



PROJEKT :

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m

INHALT :

ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH

IND.:	DATUM :	ÄNDERUNG :	GER :	GEPRÜFT :	FREIGABE :
A	14.05.2018	ERSTAUFLAGE	RGS	JSR	JSR

VERFASSER:



Ziviltechnikerbüro
Dipl.-Ing. Josef Schalmberger
 Ingenieurkonsulent für Bauwesen
 Lassallestraße 7a / Unit 3 / 1020
 1020 Wien, Österreich
 Telefon +43-(0)1-3306191-0
 E-Mail zt-buero@schalmberger.at



AUFTRAGGEBER:

Vestas
 VESTAS ÖSTERREICH GmbH
 VORGARTENSTRASSE 206 B
 A - 1020 WIEN

DATUM:	PROJEKT:	PLANNUMMER:
14.05.2018	101021	VO-C-01-A

Projekt:

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m

Auftraggeber:

ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH
VESTAS ÖSTERREICH GMBH

INHALT

1 ALLGEMEINES2

2 UNTERLAGEN.....2

2.1 UNTERLAGEN ZUR WINDKRAFTANLAGE2

2.2 NORMEN UND RICHTLINIEN2

2.3 PROGRAMME3

3 BELASTUNGEN3

3.1 ERDBEBENLASTEN3

3.2 KOMBINATION DER HORIZONTALKOMPONENTEN.....4

4 LASTFÄLLE UND LASTFALLÜBERLAGERUNG4

5 ERGEBNISSE4

6 NUMERISCHE BERECHNUNG6

7 SCHNITTGRÖSSENÜBERLAGERUNG21

Projekt:

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m

ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH

Auftraggeber:

VESTAS ÖSTERREICH GMBH

1 ALLGEMEINES

Die Firma VESTAS ÖSTERREICH GMBH plant den Einsatz von Windkraftanlagen vom Typ VESTAS V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m in Österreich.

Gegenstand dieses Berichts ist die Untersuchung, ob der Turm die in Österreich auftretenden Erdbebenlasten unter den definierten Produktionsbedingungen aufnehmen und abtragen kann.

In dieser Untersuchung wurden nur die Erdbebenlastfälle untersucht, die sonstigen für die Bemessung relevanten Extremlastfälle sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

Die Firma VESTAS ÖSTERREICH GMBH hat das Ziviltechnikerbüro Dipl.-Ing. Josef Schelmlberger, Ingenieurkonsulent für Bauwesen mit Sitz in Wien mit der statischen Prüfung der Anlage unter Zugrundelegung der in Österreich geltenden Erdbebenlasten beauftragt.

2 UNTERLAGEN

2.1 UNTERLAGEN ZUR WINDKRAFTANLAGE

Die Schnittkräfte im Turm zufolge Funktionskräften Windkräften und Eigengewicht wurden für die untersuchte Windkraftanlage den folgenden Dokumenten entnommen:

Combine Tower loads
V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m
Document: 0071-9514 VER00

erstellt von Vestas Wind Systems A/S am 11.05.2018

Die Geometrie des Stahlturms der Windkraftanlage wurde folgendem Plandokument entnommen:

T96A600-V150-4.0/4.2 MW – Mk3 NH166 DIBt 5 (WZ2 Gk2) LDST
Drawing number: 0072-0477 VER.0

erstellt von Vestas Wind Systems A/S am 11.05.2018.

2.2 NORMEN UND RICHTLINIEN

Folgende Normen wurden für die Überprüfung der Erdbebenlasten verwendet:

- | | |
|-----------------------|--|
| ÖVE/ÖNORM EN 61400-1: | Windenergieanlage. Teil 1: Auslegungsanforderungen. |
| ÖNORM EN 1991-1-4: | Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke; Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten. |
| ÖNORM B 1991-1-4: | Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten, Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-4 und nationale Ergänzungen. |

Projekt: V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m
 ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH
 Auftraggeber: VESTAS ÖSTERREICH GMBH

- ÖNORM EN 1998-1: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten.
- ÖNORM B 1998-1: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten.
- ÖNORM EN 1998-6: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine.

Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Heft 8, Fassung März 2012 erstellt vom Deutschem Institut für Bautechnik – DIBt –Berlin.

2.3 PROGRAMME

Für die Ermittlung der Schnittkräfte wurde das 3-dimensionale Stabwerksprogramm RSTAB 8.14 der Firma Dlubal, sowie das Zusatzmodul RS-Dynam Pro zur Ermittlung der Erdbebenlasten verwendet.

3 BELASTUNGEN

3.1 ERDBEBENLASTEN

Die Erdbebenlasten wurden mit dem Maximalwert für Österreich (Standort Nassfeld) nach ÖNORM B 1998-1 bzw. 6 ermittelt.

Die maßgebende Erdbebenlast liegt gemäß ÖNORM B 1998-1, Abbildung A.2 in der Zone 4. Gemäß Tabelle A.3 ergibt sich folgende Referenzbodenbeschleunigung a_{gR} :

Nassfeld: $a_{gR} = 1,34 \text{ m/sec}^2$

Da Windkraftanlagen abseits von Gebäuden und öffentlichen Verkehrswegen situiert sind, wurde nach ÖNORM EN 1998-6 Tabelle 4.1 Bedeutungsklasse II gewählt. Hieraus ergibt sich nach ÖNORM B 1998-1 Tabelle 1 ein Teilsicherheitsbeiwert γ_1 von 1,0.

Zur Berücksichtigung der Baugrundklasse wurde nach ÖNORM EN 1998-1 Tabelle 3.1 die Klasse D untersucht. Dies ist jene Baugrundklasse, welche die konservativsten Werte ergibt. Es wurde demnach der „schlechteste“ Baugrund angenommen, welcher für die Fundierung von Windkraftanlagen geeignet ist.

Für die Parameterwerte zur Beschreibung der empfohlenen elastischen Antwortspektren wurde, wie in ÖNORM B 1998-1 Kapitel 4 festgelegt, die Spektralform Typ 1 angewendet. Die Parameterwerte sind für die Bodenklassen D in ÖNORM EN 1998-1 Tabelle 3.2 wie folgt festgelegt:

Baugrundklasse	S	$T_{B(s)}$	$T_{C(s)}$	$T_{D(s)}$
D	1,35	0,2	0,8	2

Projekt:

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m

ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH

Auftraggeber:

VESTAS ÖSTERREICH GMBH

3.2 KOMBINATION DER HORIZONTALKOMPONENTEN

Die Horizontalkomponenten der Erdbebeneinwirkung wurden nach ÖNORM EN 1998-1 kombiniert. Die Kombination erfolgte anhand der SRSS-Regel. Dies bedeutet, der Größtwert der Beanspruchungsgröße wurde mittels der Quadratwurzel der Summe der quadrierten Werte der Beanspruchungsgrößen infolge jeder einzelnen Horizontalkomponente berechnet:

$$M_{k,e} = \sqrt{M_{k,ey}^2 + M_{k,ez}^2}$$

mit

$M_{k,ey}$... Horizontalkomponente der Erdbebeneinwirkung in Y-Richtung

$M_{k,ez}$... Horizontalkomponente der Erdbebeneinwirkung in Z-Richtung

$M_{k,e}$... Resultierender Wert der seismischen Beanspruchungsgröße

4 LASTFÄLLE UND LASTFALLÜBERLAGERUNG

Die zu untersuchenden Erdbebenlastfälle sind in der DIBt – Richtlinie für Windenergieanlagen definiert.

Für die Berechnung der Schnittgrößen für die Erdbebenlasten wurde die Einwirkungskombination für außergewöhnliche Lastfälle gemäß Tabelle 3 in der DIBt herangezogen. Damit korrespondieren folgenden Teilsicherheitsbeiwerte:

Trägheits- und Gravitationskräfte	γ_F	=	1,10
Windlasten	γ_F	=	1,10
Erdbeben	γ_F	=	1,00

In den beiliegenden statischen Berechnungen wurden die Schnittgrößen zufolge Erdbebenlasten nach ÖNORM B 1998 ermittelt und mit den von der Firma VESTAS bekanntgegebenen Produktionslastfällen überlagert. Die so ermittelten Schnittkräfte zufolge Erdbebeneinwirkung wurden mit den maximalen Bemessungsschnittgrößen des Turms verglichen.

5 ERGEBNISSE

Der Vergleich zwischen den überlagerten Erdbebenlasten mit den von Vestas angegebenen Bemessungsschnittgrößen ist in nachfolgender Tabelle angeführt. Das Moment $M_{d,e}$ beschreibt die Überlagerung der ermittelten Schnittgrößen zufolge Erdbeben mit den von der Firma Vestas bekanntgegebenen Schnittgrößen für den Produktionsbetrieb. Das Moment $M_{d,max}$ beschreibt das maximale Bemessungsmoment zufolge Berücksichtigung aller Lastfälle. Es ist jenes Moment, auf welches der Stahlrohrturm dimensioniert wurde.

Projekt:

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m

ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH

Auftraggeber:

VESTAS ÖSTERREICH GMBH

Überlagerung am Turm inklusive Teilsicherheiten			
Höhe	Med	Med,max	Auslastung
[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
163,8	8813	12073	73,0%
161,2	10027	13157	76,2%
153,9	15007	19817	75,7%
145,3	23477	28676	81,9%
136,7	32185	37848	85,0%
130,8	38157	44223	86,3%
116,6	52707	62491	84,3%
102,2	67327	81784	82,3%
96,5	73240	89566	81,8%
82,1	88327	109351	80,8%
76,2	94433	117570	80,3%
71,0	100090	124797	80,2%
60,6	111562	139492	80,0%
50,2	123370	154031	80,1%
45,1	130162	161278	80,7%
30,7	148987	181878	81,9%
19,9	164336	197219	83,3%
10,6	178561	210587	84,8%
0,2	187846	225330	83,4%
0,0	188146	225614	83,4%

Das ermittelte Moment zufolge Erdbeben liegt im gesamten Stahlurm unter den Bemessungsschnittgrößen des Stahlturms. Die Erdbebenlast beträgt in 130,8 m maximal 86 % der angegebenen Bemessungsschnittgröße.

Die maximalen Erdbebenbelastungen von Österreich können daher schadlos aufgenommen werden. Der Lastfall Erdbeben ist somit für diese Anlage in Österreich nicht maßgebend.

Wien, 22.05.2018



Dipl.-Ing. Josef Schelmburger

Projekt:

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m

Auftraggeber:

ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH
VESTAS ÖSTERREICH GMBH

6 NUMERISCHE BERECHNUNG



Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

Datum: 14.05.2018

INHALT

1	Modell	1	Grafik	Ergebnisse - Ergebniskombinationen	11
1.2	Materialien	1		Moment zufolge Erdbebeneinwirkung	
1.8	Knotenlager	1		DYNAM Pro	
2	Lastfälle und Kombinationen		1.1	Globale Daten	12
2.1	Lastfälle	1	1.2.1	Massenfälle - Allgemein	12
2.6	Ergebniskombinationen	2	1.2.2	Massenfälle - Knotenzusatzmassen	12
Grafik	Modell, Isometrie	2	1.4.1	Eigenschwingungsfall - Allgemein	12
Grafik	Erdbebenersatzlasten	3	1.5.1	Antwortspektren - Allgemein	12
Grafik	Erdbebenersatzlasten	4	1.5.2	Antwortspektren - Norm-Parameter	12
Grafik	Erdbebenersatzlasten	5	1.5.3.1	Antwortspektren - Graph	13
Grafik	Erdbebenersatzlasten	6	1.8.1	Dynamische Lastfälle - Allgemein	13
Grafik	Erdbebenersatzlasten	7	1.8.5.1	Dynamische Lastfälle - Verfahren mit statischen Ersatzlasten	13
Grafik	Erdbebenersatzlasten	8		Eigenfrequenzen	13
Grafik	Erdbebenersatzlasten	9	5.1	Effektive Modalmassenfaktoren	14
Grafik	Erdbebenersatzlasten	10	5.7		

1.2 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Spez. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Teilsch.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Baustahl S 355 J0 EN 10025:1994-03 21000.00	8100.00	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

1.8 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Folge	Lagerdrehung [°]			Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
			um X	um Y	um Z		u_x	u_y	u_z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z
1	1	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	Keine Norm Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	eigen	Ständige Lasten	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	-1.150
LF10	DLF 1, Eigenform 1, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF11	DLF 1, Eigenform 1, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF12	DLF 1, Eigenform 2, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF13	DLF 1, Eigenform 2, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF14	DLF 1, Eigenform 3, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF15	DLF 1, Eigenform 3, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF16	DLF 1, Eigenform 4, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF17	DLF 1, Eigenform 4, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF18	DLF 1, Eigenform 5, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF19	DLF 1, Eigenform 5, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF20	DLF 1, Eigenform 6, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF21	DLF 1, Eigenform 6, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF22	DLF 1, Eigenform 7, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF23	DLF 1, Eigenform 7, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF24	DLF 1, Eigenform 8, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF25	DLF 1, Eigenform 8, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF26	DLF 1, Eigenform 9, Richtung - Z	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF27	DLF 1, Eigenform 10, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF28	DLF 1, Eigenform 10, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF29	DLF 1, Eigenform 11, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF30	DLF 1, Eigenform 11, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF31	DLF 1, Eigenform 12, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF32	DLF 1, Eigenform 12, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF33	DLF 1, Eigenform 13, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF34	DLF 1, Eigenform 13, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF35	DLF 1, Eigenform 14, Richtung - Z	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF36	DLF 1, Eigenform 15, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF37	DLF 1, Eigenform 15, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF38	DLF 1, Eigenform 16, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF39	DLF 1, Eigenform 16, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF40	DLF 1, Eigenform 17, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF41	DLF 1, Eigenform 17, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF42	DLF 1, Eigenform 18, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF43	DLF 1, Eigenform 18, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF44	DLF 1, Eigenform 19, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF45	DLF 1, Eigenform 19, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			



Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

Datum: 14.05.2018

2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	Keine Norm Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF46	DLF 1, Eigenform 20, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF47	DLF 1, Eigenform 20, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF48	DLF 1, Eigenform 21, Richtung - Z	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF49	DLF 1, Eigenform 22, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF50	DLF 1, Eigenform 22, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF51	DLF 1, Eigenform 23, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF52	DLF 1, Eigenform 23, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF53	DLF 1, Eigenform 24, Richtung - Z	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF54	DLF 1, Eigenform 25, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF55	DLF 1, Eigenform 25, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF56	DLF 1, Eigenform 26, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF57	DLF 1, Eigenform 26, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF58	DLF 1, Eigenform 27, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF59	DLF 1, Eigenform 27, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF60	DLF 1, Eigenform 28, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF61	DLF 1, Eigenform 28, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF62	DLF 1, Eigenform 29, Richtung - Z	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF63	DLF 1, Eigenform 30, Richtung - X	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			
LF64	DLF 1, Eigenform 30, Richtung - Y	Erdbeben	<input type="checkbox"/>			

2.6 ERGEBNISKOMBINATIONEN

Ergebn.-kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	DLF1, Ergebnismhüllende - X	LF10/s + LF12/s + LF14/s + LF16/s + LF18/s + LF20/s + LF22/s + LF24/s + LF27/s + LF29/s + LF31/s + LF33/s + LF36/s + LF38/s + LF40/s + LF42/s + LF44/s + LF46/s + LF49/s + LF51/s + LF54/s + LF56/s + LF58/s + LF60/s + LF63/s
EK2	DLF1, Ergebnismhüllende - Y	LF11/s + LF13/s + LF15/s + LF17/s + LF19/s + LF21/s + LF23/s + LF25/s + LF28/s + LF30/s + LF32/s + LF34/s + LF37/s + LF39/s + LF41/s + LF43/s + LF45/s + LF47/s + LF50/s + LF52/s + LF55/s + LF57/s + LF59/s + LF61/s + LF64/s
EK3	DLF1, Ergebnismhüllende - Z	LF26/s + LF35/s + LF48/s + LF53/s + LF62/s
EK4	DLF1, Ergebnismhüllende - SRSS	EK1/s + EK2/s + EK3/s

MODELL

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 168m
Erdbebennachweis

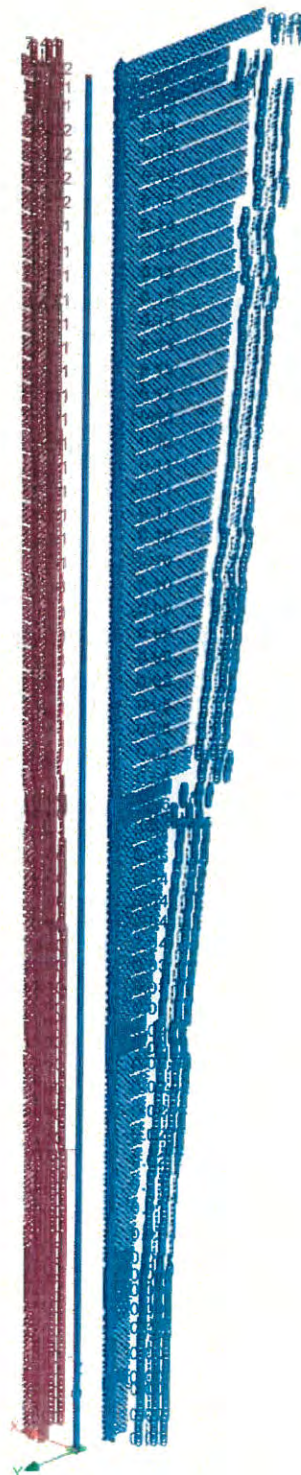
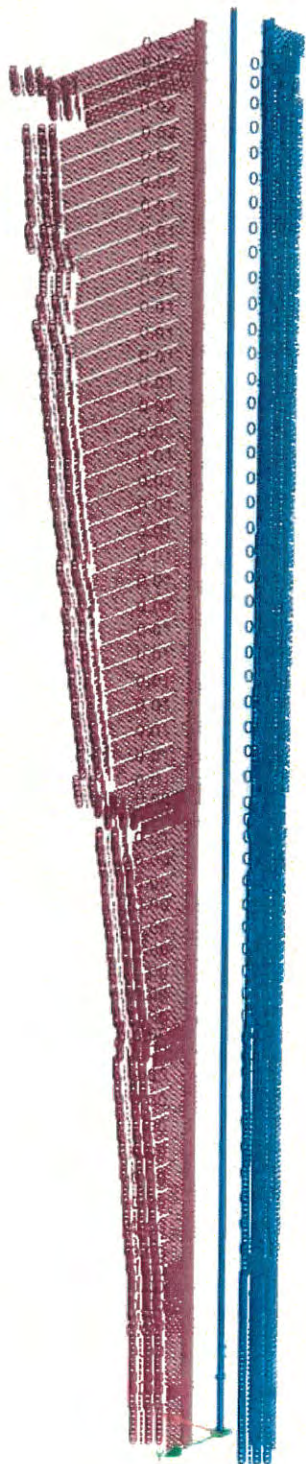
Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 10: DLF 1, Eigenform 1, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 11: DLF 1, Eigenform 1, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 12: DLF 1, Eigenform 2, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 13: DLF 1, Eigenform 2, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

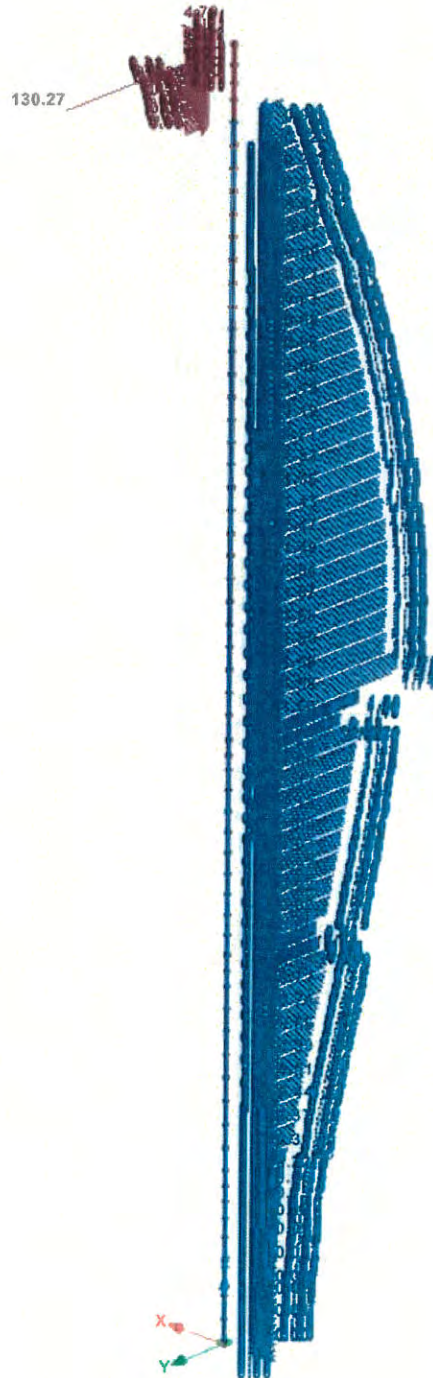
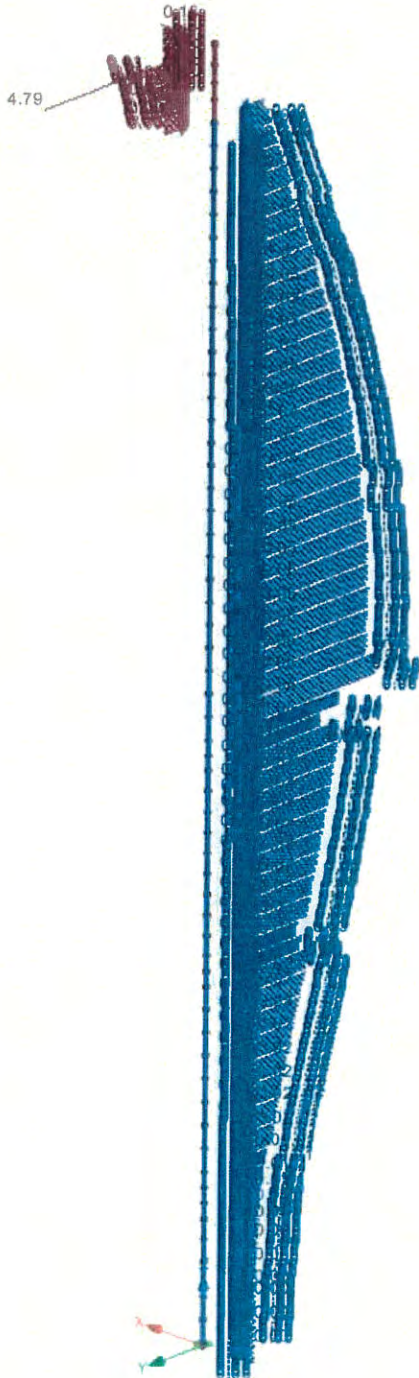
Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 14: DLF 1, Eigenform 3, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 15: DLF 1, Eigenform 3, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

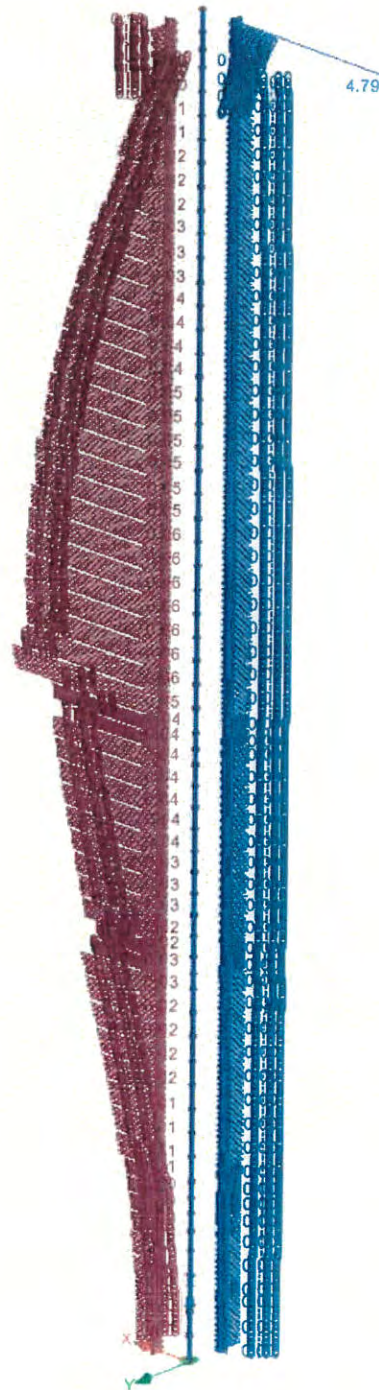
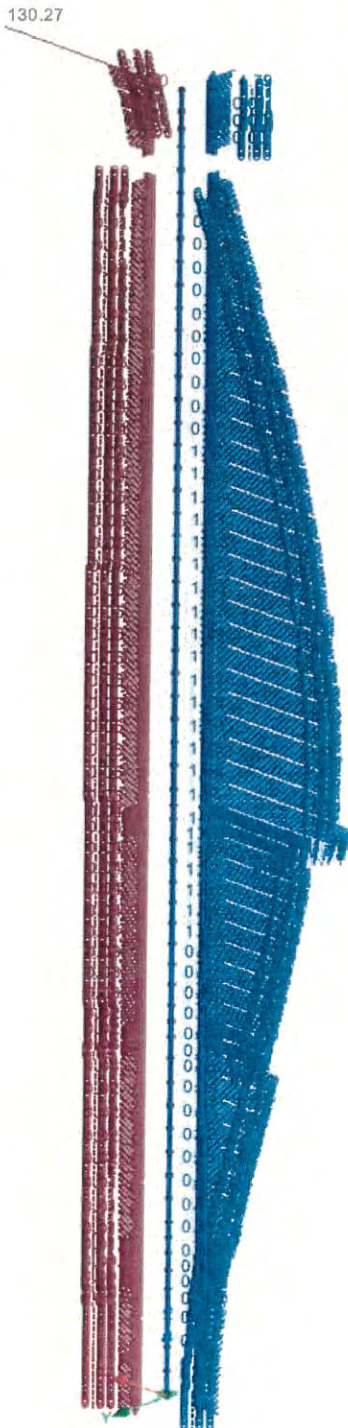
Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 16: DLF 1, Eigenform 4, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 17: DLF 1, Eigenform 4, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

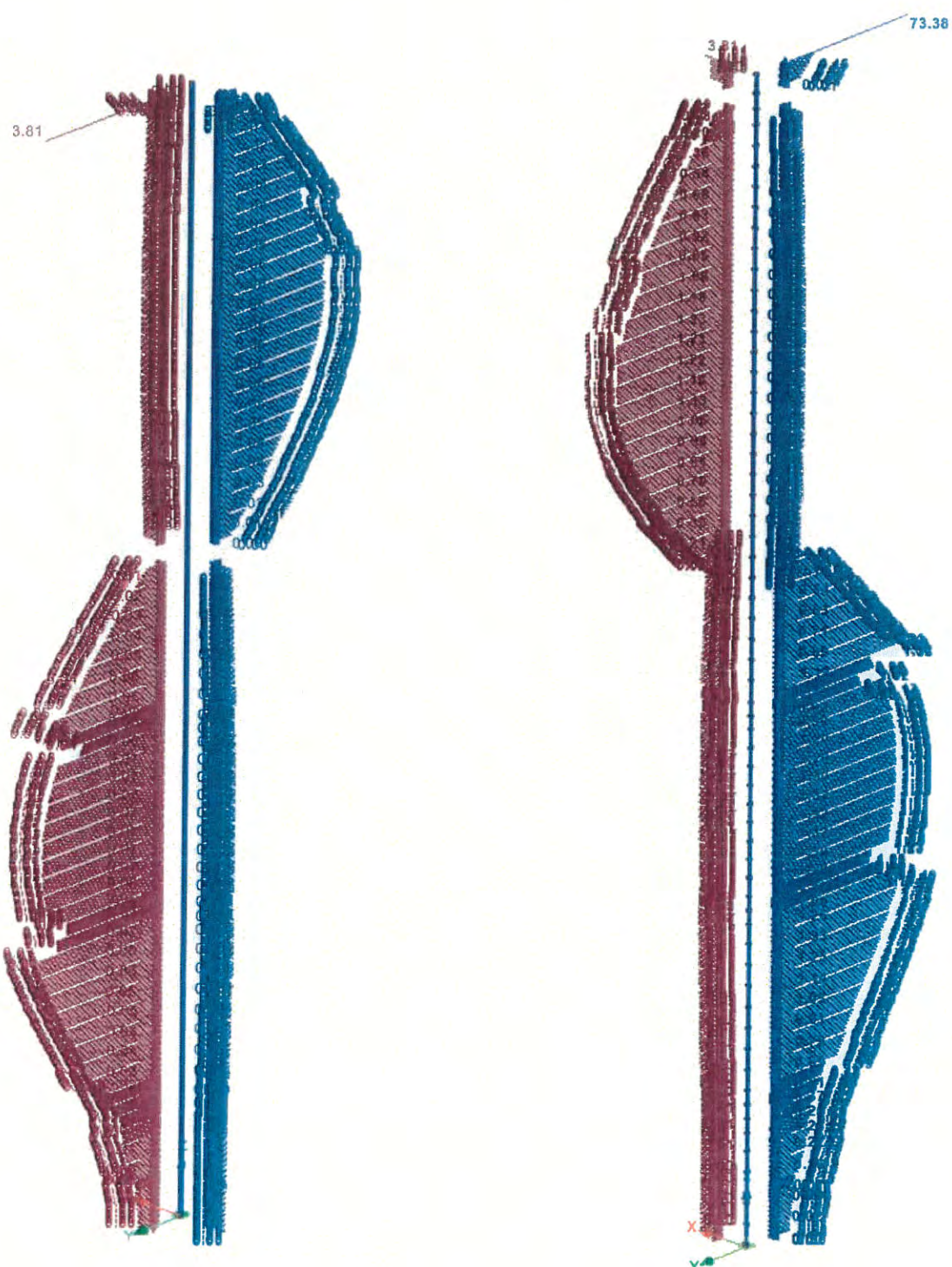
Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 18: DLF 1, Eigenform 5, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 19: DLF 1, Eigenform 5, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

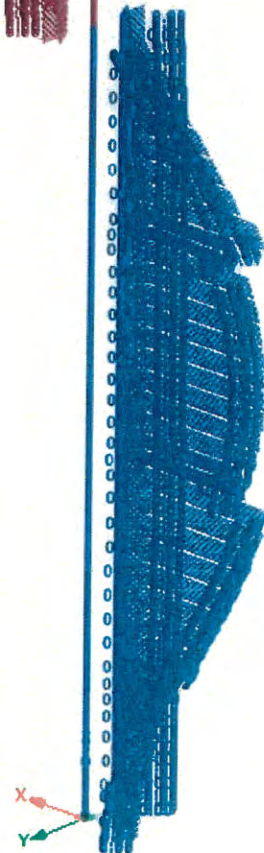
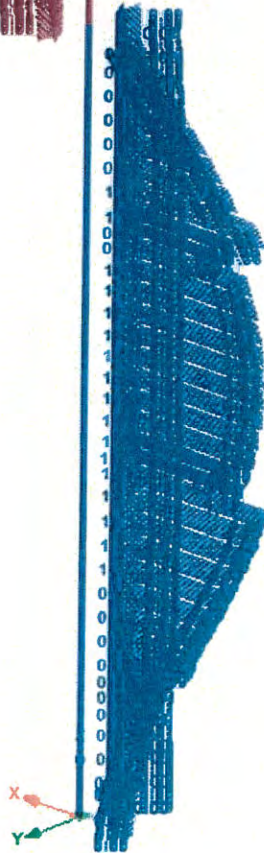
Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 20: DLF 1, Eigenform 6, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 21: DLF 1, Eigenform 6, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

Datum: 14.05.2018

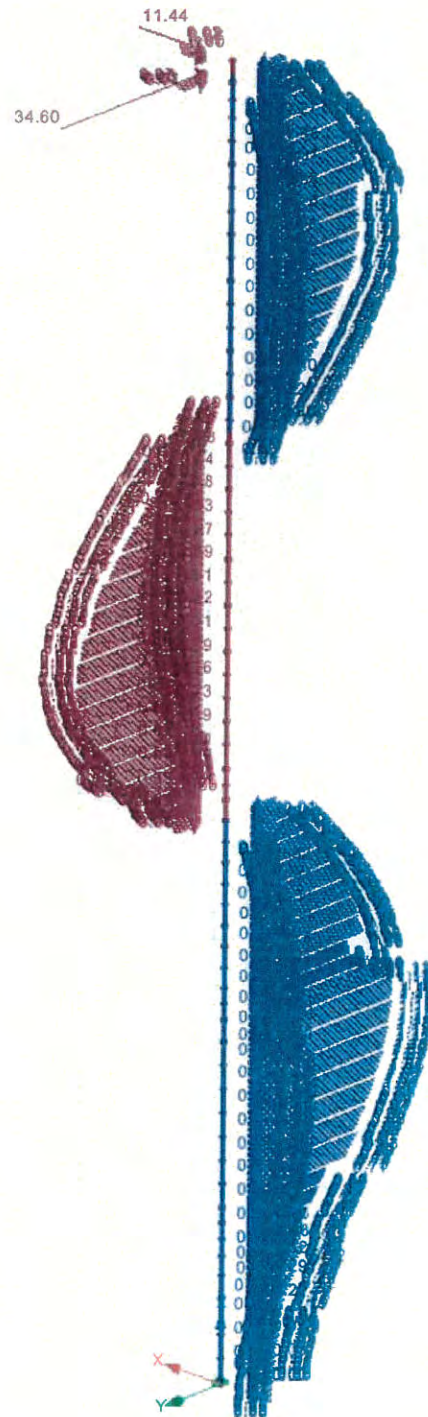
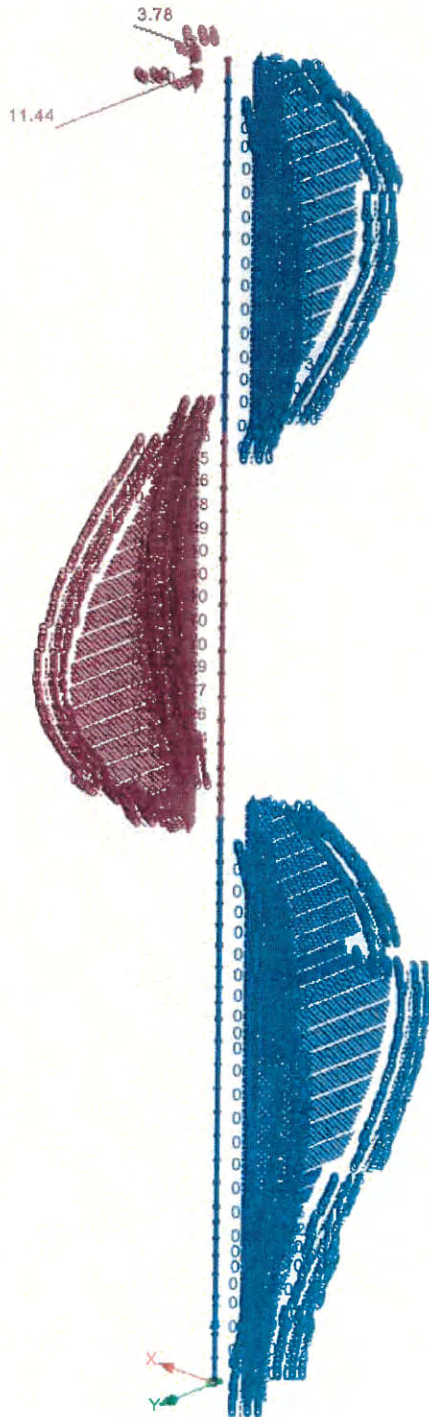
ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 22: DLF 1, Eigenform 7, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie

LF 23: DLF 1, Eigenform 7, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

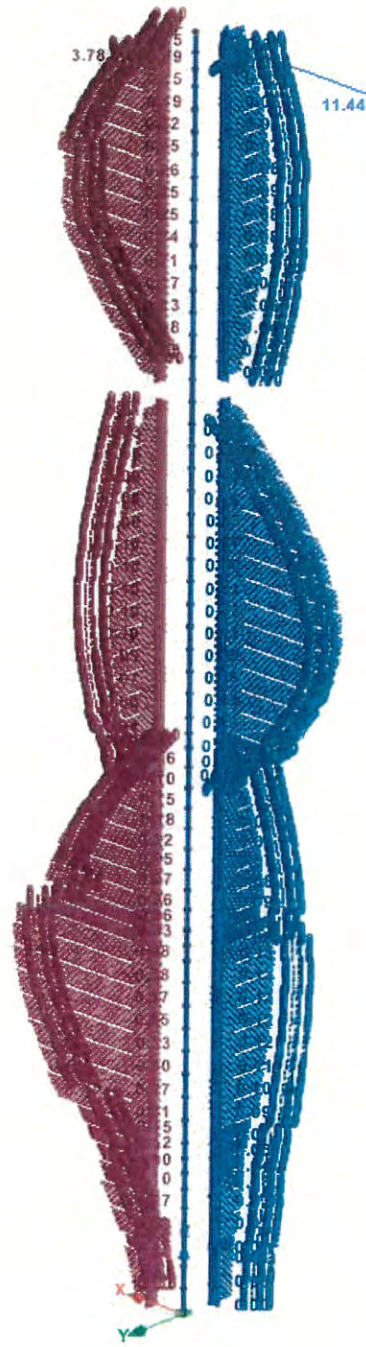
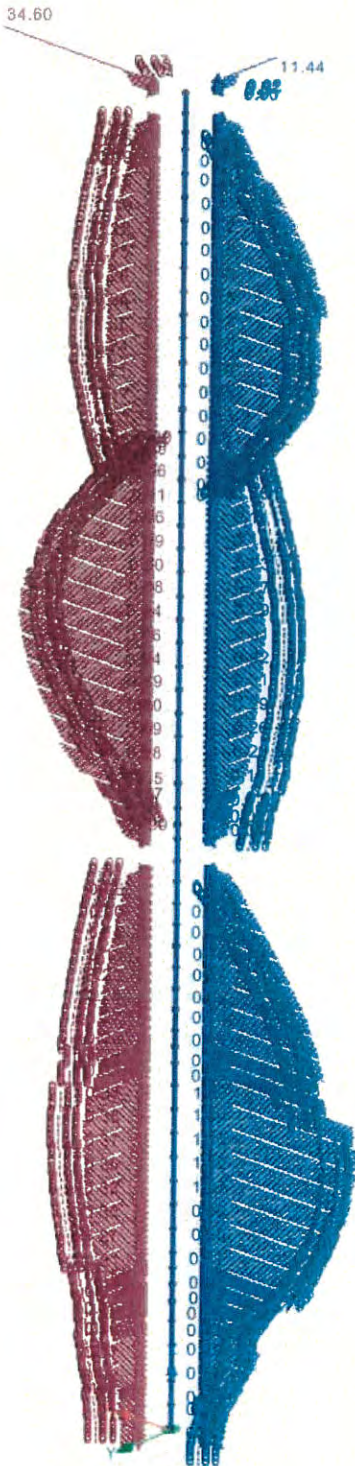
Datum: 14.05.2018

ERDBEBENERSATZLASTEN

LF 24: DLF 1, Eigenform 8, Richtung - X
Belastung [kN]

Isometrie LF 25: DLF 1, Eigenform 8, Richtung - Y
Belastung [kN]

Isometrie





Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

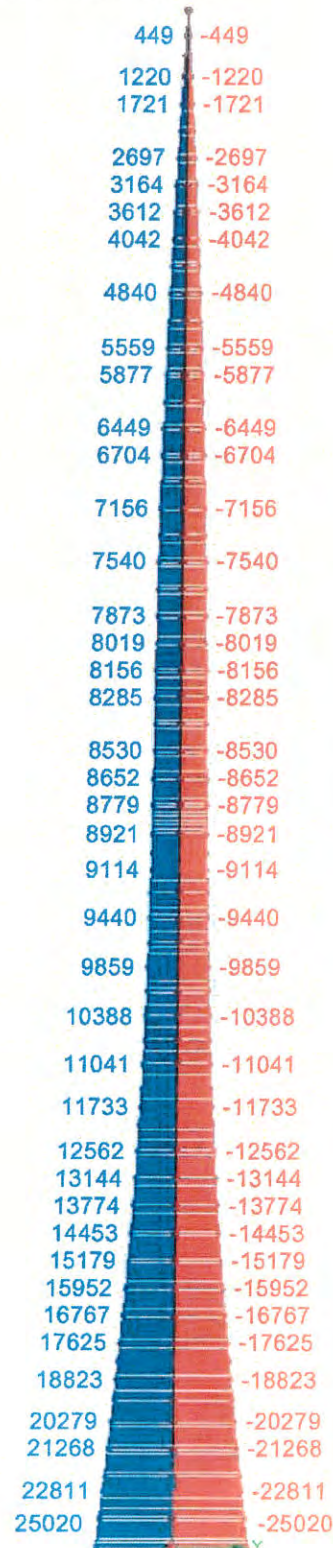
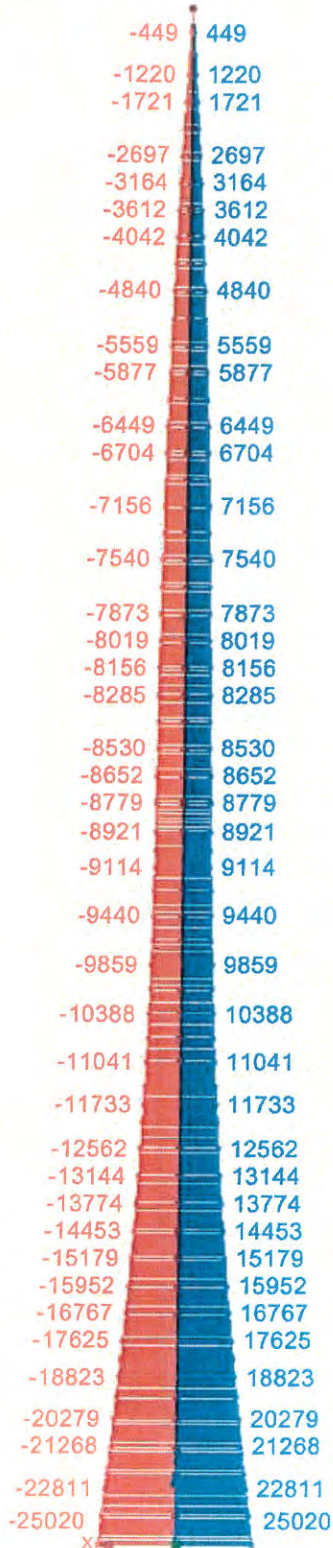
Datum: 14.05.2018

MOMENT ZUFOLGE ERDBEBENEINWIRKUNG

EK 4: DLF1, Ergebnismühüllende - SRSS
Schnittgrößen M-y
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

isometrie EK 4: DLF1, Ergebnismühüllende - SRSS
Schnittgrößen M-z
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Isometrie



Max M-y: 0, Min M-y: 0 [kNm]

Max M-z: 0, Min M-z: 0 [kNm]



Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

Datum: 14.05.2018

1.1 GLOBALE DATEN

Aktivitäten	<input checked="" type="checkbox"/> Modalanalyse (Eigenformen) <input type="checkbox"/> Massenkombinationen <input type="checkbox"/> Erzwungene Schwingungen <input type="checkbox"/> Antwortspektren <input type="checkbox"/> Akzelerogramme <input type="checkbox"/> Zeitdiagramme <input checked="" type="checkbox"/> Verfahren mit statischen Ersatzlasten
Einstellung	Fallbeschleunigung : 10.00 m/s ²

1.2.1 MASSENFÄLLE - ALLGEMEIN

No.	Massenfall-bezeichnung	Parameters
MF1		Massenfalltyp : Ständig Massen <input checked="" type="checkbox"/> : Aus Kraftkomponenten von Lastfall LF1-eigen Massen <input type="checkbox"/> : Zusatzmassen manuell definieren an <input checked="" type="checkbox"/> Knoten

MF1

1.2.2 MASSENFÄLLE - KNOTENZUSATZMASSEN

Nr.	Liste der Knoten mit Massen	Masse m [kg]	Massenmomente			Kommentar
			I_x [kg.m ²]	I_y [kg.m ²]	I_z [kg.m ²]	
1	63	214529.000	0.000	0.000	0.000	

1.4.1 EIGENSCHWINGUNGSFALL - ALLGEMEIN

ESF Fall	Eigenschwingungsfall-bezeichnung	Parameter
ESF1	MF1	Anzahl der kleinsten Eigenwerte : 30 Einwirkende Massen : MF1 Wirkung der Massen in <input checked="" type="checkbox"/> X-Richtung <input checked="" type="checkbox"/> Y-Richtung <input checked="" type="checkbox"/> Z-Richtung

1.5.1 ANTWORTSPEKTREN - ALLGEMEIN

AS Fall	Antwortspektren-bezeichnung	Definitionsart	Kommentar
RS1		Nach Norm: EN 1998-1:2010 - Europäische Union Nationaler Anhang: ÖNORM - Österreich	

1.5.2 ANTWORTSPEKTREN - NORM-PARAMETER

Nr.	Antwortspektrum-bezeichnung	Parameter des Massenfalls																																																						
AS1		<table border="0"> <tr> <td>Spektrum-Art</td> <td>:</td> <td>Bemessungsspektrum für lineare Berechnung</td> </tr> <tr> <td>Spektrum-Art</td> <td>:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Spektrumrichtung</td> <td>:</td> <td>Horizontales Spektrum</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Erdbebeneinwirkung</td> </tr> <tr> <td>Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung</td> <td>a_{gr}</td> <td>: 1.3400</td> </tr> <tr> <td>Bedeutungskategorie</td> <td>:</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Zonengruppe</td> <td>:</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Bedeutungsbeiwert</td> <td>η</td> <td>: 1.0000</td> </tr> <tr> <td>Bemessungsbodenbeschleunigung</td> <td>a_g</td> <td>: 1.3400</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Parameter zur Beschreibung des Antwortspektrums</td> </tr> <tr> <td>Baugrundklasse</td> <td>:</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>Bodenparameter</td> <td>S</td> <td>: 1.3500</td> </tr> <tr> <td>Die untere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung (horizontal)</td> <td>T_{B-H}</td> <td>: 0.2000</td> </tr> <tr> <td>Die obere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung (horizontal)</td> <td>T_{C-H}</td> <td>: 0.8000</td> </tr> <tr> <td>Der Wert, der den Beginn des Bereichs konstanter Verschiebungen des Spektrums definiert (horizontal)</td> <td>T_{D-H}</td> <td>: 2.0000</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Beiwerte</td> </tr> <tr> <td>Verhaltensbeiwert</td> <td>q</td> <td>: 1.5000</td> </tr> <tr> <td>Grenzwert für das horizontale Bemessungsspektrum</td> <td>β</td> <td>: 0.2000</td> </tr> </table>	Spektrum-Art	:	Bemessungsspektrum für lineare Berechnung	Spektrum-Art	:	1	Spektrumrichtung	:	Horizontales Spektrum	Erdbebeneinwirkung			Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung	a_{gr}	: 1.3400	Bedeutungskategorie	:	II	Zonengruppe	:	4	Bedeutungsbeiwert	η	: 1.0000	Bemessungsbodenbeschleunigung	a_g	: 1.3400	Parameter zur Beschreibung des Antwortspektrums			Baugrundklasse	:	D	Bodenparameter	S	: 1.3500	Die untere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung (horizontal)	T_{B-H}	: 0.2000	Die obere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung (horizontal)	T_{C-H}	: 0.8000	Der Wert, der den Beginn des Bereichs konstanter Verschiebungen des Spektrums definiert (horizontal)	T_{D-H}	: 2.0000	Beiwerte			Verhaltensbeiwert	q	: 1.5000	Grenzwert für das horizontale Bemessungsspektrum	β	: 0.2000
Spektrum-Art	:	Bemessungsspektrum für lineare Berechnung																																																						
Spektrum-Art	:	1																																																						
Spektrumrichtung	:	Horizontales Spektrum																																																						
Erdbebeneinwirkung																																																								
Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung	a_{gr}	: 1.3400																																																						
Bedeutungskategorie	:	II																																																						
Zonengruppe	:	4																																																						
Bedeutungsbeiwert	η	: 1.0000																																																						
Bemessungsbodenbeschleunigung	a_g	: 1.3400																																																						
Parameter zur Beschreibung des Antwortspektrums																																																								
Baugrundklasse	:	D																																																						
Bodenparameter	S	: 1.3500																																																						
Die untere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung (horizontal)	T_{B-H}	: 0.2000																																																						
Die obere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung (horizontal)	T_{C-H}	: 0.8000																																																						
Der Wert, der den Beginn des Bereichs konstanter Verschiebungen des Spektrums definiert (horizontal)	T_{D-H}	: 2.0000																																																						
Beiwerte																																																								
Verhaltensbeiwert	q	: 1.5000																																																						
Grenzwert für das horizontale Bemessungsspektrum	β	: 0.2000																																																						



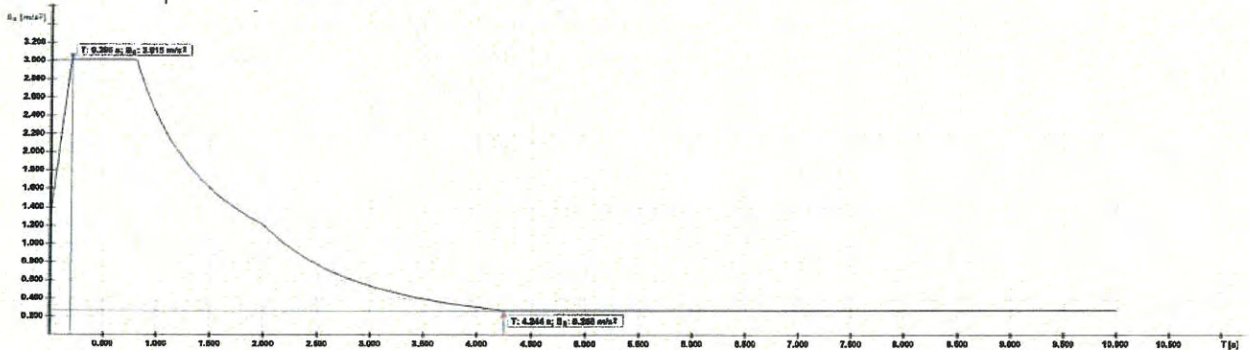
Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m
Erdbebennachweis

Datum: 14.05.2018

1.5.3.1 ANTWORTSPEKTREN - GRAPH

RS1



1.8.1 DYNAMISCHE LASTFÄLLE - ALLGEMEIN

DLF Fall	Dynamische Lastfälle Bezeichnung	Parameter	
DLF1		Verfahrenstyp	: Verfahren mit statischen Ersatzlasten (Antwortspektrum erforderlich)
		Eigenschwingung zuweisen	: Eigenschwingungsfall: ESF1

1.8.5.1 DYNAMISCHE LASTFÄLLE - VERFAHREN MIT STATISCHEN ERSATZLASTEN

DLF Fall	Dynamische Lastfälle Bezeichnung	Parameter	
DLF1		Antwortspektrum zuordnen:	
		Antwortspektrum in Richtung	Multiplikativer Faktor
		<input checked="" type="checkbox"/> x: AS1 -	1.000
		<input checked="" type="checkbox"/> y: AS1 -	1.000
		<input checked="" type="checkbox"/> z: AS1 -	1.000
		a_x a_y um Z-Achse rotieren:	$\alpha = 0.00$ [°]
		Einstellungen:	
		<input type="checkbox"/> Zufällige Torsionswirkungen berücksichtigen:	
		Zu generieren:	
		<input checked="" type="checkbox"/> Lastfälle mit E_{x1} / E_{z1} aus allen Eigenformen	
		Nummer des ersten generierten Lastfalls:	10
		<input checked="" type="checkbox"/> Ergebniskombination (modale Kombination)	
		Nummer der ersten generierten Ergebniskombination:	1
		<input checked="" type="checkbox"/> Kombination von Richtungskomponenten mit:	
		<input checked="" type="checkbox"/> SRSS	
		<input type="checkbox"/> 100 / 30 %	
		<input type="checkbox"/> 100 / 40 %	
		Kombinationsregeln:	
		Kombinationsregel für Modalantwort:	
		<input checked="" type="checkbox"/> SRSS	
		<input type="checkbox"/> CQC	
		Optionen	
		<input checked="" type="checkbox"/> Äquivalente lineare Kombination verwenden	
		<input type="checkbox"/> Vorzeichengerechte Ergebnisse auf Basis der dominanten Eigenform	

ESF1

5.1 EIGENFREQUENZEN

ESF1

Form Nr.	Eigenwert λ [1/s ²]	Kreisfrequenz ω [rad/s]	Eigenfrequenz f [Hz]	Eigenperiode T [s]
1	0.834	0.913	0.145	6.879
2	0.834	0.913	0.145	6.879
3	29.049	5.390	0.858	1.166
4	29.049	5.390	0.858	1.166
5	235.696	15.352	2.443	0.409
6	235.696	15.352	2.443	0.409
7	972.517	31.185	4.963	0.201
8	972.517	31.185	4.963	0.201
9	1406.175	37.499	5.968	0.168
10	2726.544	52.216	8.310	0.120
11	2726.544	52.216	8.310	0.120
12	6267.435	79.167	12.600	0.079
13	6267.435	79.167	12.600	0.079



Projekt: 101021

Modell: 101021-VO-C-01-A_V150-4.0-4.2MW 166m

Datum: 14.05.2018

Erberechnung

5.1 EIGENFREQUENZEN

ESF1

Form Nr.	Eigenwert λ [1/s ²]	Kreisfrequenz ω [rad/s]	Eigenfrequenz f [Hz]	Eigenperiode T [s]
14	10812.385	103.983	16.549	0.060
15	12432.451	111.501	17.746	0.056
16	12432.451	111.501	17.746	0.056
17	22452.949	149.843	23.848	0.042
18	22452.949	149.843	23.848	0.042
19	37494.551	193.635	30.818	0.032
20	37494.551	193.635	30.818	0.032
21	37915.242	194.718	30.990	0.032
22	58922.180	242.739	38.633	0.026
23	58922.180	242.739	38.633	0.026
24	79495.227	281.949	44.874	0.022
25	88812.883	298.015	47.431	0.021
26	88812.883	298.015	47.431	0.021
27	128675.008	358.713	57.091	0.018
28	128675.008	358.713	57.091	0.018
29	144710.016	380.408	60.544	0.017
30	180823.719	425.234	67.678	0.015

5.7 EFFEKTIVE MODALMASSENFAKTOREN

ESF1

ESF1

Form Nr.	Modale Masse M_i [kg]	Effektive Modalmasse						Effektiver Modalmassenfaktor		
		m_{ax} [kg]	m_{ey} [kg]	m_{ez} [kg]	m_{ex} [kg.m ²]	m_{ey} [kg.m ²]	m_{ez} [kg.m ²]	f_{max} [-]	f_{may} [-]	f_{mez} [-]
1	282782.02	4783.62	413888.94	0.00	123784919.80	14306733.59	0.00	0.006	0.514	0.000
2	282782.02	413888.94	4783.62	0.00	14306733.59	123784919.80	0.00	0.514	0.006	0.000
3	222681.63	214.71	158784.50	0.00	212625791.80	287508.50	0.00	0.000	0.197	0.000
4	222681.63	158784.50	214.71	0.00	287508.50	212625791.80	0.00	0.197	0.000	0.000
5	160872.87	174.00	64454.70	0.00	242925479.98	655786.58	0.00	0.000	0.080	0.000
6	160872.87	64454.70	174.00	0.00	655786.58	242925479.98	0.00	0.080	0.000	0.000
7	145604.03	3724.48	34086.49	0.00	172054034.78	18799577.57	0.00	0.005	0.042	0.000
8	145604.03	34086.49	3724.48	0.00	18799577.57	172054034.78	0.00	0.042	0.005	0.000
9	328092.61	0.00	0.00	531167.26	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.659
10	136968.01	23906.14	31.07	0.00	178762.60	137541186.03	0.00	0.030	0.000	0.000
11	136968.01	31.07	23906.14	0.00	137541186.03	178762.60	0.00	0.000	0.030	0.000
12	133694.02	8487.28	7743.99	0.00	48087253.58	52702795.15	0.00	0.011	0.010	0.000
13	133694.02	7743.99	8487.28	0.00	52702795.15	48087253.58	0.00	0.010	0.011	0.000
14	315941.04	0.00	0.00	138297.35	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.172
15	130714.29	1825.54	9812.03	0.00	64030390.44	11912923.15	0.00	0.002	0.012	0.000
16	130714.29	9812.03	1825.54	0.00	11912923.15	64030390.44	0.00	0.012	0.002	0.000
17	127402.24	989.76	7671.26	0.00	51879419.20	6693609.77	0.00	0.001	0.010	0.000
18	127402.24	7671.26	989.76	0.00	6693609.77	51879419.20	0.00	0.010	0.001	0.000
19	129571.68	6790.85	314.53	0.00	2184332.33	47161344.63	0.00	0.008	0.000	0.000
20	129571.68	314.53	6790.85	0.00	47161344.63	2184332.33	0.00	0.000	0.008	0.000
21	212136.71	0.00	0.00	49166.46	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.061
22	128049.03	109.69	5591.74	0.00	39638419.00	777573.97	0.00	0.000	0.007	0.000
23	128049.03	5591.74	109.69	0.00	777573.97	39638419.00	0.00	0.007	0.000	0.000
24	174955.54	0.00	0.00	22106.44	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.027
25	128953.80	4469.71	248.34	0.00	1789845.26	32214026.31	0.00	0.006	0.000	0.000
26	128953.80	248.34	4469.71	0.00	32214026.31	1789845.26	0.00	0.000	0.006	0.000
27	127104.12	3298.95	646.94	0.00	4725937.72	24099100.96	0.00	0.004	0.001	0.000
28	127104.12	646.94	3298.95	0.00	24099100.96	4725937.72	0.00	0.001	0.004	0.000
29	155871.15	0.00	0.00	12973.94	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.016
30	125006.78	2833.84	543.57	0.00	4015822.92	20935987.21	0.00	0.004	0.001	0.000
Summe	5020799.40	764883.07	762592.80	753701.45	242913683.368	244605701.025	0.00	0.949	0.946	0.935

Projekt:

V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m
ERDBEBENNACHWEIS FÜR ÖSTERREICH

Auftraggeber:

VESTAS ÖSTERREICH GMBH

7 SCHNITTGRÖSSENÜBERLAGERUNG



Projekt: **V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m**
 Bauteil: **Stahlurm**
 Geschäftszahl: **101021**
 Datum: **14.05.2018**

Erdbebennachweis

nach ÖNORM EN 1990, ÖNORM EN 1998-1, ÖNORM EN 1998-6
 und DIBt Heft 8 bzw. ÖVE/ÖNORM EN 61400-1

Höhe [m]	$M_{k,b}$ [kNm]	$M_{k,g1}$ [kNm]	$M_{k,g2}$ [kNm]	$M_{k,e}$ [kNm]	$M_{d,e}$ [kNm]	$M_{d,max}$ [kNm]	$M_{d,e} / M_{d,max}$ [%]
163,8	7 961	29	22	0	8 813	12 073	73,0%
161,2	8 578	74	55	449	10 027	13 157	76,2%
153,9	11 719	204	153	1 724	15 007	19 817	75,7%
145,3	17 827	366	275	3 162	23 477	28 676	81,9%
136,7	24 274	539	404	4 446	32 185	37 848	85,0%
130,8	28 784	662	497	5 220	38 157	44 223	86,3%
116,6	40 097	986	740	6 702	52 707	62 491	84,3%
102,2	51 826	1 350	1 013	7 719	67 327	81 784	82,3%
96,5	56 651	1 508	1 131	8 021	73 240	89 566	81,8%
82,1	68 848	1 938	1 453	8 654	88 327	109 351	80,8%
76,2	73 834	2 129	1 597	8 921	94 433	117 570	80,3%
71,0	78 214	2 307	1 730	9 195	100 090	124 797	80,2%
60,6	87 234	2 688	2 016	9 986	111 562	139 492	80,0%
50,2	96 311	3 092	2 319	11 244	123 370	154 031	80,1%
45,1	100 932	3 303	2 477	12 065	130 162	161 278	80,7%
30,7	114 211	3 952	2 964	15 168	148 987	181 878	81,9%
19,9	124 495	4 479	3 359	18 222	164 336	197 219	83,3%
10,6	133 689	4 977	3 733	21 255	178 561	210 587	84,8%
0,2	143 912	5 571	4 178	24 947	187 846	225 330	83,4%
0,0	144 109	5 583	4 187	25 020	188 146	225 614	83,4%

$M_{k,b}$ char. Moment zufolge aerodynamischer Belastung unter Normalbetrieb oder bei Notabschaltung

$M_{k,g1}$ char. Moment zufolge Eigengewicht + Imperfektionen (Turmschiefstellung)

$M_{k,g2}$ char. Moment zufolge Eigengewicht + Imperfektionen (Fundamentschiefstellung)

$M_{k,e}$ char. Moment zufolge Erdbebenlastfall

$M_{d,e}$ Bemessungswert der Momentensumme aus Erdbeben

$M_{d,max}$ Bemessungsmoment aus Turmlasten (Berechnung Vestas)

$$M_{d,e} = 1,1 * M_{k,b} + 1,1 * M_{k,g1} + 1,1 * M_{k,g2} + M_{k,e}$$

