0	96,3	0,875	194,24	142,52	240,92	239,48	-26,31	210,74
70,0	115,9	0,785	205,11	211,32	294,49	265,01	-128,43	231,18
75,0	126,5	0,758	209,82	263,93	337,17	270,98	-200,63	255,67
78,0	133,0	0,750	210,22	300,12	366,42	268,03	-249,86	274,94

Tabel 2.1-8: Belastingen op uitgaande as tandwielkast

α_{val}	β_{TD}	L2	buiten de bewegingscyclus					
			wind openend					
			F_{TDV}	F_{TDH}	$F_{TD} = F_{DPK}$	F_{DPKH}	F_{DPKV}	M_{DPK}
°	°	m	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
0,0	57,7	0,196	-45,07	-71,36	84,40	71,36	45,07	16,57
2,0	54,4	0,449	-51,07	-66,28	83,68	68,02	48,73	37,57
5,0	52,6	0,649	-59,31	-65,00	88,00	69,93	53,42	57,12
10,0	52,0	0,850	-79,93	-71,94	107,54	84,73	66,22	91,40
20,0	54,4	1,047	-128,63	-87,97	155,84	126,66	90,78	163,14
30,0	59,9	1,100	-183,64	-105,56	211,82	183,24	106,26	232,99
40,0	68,4	1,066	-196,43	-106,23	223,31	207,64	82,19	238,14
50,0	80,4	0,981	-205,60	-120,48	238,30	234,94	39,86	233,68
60,0	96,3	0,875	-212,56	-155,97	263,65	262,07	-28,79	230,62
70,0	115,9	0,785	-217,29	-223,88	311,99	280,76	-136,06	244,92
75,0	126,5	0,758	-218,96	-275,42	351,86	282,79	-209,37	266,81
78,0	133,0	0,750	-219,09	-312,78	381,88	279,33	-260,39	286,53

Wubbo Ockelsbrug te Groningen
Tabel 2.1-9: Belastingen op uitgaande as tandwielkast

α_{val}	β_{TD}	L2	tijdens de bewegingscyclus					
			wind sluitend					
			F_{TDV}	F_{TDH}	$F_{TD} = F_{DPK}$	F_{DPKH}	F_{DPKV}	M_{DPK}
°	°	m	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
0,0	57,7	0,196	31,70	50,19	59,37	50,19	31,70	11,65
2,0	54,4	0,449	31,70	41,14	51,94	42,22	30,25	23,32
5,0	52,6	0,649	31,70	34,74	47,03	37,37	28,55	30,53
10,0	52,0	0,850	33,80	30,42	45,48	35,83	28,00	38,65
20,0	54,4	1,047	39,12	26,76	47,40	38,53	27,61	49,62
30,0	59,9	1,100	61,86	35,56	71,35	61,72	35,79	78,48
40,0	68,4	1,066	86,20	46,62	97,99	91,12	36,06	104,50
50,0	80,4	0,981	110,84	64,95	128,47	126,66	21,49	125,98
60,0	96,3	0,875	136,63	100,26	169,47	168,45	-18,51	148,24
70,0	115,9	0,785	144,28	148,65	207,15	186,42	-90,34	162,62
75,0	126,5	0,758	147,60	185,66	237,18	190,62	-141,13	179,85
78,0	133,0	0,750	147,88	211,12	257,75	188,54	-175,76	193,40

Tabel 2.1-10 Belastingen op uitgaande as tandwielkast

α_{val}	β_{TD}	L2	tijdens de bewegingscyclus					
			wind openend					
			F_{TDV}	F_{TDH}	$F_{TD} = F_{DPK}$	F_{DPKH}	F_{DPKV}	M_{DPK}
°	°	m	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
0,0	57,7	0,196	-31,70	-50,19	59,37	50,19	31,70	11,65
2,0	54,4	0,449	-35,93	-46,62	58,86	47,85	34,28	26,43
5,0	52,6	0,649	-41,72	-45,73	61,90	49,19	37,58	40,18
10,0	52,0	0,850	-56,22	-50,61	75,65	59,60	46,58	64,30
20,0	54,4	1,047	-90,48	-61,88	109,62	89,10	63,86	114,76
30,0	59,9	1,100	-129,18	-74,25	149,00	128,90	74,75	163,89
40,0	68,4	1,066	-138,17	-74,73	157,09	146,06	57,81	167,52
50,0	80,4	0,981	-144,63	-84,75	167,63	165,26	28,04	164,38
60,0	96,3	0,875	-149,53	-109,72	185,46	184,35	-20,25	162,23
70,0	115,9	0,785	-152,85	-157,48	219,46	197,50	-95,71	172,29
75,0	126,5	0,758	-154,03	-193,74	247,51	198,92	-147,28	187,68
78,0	133,0	0,750	-154,11	-220,02	268,62	196,49	-183,17	201,56

A3 Windbelastingen

A3.1 Algemeen

Voor de windbelasting moet onderscheid zijn gemaakt tussen de windbelasting op de brug tijdens en buiten de bewegingscyclus. De in rekening te brengen windbelasting tijdens een bewegingscyclus is afhankelijk van het windgebied en het aantal uren per jaar dat de brug niet-bedienbaar mag zijn.

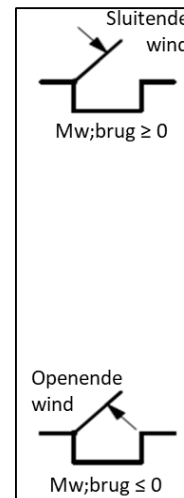
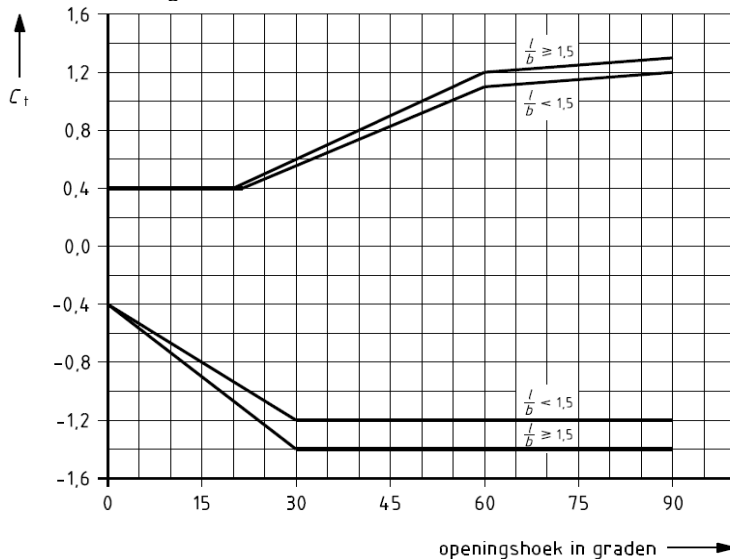
A3.2 Stuwdruk 'tijdens de bewegingscyclus'

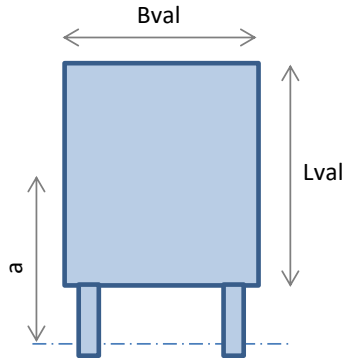
Tijdens de bewegingscyclus:

Windgebied	II
Gem. aantal uren niet-bedienbaar door wind	72

$$M_{w;brug} = 1,05 \cdot C_s \cdot C_d \cdot C_t \cdot \sum q_p(z_e) \cdot S_{mom}$$

$C_s =$	0,95	-	Afmetingsfactor
$C_d =$	1,15	-	Dynamische factor
$C_t =$	zie grafiek		Windvormfactor





Voor verticale windbelasting
moet zijn gerekend met:

$$C_t = \pm 0,4$$

$q_p(z_e)$ = de stuwdruk volgens 2.3.2.2 (NEN 6786-1:2017)

$$q_p(z_e) = \frac{1}{2} \rho \left(v_{m,10} \frac{\ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{m,10}}{z_0}\right)} \right)^2 \times \left(1 + \frac{7}{\ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} \right)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{m,10} = 13,0 \text{ m/s} \quad (6 \text{ BF}) \quad \text{Maximaal 72 uur niet-bedienbaar.}$$

$$v_{m,10} = 15,5 \text{ m/s} \quad (7 \text{ BF}) \quad \text{Maximaal 12 uur niet-bedienbaar.}$$

$$L_{val} = L_5 = 9,820 \text{ m} \quad \text{Maximaal 72 uur niet-bedienbaar.}$$

$$B_{val} = B = 12,640 \text{ m} \quad \text{Maximaal 12 uur niet-bedienbaar.}$$

$$L_{val} / B_{val} = 0,78 \quad -$$

$$Z_e(\alpha) = \sin(\alpha) \cdot (L_4 + L_5)$$

Referentiehoogte ten opzichte van de
gemiddelde waterstand, minimaal 4 m.

$$L_4 + L_5 = 12,610 \text{ m}$$

$$z_0 = 0,2 \text{ m}$$

Ruwheidslengte

$$z_{m,10} = 10,0 \text{ m}$$

Hoogte boven het maaiveld waarop de
10 min-gemiddelde windsnelheid $v_{m,10}$
is bepaald.

$$Z_e = 2,47 \text{ m}$$

Afstand van het hoogste punt van het val
tot de gemiddelde waterstand.

Wubbo Ockelsbrug te Groningen

$S_{\text{mom}} = B_{\text{val}} \cdot L_{\text{val}} \cdot a$ Het statisch moment van het door de wind getroffen oppervlak

$$a = L_4 + L_5 / 2 = 7,700 \text{ m}$$

$$S_{\text{mom}} = 955,761 \text{ m}^3$$

$$v_{10} = v_{m,10} \frac{\ln\left(\frac{z_m}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{v,m,10}}{z_0}\right)}$$

$$V_{10} = 13,0 \text{ m/s}$$

Windsnelheid tot welke de brug mag worden bediend.

$$V_{m,10} = 13,0 \text{ m/s}$$

de grootste 10 min-gemiddelde windsnelheid tot waarbij de brug mag worden bewogen.

$$Z_m = 10 \text{ m}$$

de verticale afstand van windmeter tot maaiveld.

$$Z_{v,m,10} = 10 \text{ m}$$

de hoogte boven het maaiveld waarop de 10 min-gemiddelde windsnelheid $V_{m,10}$ is bepaald

$$Z_0 = 0,2 \text{ m}$$

de ruwheidslengte, volgens

NEN-EN 1991-4+A1+C2:2011/NB:2011

A3.3 Windbelasting buiten de bewegingscyclus

A3.3.1 Situatie 'brug gesloten'

stuwdruk $q_p(z_e)$ volgens 4.5 van NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011

Extreme stuwdruk $q_p(z_e)$

$$q_p(z_e) = (1 + 7 I_v(z_e))^{1/2} \rho V_m^2(z_e) = C_e(Z) q_b$$

$$I_v(z_e) = \sigma_v / V_m(z_e) = k_t / C_o(Z) \ln(z_e / z_0) \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$I_v(z_e)$ = Turbulentie-intensiteit op hoogte z

$$I_v(z_e) = I_v(z_{\min}) \quad z \leq z_{\min}$$

$\sigma_v = k_r V_b k_t$ Standaardafwijking van de turbulentie

$$k_r = 0,19 (z_0 / z_{0,II})^{0,07}$$

$$z_0 = 0,200 \quad \text{m; Ruwheidslengte}$$

$$z_{0,II} = 0,050 \quad \text{m; Terreincategorie II, tabel 4.1}$$

$$k_r = 0,209 \quad \text{- Terreinfactor}$$

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0}$$

$$C_{dir} = 1,0 \quad \text{- de windrichtingsfactor}$$

$$C_{season} = 1,0 \quad \text{- de seizoensfactor}$$

$$V_{b,0} = 27,0 \quad \text{m/s}$$

$$I_v(z_e) = \sigma_v / V_m(z_e) = 0,334 \quad \text{-}$$

$$I_v(z_e) = k_t / C_o(z_e) \ln(z/z_0) = 0,398 \quad \text{-}$$

$$\rho = 1,25 \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{dichtheid van lucht tijdens}$$

Gemiddelde wind volgens 4.3

$$V_m(z_e) = C_r(z_e) \cdot C_o(z_e) \cdot V_b$$

$$C_r(z_e) = 0,627 \quad \text{- ruwheidsfactor}$$

$$C_o(z_e) = 1,000 \quad \text{- orografiefactor, A.3 Numerieke berekening van orografiefactoren}$$

$$V_m(z_e) = 17 \quad \text{m/s}$$

Windgebied	I	II	III
V _{b,0} (m/s)	29,5	27,0	24,5

$V_b = 27,0$ m/s Basiswindsnelheid
 $k_t = 1,0$ - Turbulentiefactor
 $\sigma_v = 5,7$ m/s

Windgebied =	II
--------------	----

Ze =	2,5	m	Hoogte boven het maaiveld
------	-----	---	---------------------------

Terreincategorie	Z ₀	Z _{min}
II	0,200	4,000

Tabel NB.3 - 4.1 - Terreincategorieën en terreinparameters

Terreincategorie		Z ₀ m	Z _{min} m
0	Zee of kustgebied aan zee	0,005	1
II	Onbebouwd gebied	0,200	4
III	Bebouwd gebied	0,500	7

$$C_r(Ze) = k_r \ln(z / z_0) \quad \text{voor } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$C_r(Ze) = c_r(z_{\min}) \quad \text{voor } z \leq z_{\min}$$

$$q_p(Ze) = 598,027 \quad \text{N/m}^2 \quad \text{Extreme stuwdruk } q_p(Ze)$$

A4 Aandrijfcomponenten

Aantal motoren, remmen	1	stuks
Aantal heugels / krukarmen	1	stuks
Verdeling over heugels / krukarmen	n.v.t.	

A4.1 Motor

Fabrikant	SEW
Type	DRN180L4

Nominaal vermogen	22 kW	
Nominaal koppel M_N	0,142 kNm	
M_A/M_N	1,5 -	Frequentieregelaar zonder closed-loop regeling
Aanloopkoppel	0,213 kNm	
Motortoerental n_{nom}	1477 omw/min	
n_{kruip} / n_{max}	25%	

Massatraagheid:

$J_{(rem)motor}$	0,1950 kg.m ²
$J_{remwielkoppeling}$	0,1710 kg.m ²
$J_{vliegwiël}$	0,0000 kg.m ²
J_1	0,3660 kg.m ²

Afmetingen vliegwiël	
dikte=	0 m
R=	0,15 m
r=	0,024 m
m_{vw} =	0,000 kg
J_{vw} =	0,0000 kgm ²

Maximum grensmotorkoppel

Maximale waarde van situatie 14, 15 en 16

M_{Ed} =	0,149 kNm	(totaal brug)
M_{Ed} =	0,149 kNm	(per motor)

UC1	=	$1,2 \cdot M_{Ed} / M_A < 1$	=	0,84	Voldoet
-----	---	------------------------------	---	------	---------

Maximum toegekend motorkoppel

Maximale waarde van situatie 17 en 18

M_{Ed} =	0,084 kNm	(totaal brug)
M_{Ed} =	0,084 kNm	(per motor)

UC2	=	$M_{Ed} / M_N < 1$	=	0,59	Voldoet
-----	---	--------------------	---	------	---------

Wubbo Ockelsbrug te Groningen

A4.2 Rem

Fabrikant	Romer-Dellner
	blokkenrem
Type	RWS-RT2F 250 RBL356 RKK63WBT
aantal	1 stuks
Max. remkoppel	0,42 kNm

Maximum benodigd remkoppel

Vertragen (rem wordt gebruikt als vertragsrem)	M_{br}	=	0,119 kNm	(totaal brug
	M_{br}	=	0,119 kNm	(per rem)
Vasthouden (rem wordt gebruikt als vasthoudrem)	M_{br}	=	0,137 kNm	(totaal brug
	M_{br}	=	0,137 kNm	(per rem)

Minimale instelwaarde remkoppel

Remklasse	C	(volgens tabel 40)
$\gamma_{m,rem}$	1,50 [-]	(volgens tabel 41)
Vertragen	$M_{br,instel} = \gamma_{m,rem} \cdot M_{br}$	$M_{br,instel} = 0,179 \text{ kNm}$
Vasthouden	$M_{br,instel} = \gamma_{m,rem} \cdot M_{br}$	$M_{br,instel} = 0,205 \text{ kNm}$

Ingestelde remkoppels

vertragen: $M_{br,instel}$	=	0,225 kNm	(per rem)
vasthouden: $M_{br,instel}$	=	0,275 kNm	(per rem)

UC1	=	$M_{br} / M_{br,instel} < 1$	=	0,53	Voldoet
UC2	=	$M_{br} / M_{br,instel} < 1$	=	0,50	Voldoet

Rekenwaarde remkoppel

$$M_{br,Ed} = M_{br,instel} \cdot \gamma \cdot \gamma_{m,rem}$$

$$M_{br,instel} = \gamma_{m,rem} \cdot M_{br}$$

Vertragsrem	$M_{br,Ed}$	=	0,388 kNm	Overbelasten overbrenging
	$M_{br,Ed}$	=	0,338 kNm	Overige belastingsituaties
	γ	=	1,15 [-]	overbelasten (volgens tab. 11)
	γ	=	1,00 [-]	overige situaties (volgens tab. 11)
Houdrem	$M_{br,Ed}$	=	0,474 kNm	Overbelasten overbrenging
	$M_{br,Ed}$	=	0,413 kNm	Overige belastingsituaties
	γ	=	1,15 [-]	overbelasten (volgens tab. 11)
	γ	=	1,00 [-]	overige situaties (volgens tab. 11)

A4.3 Tandwielkast

Fabrikant	SEW		
Type	PL.102KF..		
i.twk	=	2469	-
η	=	0,90	-
$M_{O,max}$	=	905,00 kNm	(opgave SEW)
$F_{O,max}$	=	850,00 kN	(opgave SEW)
$M_{V,max}$	=	224,00 kNm	(opgave SEW)
$F_{V,max}$	=	788,00 kN	(opgave SEW)

Uiterste grenstoestand: Overbelasten overbrenging

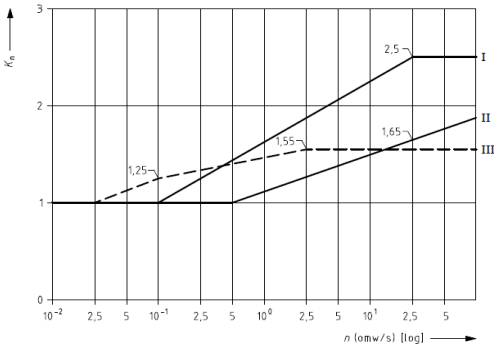
Maximale waarde van situatie 1 t/m 7

$M_{1,O,Ed}$	=	0,327 kNm	(zie par. 9.1)	(totaal brug)
$M_{1,O,Ed}$	=	0,327 kNm		(per tandwielkast)

Uiterste grenstoestand: Vermoeiing overbrenging

Conform 10.4 (2) moet het moment zijn vermenigvuldigd met K_n volgens 9.3.2, hierbij moet de waarde voor de tandvoetspanningen zijn aangehouden.

Voor K_n geldt figuur 9:



Figuur 9 — Factor K_n afhankelijk van de rotatiefrequentie

291

Rotatiefrequentie uitgaande as: 0,010 omw/s

Voor een van teken wisselend koppel geldt voor roterende onderdelen met $n > 0,10$ omw/s voor tandvoetspanningen lijn II. Voor $n < 0,10$ geldt $K_n = 1$.

Hieruit volgt $K_n = 1,00$ -

Maximale waarde van situatie 8 t/m 13

$M_{1,V}$	=	0,053 kNm	(zie par. 9.1)	(totaal brug)
$M_{1,V}$	=	0,053 kNm		(per tandwielkast)
$M_{1,V,Ed}$	=	$M_{1,V} \cdot K_n$		
$M_{1,V,Ed}$	=	0,053	1,00	= 0,053 kNm

Uitgaande momenten M2:

Overbelasten	$M_{2,O;Ed} = i_{twk} \cdot M_{1,O,Ed} \cdot \eta =$	806,630 kNm	($\eta=1$)
Vermoeiing	$M_{2,V;Ed} = i_{twk} \cdot M_{1,V,Ed} \cdot \eta =$	117,642 kNm	

Toetsing:

UC1	=	$M_{2,O,Ed} / M_{O,max} < 1$	=	0,89	Voldoet
-----	---	------------------------------	---	------	---------

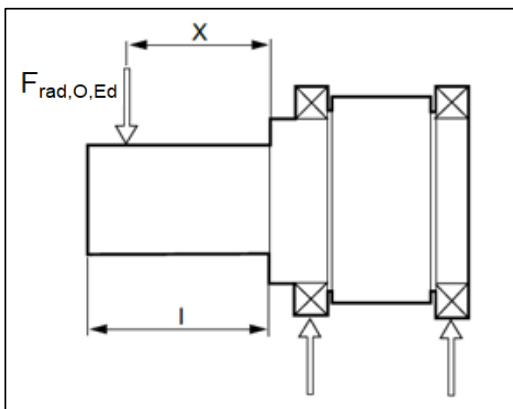
UC2	=	$M_{2,V,Ed} / M_{V,max} < 1$	=	0,53	Voldoet
-----	---	------------------------------	---	------	---------

Uitgaande as: radiale belasting

De maximale radiale belasting op de uitgaande as is de krukarmkracht.

$$F_{rad,O,Ed} = 815,99 \text{ kN} \quad (\text{zie par. 9.3, situatie 1 t/m 7})$$

$$F_{rad,V,Ed} = 272,40 \text{ kN} \quad (\text{zie par. 9.3, situatie 8 t/m 13})$$



$$X = 275 \text{ mm} \quad (\text{aangrijpingspunt van de kracht})$$

Maximaal toetaatbaar:

$$F_{O,max} = 850,000 \text{ kN}$$

$$F_{V,max} = 788,000 \text{ kN}$$

Deze kracht is gerekend op de halve aslengte.

$$L = 550 \text{ mm}$$

Toetsing:

UC1	=	$F_{rad,O,Ed} / F_{O,max} < 1$	=	0,96	Voldoet
-----	---	--------------------------------	---	------	---------

UC2	=	$F_{rad,O,Ed} \cdot X / F_{O,max} \cdot (L/2) < 1$	=	0,96	Voldoet
-----	---	--	---	------	---------

UC3	=	$F_{rad,V,Ed} / F_{V,max} < 1$	=	0,35	Voldoet
-----	---	--------------------------------	---	------	---------

UC4	=	$F_{rad,V,Ed} \cdot X / F_{V,max} \cdot (L/2) < 1$	=	0,35	Voldoet
-----	---	--	---	------	---------

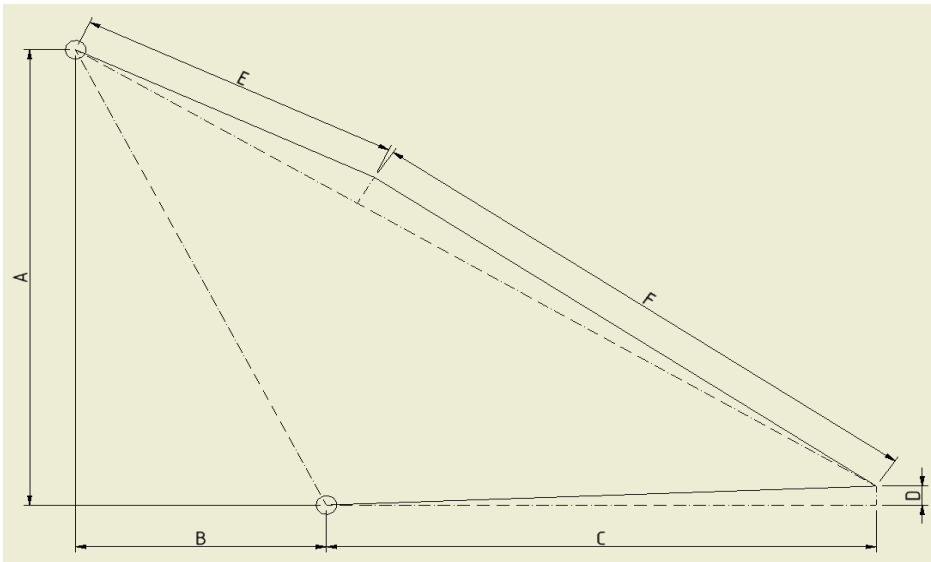
A5 Beweging

A5.1 Cyclustijden

Totaal =	65,0	s	$t_0 =$	0,0	s
$t_1 - t_0 =$	2,0	s; Kruipversnelling	$t_1 =$	2,0	s
$t_2 - t_1 =$	6,0	s; Kruipen	$t_2 =$	8,0	s
$t_3 - t_2 =$	5,0	s; Versnellen naar nominaal	$t_3 =$	13,0	s
$t_4 - t_3 =$	39,0	s; Nominale snelheid (constant)	$t_4 =$	52,0	s
$t_5 - t_4 =$	5,0	s; Vertragen tot kruip	$t_5 =$	57,0	s
$t_6 - t_5 =$	6,0	s; Kruipen	$t_6 =$	63,0	s
$t_7 - t_6 =$	2,0	s; Vertragen tot stilstand	$t_7 =$	65,0	s

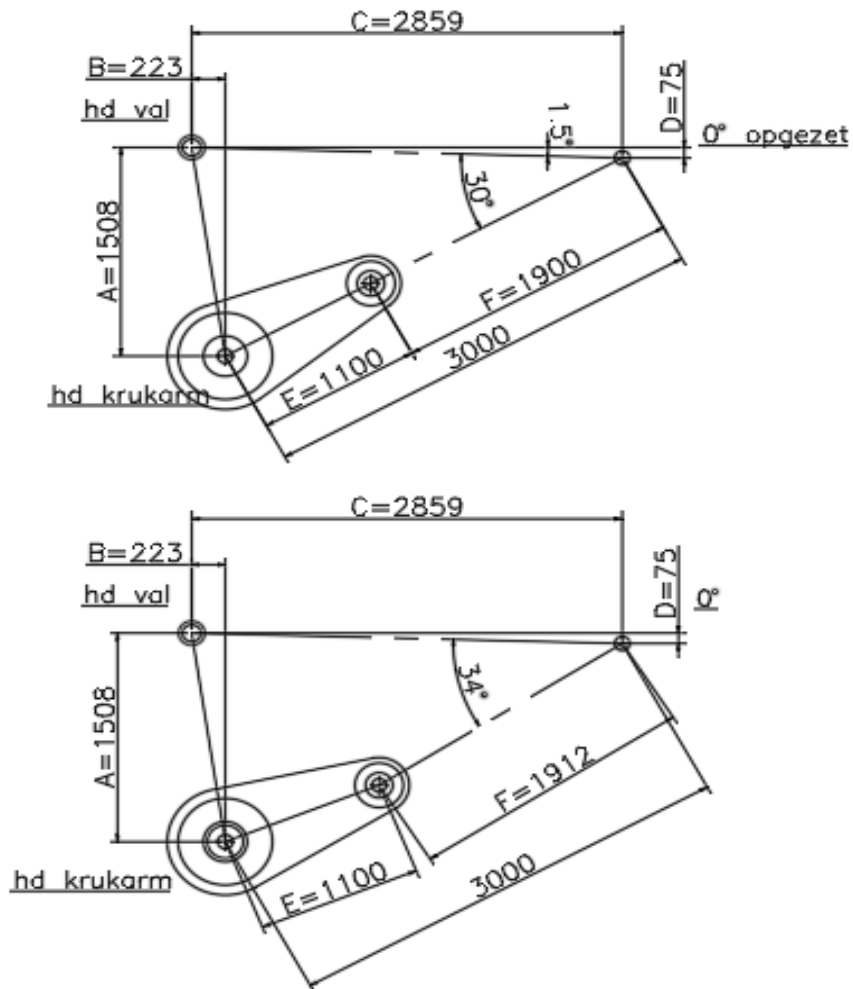
$t_n = 3$ s; Noodstoptijd (NEN 6786-1:2017 art. 2.3.9)

A5.2 Geometrie



krukas vertikaal	A	1508 mm
krukas horizontaal	B	-223 mm
aangrijpingspunt val horizontaal	C	2859 mm
aangrijpingspunt val vertikaal	D	75 mm
lengte krukarm	E	1100 mm
lengte met niet ingedrukte buffer	F	1912 mm
indrukking veerbuffer bij opspannen		10,6 mm
gewenste openingshoek		78,0 graden
bereikte openingshoek		75,4 graden

DRUK OP KNOP



Geometrie krukarm en trekduwstang opgezet en niet opgezet

$n_{\text{nom}} = 1477 \text{ min}^{-1}$ Nominale snelheid motoras bij 50 Hz
 In te stellen frequentie **56,00** Hz
 $n_{\text{freq}} = 1654 \text{ min}^{-1}$ Nominale snelheid motoras met frequentieregelaar

Snelheden motoras:

$\omega_{\text{nom}} = 173,2 \text{ rad/s}$ Nominale snelheid motoras met frequentieregelaar
 $\omega_{\text{kruip}} = 43,3 \text{ rad/s}$ Kruipsnelheid motoras
 $a_1 = 21,7 \text{ rad/s}^2$ Hoekversnelling motoras naar kruipsnelheid
 $a_2 = 26,0 \text{ rad/s}^2$ Hoekversnelling motoras naar nominaal
 $a_3 = -26,0 \text{ rad/s}^2$ Hoekvertraging motoras van nominaal
 $a_4 = -21,7 \text{ rad/s}^2$ Hoekvertraging motoras van kruipsnelheid

Omwentelingen motoras:

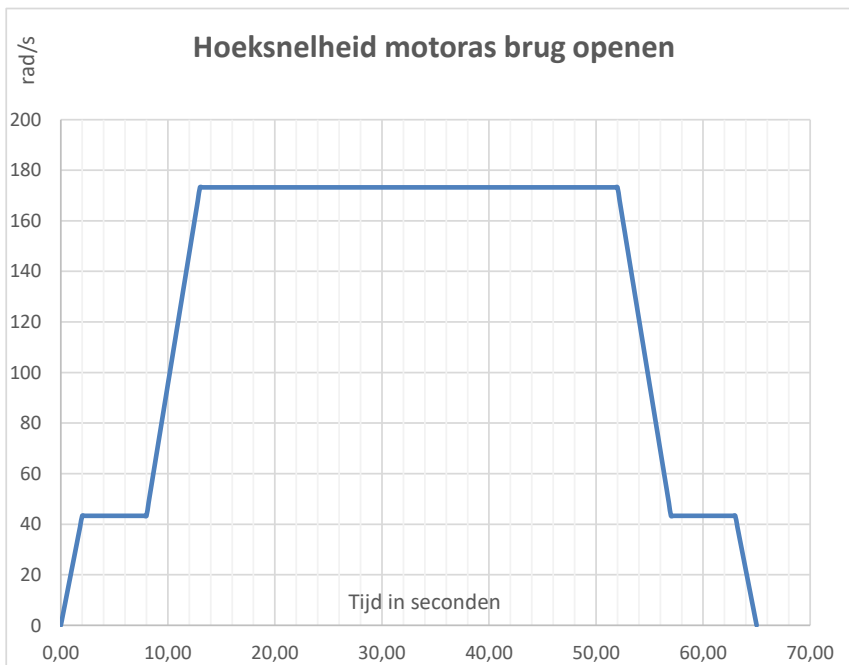
$s_1 = 43 \text{ rad}$; Kruipversnelling
 $s_2 = 260 \text{ rad}$; Kruipen
 $s_3 = 541 \text{ rad}$; Versnellen naar nominaal
 $s_4 = 6756 \text{ rad}$; Nominale snelheid
 $s_5 = 541 \text{ rad}$; Vertragen tot kruip
 $s_6 = 260 \text{ rad}$; Kruipen
 $s_7 = 43 \text{ rad}$; Vertragen tot stilstand

$s_{\text{totaal}} = 8445 \text{ rad}$

Er moet gelden: $s_1 + s_2 \leq \text{Doorlopen veerweg}$

$s_1 + s_2 = 303 \text{ rad}$

Voldoet, de brug wordt aangegrepen tijdens het kruipen



A5.3 Snelheden

α °	arm.td mm	ω_{mot} rad/sec	arm.kr mm	i_{totaal} -	ω_{val} omw/min
0,0	1590	43,31	196	20000	0,02068
2,0	1804	97,79	449	9924	0,09410
5,0	1982	173,23	649	7656	0,21608
10,0	2175	173,23	850	6325	0,26153
20,0	2402	173,23	1047	5673	0,29162
30,0	2516	173,23	1100	5647	0,29296
40,0	2550	173,23	1066	5902	0,28028
50,0	2505	173,23	981	6293	0,26286
60,0	2349	173,23	875	6628	0,24957
70,0	2045	97,96	785	6444	0,14517
75,0	1838	43,31	758	5987	0,06907
78,0	1702	0,00	750	5934	0,00000

$$i_{\text{twk}} = 2469 \quad -$$

Doorlopenhoek van de krukarm en de motoras:

	Krukarm °	Krukarm rad	Motoras rad	
Doorlopen veerweg vd buffer	6,53	0,114	281	
Openen/Sluiten	201,98	3,525	8704	+
Totaal	208,51	3,639	8985	

(incl. opzetten)

Voordat de brug in beweging komt dient eerst de veerweg van de buffer te worden doorlopen.

De weg die de motoras aflegt van de opgezette, naar de niet-opgezette toestand is:

$$\varphi = 6,529 \quad ^\circ \quad (\text{doorlopen hoek van opgezet naar niet-opgezet})$$

$$\varphi = 0,114 \quad \text{rad}$$

De verstreken tijd is gelijk aan:

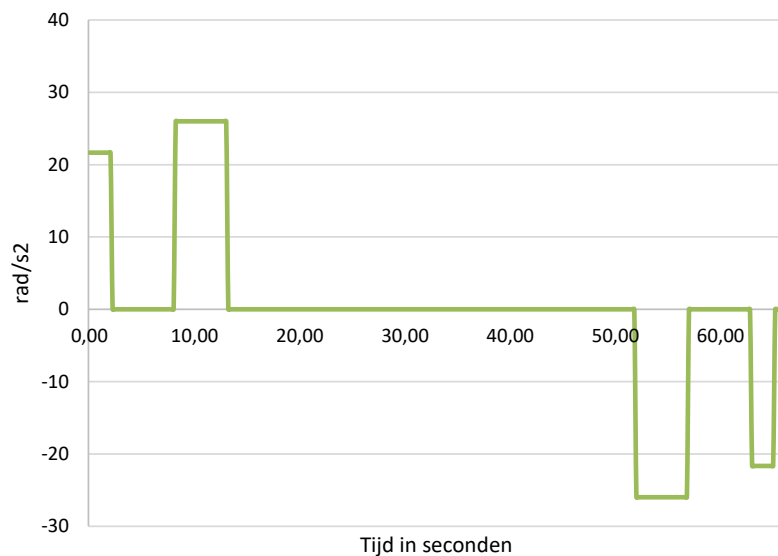
$$t_{\text{begin-brugbeweging}} = 7,50 \quad \text{s} \quad (\text{doorlopen tijd opgezet naar niet-opgezet})$$

De motorversnelling voor de verschillende massatraagheids situaties:

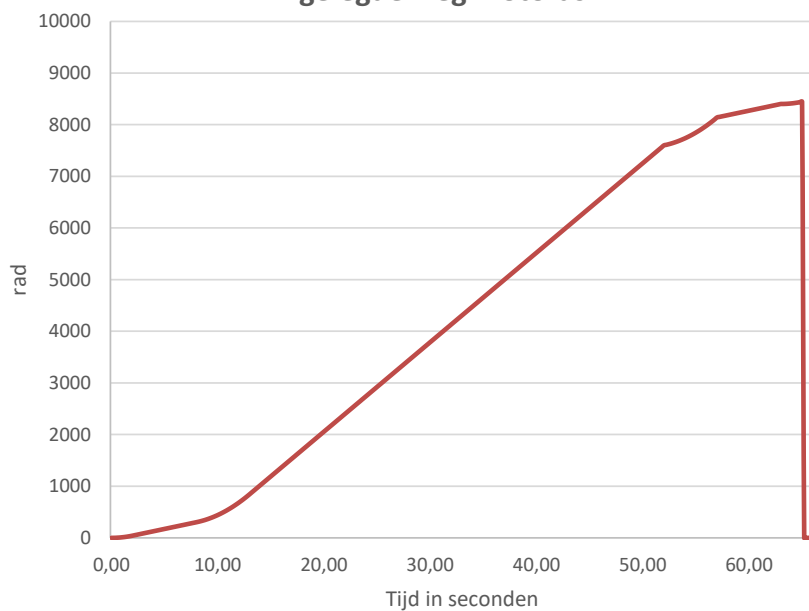
0,000	rad/s ²	Situatie 2; Situatie 9;	Versnelling op het moment van aangrijpen van het val (gesloten stand)
25,985	rad/s ²	Situatie 3; Situatie 10;	Versnelling tijdens tussenstand
-21,654	rad/s ²	Situatie 3; Situatie 10;	Vertraging tijdens tussenstand
57,744	rad/s ²	Sit. 15; Sit. 18; Sit. 19;	Vertraging tijdens noodstop

Bewegingskrommen:

Hoekversneling van de motoras



Afgelegde weg motoras



A6 Stijfheid van de overbrenging

De stijfheid van het bewegingswerk wordt in dit geval voornamelijk bepaald door de torsiestijfheid van de aandrijfas en as trek/duwstang aan val. Het minst stijve onderdeel bepaald in grote mate de totale stijfheid.

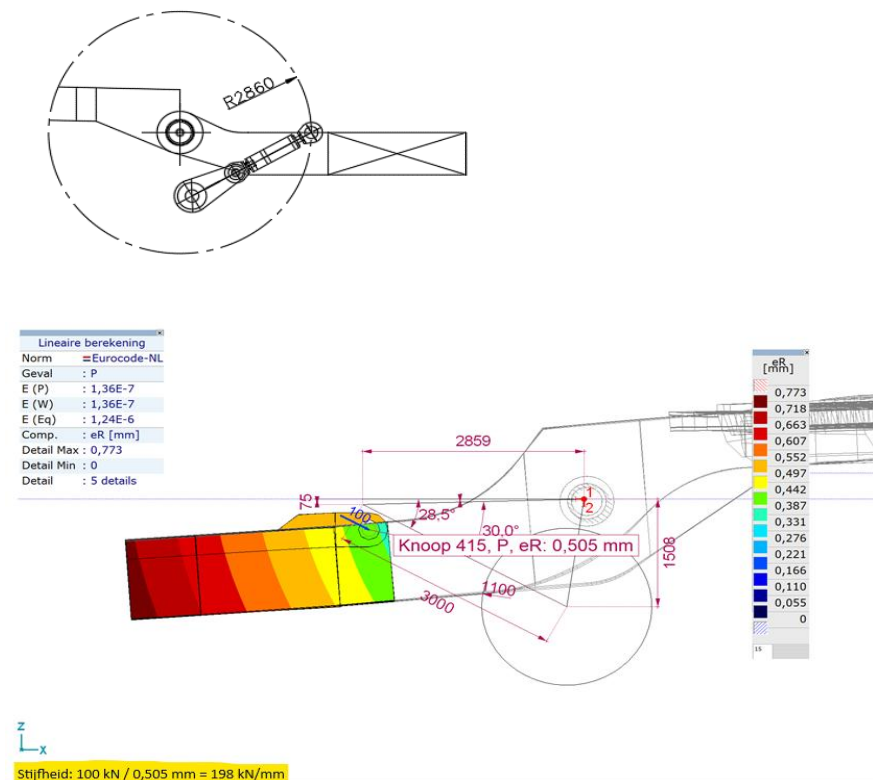
A6.1 Stijfheid van de aandrijfas planetaire kast Ca

Stijfheid rondselas

L_{as}	=	aslengte tussen tandwielkast en rondsel/kruk	712,5	mm
d_{as}	=	as diameter v.d. as tussen tandwielkast en rondsel/kruk	340	mm
$i_{rondsel}$	=	overbrenging naar motoras	2469	-
Ca	=	torsiestijfheid van de as	1,491E+05	kNm/rad
Ca	=	herleid naar de motoras	2,447E-02	kNm/rad

A6.2 Stijfheid van het val **BietenbrugCb**

Stijfheid van het val

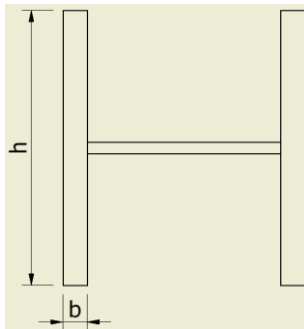


F	=	belasting	100	kN
x	=	verplaatsing	0,505	mm
R	=	straal	2860	mm
M	=	moment	286	kNm
γ	=	hoekverdraaiing	0,000177	rad
		stijfheid	1619723	kNm/rad

Herleid naar de motoras:

α	i_{tot}	Cb
°	-	kNm/rad
0,0	20000	0,004049
2,0	9924	0,016448
5,0	7656	0,027636
10,0	6325	0,040485
20,0	5673	0,050335
30,0	5647	0,050800
40,0	5902	0,046497
50,0	6293	0,040897
60,0	6628	0,036868
70,0	6444	0,039006
75,0	5987	0,045186
78,0	5934	0,046005

A6.3 Stijfheid van de krukarm Cc



$$b = 50 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

$$L_{arm} = 1100 \text{ mm} \quad \text{armlengte kruk}$$

$$A_{arm} = 55000 \text{ mm}^2 \quad \text{oppervlakte}$$

$$I_{arm} = 1,386E+09 \text{ mm}^4 \quad \text{traagheidsmoment arm}$$

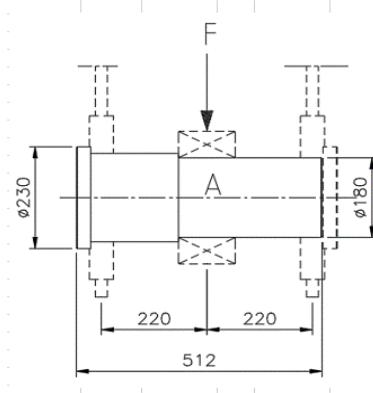
$$E = 210000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{elasticiteitsmodulus}$$

$$C_c = \frac{3 \cdot E \cdot I_{arm}}{L_{arm}} = 7,941E+11 \text{ Nmm/rad}$$

$$C_{c_{max.}} = \text{herleid naar de motoras} = 1,303E-01 \text{ kNm/rad}$$

A6.4 Stijfheid van de draaipuntsas Cd

Stijfheid as veerbufferdraaipunt aan krukarm



P	=	belasting op as bij opzetten	408,60	kN
L	=	tussenafstand opleggingen as	440	mm
D _{as}	=	diameter as	180	mm
I _{as}	=	traagheidsmoment as	51529974	mm ⁴
E	=	elasticiteitsmodulus	210000	N/mm ²
s	=	$P \cdot L^3 / (48 \cdot E \cdot I)$	0,067	mm

tandwielkast i = 2469 -

α °	arm kruk m	M_{torsie} kNm	β rad	Cd kNm/rad
0,0	0,196	80,209	0,0003	0,0385
2,0	0,449	183,437	0,0001	0,2016
5,0	0,635	259,578	0,0001	0,4037
10,0	0,848	346,677	0,0001	0,7201
20,0	1,043	426,310	0,0001	1,0889
30,0	1,100	449,418	0,0001	1,2101
40,0	1,067	435,941	0,0001	1,1386
50,0	0,984	401,945	0,0001	0,9680
60,0	0,877	358,256	0,0001	0,7690
70,0	0,786	321,299	0,0001	0,6185
75,0	0,758	309,878	0,0001	0,5753
78,0	0,757	309,206	0,0001	0,5728

Totale stijfheid overbrenging

$$C1 = 1 / (1/Ca + 1/Cb + 1/Cc + 1/Cd)$$

α °	Ca kNm/rad	Cb kNm/rad	Cc kNm/rad	Cd kNm/rad	C1 kNm/rad	C1 Nm/rad
0,0	2,447E-02	4,049E-03	1,303E-01	3,855E-02	3,111E-03	3,1110
2,0	2,447E-02	1,645E-02	1,303E-01	2,016E-01	8,748E-03	8,7483
5,0	2,447E-02	2,764E-02	1,303E-01	4,037E-01	1,147E-02	11,4665
10,0	2,447E-02	4,049E-02	1,303E-01	7,201E-01	1,340E-02	13,3980
20,0	2,447E-02	5,034E-02	1,303E-01	1,089E+00	1,442E-02	14,4229
30,0	2,447E-02	5,080E-02	1,303E-01	1,210E+00	1,448E-02	14,4801
40,0	2,447E-02	4,650E-02	1,303E-01	1,139E+00	1,410E-02	14,0976
50,0	2,447E-02	4,090E-02	1,303E-01	9,680E-01	1,351E-02	13,5074
60,0	2,447E-02	3,687E-02	1,303E-01	7,690E-01	1,299E-02	12,9915
70,0	2,447E-02	3,901E-02	1,303E-01	6,185E-01	1,319E-02	13,1922
75,0	2,447E-02	4,519E-02	1,303E-01	5,753E-01	1,381E-02	13,8087
78,0	2,447E-02	4,600E-02	1,303E-01	5,728E-01	1,388E-02	13,8828

Val:

$$J_{val} = (1/12 * G_{val} * L5^2) + (G_{val} * L2^2)$$

$$G_{val} = 88,000 \quad \text{ton}$$

$$L5 = 9,820 \quad \text{m}$$

$$L2 = 3,92 \quad \text{m}$$

$$J_{val} = 2059414 \quad \text{kg.m}^2$$

Balans:

$$J_{balans} = ((1/12 * G_{balans} * L6^2) + (G_{balans} * L9^2)) + ((1/12 * G_{ballast} * L8^2) + (G_{ballast} * L11^2))$$

$$G_{balans} = 0,000 \quad \text{ton}$$

$$L6 = 0,000 \quad \text{m}$$

$$L9 = 0,000 \quad \text{m}$$

$$G_{ballast} = 79 \quad \text{ton}$$

$$L8 = 1,900 \quad \text{m}$$

$$L11 = 4,220 \quad \text{m}$$

$$J_{balans} = 1430629 \quad \text{kg.m}^2$$

Hangstangen:

$$J_{hangst.} = G_{hangst} * L7^2$$

$$G_{hangst} = 0,000 \quad \text{ton}$$

$$L7 = 0,000 \quad \text{m}$$

$$J_{hangst.} = 0 \quad \text{kg.m}^2$$

Totaal: (herleid naar de motoras)

$$J_0 = J_{val} + J_{balans} + J_{hangst.} = 3490044 \quad \text{kg.m}^2$$

$$J_2 = J_0 * (i_{totaal})^2$$

A7 Controle vaste ligging brug

NEN 6786-1:2017 2.3.12.6 Vaste ligging van de gesloten brug buiten de bewegingscyclus

Tabel 19 — Vaste ligging van de gesloten brug buiten de bewegingscyclus als functie van de belastingssituatie

Belastingssituatie	Belastings-combinatie	Rekenwaarden van krachten ^a	ψ_t	γ_w	$\gamma_{G/Q,i}$
Vaste ligging brug	Brug gesloten	$\gamma_w \psi_t \psi_0 F_w + \sum \gamma_{G/Q,i} \psi_{0,i} F_{G/Qk,i,LS}$	1,0	1,1	1,1

^a Voor de symbolen geldt de omschrijving zoals aangegeven bij tabel 18.

**Gebied II
bebouwd
h<4m**

$$q_p(Z_e) = = 0,598 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{zie par.A3.3.1})$$

$$M_{w;brug} = 1,05 \cdot C_s \cdot C_d \cdot C_t \cdot \sum q_p(z_e) \cdot S_{mom} \quad (\text{NEN 6786-1 par. 2.3.2.1})$$

$$C_s = 0,95 \quad -$$

$$C_d = 1,15 \quad -$$

$$C_t = -0,40 \quad -$$

$$q_p(Z_e) = 0,598 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{mom} = 955,8 \text{ m}^3$$

$$M_{w;brug} = -262,265 \text{ kNm}$$

$$F_{w,rep} = M_{w,rep} / L1$$

$$L1 = 12,375 \text{ m}$$

$$F_{w,rep} = -21,193 \text{ kN}$$

$$F_{Gk} = R_{opl} = 9,180 \text{ kN} \quad (\text{t.g.v. onbalans})$$

$$F_{Qk} = ADG \cdot S_{mom} / L1 \quad (\text{t.g.v. variabel dekgewicht})$$

$$F_{Qk} = -3,862 \text{ kN}$$

$$R_{vl} = \gamma_w \cdot \psi_t \cdot \psi_0 \cdot F_w + \gamma_{G/Q,i} \cdot \psi_0 \cdot (F_{Gk} + F_{Qk})$$

$$\gamma_w = 1,1 \quad -$$

$$\psi_t = 1,0 \quad -$$

$$\psi_0 = 1,0 \quad -$$

$$\gamma_{G/Q,i} = 1,1 \quad -$$

$$R_{vl} = -17,463 \text{ kN}$$

Wubbo Ockelsbrug te Groningen

Conform NEN6786-1:2017 par. 14 (4) gelden de volgende minimale oplegkrachten voor de gevolgklasse van de **brug**:

CC1		kN	(deze waarde is vrij te kiezen)
CC2	10	kN	
CC3	20	kN	

De gevolgklasse van de **brug** is: **CC2**

De minimale oplegkracht is: 10 kN

De door de aandrijving te leveren minimale oplegkracht is:

$$F_{opl;aandr} = 27,463 \text{ kN} \quad (\text{Geldt voor de gehele brug})$$

$$F_{aandr;d} = F_{opl;aandr} \cdot L1 / Lh$$

$$L1 = 12,375 \text{ m}$$

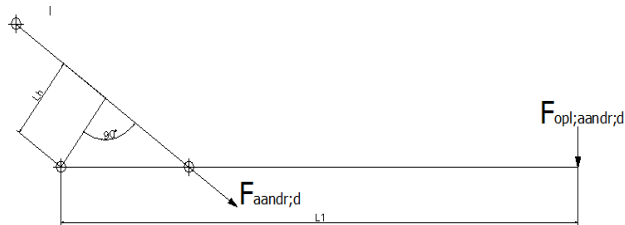
$$Lh = 1,428 \text{ m} \quad (\text{arm trek-duwstang opgezet})$$

$$F_{aandr;rep} = 238,028 \text{ kN} \quad (\text{minimaal totaal voor de gehele brug})$$

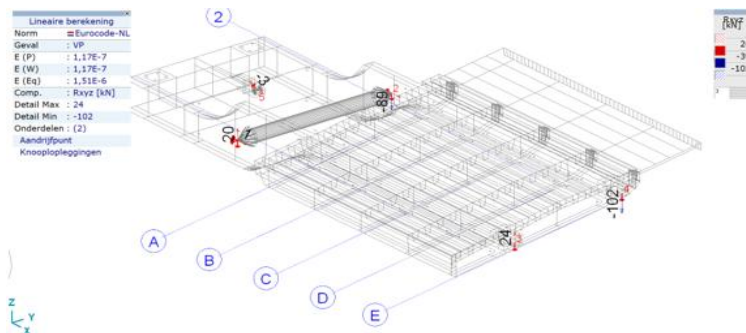
geleverd aandrukkraft:

$$F_{aandr;rep} = 272,40 \text{ kN} \quad (\text{per veerbuffer})$$

$$F_{aandr;rep} = 272,40 \text{ kN} \quad (\text{voor de gehele brug})$$



De kleinste (negatieve) oplegkracht komt uit belasting geval mensen menigte op de boardwalk. Dit geeft een negatieve oplegkracht van 24 kN oplegpunt rechts. (zie DO-O-WTB-BER-0 Ontwerpberekening - Bijlage A)



[1], > 2 details, Linear, VP, Rxyz (knoopopl.), Lijnen

oplegdruk door onbalans:	9,180	kN
oplegdruk door aandrukken:	31,428	kN
oplegdruk door onbalans en aandrukken:	40,608	kN

Oplegkracht vanuit aandrijving door onbalans en opzetten per oplegging

$$F_{opl;rep} = 20,304 \text{ kN} < 24 \text{ kN}$$

In UO fase wordt dit gefijn tuned.

A8 Belasting Combinaties

TABEL 11: Rekenwaarden van momenten op het brugbewegingsmechanisme, elektro-mechanisch aangedreven als functie van de belastingssituatie

Overbelasten overbrenging			Rekenwaarden van momenten		
Situatie :	1	Vasthouden in elke stand	M_{Ed}		
Situatie :	2	Begin openen vanuit gesloten stand	$M_{Ed} + \varepsilon * M_{a,Ed} + 0,9 * \sqrt{\{\varepsilon * M_{a,Ed}\}^2 + \gamma^2 * \omega^2 * C1 * I}$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	3	Aanvang versnellen/vertragen vanuit open of tussenstand	$\phi a * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{a,Ed}) + 1 - \phi a * \varepsilon * M_{Ed}$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	4	Stoppen van de brugbeweging via stopcategorie 0 (noodstop)	$\phi a * \varepsilon * M_{br,Ed} + 1 - \phi a * \varepsilon * M_{Ed}$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	5	Terugslag na remmen	$M_{Ed} + \phi br * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{br,Ed})$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	6	Doorlopen van een verende buffer	$M_{Ed} + 0,4 * M_{max,Ed}$		
Situatie :	7	Aandrukken op opleggingen	$M_{ic,Ed}$		
Vermoeiing overbrenging					
Situatie :	8	Eenparig bewegen	M_{Ed}		
Situatie :	9	Begin openen vanuit gesloten stand	$M_{Ed} + \varepsilon * M_{a,Ed} + 0,9 * \sqrt{\{\varepsilon * M_{a,Ed}\}^2 + \omega^2 * C1 * I2}$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	10	Aanvang versnellen/vertragen in open stand	$\phi a * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{a,Ed}) + 1 - \phi a * \varepsilon * M_{Ed}$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	11	Invalen van remkoppel	$\phi a * \varepsilon * M_{br,Ed} + 1 - \phi a * \varepsilon * M_{Ed}$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	12	Terugslag na remmen	$M_{Ed} + \phi br * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{br,Ed})$	✓	$M_{Ed} + M_{max,Ed}$
Situatie :	13	Aandrukken op opleggingen	$M_{ic,Ed}$		
Maximum grensmotorkoppel					
Situatie :	14	Eenparig bewegen	M_{Ed}		
Situatie :	15	Versnellen/vertragen	$M_{Ed} + \phi a * M_{a,Ed}$		
Situatie :	16	Aandrukken op opleggingen	$M_{ic,Ed}$		
Maximum toegekend motorkoppel					
Situatie :	17	Eenparig bewegen	M_{Ed}		
Situatie :	18	Versnellen/Vertragen	$M_{Ed} + M_{a,Ed}$		
Maximum remkoppel					
Situatie :	19	Vertragen (rem wordt gebruikt als vertragsrem)	$M_{Ed} + M_{a,Ed}$		
Situatie :	20	Vasthouden (rem wordt gebruikt als vasthoudrem)	M_{Ed}		

Belastingsfactoren:

Belastingssituatie	Overbelasten overbrenging						
Belastingscombinatie	1	2	3	4	5	6	7
$\psi t =$	1,1	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	-
$\gamma w =$	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Belastingssituatie	Vermoeiing overbrenging					
Belastingscombinatie	8	9	10	11	12	13
$\psi t =$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-
$\gamma w =$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	-

 ψt duurfactor voor windbelasting. 'vasthouden in elke stand'.

 Indien de openingstijd langer is dan 10 min, dan is de waarde voor ψt ten minste 1,1 voor de belastingscombinatie

Belastingssituatie	Maximum grensmotorkoppel			Maximum toegekend motorkoppel		Maximum remkoppel	
Belastingscombinatie	14	15	16	17	18	19	20
$\psi t =$	0,8	0,7	-	0,5	0,5	0,7	0,9
$\gamma w =$	1,1	1,1	-	1,1	1,1	1,1	1,1

Tabel 7 - γ -waarden voor de rekenwaarde van de belasting tijdens de bewegingscyclus
Gevolgklasse:

CC2

		$V_{G,sup}$	$V_{G,sup}$	$V_{G,inf}$	$V_{Q,i}$
		6.10a	6.10b	6.10a &	6.10a &
Eigen gewicht	G_k	1,30	1,20	0,90	-
Variabel dekgewicht	$Q_{k,var}$	-	-	-	1,50
Wind	W	-	-	-	tab. 11 tm 19
Overig	O	-	-	-	1,50

$$\psi_0 = 1,0 \quad [-]$$

$$\psi_{0,i} = 1,0 \quad [-]$$

Bovenstaande belastingfactoren moeten worden vermenigvuldigd met de factor Kfi:

	CC1	CC2	CC3
Kfi	0,9	1,0	1,1

Wubbo Ockelsbrug te Groningen

Gerekend moet worden met onderstaande γ waarden:

		$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_{Q,i}$
		6.10a	6.10b	6.10a &	6.10a &
Eigen gewicht	G_k	1,30	1,20	0,90	-
Variabel dekgewicht	$Q_{k,var}$	-	-	-	1,50
Wind	W	-	-	-	tab. 11 tm 19
Overig	O	-	-	-	1,50

$$\psi_0 = 1,0 \quad [-]$$

$$\psi_{0,i} = 1,0 \quad [-]$$

Situatie	8 t/m 13	14 t/m 20
$\gamma_{Q,i}$	1,0	1,1

Dynamische vergrotingsfactor door terugslag na remmen of vertragen
1,5 [-]; Als door remmen of vertragen de speling of een buffer doorlopen wordt.
0,9 [-]; In alle andere gevallen

$$\Phi_{br} = 1,5 \quad [-]$$

Dynamische vergrotingsfactor voor aanvang versnellen/vertragen.

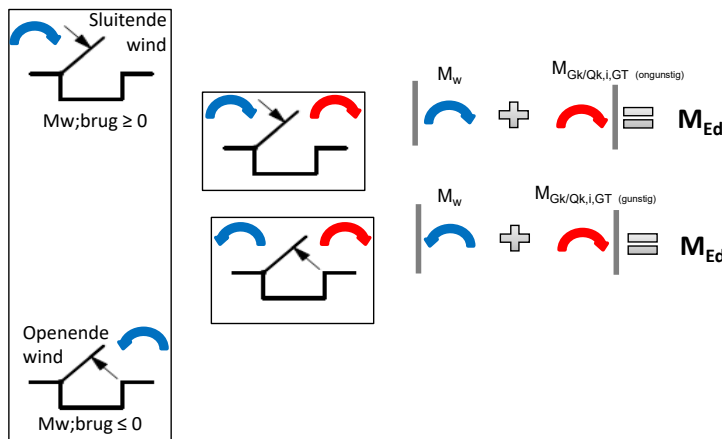
$$\Phi_a = 1,9 \quad [-]$$

Belastingssituatie	Belastingcombinatie		$\gamma =$	$\eta_{tot} =$
Overbelasten overbrenging	2	Begin openen vanuit gesloten stand	1,3	0,90
	3	Aanvang versnellen/vertragen vanuit open of tussenstand	1,3	0,90
Vermoeing overbrenging	9	Begin openen vanuit gesloten stand	1,0	0,90
	10	Aanvang versnellen/vertragen in open stand	1,0	0,90
Maximum grensmotorkoppel	15	Versnellen/vertragen	1,1	0,90
Maximum toegekend motorkoppel	18	Versnellen/vertragen	1,1	0,90
Maximum remkoppel	19	Vertragen (rem wordt gebruikt als vertragsrem)	1,1	0,90

Rendementsfactoren:	Situatie	η [-]
Vasthouden in elke stand	1	1,00
Invalen van remkoppel op volle snelheid	4	1,00
Terugslag na remmen	5	1,00
Doorlopen van een verende buffer	6	1,00
Generatorisch bedrijf	-	1,00
Aandrukken op opleggingen	7	0,90
Eenparig bewegen	8	0,90
Invalen van remkoppel	11	0,90
Terugslag na remmen	12	0,90
Aandrukken op opleggingen	13	0,90
Eenparig bewegen	14	0,90
Aandrukken op opleggingen	16	0,90
Eenparig bewegen	17	0,90
Vasthouden (rem wordt gebruikt als houdrem)	20	0,90

Combinatie van MEd en Mw (sluitende wind, openende wind):

$$M_{Ed} = (|\gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \Sigma \gamma_G / Q_{k,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT}|) / \eta$$



Maximale waarde van de rekenwaarde van het moment op de motoras

$$M_{\max,Ed} = 0,9 * \gamma * \sqrt{\omega^2 * C1 * J2}$$

$\gamma =$	1,3	[-]	Overbelasten overbrenging, situaties 1 t/m 7
$\gamma =$	1,0	[-]	Voor de overige situatie, 8 t/m 20

$$M_{a,Ed} = \gamma * (I1 + I2 / \eta) * (d\omega/dt)$$

A9 Uiterste grenstoestand overbelasten van de overbrenging

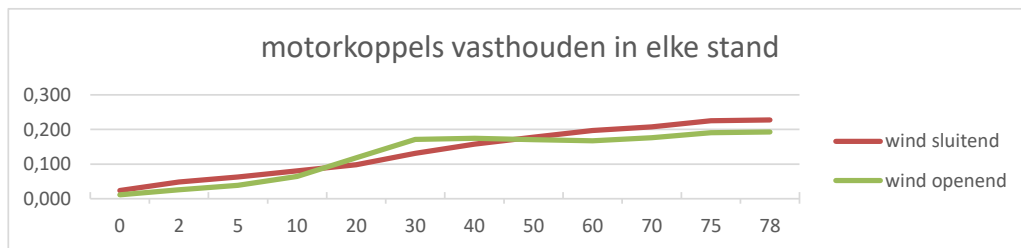
A9.1 Situatie 1: vasthouden in elke stand

Brug 12 uren niet beschikbaar

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal})$$

α	M_{Ed}	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,024	0,011
2,0	0,048	0,026
5,0	0,063	0,039
10,0	0,080	0,064
20,0	0,098	0,118
30,0	0,132	0,171
40,0	0,158	0,175
50,0	0,177	0,171
60,0	0,197	0,167
70,0	0,208	0,176
75,0	0,225	0,191
78,0	0,228	0,193

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,8 \\ \psi_t &= 1,1 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,30 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,50 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 1,00 \\ K_{fi} &= 1,0 \end{aligned}$$



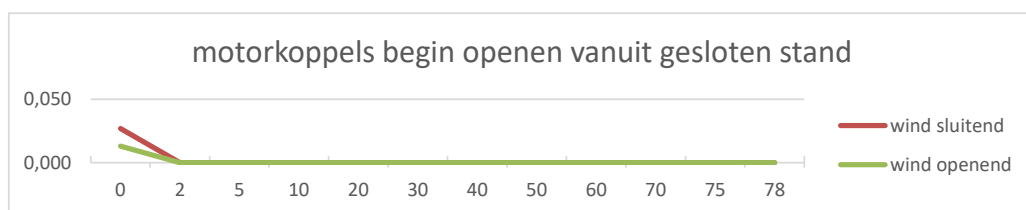
A9.2 Situatie 2: begin openen vanuit gesloten stand

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$\begin{aligned}
 M_{2,Ed} &= M_{Ed} + \varepsilon * M_{a,Ed} + 0,9 * v \{ (\varepsilon * M_{a,Ed})^2 + v^2 * \omega^2 * C1 * I2 \} \quad V & M_{Ed} + M_{max,Ed} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma w * \psi_t * \psi_0 * Mw + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{a,Ed} &= \gamma * (I1 + I2 / \eta) * (d\omega/dt) \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * v * (\omega^2 * C1 * J_2)
 \end{aligned}$$

α	$M_{2,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,027	0,013
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		

$$\begin{aligned}
 \gamma w &= 1,8 \\
 \psi_t &= 0,7 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,30 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,50 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 0,90 \\
 K_{fi} &= 1,0
 \end{aligned}$$



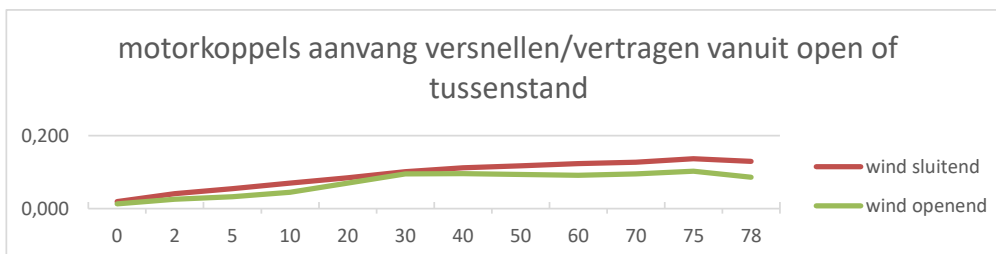
A9.3 Situatie 3: aanvang versnellen/vertragen vanuit open of tussenstand

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$\begin{aligned}
 M_{3,Ed} &= \phi a * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{a,Ed}) + |1 - \phi a * \varepsilon| * M_{Ed} & V &= M_{Ed} + M_{max,Ed} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma w * \psi t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{a,Ed} &= \gamma * (I_1 + I_2 / \eta) * (d\omega/dt) \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * V * (\omega^2 * C_1 * J_2) \\
 \varepsilon &= 1,2 * J_2 / (J_1 + 1,2 * J_2)
 \end{aligned}$$

α	$M_{3,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,019	0,013
2,0	0,041	0,026
5,0	0,055	0,032
10,0	0,070	0,045
20,0	0,084	0,070
30,0	0,101	0,095
40,0	0,112	0,096
50,0	0,117	0,093
60,0	0,123	0,091
70,0	0,127	0,095
75,0	0,137	0,102
78,0	0,130	0,086

$$\begin{aligned}
 \gamma w &= 1,8 \\
 \psi t &= 0,7 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,30 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,50 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 0,90 \\
 \phi a &= 1,9 \\
 K_{fi} &= 1,0
 \end{aligned}$$



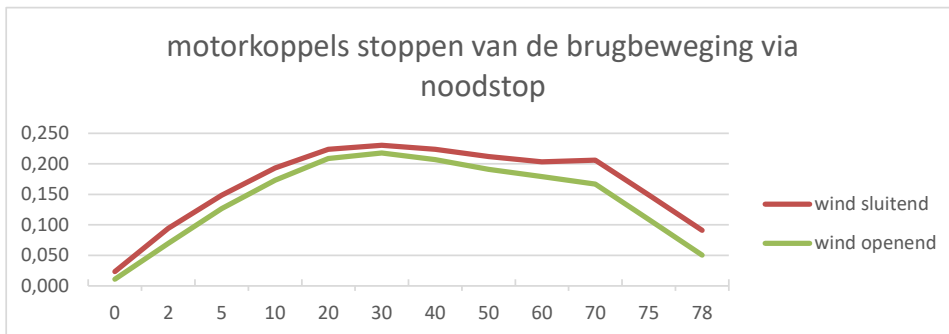
A9.4 Situatie 4: Stoppen van de brugbeweging via stopcategorie 0 (noodstop)

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$\begin{aligned}
 M_{4,Ed} &= \phi a * \varepsilon * M_{br,Ed} + |1 - \phi a * \varepsilon| * M_{Ed} & V &= M_{Ed} + M_{max,Ed} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma w * \psi t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{a,Ed} &= \gamma * (I_1 + I_2 / \eta) * (d\omega/dt) \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * V * (\omega^2 * C_1 * J_2) \\
 \varepsilon &= 1,2 * J_2 / (J_1 + 1,2 * J_2)
 \end{aligned}$$

α	$M_{4,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,023	0,011
2,0	0,094	0,070
5,0	0,148	0,127
10,0	0,193	0,173
20,0	0,224	0,209
30,0	0,230	0,218
40,0	0,224	0,207
50,0	0,212	0,191
60,0	0,203	0,179
70,0	0,206	0,167
75,0	0,149	0,109
78,0	0,091	0,051

$$\begin{aligned}
 \gamma w &= 1,8 \\
 \psi t &= 0,5 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,30 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,50 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 1,00 \\
 \phi a &= 1,9 \\
 K_{fi} &= 1,0
 \end{aligned}$$



A9.5 Situatie 5: Terugslag na remmen

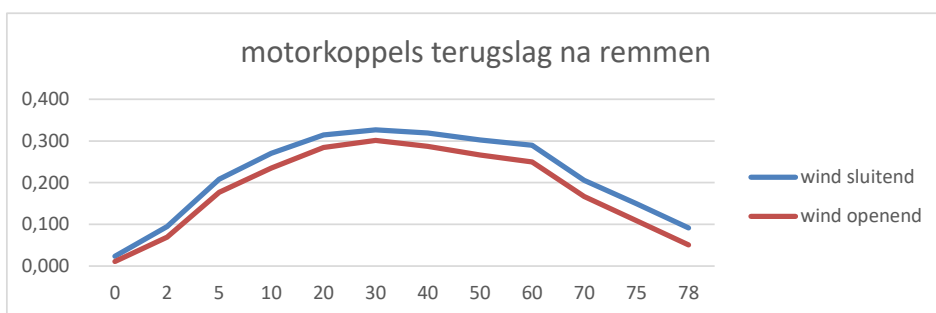
Brug 72 uren niet beschikbaar

$$\begin{aligned}
 M_{5,Ed} &= M_{Ed} + \phi_{br} * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{br,Ed}) \\
 M_{Ed} &= (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{k,i}} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Q_{k,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{br,Ed} &= M_{br,instel} * \gamma * \gamma_{m,rem} \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * \sqrt{(\omega^2 * C1 * J_2)} \\
 \varepsilon &= 1,2 * J_2 / (J_1 + 1,2 * J_2)
 \end{aligned}$$

$$V \quad M_{Ed} + M_{max,Ed}$$

α	$M_{5,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,023	0,011
2,0	0,094	0,070
5,0	0,208	0,177
10,0	0,270	0,235
20,0	0,314	0,284
30,0	0,327	0,301
40,0	0,319	0,287
50,0	0,302	0,266
60,0	0,290	0,250
70,0	0,206	0,167
75,0	0,149	0,109
78,0	0,091	0,051

$$\begin{aligned}
 \gamma_w &= 1,8 \\
 \psi_t &= 0,5 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,30 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,50 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 1,00 \\
 \phi_{br} &= 1,5 \\
 K_{fi} &= 1,0
 \end{aligned}$$



A9.6 Situatie 6: Doorlopen van een verende buffer

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{6,Ed} = M_{Ed} + 0,4 * M_{max,Ed}$$

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{k,i}} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Q_{k,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal})$$

$$M_{max,Ed} = 0,9 * \gamma * \sqrt{ (\omega^2 * C_1 * J_2)}$$

α	$M_{6,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,018	0,006
2,0	0,056	0,031
5,0	0,107	0,076
10,0	0,139	0,103
20,0	0,162	0,132
30,0	0,174	0,148
40,0	0,174	0,143
50,0	0,170	0,133
60,0	0,166	0,126
70,0	0,133	0,094
75,0	0,114	0,074
78,0	0,091	0,051

$$\gamma_w = 1,8$$

$$\psi_t = 0,5$$

$$\psi_0 = 1,0$$

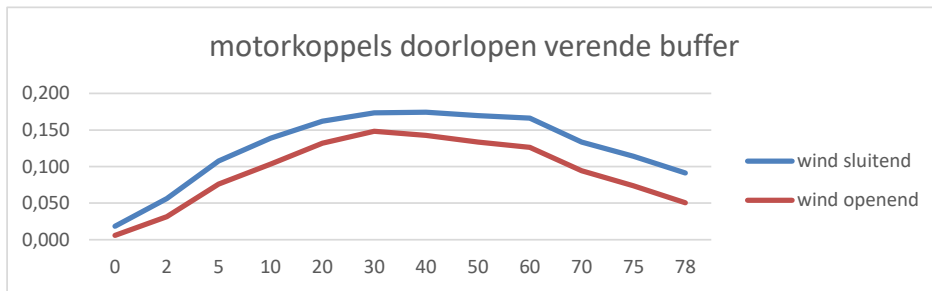
$$\gamma_{G,sup} = 1,30$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50$$

$$\psi_{0,i} = 1,0$$

$$\eta = 1,00$$

$$K_{fi} = 1,0$$

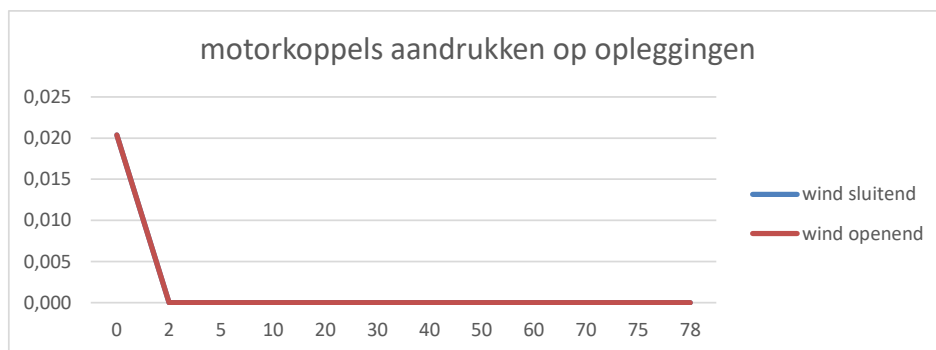


A9.7 Situatie 7: Aandrukken op opleggingen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{7,Ed} = M_{fc,Ed}$$

α	$M_{7,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,020	0,020
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		



A10 Uiterste grenstoestand vermoeding van de overbrenging

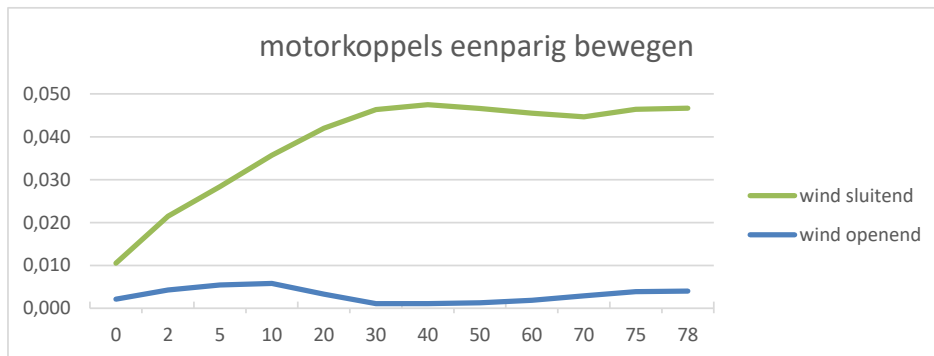
A10.1 Situatie 8: eenparig bewegen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{j,i}} * \psi_{0,j,i} * M_{Gk/Q_{k,j,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal})$$

α	M_{Ed}	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,011	0,002
2,0	0,021	0,004
5,0	0,028	0,005
10,0	0,036	0,006
20,0	0,042	0,003
30,0	0,046	0,001
40,0	0,047	0,001
50,0	0,047	0,001
60,0	0,046	0,002
70,0	0,045	0,003
75,0	0,046	0,004
78,0	0,047	0,004

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,2 \\ \psi_t &= 0,25 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,00 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,00 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \end{aligned}$$



A10.2 Situatie 9: begin openen vanuit gesloten stand

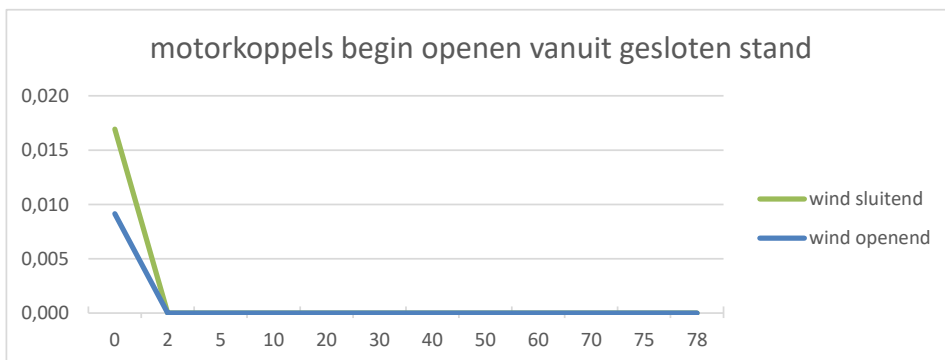
Brug 72 uren niet beschikbaar

$$\begin{aligned}
 M_{9,Ed} &= M_{Ed} + \varepsilon * M_{a,Ed} + 0,9 * v \{ (\varepsilon * M_{a,Ed})^2 + \omega^2 * C1 * I2 \} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma w * \psi_t * \psi_0 * Mw + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{a,Ed} &= \gamma * (I1 + I2 / \eta) * (d\omega/dt) \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * v * (\omega^2 * C1 * J2)
 \end{aligned}$$

$$V = M_{Ed} + M_{max,Ed}$$

α	$M_{9,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,017	0,009
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		

$$\begin{aligned}
 \gamma w &= 1,2 \\
 \psi_t &= 0,25 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,00 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,00 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 0,90
 \end{aligned}$$



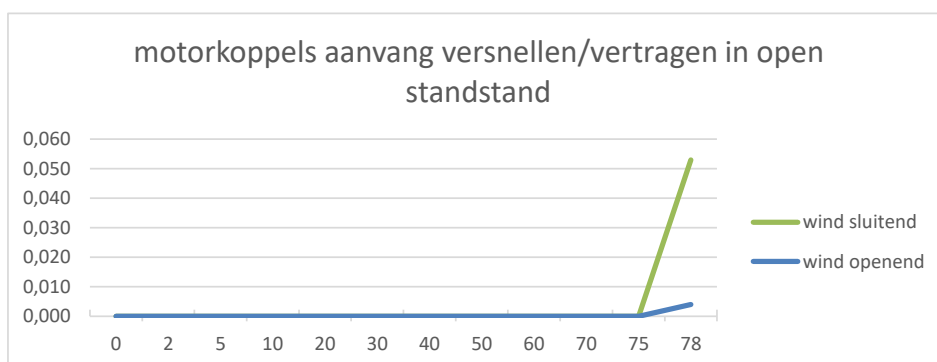
A10.3 Situatie 10: aanvang versnellen/vertragen in open stand

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$\begin{aligned}
 M_{10,Ed} &= \phi a * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{a,Ed}) + |1 - \phi a * \varepsilon| * M_{Ed} & V &= M_{Ed} + M_{max,Ed} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{a,Ed} &= \gamma * (I_1 + I_2 / \eta) * (d\omega/dt) \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * V * (\omega^2 * C_1 * J_2) \\
 \varepsilon &= 1,2 * J_2 / (J_1 + 1,2 * J_2)
 \end{aligned}$$

α	$M_{10,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0		
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0	0,053	0,004

$$\begin{aligned}
 \gamma w &= 1,2 \\
 \psi_t &= 0,25 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,00 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,00 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 0,90 \\
 \phi a &= 1,9
 \end{aligned}$$



A10.4 Situatie 11: Invallen van remkoppel

Brug 72 uren niet beschikbaar

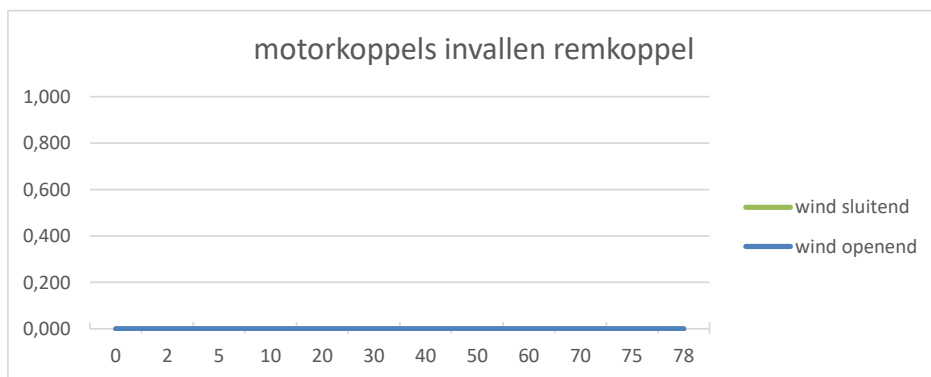
Deze situatie is niet van toepassing als de rem invalt na dat de brug tot stilstand is gekomen, dit is het geval.

$$\begin{aligned}
 M_{11,Ed} &= \phi a * \varepsilon * M_{br,Ed} + |1 - \phi a * \varepsilon| * M_{Ed} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{k,i}} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Q_{k,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{br,Ed} &= M_{br,instel} \cdot Y \cdot Y_{m,rem} \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * V (\omega^2 * C1 * J_2) \\
 \varepsilon &= 1,2 * J_2 / (J_1 + 1,2 * J_2)
 \end{aligned}$$

$$V \quad M_{Ed} + M_{max,Ed}$$

α	$M_{11,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0		
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		

$$\begin{aligned}
 \gamma w &= 1,2 \\
 \psi_t &= 0,25 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,00 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,00 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 0,90 \\
 \phi a &= 1,9
 \end{aligned}$$



A10.5 Situatie 12: Terugslag na remmen

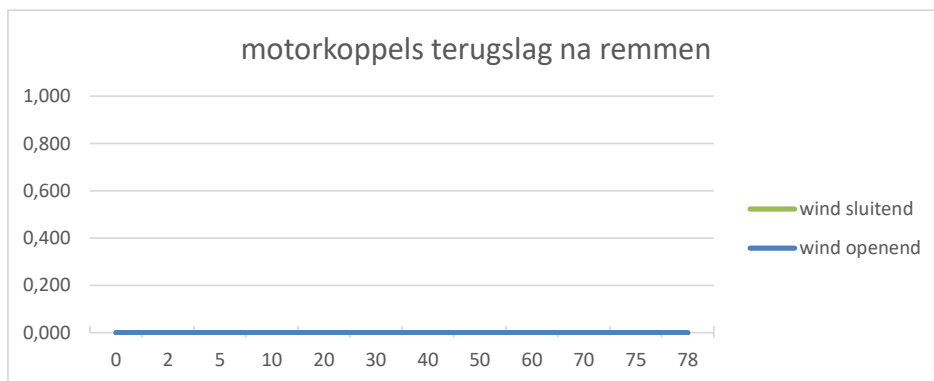
Brug 72 uren niet beschikbaar

Deze situatie is niet van toepassing als de rem invalt na dat de brug tot stilstand is gekomen, dit is het geval.

$$\begin{aligned}
 M_{12,Ed} &= M_{Ed} + \phi_{br} * \varepsilon * (M_{Ed} + M_{br,Ed}) & V &= M_{Ed} + M_{max,Ed} \\
 M_{Ed} &= (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{i,j}} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Q_{k,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal}) \\
 M_{br,Ed} &= M_{br,instel} * \gamma * \gamma_{m,rem} \\
 M_{max,Ed} &= 0,9 * \gamma * \sqrt{ \omega^2 * C_1 * J_2 } \\
 \varepsilon &= 1,2 * J_2 / (J_1 + 1,2 * J_2)
 \end{aligned}$$

α	$M_{12,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0		
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		

$$\begin{aligned}
 \gamma_w &= 1,2 \\
 \psi_t &= 0,25 \\
 \psi_0 &= 1,0 \\
 \gamma_{G,sup} &= 1,00 \\
 \gamma_{Q,i} &= 1,00 \\
 \psi_{0,i} &= 1,0 \\
 \eta &= 0,90 \\
 \phi_{br} &= 1,5
 \end{aligned}$$

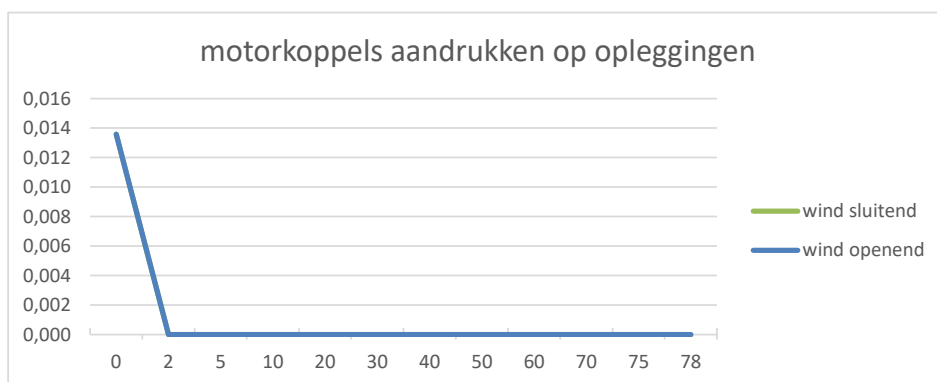


A10.6 Situatie 13: Aandrukken op opleggingen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{13,Ed} = M_{fc,Ed}$$

α	$M_{6,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,014	0,014
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		



A11 Bruikbaarheidsgrenstoestand overschrijden grensmotorkoppel

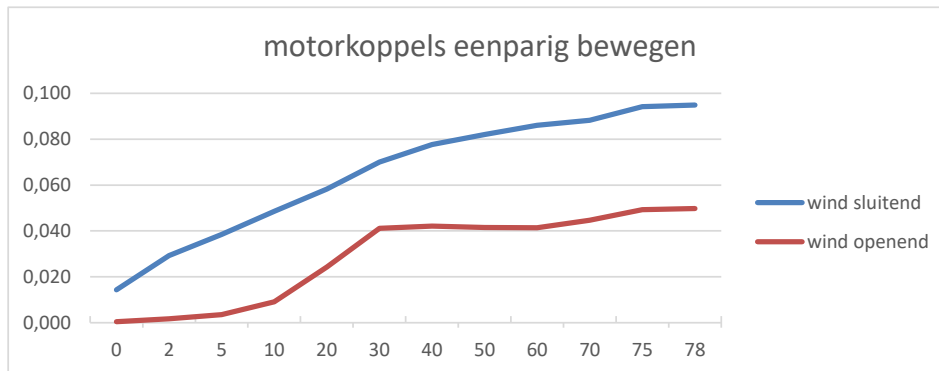
A11.1 Situatie 14: eenparig bewegen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{j,i}} * \psi_{0,j} * M_{Gk/Q_{k,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal})$$

α	M_{Ed}	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,014	0,000
2,0	0,029	0,002
5,0	0,038	0,004
10,0	0,049	0,009
20,0	0,058	0,024
30,0	0,070	0,041
40,0	0,078	0,042
50,0	0,082	0,042
60,0	0,086	0,041
70,0	0,088	0,045
75,0	0,094	0,049
78,0	0,095	0,050

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,1 \\ \psi_t &= 0,80 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,10 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,10 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \end{aligned}$$



A11.2 Situatie 15: versnellen/vertragen

Brug 72 uren niet beschikbaar

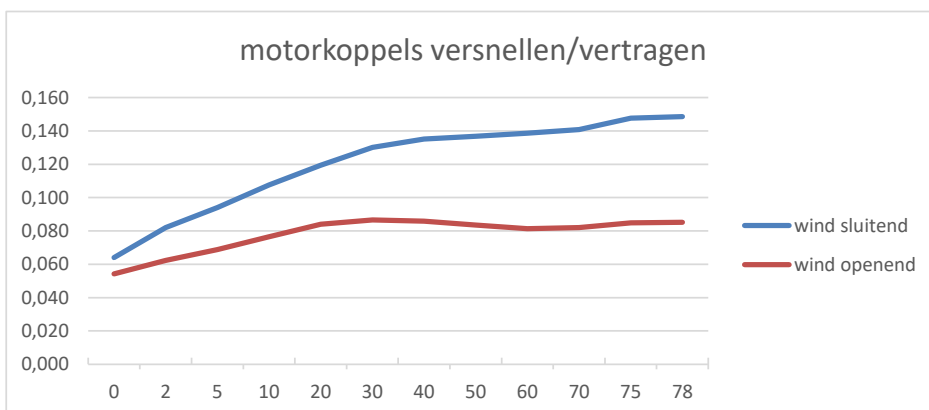
$$M_{15,Ed} = M_{Ed} + \phi a * M_{a,Ed}$$

$$M_{Ed} = (| \gamma w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal})$$

$$M_{a,Ed} = \gamma * (I_1 + I_2 / \eta) * (d\omega/dt)$$

α	$M_{15,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,064	0,054
2,0	0,082	0,062
5,0	0,094	0,069
10,0	0,107	0,076
20,0	0,119	0,084
30,0	0,130	0,087
40,0	0,135	0,086
50,0	0,137	0,084
60,0	0,139	0,081
70,0	0,141	0,082
75,0	0,148	0,085
78,0	0,149	0,085

$$\begin{aligned} \gamma w &= 1,2 \\ \psi_t &= 0,25 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,10 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,10 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \\ \phi a &= 1,9 \end{aligned}$$

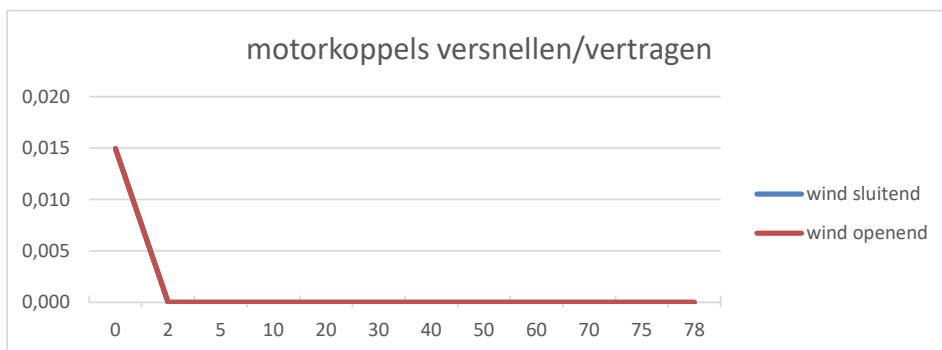


A11.3 Situatie 16: aandrukken op opleggingen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{16,Ed} = M_{fc,Ed}$$

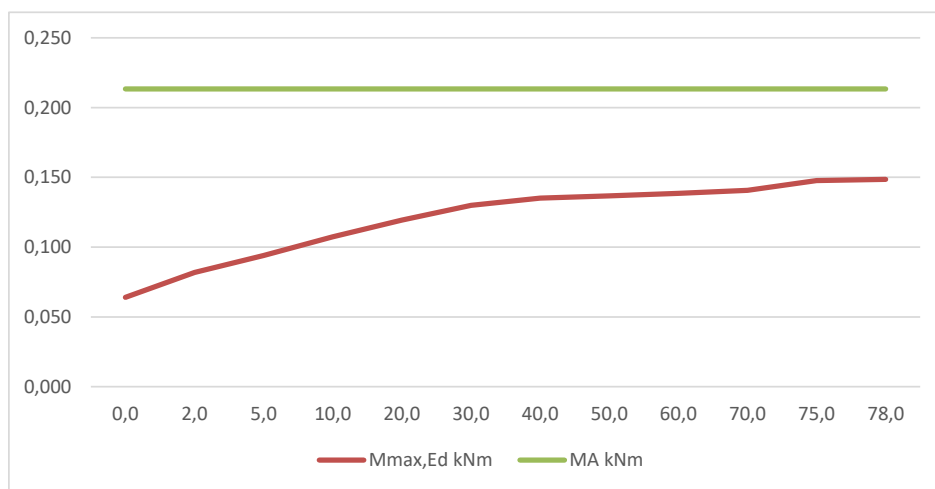
α	$M_{16,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,015	0,015
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
30,0		
40,0		
50,0		
60,0		
70,0		
75,0		
78,0		



A11.4 Samenvatting

α °	$M_{\max,Ed}$ kNm	M_A kNm
0,0	0,064	0,213
2,0	0,082	0,213
5,0	0,094	0,213
10,0	0,107	0,213
20,0	0,119	0,213
30,0	0,130	0,213
40,0	0,135	0,213
50,0	0,137	0,213
60,0	0,139	0,213
70,0	0,141	0,213
75,0	0,148	0,213
78,0	0,149	0,213

In onderstaande grafiek zijn de maximaal optredende motorkoppels uitgezet tegen het aanloopkoppel. De grafiek is per motor.



A12 Bruikbaarheidsgrenstoestand overschrijden toegekend motorkoppel

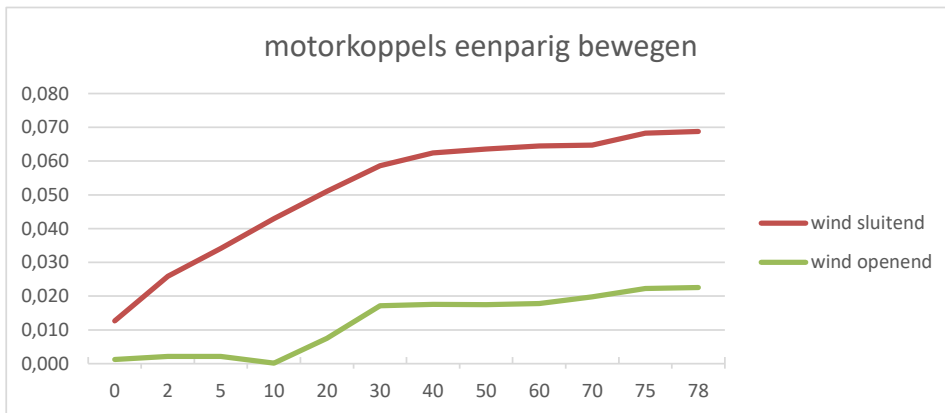
A12.1 Situatie 17: eenparig bewegen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{\text{totaal}})$$

α	M_{Ed}	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,013	0,001
2,0	0,026	0,002
5,0	0,034	0,002
10,0	0,043	0,000
20,0	0,051	0,008
30,0	0,059	0,017
40,0	0,062	0,018
50,0	0,064	0,017
60,0	0,064	0,018
70,0	0,065	0,020
75,0	0,068	0,022
78,0	0,069	0,023

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,1 \\ \psi_t &= 0,50 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,10 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,10 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \end{aligned}$$



A12.2 Situatie 18: versnellen/vertragen

Brug 72 uren niet beschikbaar

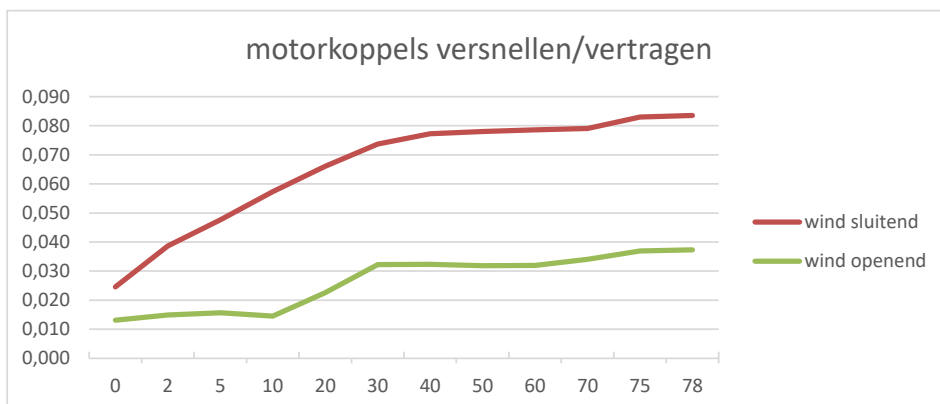
$$M_{18,Ed} = M_{Ed} + M_{a,Ed}$$

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q_{k,i}} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Q_{k,i,GT}} |) / (\eta * i_{totaal})$$

$$M_{a,Ed} = \gamma * (I_1 + I_2 / \eta) * (d\omega/dt)$$

α	$M_{15,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,025	0,013
2,0	0,039	0,015
5,0	0,048	0,016
10,0	0,057	0,015
20,0	0,066	0,023
30,0	0,074	0,032
40,0	0,077	0,032
50,0	0,078	0,032
60,0	0,079	0,032
70,0	0,079	0,034
75,0	0,083	0,037
78,0	0,084	0,037

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,1 \\ \psi_t &= 0,50 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,10 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,10 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \end{aligned}$$



A12.4 Samenvatting

α °	$M_{\max,Ed}$ kNm	M_A kNm
0,0	0,025	0,142
2,0	0,039	0,142
5,0	0,048	0,142
10,0	0,057	0,142
20,0	0,066	0,142
30,0	0,074	0,142
40,0	0,077	0,142
50,0	0,078	0,142
60,0	0,079	0,142
70,0	0,079	0,142
75,0	0,083	0,142
78,0	0,084	0,142

In onderstaande grafiek zijn de optredende motorkoppels uitgezet tegen het nominale koppel. De grafiek is per motor.



A13 Bruikbaarheidsgrenstoestand overschrijden remmotorkoppel

A13.1 Situatie 19: vertragen

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{19,Ed} = M_{Ed} + M_{a,Ed}$$

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal})$$

α	$M_{19,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,040	0,027
2,0	0,056	0,029
5,0	0,067	0,032
10,0	0,079	0,038
20,0	0,089	0,052
30,0	0,100	0,067
40,0	0,106	0,067
50,0	0,108	0,066
60,0	0,110	0,065
70,0	0,112	0,068
75,0	0,118	0,073
78,0	0,119	0,074

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,1 \\ \psi_t &= 0,70 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,10 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,10 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \end{aligned}$$

A13.2 Situatie 20: vasthouden

Brug 72 uren niet beschikbaar

$$M_{20,Ed} = M_{Ed}$$

$$M_{Ed} = (| \gamma_w * \psi_t * \psi_0 * M_w + \sum \gamma_{G/Q,i} * \psi_{0,i} * M_{Gk/Qk,i,GT} |) / (\eta * i_{totaal})$$

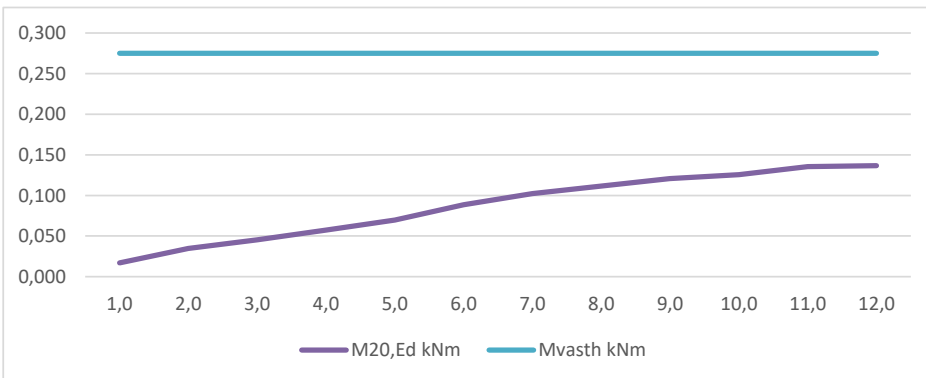
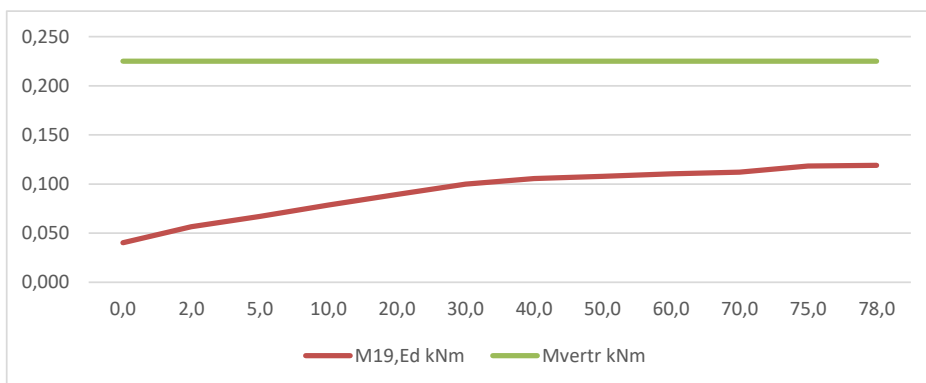
α	$M_{20,Ed}$	
	wind sluitend	wind openend
°	kNm	kNm
0,0	0,017	0,003
2,0	0,035	0,008
5,0	0,045	0,013
10,0	0,058	0,024
20,0	0,070	0,051
30,0	0,088	0,079
40,0	0,102	0,081
50,0	0,112	0,080
60,0	0,121	0,079
70,0	0,126	0,084
75,0	0,135	0,092
78,0	0,137	0,093

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1,1 \\ \psi_t &= 0,90 \\ \psi_0 &= 1,0 \\ \gamma_{G,sup} &= 1,10 \\ \gamma_{Q,i} &= 1,10 \\ \psi_{0,i} &= 1,0 \\ \eta &= 0,90 \end{aligned}$$

A13.4 Samenvatting

α °	$M_{19,Ed}$ kNm	M_{vertr} kNm	$M_{20,Ed}$ kNm	M_{vasth} kNm
0,0	0,040	0,225	0,017	0,275
2,0	0,056	0,225	0,035	0,275
5,0	0,067	0,225	0,045	0,275
10,0	0,079	0,225	0,058	0,275
20,0	0,089	0,225	0,070	0,275
30,0	0,100	0,225	0,088	0,275
40,0	0,106	0,225	0,102	0,275
50,0	0,108	0,225	0,112	0,275
60,0	0,110	0,225	0,121	0,275
70,0	0,112	0,225	0,126	0,275
75,0	0,118	0,225	0,135	0,275
78,0	0,119	0,225	0,137	0,275

In onderstaande grafiek zijn de optredende remkoppels uitgezet tegende ingestelde remkoppels. De grafiek is per motor.



A14 Samenvatting krachten en momenten

A14.1 Momenten om de motoras

OVERBELASTEN

α °	SITUATIE 1 vasthouden elke stand		SITUATIE 2 begin openen vanuit gesloten stand		SITUATIE 3 aanvang versnellen/vertragen vanuit open of tussenstand		SITUATIE 4 noodstop		SITUATIE 5 terugslag na remmen		SITUATIE 6 doorlopen verende buffer		SITUATIE 7 aandrukken op opleggingen	
	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
0,0	0,024	0,011	0,027	0,013	0,019	0,013	0,023	0,011	0,023	0,011	0,018	0,006	0,020	0,020
2,0	0,048	0,026			0,041	0,026	0,094	0,070	0,094	0,070	0,056	0,031		
5,0	0,063	0,039			0,055	0,032	0,148	0,127	0,208	0,177	0,107	0,076		
10,0	0,080	0,064			0,070	0,045	0,193	0,173	0,270	0,235	0,139	0,103		
20,0	0,098	0,118			0,084	0,070	0,224	0,209	0,314	0,284	0,162	0,132		
30,0	0,132	0,171			0,101	0,095	0,230	0,218	0,327	0,301	0,174	0,148		
40,0	0,158	0,175			0,112	0,096	0,224	0,207	0,319	0,287	0,174	0,143		
50,0	0,177	0,171			0,117	0,093	0,212	0,191	0,302	0,266	0,170	0,133		
60,0	0,197	0,167			0,123	0,091	0,203	0,179	0,290	0,250	0,166	0,126		
70,0	0,208	0,176			0,127	0,095	0,206	0,167	0,206	0,167	0,133	0,094		
75,0	0,225	0,191			0,137	0,102	0,149	0,109	0,149	0,109	0,114	0,074		
78,0	0,228	0,193			0,130	0,086	0,091	0,051	0,091	0,051	0,091	0,051		
	0,228	0,193	0,027	0,013	0,137	0,102	0,230	0,218	0,327	0,301	0,174	0,148	0,020	0,020

VERMOEING

α °	SITUATIE 8 eenparig bewegen		SITUATIE 9 begin openen vanuit gesloten stand		SITUATIE 10 aanvang versnellen/vertragen vanuit open stand		SITUATIE 11 invallen van remkoppel		SITUATIE 12 terugslag na remmen		SITUATIE 13 aandrukken op opleggingen	
	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
0,0	0,011	0,002	0,017	0,009							0,014	0,014
2,0	0,021	0,004										
5,0	0,028	0,005										
10,0	0,036	0,006										
20,0	0,042	0,003										
30,0	0,046	0,001										
40,0	0,047	0,001										
50,0	0,047	0,001										
60,0	0,046	0,002										
70,0	0,045	0,003										
75,0	0,046	0,004										
78,0	0,047	0,004			0,053	0,004						
	0,047	0,006	0,017	0,009	0,053	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,014

MAXIMUM GRENSMOTORKOPPEL

MAX.TOEGEKEND MOTORKOPPEL

MAXIMUM REMKOPPEL

α °	SITUATIE 14 eenparig bewegen		SITUATIE 15 versnellen/vertragen		SITUATIE 16 aandrukken op opleggingen		SITUATIE 17 eenparig bewegen		SITUATIE 18 versnellen/vertragen		SITUATIE 19 vertragen (rem als vertragsrem)		SITUATIE 20 vasthouden (rem als houdrem)	
	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
0,0	0,014	0,000	0,064	0,054	0,015	0,015	0,013	0,001	0,025	0,013	0,040	0,027	0,017	0,003
2,0	0,029	0,002	0,082	0,062			0,026	0,002	0,039	0,015	0,056	0,029	0,035	0,008
5,0	0,038	0,004	0,094	0,069			0,034	0,002	0,048	0,016	0,067	0,032	0,045	0,013
10,0	0,049	0,009	0,107	0,076			0,043	0,000	0,057	0,015	0,079	0,038	0,058	0,024
20,0	0,058	0,024	0,119	0,084			0,051	0,008	0,066	0,023	0,089	0,052	0,070	0,051
30,0	0,070	0,041	0,130	0,087			0,059	0,017	0,074	0,032	0,100	0,067	0,088	0,079
40,0	0,078	0,042	0,135	0,086			0,062	0,018	0,077	0,032	0,106	0,067	0,102	0,081
50,0	0,082	0,042	0,137	0,084			0,064	0,017	0,078	0,032	0,108	0,066	0,112	0,080
60,0	0,086	0,041	0,139	0,081			0,064	0,018	0,079	0,032	0,110	0,065	0,121	0,079
70,0	0,088	0,045	0,141	0,082			0,065	0,020	0,079	0,034	0,112	0,068	0,126	0,084
75,0	0,094	0,049	0,148	0,085			0,068	0,022	0,083	0,037	0,118	0,073	0,135	0,092
78,0	0,095	0,050	0,149	0,085			0,069	0,023	0,084	0,037	0,119	0,074	0,137	0,093
	0,095	0,050	0,149	0,087	0,015	0,015	0,069	0,023	0,084	0,037	0,119	0,074	0,137	0,093

A14.2 Momenten (M2) per krukas

OVERBELASTEN

α	SITUATIE 1		SITUATIE 2		SITUATIE 3		SITUATIE 4		SITUATIE 5		SITUATIE 6		SITUATIE 7	
	vasthouden elke stand		begin openen vanuit gesloten stand		aanvang versnellen/vertragen vanuit open of tussenstand		noodstop		terugslag na remmen		doorlopen verende buffer		aandrukken op opleggingen	
	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm
0,0	58,684	27,831	59,838	28,985	42,939	28,985	57,871	27,018	57,871	27,018	45,504	14,651	45,276	45,276
2,0	119,172	63,752			90,734	57,500	233,282	172,107	233,282	172,107	138,909	77,734		
5,0	155,938	96,286			121,506	71,964	366,354	313,014	513,476	436,130	265,371	188,025		
10,0	198,127	158,974			155,453	99,221	477,636	427,359	666,899	579,830	342,300	255,231		
20,0	243,119	291,229			187,148	155,745	552,802	515,554	775,779	701,521	400,251	325,993		
30,0	324,688	423,205			224,358	211,781	568,853	537,650	806,630	743,999	428,625	365,993		
40,0	389,849	430,906			247,838	212,858	552,241	510,899	787,181	709,207	430,348	352,374		
50,0	438,201	421,552			261,040	207,214	523,041	471,823	746,113	656,899	418,537	329,323		
60,0	485,703	413,073			274,056	202,644	502,013	441,930	715,459	616,538	410,436	311,515		
70,0	512,970	434,362			282,652	211,571	508,336	411,746	508,336	411,746	329,543	232,954		
75,0	556,560	471,441			303,774	227,747	368,420	268,787	368,420	268,787	281,384	181,751		
78,0	561,905	476,007			288,391	190,958	225,059	124,956	225,059	124,956	225,059	124,956		
	561,905	476,007	59,838	28,985	303,774	227,747	568,853	537,650	806,630	743,999	430,348	365,993	45,276	45,276

VERMOEIING

α	SITUATIE 8		SITUATIE 9		SITUATIE 10		SITUATIE 11		SITUATIE 12		SITUATIE 13	
	eenparig bewegen		begin openen vanuit gesloten stand		aanvang versnellen/vertragen vanuit open stand		invallen van remkoppel		terugslag na remmen		aandrukken op opleggingen	
	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm	wind sluitend kNm	wind openend kNm
0,0	23,353	4,696	37,623	20,316							30,184	30,184
2,0	47,769	9,403										
5,0	63,068	12,035										
10,0	79,259	12,862										
20,0	93,314	7,310										
30,0	102,935	2,387										
40,0	105,496	2,397										
50,0	103,612	2,872										
60,0	101,149	4,107										
70,0	99,184	6,509										
75,0	103,153	8,650										
78,0	103,735	8,888			117,642	8,888						
	105,496	12,862	37,623	20,316	117,642	8,888	0,000	0,000	0,000	0,000	30,184	30,184

A14.3 Kracht per veerbuffer**OVERBELASTEN**

α	Kr arm m	SITUATIE 1 vasthouden elke stand		SITUATIE 2 begin openen vanuit gesloten stand		SITUATIE 3 aanvang versnellen/vertragen vanuit open of tussenstand		SITUATIE 4 noodstop		SITUATIE 5 terugslag na remmen		SITUATIE 6 doorlopen verende buffer		SITUATIE 7 aandrukken op opleggingen	
		wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0,0	0,196	298,95	141,78	304,83	147,65	218,74	147,65	294,81	137,63	294,81	137,63	231,81	74,63	408,60	408,60
2,0	0,449	265,45	142,01			202,11	128,08	519,62	383,36	519,62	383,36	309,41	173,15		
5,0	0,635	245,46	151,56			191,26	113,28	576,67	492,71	808,25	686,50	417,71	295,97		
10,0	0,848	233,51	187,37			183,22	116,94	562,94	503,69	786,01	683,39	403,44	300,82		
20,0	1,043	233,02	279,13			179,37	149,27	529,83	494,13	743,54	672,37	383,62	312,45		
30,0	1,100	295,20	384,76			203,98	192,54	517,18	488,81	733,36	676,42	389,69	332,75		
40,0	1,067	365,40	403,88			232,29	199,51	517,60	478,85	737,80	664,72	403,35	330,27		
50,0	0,984	445,45	428,53			265,36	210,64	531,70	479,63	758,46	667,77	425,46	334,77		
60,0	0,877	553,95	471,12			312,56	231,12	572,55	504,03	815,99	703,17	468,11	355,29		
70,0	0,786	652,34	552,38			359,45	269,06	646,45	523,62	646,45	523,62	419,08	296,25		
75,0	0,770	722,67	612,14			394,43	295,72	478,37	349,01	478,37	349,01	365,36	235,99		
78,0	0,770	729,61	618,07			374,46	247,95	292,23	162,25	292,23	162,25	292,23	162,25		
		729,61	618,07	304,83	147,65	394,43	295,72	646,45	523,62	815,99	703,17	468,11	355,29	408,60	408,60

VERMOEIING

α	Kr arm m	SITUATIE 8 eenparig bewegen		SITUATIE 9 begin openen vanuit gesloten stand		SITUATIE 10 aanvang versnellen/vertragen vanuit open stand		SITUATIE 11 invallen van remkoppel		SITUATIE 12 terugslag na remmen		SITUATIE 13 aandrukken op opleggingen	
		wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend	wind sluitend	wind openend
		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0,0	0,196	118,96	23,92	191,66	103,49							272,40	272,40
2,0	0,449	106,40	20,94										
5,0	0,635	99,27	18,94										
10,0	0,848	93,42	15,16										
20,0	1,043	89,44	7,01										
30,0	1,100	93,58	2,17										
40,0	1,067	98,88	2,25										
50,0	0,984	105,33	2,92										
60,0	0,877	115,36	4,68										
70,0	0,786	126,13	8,28										
75,0	0,770	133,94	11,23										
78,0	0,770	134,69	11,54			152,75	11,54						
		134,69	23,92	191,66	103,49	152,75	11,54	0,00	0,00	0,00	0,00	272,40	272,40

A15 Controle schotelveren

Berekening conform NEN 6786-1:2017 - Hoofdstuk 15.7

Overbelasten: vasthouden in elke stand

$F_{O,max;d}$	=	729,61	kN
γ_o	=	1,5	[-]
$F_{O,max;rep}$	=	486,40	kN

Overbelasten: tijdens beweging

$F_{O,max;d}$	=	815,99	kN
γ_o	=	1,5	[-]
$F_{O,max;rep}$	=	543,99	kN

Vermoeiing:

$F_{V,max;d}$	=	191,66	kN
γ_v	=	1,2	[-]
$F_{V,max;rep}$	=	159,71	kN
$F_{V,min;rep}$	=	166,50	kN

(belasting uit brugbeweging)
(voorspankracht)

Aandrukken op opleggingen

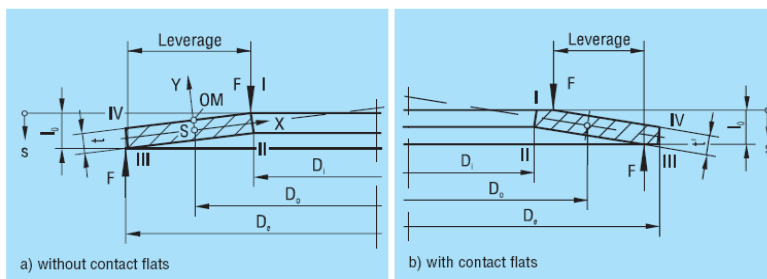
$F_{aandr;rep}$	=	238,03	kN	(Minimaal benodigd voor de vaste ligging van de brug)
veerweg	=	10,6	mm	(indrukking veerbuffer bij het opzetten)

gegevens gekozen schotelveer configuratie:

Schotelveer	250x127x14	Schnorr
nr	024000A	
De	250	mm
Di	127	mm
t	14	mm
t'	13,1	mm
l_0	19,6	mm
h_0	5,6	mm
aantal	24	[-]
parallel per set	2	[-]
sets in serie	12	[-]

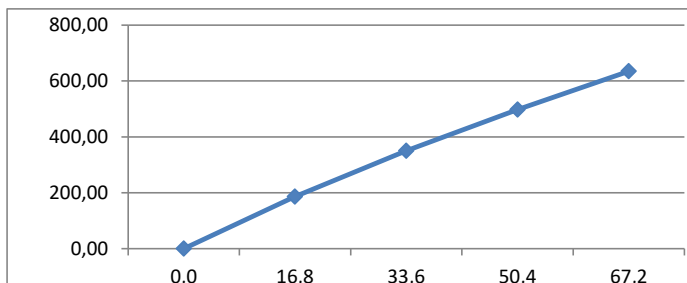
gegevens 1 schotelveer:

s/h_0	s	F
	mm	kN
0,00	0	0
0,25	1,40	93,239
0,50	2,80	175,145
0,75	4,20	248,827
1,00	5,60	317,399



Ongespannen lengte L_0	392,4	mm
Maximale slag S_{max}	67,2	mm

			C		s_{tot}
F_{000}	=	0,00 kN	0,00 kN/mm		0,0 mm
F_{025}	=	186,48 kN	11,10 kN/mm		16,8 mm
F_{050}	=	350,29 kN	10,43 kN/mm		33,6 mm
F_{075}	=	497,65 kN	9,87 kN/mm		50,4 mm
F_{100}	=	634,80 kN	9,45 kN/mm		67,2 mm

**Voorspanning**

F_{voorsp}	=	166,50 kN		
s_{voorsp}	=	15,0 mm	$s/h_0 =$	0,22
L_{voorsp}	=	377,4 mm		

Conform par. 15.7.1 (4) moeten de veren voorgespannen zijn op minimaal 20% van de maximale veerweg.

UC	=	$s/h_0 > 20\%$	=	0,22	Voldoet
----	---	----------------	---	------	---------

Situatie aandrukken op de opleggingen

veerweg	=	10,6 mm		
s_{aandr}	=	25,6 mm	$s/h_0 =$	0,38
$F_{aandr;rep}$	=	272,40 kN		

UC	=	$s/h_0 < 75\%$	=	0,38	Voldoet
----	---	----------------	---	------	---------

Overbelasten: maximale indrukking bij vasthouden in elke stand

$F_{O,max;rep}$	=	486,40 kN		
s	=	49,3 mm	$s/h_0 =$	0,73
indrukking	=	34,3 mm		

UC	=	$s/h_0 < 75\%$	=	0,73	Voldoet
----	---	----------------	---	------	---------

Overbelasten: maximale indrukking tijdens beweging

$F_{O,max;rep}$	=	543,99 kN		
s	=	57,6 mm	$s/h_0 =$	0,86
indrukking	=	42,6 mm		

UC	=	$s/h_0 < 75\%$	=	0,86	Voldoet niet
----	---	----------------	---	------	--------------

Vermoeiing:

$F_{V,max;rep}$	=	159,71 kN		
s	=	14,4 mm		
indrukking	=	0,0 mm		

De voorspanning moet zodanig zijn dat de buffer bij vermoeiing niet wordt aangesproken (par. 11.2).

UC	=	indrukking = 0	=	0,0 mm	Voldoet
----	---	----------------	---	--------	---------

Situatie - Indrukken veerbuffer:

- a = variabel (veerbuffer wordt ingedrukt)
 b = constant (lengte krukarm)
 c = constant Eind positie krukarm en buffer

Opzetten:

α °	a mm	b mm	c mm	β °	γ °
6,53	1912	1100	3000,77	3,8	169,7

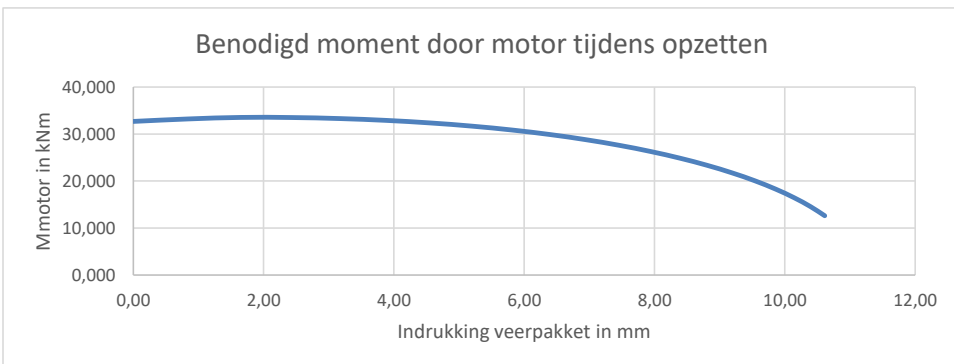
- S_{tot} = totale indrukking van het veren pakket
 S_2 = indrukking per veer
 F_v = benodigde kracht voor het indrukken van één schotelveer
 F_{vtot} = benodigde kracht voor het indrukken van het totale schotelveren pakket
 M_{kruk} = het benodigde koppel voor het indrukken van het verenpakket

Stapgrootte

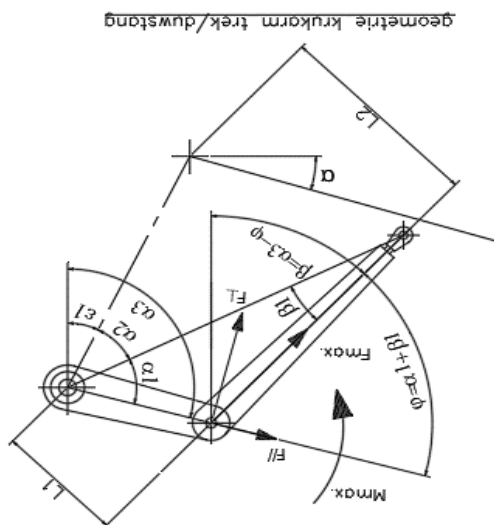
0,25

 $i_{tot} = 2469 \quad [-]$

Aandrukken op opleggingen: Situatie 7, 13, 16								
10,6 mm indrukking bij het opzetten								
$\psi = \alpha_1$ °	ψ rad	$H(\psi) = c$ mm	s_1 mm	Arm kr. m	S_{tot} mm	F_{vtot} kN	M_{motor} kNm	M_{kruk} kNm
6,53	0,114	1912,00	0,00	0,196	15,00	166,50	0,013	32,684
6,28	0,110	1911,16	0,84	0,189	15,84	175,83	0,013	33,214
6,03	0,105	1910,35	1,65	0,181	16,65	184,80	0,014	33,538
5,78	0,101	1909,58	2,42	0,174	17,42	192,56	0,014	33,517
5,53	0,097	1908,83	3,17	0,167	18,17	199,81	0,013	33,292
5,28	0,092	1908,12	3,88	0,159	18,88	206,74	0,013	32,905
5,03	0,088	1907,44	4,56	0,152	19,56	213,35	0,013	32,366
4,78	0,083	1906,80	5,20	0,144	20,20	219,65	0,013	31,679
4,53	0,079	1906,19	5,81	0,137	20,81	225,63	0,012	30,852
4,28	0,075	1905,60	6,40	0,129	21,40	231,28	0,012	29,893
4,03	0,070	1905,06	6,94	0,122	21,94	236,62	0,012	28,807
3,78	0,066	1904,54	7,46	0,114	22,46	241,64	0,011	27,603
3,53	0,062	1904,06	7,94	0,107	22,94	246,34	0,011	26,288
3,28	0,057	1903,61	8,39	0,099	23,39	250,72	0,010	24,868
3,03	0,053	1903,19	8,81	0,092	23,81	254,78	0,009	23,351
2,78	0,049	1902,81	9,19	0,084	24,19	258,52	0,009	21,744
2,53	0,044	1902,46	9,54	0,077	24,54	261,94	0,008	20,055
2,28	0,040	1902,14	9,86	0,069	24,86	265,04	0,007	18,290
2,03	0,035	1901,86	10,14	0,061	25,14	267,81	0,007	16,458
1,78	0,031	1901,61	10,39	0,054	25,39	270,27	0,006	14,565
1,53	0,027	1901,39	10,61	0,046	25,61	272,40	0,005	12,619
							0,014	33,538



situatie aandrijfmechanisme



en geeft drukkracht is negatief
en geeft druk/trekkkracht

Tabel 1: Overbelasten: Design krachten en koppels t.b.v. berekening krukarm

overbelasten (design)							
val	voor SCIA				krukarm		
hoek α [°]	hoek β [°]	hoek R_y [°]	$F_{\max;O;d}$ [kN]	$M_{\max;O;d}$ [kNm]	hoek φ [°]	$F_{\text{evenwijdig};O;d}$ [kN]	$F_{\text{loodrecht};O;d}$ [kN]
opgezet	61	61	-409	0	0	-409	0
0	58	58	305	60	10	300	54
2	54	54	520	233	24	474	212
5	53	53	808	513	36	653	477
10	52	52	786	667	51	499	607
20	54	54	744	776	72	228	708
30	60	60	733	807	89	8	733
40	68	68	738	787	104	-181	715
50	80	80	758	746	117	-344	676
60	96	96	816	715	127	-495	649
70	116	116	652	508	134	-457	466
75	127	127	723	368	136	-524	498
78	133	133	730	288	137	-534	498
					max.	653	733

Tabel 2a: Vermoeiing: designkrachten en koppels t.b.v. berekening krukarm

vermoeiing (design)							
val					krukarm		
hoek α [°]	hoek β [°]		$F_{\max;V;d}$ [kN]	$M_{\max;V;d}$ [kNm]	hoek ϕ [°]	$F_{\text{evenwijdig};V;d}$ [kN]	$F_{\text{loodrecht};V;d}$ [kN]
opgezet	61		-272,40	0,00	0	-272,40	0,00
0	58		191,66	37,62	10	188,58	34,20
2	54		106,40	47,77	24	97,13	43,43
5	53		99,27	63,07	36	80,15	58,58
10	52		93,42	79,26	51	59,30	72,18
20	54		89,44	93,31	72	27,46	85,12
30	60		93,58	102,93	89	1,00	93,58
40	68		98,88	105,50	104	-24,25	95,86
50	80		105,33	103,61	117	-47,72	93,90
60	96		115,36	101,15	127	-69,95	91,74
70	116		126,13	99,18	134	-88,35	90,02
75	127		133,94	103,15	136	-97,03	92,33
78	133		152,75	117,64	137	-111,70	104,20
max						272,40	104,20

belastingsfactor vermoeiing:

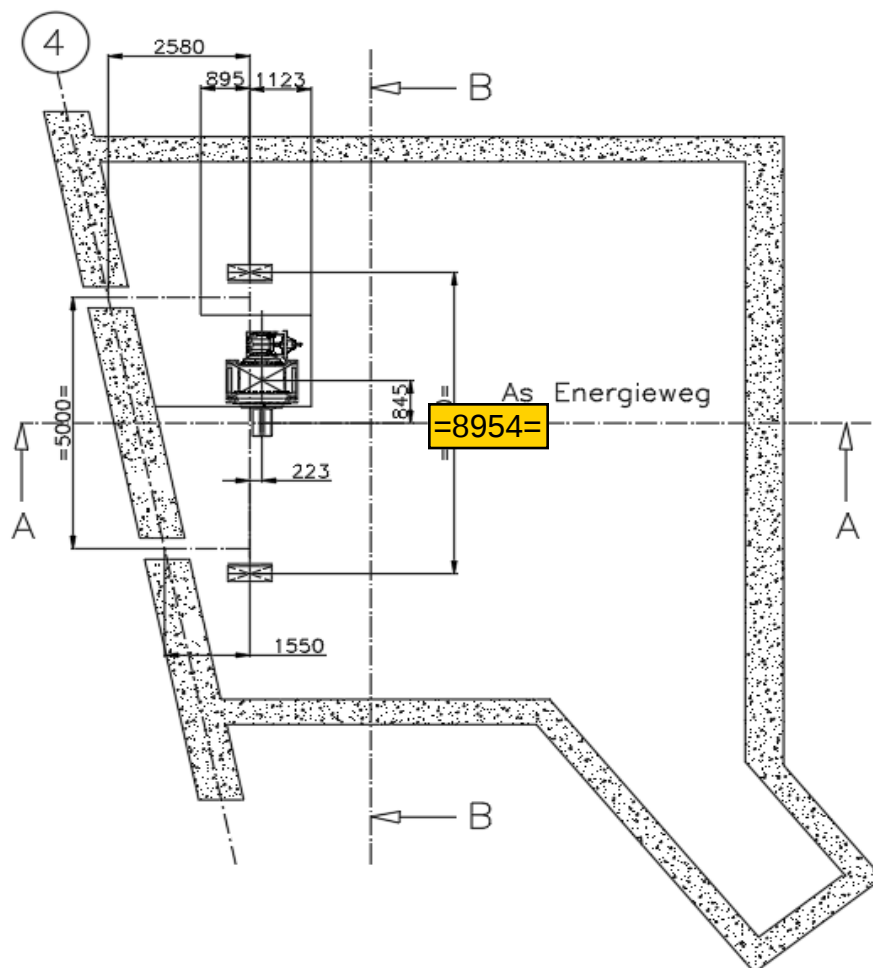
$$\gamma_V = 1,2$$

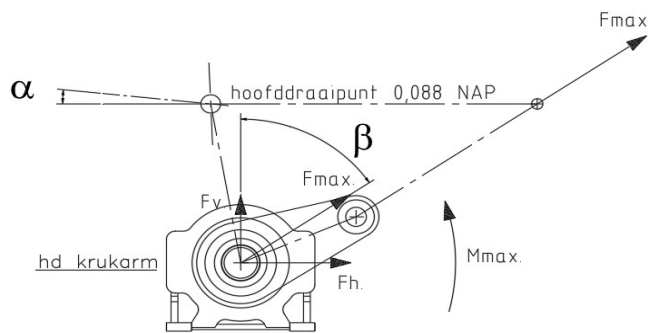
Tabel 2b: Vermoeiing: Representatieve krachten en koppels t.b.v. berekening krukarm

voor SCIA					val	krukarm	
hoek α [°]	hoek β [°]	hoek R_y [°]	$F_{\max;V;rep}$ [kN]	$M_{\max;V;rep}$ [kNm]	hoek α [°]	$F_{\text{evenwijdig};V;rep}$ [kN]	$F_{\text{loodrecht};V;rep}$ [kN]
opgezet	61	61	-272,40	0,00	opgezet	-227,00	0,00
0	58	58	159,71	31,35	0	157,15	28,50
2	54	54	88,67	39,81	2	80,95	36,19
5	53	53	82,73	52,56	5	66,79	48,82
10	52	52	77,85	66,05	10	49,41	60,15
20	54	54	74,53	77,76	20	22,88	70,93
30	60	60	77,99	85,78	30	0,83	77,98
40	68	68	82,40	87,91	40	-20,21	79,88
50	80	80	87,77	86,34	50	-39,76	78,25
60	96	96	96,14	84,29	60	-58,29	76,45
70	116	116	105,11	82,65	70	-73,63	75,01
75	127	127	111,62	85,96	75	-80,86	76,94
78	133	133	127,29	98,04	78	-93,08	86,83
max.						227,00	86,83

A17 Belasting op voorwand kelder (VO-fase)

situatie aandrijfbevestiging voorwand kelder **Bietenbrug**





Belasting uitgaande as tandwielkast

opzetten geeft drukkracht is negatief
bewegen geeft druk/trekkkracht

Tabel 17-1: Overbelasten: krachten op voorwand kelder

belastingsfactor overbelasten: $\gamma_o = 1,5$

Belasting op voorwand kelder: overbelasten									
val	t/dstang	design				representatief			
hoek α [°]	β	$M_{\max;O;d}$ [kNm]	$F_{\max;O;d}$ [kN]	$F_{h;O;d}$ [kN]	$F_{v;O;d}$ [kN]	$M_{\max;O;rep}$ [kNm]	$F_{\max;O;rep}$ [kN]	$F_{h;O;rep}$ [kN]	$F_{v;O;rep}$ [kN]
opgezet	61,5	0	-409	-359	-195	0	-272	-239	-130
0	57,7	60	305	258	163	40	203	172	109
2	54,4	233	520	422	303	156	346	282	202
5	52,6	513	808	642	491	342	539	428	327
10	52,0	667	786	619	484	445	524	413	323
20	54,4	776	744	604	433	517	496	403	289
30	59,9	807	733	634	368	538	489	423	245
40	68,4	787	738	686	272	525	492	457	181
50	80,4	746	758	748	127	497	506	499	85
60	96,3	715	816	811	-89	477	544	541	-59
70	115,9	508	652	587	-284	339	435	391	-190
75	126,5	368	723	581	-430	246	482	387	-287
78,0	133,0	288	730	534	-498	192	486	356	-332
max.		807	816	811	498	538	544	541	332

Tabel 17-2: Vermoeiing: krachten op voorwand kelder

belastingsfactor vermoeiing: $\gamma_v = 1,2$

Belasting op voorwand kelder: vermoeiing									
val	t/dstang	design				representatief			
hoek α [°]	hoek β [°]	$M_{\max;V;d}$ [kNm]	$F_{\max;V;d}$ [kN]	$F_{h;V;d}$ [kN]	$F_{v;V;d}$ [kN]	$M_{\max;V;rep}$ [kNm]	$F_{\max;V;rep}$ [kN]	$F_{h;V;rep}$ [kN]	$F_{v;V;rep}$ [kN]
opgezet	61,5	0	-272	-239	-130	0	-227	-199	-108
0	57,7	38	192	162	102	31	160	135	85
2	54,4	48	106	86	62	40	89	72	52
5	52,6	63	99	79	60	53	83	66	50
10	52,0	79	93	74	58	66	78	61	48
20	54,4	93	89	73	52	78	75	61	43
30	59,9	103	94	81	47	86	78	67	39
40	68,4	105	99	92	36	88	82	77	30
50	80,4	104	105	104	18	86	88	87	15
60	96,3	101	115	115	-13	84	96	96	-10
70	115,9	99	126	114	-55	83	105	95	-46
75	126,5	103	134	108	-80	86	112	90	-66
78	133,0	118	153	112	-104	98	127	93	-87
max:		118	272	239	130	98	227	199	108