



Adviesbureau  
voor Bouwconstructies  
Roosendaal

# **Uitbreiding Windpark Rozenburg**

Voorontwerp turbinefundering

123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

Final

Date: 6-6-2023

Version: 1.2

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2



Projectname / projectnaam : Uitbreiding Windpark Rozenburg  
 Projectnummer / projectnummer : 123220  
  
 Client / Klant : Enercon GmbH - Dutch Branch  
  
 Document title / document naam : Voorontwerp turbinefundering  
 Document id : 123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2  
 Status : Final  
 Version / versie : 1.2  
 Date / datum : 6-6-2023  
  
 Editor : Adviesbureau voor Bouwconstructies Roosendaal bv (ABR)  
 Address : Klerkenveld 13, 4704 SV Roosendaal  
 Tel. : (+31) (0)165-565477  
  
 Designed by : XXXXXXXXXX

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## Inhoud / Content

0	Wijzigingen / aanvullingen .....	3
1	Introductie .....	4
2	Referentie documenten .....	5
2.1	Ontvangen documenten .....	5
2.2	Normen en richtlijnen .....	5
3	Uitgangspunten ontwerp .....	6
3.1	Korte beschrijving ontwerp .....	6
3.2	Ontwerplevensduur .....	6
3.3	Betrouwbaarheidsklasse .....	6
3.4	Gevolgklasse: .....	6
3.5	Materialen .....	7
3.6	Duurzaamheid .....	7
3.7	Hoogteligging fundering tov maaiveldniveau .....	7
4	Belastingen en belastingcombinaties .....	8
4.1	Turbine belastingen .....	8
4.2	Permanente belastinggevallen .....	9
4.3	Overige belastingen .....	9
4.4	Belastingfactoren en combinaties .....	9
4.5	Stijfheidseisen .....	10
5	Fundatieontwerp / berekening .....	11
5.1	Verticale paalbelastingen .....	11
5.2	Horizontale paalbelastingen .....	12
5.3	Schoorstand .....	12
5.4	Sonderingen .....	12
5.5	Keuze/verantwoording paalsysteem .....	14
6	Vervolg / Samenvatting .....	15
	Appendix 1 – [ontwerpberekeningen] .....	16
	Appendix 2 – [indicatieve vormtekeningen] .....	17
	Appendix 3 – [sonderingen in de nabijheid van projectlocatie] .....	18
	Appendix 4 – [de vermelde ontvangen documenten uit hoofdstuk 2.1 [A.1 t/m A.6]] .....	19
	Appendix 5 – [email gemeente Rotterdam dd26-05-2023] .....	26

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 0 Wijzigingen / aanvullingen

Naar aanleiding van enkele opmerkingen c.q. aandachtspunten van de gemeente (zie bijlage 5) zijn er enkele verduidelijken/aanvullingen gemaakt in deze rapportage.

De gewijzigde / aanvullende delen zijn voor de duidelijkheid cursief gemaakt. Deze gewijzigde delen bevinden zich in de paragrafen 3.1, 3.5, 5.0, 5.1 en bijlagen 4 + 5.



project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 1 Introductie

In opdracht van Enercon GmbH – Dutch Branch is door ABR een indicatief voorontwerp gemaakt van de fundatie van een windturbine, welke gepland is op Landtong te Rozenburg. De windturbine betreft een turbine van Enercon. Het exacte turbine type ligt nog niet vast, maar zal de E-175 EP5-HST-132-FB-C-01 of de E-175 EP5-HST-140-FB-C-01 worden.

Doel van dit document is om te komen tot een indicatief voorontwerp dat als basis dient voor de verdere uitwerking van de windturbine fundatie.

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 2 Referentie documenten

### 2.1 Ontvangen documenten

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de ontvangen documenten, welke relevant zijn voor het voorontwerp van de fundering.

nr	omschrijving	revisie	datum	van
<b>E-175 EP5-HST-140-FB-C-01</b>				
[A.1]	D02735529_6.0 Foundation Loads	-	17-02-2023	Enercon GmbH
[A.2]	D02739163_3.0_de-en_Technical data sheet_Flat foundation E-175 EP5-HST-140-FB-C-01	3	13-01-2023	Enercon GmbH
[A.3]	D02785881_0.0_de-en_Formwork plan_E-175 EP5 HST-140-FB-C-01 flat foundation	0	13-01-2023	Enercon GmbH
[A.4]	D02785888_0.0_de-en_Zusammenbauzeichnung_Leerrohr- und Blitzschutzplan	0	27-01-2023	Enercon GmbH
<b>E-175 EP5-HST-132-FB-C-01</b>				
[A.5]	D02783612_0.0_de-en_Technisches Datenblatt_Flat foundation E-175 EP5-HST-132-FB-C-01	0	27-10-2022	Enercon GmbH
[A.6]	D02783703_0.0_de-en_Technisches Datenblatt_Tiefgründung E-175 EP5 HST-132-FB-C-01	0	28-10-2022	Enercon GmbH

**Tabel 1** ontvangen documenten

### 2.2 Normen en richtlijnen

In onderstaande tabel is een beknopt overzicht gegeven van de normen/richtlijnen, welke relevant zijn voor het ontwerp van de windturbine fundaties.

	norm/richtlijn	omschrijving
[B.1]	NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011	"Eurocode 0: grondslagen van het constructief ontwerp", december 2011, inclusief de Nationale Bijlage NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011, december 2011
[B.2]	NEN-EN 1991-1-1+C1:2011	"Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-1: Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen", december 2011, inclusief de Nationale Bijlage NEN-EN 1991-1-1+C1, december 2011
[B.3]	NEN-EN 13670:2009	Het vervaardigen van betonconstructies, december 2009
[B.4]	NEN-EN 206 + NEN8005	"Eurocode 2: Beton, Specificatie eigenschappen, vervaardiging en conformiteit + Nederlandse invulling van NEN-EN 206+A1, december 2017
[B.5]	NEN-EN 1992-1-1+C2/A1	Ontwerp van betonconstructies - deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen", januari 2015 inclusief de Nationale Bijlagen NEN-EN 1992-1-1+C2/NB+A1, feb 2020
[B.6]	CEB-FIP	Model code 1990
[B.7]	CEB-FIP	Model code 2010
[B.8]	NEN-EN-IEC 61400-1 4th edition 2019-02	Windturbines - Deel 1: ontwerpeisen, april 2019
[B.9]	NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016	"Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels", juni 2016, inclusief de Nationale Bijlage NEN-EN 1997-1+C1+A1/NB+C1, augustus 2018
[B.10]	NEN 9997-1+C2	"Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels", november 2017

**Tabel 2** (meest) relevante normen/richtlijnen voor de windturbine fundatie

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

### 3 Uitgangspunten ontwerp

#### 3.1 Korte beschrijving ontwerp

Zoals reeds in de inleiding gemeld, ligt de exacte configuratie van de turbine nog niet helemaal vast en daarom wordt er in dit voorontwerp uitgegaan van de zwaarst configuratie, zijnde de E-175 EP5-HST-140-FB-C-01.

De windturbine fundatie bestaat uit een ronde fundering met een opstorting in het midden van circa 40cm hoog en een diameter van Ø10.0m.

Vanwege de verankering(slenge) van de turbine aan de fundatie wordt er in het midden aan de onderzijde een verdiept gedeelte gemaakt. De onderzijde van de ankerkorf wordt in dit verdiept gedeelte geplaatst.

Op 60cm van de buitenzijde van de fundering komen op regelmatige afstand funderingspalen te staan. Vooral nog wordt er uitgegaan van in de grond gevormde grondverdringende palen (vibro). De afmetingen en inheide-niveau zal afhangen van de optredende paalbelastingen, de grondgesteldheid alsook de benodigde stijfheid (zo-wel translatie- als rotatiestijfheid). Dit zal in het verdere ontwerpproces bepaald worden. Ook kan er voor de stijfheden, onderlinge beïnvloeding (trek)draagvermogen etc. 'gespeeld' worden met de schoorstand van de pa-len. Dit zal eveneens in het verdere ontwerpproces vastgelegd worden.

In het binnenste gedeelte van de turbine komen de kabels (c.q. mantelbuizen) verticaal door de fundering om-hoog. Omwille hiervan en het feit dat bij radiale plaatsing van de wapening de h.o.h. afstand erg klein wordt houden we (Enercon en ABR) het binnenste gedeelte constructief gezien ongewapend (wordt ook als zodanig meegenomen in de wapeningsberekeningen). Zie evt ook [A.4] als voorbeeld. *Door de binnenste gedeelte als een gat/opening te modelleren zal er meer 'raveel'wapening benodigd zijn om de krachten om het 'gat' te leiden. Dit zal t.z.t. dan ook terug te zien zijn in de wapeningsberekeningen. Verder komt er nog wel enige praktische wape-ning c.q. wapening tbv veiligwerken in de ongewapende kernzone.*

In dit voorontwerp zal de globale funderingsafmetingen en de optredende paalbelastingen bepaald worden a.d.h.v. de input van Enercon, (o.a. turbinebelastingen) en realistische paalbelastingen.

#### 3.2 Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur van de windturbine bedraagt 25 jaar.

#### 3.3 Betrouwbaarheidsklasse

De funderingsconstructie wordt ingedeeld in betrouwbaarheidsklasse RC2.

#### 3.4 Gevolgklasse:

De funderingsconstructie wordt ingedeeld in gevolgklasse CC2.

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

### 3.5 Materialen

Voor de fundatie wordt er voorlopig vanuit gegaan dat er beton met een sterkteklasse van C35/45 toegepast zal worden. (Dit is enerzijds in lijn met het funderingsontwerp van Enercon voor de fundering op staal voor de E-175 EP5 HST-140-FB-C-01 en anderzijds ook gebruikelijk voor turbine-fundaties van deze omvang en mede afhankelijk van de betonspanningen t.p.v. de ingestorte ankering.) *In verband de warmteontwikkeling in het massabeton, dient er sowieso gebruik gemaakt te worden van een Low-Heat cement en dient het temperatuurverschil tussen het beton in de kern en aan de buitenzijde beperkt te worden middels o.a. de nabehandeling, evt. storten in meerdere fasen. Dit zal voor de stort uitgewerkt dienen te worden door de aannemer.*

Voor de funderingspalen wordt voorlopig uitgegaan van vibro-palen (Ø508/560 of Ø560/600) in beton sterkte-klasse C30/37. Vanwege onder andere de grootte van de paalbelastingen, de ponsweerstand, de betondruk op het aansluitvlak, de vermoeiingsweerstand, de benodigde stijfheid v/d palen liggen paalafmetingen van Ø508 of groter voor de hand en zijn dit ook gebruikelijke afmetingen voor windturbine fundatie-palen.

Beton fundering: C35/45

Groutvoeg turbine-fundatie: C80/95

Geschatte hoeveel betonstaal fundering: 125 kg/m<sup>3</sup>

Beton vibro-palen: C30/37

Wapeningsstaal: B500 B

### 3.6 Duurzaamheid

Voor de duurzaamheid van de fundatie en palen worden de volgende uitgangspunten aangehouden:

Onderdeel		Milieuklassen	constructieklasse	scheurwijdte	Dekking		
				W <sub>max</sub> [mm]	C <sub>min,dur</sub> [mm]	C <sub>nom</sub> [mm]	ΔC <sub>dev</sub> [mm]
fundering	onderzijde	XC4, XF3, XA2 <sup>(3)</sup> , XS1	S3 <sup>(1)</sup>	0,2	30	50	10
Palen	vibro	XC2, XA2 <sup>(3)</sup> , XS2	S4	0,2	40	50 <sup>(2)(4)</sup>	10

<sup>(1)</sup>in verband met plaatgeometrie een klasse verlaagd  
<sup>(2)</sup>eis vanuit NEN-EN 12699  
<sup>(3)</sup>aanname eea nog exact te bepalen a.d.h.v. grond(water)monsters  
<sup>(4)</sup>op de spiraalwapening

**Tabel 3** Overzicht milieuklassen, scheurwijdte en dekking

### 3.7 Hoogteligging fundering tov maaiveldniveau

Er wordt van uitgegaan dat met uitzondering van het verdiepte gedeelte de fundering op het huidige maaiveld wordt gebouwd, waarbij er een zandterp (tot 15cm onder bovenzijde fundering) op het afgeschuind gedeelte van de fundering komt, welke afloopt tot aan het huidige maaiveld.

De funderingshoogte exclusief het verdiepte middengedeelte bedraagt 2,8m.

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 4 Belastingen en belastingcombinaties

Op de turbine fundatie werken zowel permanente als veranderlijke belastingen.

Naast de belastingen uit de turbine werken er ook nog andere permanente belastingen, te weten het eigen gewicht van het beton van de fundering, de zandterp op de fundering en als een wisselende belasting het grondwater. Daar de fundering op maaiveld wordt gebouwd en enkel het verdiepte gedeelte onder maaiveld komt zal de opwaartse belasting tgv grondwater beperkt blijven.

### 4.1 Turbine belastingen

In onderstaande tabellen zijn de aangehouden belastingen vanuit de turbine op de fundatie weergegeven conform de belastingspecificatie van Enercon [A.1]. De belastingen op de turbine zijn bepaald volgens de IEC61400-1 [B.8].

omschrijving belastinggeval	partiële veiligheidsfactoren	$F_{z,min}$	$F_{z,max}$	$F_{xy}$	$M_{xy}$	$M_z$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Groep A	incl.	<b>-10820</b>	<b>-7710</b>	<b>1860</b>	<b>249700</b>	-16950
Groep DLC8.1/8.2/8.3	incl.	-11160	-7060	1280	176750	-12150
Group N/T	incl.	<b>-10820</b>	<b>-7710</b>	1810	248250	<b>-19900</b>
groep N/A/T <sup>(1)</sup>	incl.	-10820	-7710	1860	249700	-19900
groep N/A/T	excl. (1,0)	-9840	-8570	1690	217200	-15450
groep N/T/DLC8.2	excl. (1,0)	-9840	-8570	1340	180900	-147850
groep DLC8.1/8.2/.3	excl. (1,0)	-9220	-8510	1160	153900	9300
NTM DLC D.3	1,0	-9840	-8570	1090	142600	5000
DLC D5.a / D.6a	1,0	-9490	-9040	650	80400	-1350
(1)max. waarden van elk van afzonderlijke belastinggevallen (groep A en groep N/T)						

**Tabel 4** Overzicht maatgevende turbine belastingen [A1.1]

$F_{z,min}$  en  $F_{z,max}$  houden rekening met een partiële factor van 1,1 en 0,9. Vanwege dynamische acties/krachten van de machine is  $F_z$  geen constante waarde als berekend op basis van het eigen gewicht, maar fluctueert deze tussen de gegeven waarden van  $F_{z,min}$  en  $F_{z,max}$ .

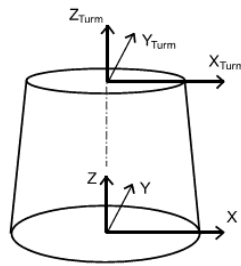
#### Lastfallbeschreibung und Teilsicherheitsbeiwerte / Load Case Description and partial safety factors

Lastfallbeschreibungen und Teilsicherheitsbeiwerte nach [3] und [4]. Load Case Descriptions and Partial Safety Factors acc. to [3] and [4].

<b>Gruppe/Group N</b>	Normale Lastfälle.	Normal Design Load Case.
<b>Gruppe/Group A</b>	Anormale Lastfälle.	Abnormal Design Load Case.
<b>Gruppe/Group T</b>	Transport und Errichtung.	Transport and Erection.
<b>NTM DLC 8.1 EWM DLC 8.2 NTM DLC 8.3</b>	Zustände bei Transport, Vor-Ort-Montage, Wartung und Reparatur der WEA, die länger als eine Woche andauern.	Transport, assembly, maintenance and repair turbine states which may persist for longer than one week.
<b>NTM DLC D.3</b>	Produktionsbetrieb bei Normalturbulenzmodell mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $p = 10^{-2}$ .	Operating loads, normal turbulence model with probability exceeding $10^{-2}$ .
<b>DLC D.5a / 6a</b>	Erdbeben Windlasten (International) nach [3]	Earthquake wind loads (International) according to [3]

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

### Koordinatensysteem / Coordinate system



## 4.2 Permanente belastinggevallen

Eigen gewicht funderingen, palen en rustende belastingen.

Eigen gewicht beton:

Ongewapend: 24 kN/m<sup>3</sup> (midden gedeelte)

Gewapend: 25 kN/m<sup>3</sup>

## 4.3 Overige belastingen

Grondwater:

Grondwaterdruk: 10 kN/m<sup>3</sup>

## 4.4 Belastingfactoren en combinaties

De belastingfactoren voor de belastingen uit de turbine zijn conform [A.1] (c.q. [B.8]). Zie ook de tabellen in 4.1. Over het algemeen zijn de rekenwaarden van de belastingen uit groep N bepaald met een  $\gamma=1.35$  ('Normaal extreme belastingen') en die uit groep A met een gamma van 1.1 ('Bijzonder belastinggeval')

*Ter info: in de belastingtabel uit 4.1 (welke een copy is van de belastingen uit [A.1]) zijn de maatgevende belastingen gegeven voor diverse belastinggevallen binnen een belastinggroep. Dit houdt in dat de representatieve belastingen niet één op één vermenigvuldigd kunnen worden met één partiële belastingfactor om tot de rekenwaarde te komen.*

De partiële factoren voor de belastingen van de fundering en grondwater worden de volgende waarden aangehouden.

onderdeel	Overige blijvende belasting (e.g.)		
	ongunstig		gunstig
	bij Normaal extreme belastinggevallen	bij Abnormale extreme bel.gevallen	
permanente belastingen	1.35	1.1	0.9
grondwater		1.0 <sup>(1)</sup>	1.0 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> i.v.m. extreme grondwater tot aan maaiveld			

**Tabel 5** Overzicht partiële factoren

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 4.5 Stijfheidseisen

De stijfheidseisen worden door Enercon bepaald en zijn momenteel enkel nog maar vastgelegd voor funderingen op staal en nog niet voor fundering op palen. Deze stijfheiden kunnen daarom ook nog niet (exact) meegenomen worden in dit voorontwerp en zullen later in het ontwerpproces verwerkt dienen te worden. Voorlopig vermelden we hier de minimale stijfheidseisen voor een fundering op staal.

Minimale Statistische Rotatiestijfheid: 20.000 MNm/rad  
 Minimale Dynamische Rotatiestijfheid: 160.000 MNm/rad  
 Minimale Dynamische Translatiestijfheid: 300 MN/m (=aanneمة op basis van ervaring)

De stijfheid van de palen (en de interactie met de ondergrond) vormen een belangrijk onderdeel om te voldoen aan de stijfheidseisen. Aangezien we nu nog in het voorontwerp zitten, er nog geen geotechnische gegevens van de locatie bekend zijn EN de stijfheidseisen zelf evenmin bekend zijn, wordt er op dit moment geen nadere uitwerking van de stijfheidseisen gedaan. Tijdens de uitwerking van het definitief funderingsontwerp zal dit zeker meegenomen (dienen te) worden.

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 5 Fundatieontwerp / berekening

Aan de hand van de turbine belastingen en de beschikbare sonderingen uit de omgeving wordt middels een verkennende ontwerpberekening in een spreadsheet de globale funderingsafmetingen bepaald, waarbij er met name gekeken wordt naar de optredende paalbelastingen en de funderingsafmetingen ( $m^3$ ). Hierbij worden de globale paalbelastingen voor meerdere aantal palen bepaald.

De paalbelastingen op deze manier bepaald zijn geldig in het geval van verticale scharnierend aangesloten palen. *(We hebben dit in het verleden een aantal keren gecontroleerd met een 3D-model en de paalbelastingen komen dan ook overeen.)* Aangezien we hier ook schoorpalen toepassen (zie ook paragraaf 5.3) zullen de werkelijke paalbelastingen iets afwijken, maar desondanks geeft de op deze wijze bepaalde paalbelastingen een goede indruk van de optredende paalbelastingen voor een voorontwerp.

Een van de ontwerpcriteria/eis is dat er geen trek op de palen mag optreden onder normale operationele belastingen (NTM DLC D.3).

Bij de nadere uitwerking van de fundering zal de fundering ingevoerd worden in het rekenprogramma SCIA-Engineer, waarbij het funderingsblok zal bestaan uit 2D-plaat elementen (uitgelijnd aan de onderzijde). De palen worden eveneens gemodelleerd in het model, rekening houdend met de schoorstand. Hiervoor worden staaf-elementen gehanteerd, welke ingeklemd worden in de platen. Op deze staven worden in de 2 hoofdrichtingen van de staven horizontale beddingen ingevoerd en een verticale veer t.p.v. de paalpunt. De waarden van de horizontale en verticale beddingen worden hierbij gebaseerd op de maatgevende sondering op basis van input van de geotechnisch adviseur. *Tijdens de nadere uitwerking van de fundering zal onder andere de invoer van de belastingen, de uitvoer van SCIA-Engineer, de wapenings-momenten en berekeningen incl. de verschoven momentenlijn, de dwarskracht/pons beschouwd worden. Deze berekeningen en wapeningstekeningen worden ruim voor aanvang van de (uitvoerings)werkzaamheden aangeleverd.*

### 5.1 Verticale paalbelastingen

Uit ontwerpberekeningen (zie bijlage A) zijn de volgende maatgevende paalbelastingen bepaald:

De maximale verticale paalbelastingen bedragen (zie ook bijlage 1):

aantal palen	maximale rekenwaarde paalbelastingen		representatieve paalbelastingen		Paalbelastingen at operation loads	
	max druk	max trek	max druk	max trek	maximale druk	minimale druk
[ - ]	[ kN ]	[ kN ]	[ kN ]	[ kN ]	[ kN ]	[ kN ]
50	-1967	202	-1550	14	-1290	-245
40	-2356	252	-1937	18	-1612	-307
34	-2772	296	-2279	21	-1897	-361

**Tabel 6** Overzicht (verticale) paalbelastingen (-=druk; +=trek)

Zoals gesteld in 5.0 is een van de ontwerpcriteria geen trek op de palen onder normale operationele belastingen (NTM DLC D.3). Hieraan wordt in dit voorontwerp aan voldaan.

*Voor de indicatieve paalafmetingen zijn in onderstaande tabel de optredende betondrukspanningen en de uitnuttingsgraad weergegeven tgv de verticale paalbelastingen.*



project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

aantal palen	indicatieve paalafmetingen	maximale rekenwaarde paalbelastingen	drukspanning tpv aansluitvlak	maximale toegestane drukspanning beton			
		max druk	(enkel tgv Fz)	palen (30/37)	% uitnuttig	fundering (C35/45)	% uitnuttig
[ - ]	[ mm ]	[ kN ]	[ N/mm <sup>2</sup> ]	[ N/mm <sup>2</sup> ]	[ % ]	[ N/mm <sup>2</sup> ]	[ % ]
50	Ø460/510	-1967	11.84	20	59.2%	23.3	50.8%
40	Ø508/560	-2356	11.62	20	58.1%	23.3	49.9%
34	Ø560/600	-2772	11.25	20	56.3%	23.3	48.3%

**Tabel 7** Drukspanningen tpv aansluitvlak palen-fundering tgv verticale paalbelastingen

## 5.2 Horizontale paalbelastingen

Vanuit de turbine werken er ook horizontale krachten (en torsie momenten) op de fundering. Deze dienen opgenomen te worden door de ondergrond via de palen.

Afhankelijk van de schoorstand van de palen zullen deze krachten ontbonden worden in een axiale paal druk/trek belasting en/of een horizontale paalbelasting (en bijgevolg paalmomenten).

De exacte waarden volgen in de uitwerkingsfase, voor nu worden de (horizontale) turbine krachten over alle palen verdeeld. Dit levert de volgende horizontale paalbelastingen:

aantal palen	maximale rekenwaarde horizontale paalbelastingen	Horizontale paalbelastingen onder operation loads
[ - ]	[ kN ]	[ kN ]
50	70	30
40	88	38
34	103	45

**Tabel 8** Overzicht (horizontale) paalbelastingen

## 5.3 Schoorstand

Mede vanwege de optredende horizontale belastingen op de palen en de stijfheidseisen (translatie en rotatie) van Enercon worden de palen schoor geplaatst. Hierdoor wordt er enerzijds een stijver geheel gecreëerd (paalgroepen gaan als een 'bok' fungeren) en anderzijds neemt de hoh-afstand van de palen in diepte toe met als voordeel dat het groepseffect (voor met name trek) afneemt.

Op basis van ervaring en in overleg met Enercon wordt er voornamelijk uitgegaan van een afwisselende schoorstand van de palen van 8:1 naar binnen en 4:1 naar buiten.

## 5.4 Sonderingen

Er zijn nog geen sonderingen beschikbaar van de projectlocatie, deze dienen nog gemaakt te worden voor de nadere uitwerking van de fundering.

Om toch een idee te verkrijgen van de ondergrond en daaraan vasthangend de paaldiameters en paallengtes hebben we van Socotec (voorheen Inpijn-Blokpoel) enkele nabijgelegen sonderingen ontvangen. (Noordzeeweg



project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

Op basis van de sonderingen in de nabijheid ligt een paalpuntniveau van (af) 20m-NAP in de lijn der verwachtingen. Het maaiveld bevindt zich op circa 5-6m+NAP, wat inhoudt dat de verticale paallengte (excl. verankering in het funderingsblok) 26m of langer zal bedragen.

## 5.5 Keuze/verantwoording paalsysteem

Op basis van een aantal criteria zal er een keuze gemaakt worden voor een paalsysteem.

De meest relevante criteria zijn ons inziens:

- (benodigde) stijfheid van de palen
- (benodigde) paal draagvermogen
- de grootte van de interne paalkrachten ( $N_{c,d}$ ;  $N_{td}$ ;  $V_d$  en  $M_d$ ) t.b.v. de paalwapening
- de beschikbaarheid van de heistelling
- paallengtes
- flexibiliteit
- kosten
- omgevingsfactoren
- vergunningsrestricties

Van een aantal criteria zijn op dit moment nog geen of (te) weinig gegevens beschikbaar om kwantitatief mee te kunnen nemen in de keuze van het paalsysteem, waardoor de keuze ook een voorlopige is en bij de nadere uitwerking nog kan wijzigen.

De voorkeur gaat sowieso uit naar een grond verdringend paalsysteem.

In 5.4 is vastgesteld dat de vermoedelijke paallengtes 26 à 30m zullen bedragen. Dit zijn behoorlijke lengtes om gebruik te maken van prefab betonpalen.

Op basis van de bepaalde paalbelastingen, lengtes en ervaring met de stijfheidseisen zullen de palen relatief grote afmetingen moeten hebben.

Onze ervaring is dat de beschikbaarheid van een grote vibro-stelling groter is dan van een grote heistelling voor prefab palen.

Prefab palen van deze lengtes zorgen ook voor meer (lange) transportbewegingen dan bij vibro-palen. Bij vibro-palen wordt de wapeningskorf in delen aangeleverd.

Vibro-palen zijn flexibeler voor laattijdige wijzigingen. Prefab palen hebben een grotere voorbereidingstijd nodig.

Onder andere op basis van bovenstaande argumenten hebben we voor het voorontwerp gekozen voor vibro-palen. Zoals reeds gezegd kan bij de definitieve uitwerking de keuze voor het paalsysteem nog wijzigen.

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## 6 Vervolg / Samenvatting

In dit document hebben we de belangrijkste uitgangspunten voor het fundatie ontwerp besproken e.e.a. t.b.v. de 1<sup>e</sup> vergunningstoets en als basis voor de verdere uitwerking. In het verdere ontwerpproces zal in samenspraak met Enercon GmbH het definitieve funderingsontwerp uitgewerkt worden, waarbij ook enkele nog nader te bepalen eisen (bijv. de stijfheidseisen) vastgesteld dienen te worden door Enercon.

Vanwege enkele gedane aannames in dit voorontwerp, het voorlopige karakter van enkele documenten van Enercon en i.v.m. optimalisaties kan het definitieve funderingsontwerp afwijken van dit voorontwerp, maar op hoofdlijnen zal het wel overeenkomen met dit ontwerp. Toch in iedere geval op de uitgangspunten.

### *Bijlagen:*

Appendix 1 – [ontwerpberekeningen]


Appendix 2 – [indicatieve vormtekeningen]

Appendix 3 – [sonderingen in de nabijheid van projectlocatie]

Appendix 4 – [de vermelde ontvangen documenten uit hoofdstuk 2.1 [A.1 t/m A.6]]

Appendix 5 – [email gemeente Rotterdam dd26-05-2023]

*Roosendaal, 6-6-2023*



*R. Krijnen*

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## Appendix 1 – [ontwerpberekeningen]

## Design calculation for the foundation of the wind-turbine with axle-height of 140 m:

### Ontwerpgegevens windturbinefundatie met HH140m:

#### Data foundationspiles (Gegevens funderingspalen):

		paal afmeting / pile dimension:	paaltype / pile type:
number of piles (aantal palen):	variant A:	50 Ø460	rammed in situ
	variant B:	40 Ø510	rammed in situ
	variant C:	34 Ø560	rammed in situ

#### Dimensions of the foundation (Afmetingen fundering):

Ø of the foundation plate: *diameter funderingsplaat:*

Ø of the pile circle: *diameter palencirkel:*

height total: *hoogte totaal:*

height top found. till pilehead: *hoogte bk fundering tot paalkop:*

height of the plate-edge: *hoogte plaatrand:*

height of inclination: *(hoogte afschuining:)*

height of the plate-middle: *hoogte plaatmidden excl. verdiept gedeelte:*

height of the plint: *hoogte sokkel:*

diameter of the base: *diameter sokkel:*

height deepened part bottom: *hoogte verdiept gedeelte onderkant:*

diameter of the deepened part: *diameter verdiept gedeelte onderkant:*

min. Ø blinding concrete: *min. diameter werkvloer:*

thickness blinding concrete: *werkvloer dikte:*

Ø <sub>foundation</sub>	24,70	m.
Ø <sub>pile-placing</sub>		
variant: A, B	23,50	m.
variant: C	23,50	m.
h <sub>tot</sub>	3,30	m.
h <sub>till pile</sub>	2,80	m.
h <sub>outside</sub>	0,80	m.
h <sub>inclination</sub>	1,60	m.
h <sub>outside plinth</sub>	2,40	m.
h <sub>plinth</sub>	0,40	m.
Ø <sub>plinth</sub>	10,00	m.
h <sub>pit</sub>	0,50	m.
Ø <sub>pit</sub>	10,00	m.
Ø <sub>blinding,min</sub>	24,90	m.
h <sub>blinding,min</sub>	0,1	m.

#### Weight of the foundation (Gewicht fundatieblok):

	Volume [m <sup>3</sup> ]	γ <sub>beton</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	gewicht [kN]
plint (sokkel):	31,4	25	-785,4
plate (plaat):	784,2		-19.605,9
deepened part (verdiept gedeelte):	43,3		-1.083,2
	<b>859,0</b>		<b>-21.474,5</b>

#### Groundlevel (Maaiveld):

from top of foundation: -2,8 m

#### Groundwater (grondwater):

max. groundwater level: equal to current ground level 0,00 m groundlevel  
*maximale grondwaterstand: gelijk aan maaiveld* -2,80 m top found.

Forces up due to groundwater pressure:

Opwaartse bel.:

Volume [m <sup>3</sup> ]	γ <sub>water</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	gewicht [kN]
<b>43,3</b>	10	<b>433,3</b>

**Ballast sandbackfilling (*ballast zand aanvulling*):**

-0,15 m top found.

Volume	$\gamma_{\text{backfilling}} (= \gamma_{\text{zand}})$		gewicht	
[m <sup>3</sup> ]	min.	max.	min.	max.
	[kN/m <sup>3</sup> ]		[kN]	
<b>465,9</b>	16	18	-7.454,6	-8.386,4

## 1.1 Pile loads with 50 piles / Paalbelastingen met 50 palen

The occurring pile-loads are globally determined based on 'standard' formulas and with excel and also the used partial safety factors are presented. These pile-loads are for vertical hinged connected piles and as we have here also inclined piles the pile-loads will deviate a bit, but it gives a good impression of the occurring pile-loads.

De optredende paalbelastingen worden in deze fase globaal gebaseerd op 'standaard' formules en met excel en ook de toegepaste partiële veiligheidsfactoren worden weergegeven. Deze paalbelastingen gelden voor verticale scharnierend aangesloten palen en aangezien we hier ook schoorpalen hebben zullen de werkelijke paalbelastingen iets afwijken, maar desondanks geeft dit een goede indruk van de optredende paalbelastingen.

### 1.1.1

#### Pile bearing loads according at loadgroup A; (Abnormal) extreme situation - ULS:

#### Paalbelastingen behorende belastinggroep A; (Buitengewone) extreme situatie - ULS:

##### Partial safety factors (Belastingfactoren):

dead weight foundation + backfill	$\gamma_{f,g}$		
	0,9	1,1	1,0
	gunstig (favorable)	ongunstig (unfavorable)	grondwater groundwater

##### Foundationsloads (Fundatielasten):

point of action: aangrijpingspunt:		upper side foundation bovenkant fundament		bottom of foundation onderkant fundament		
		characteristic	design	characteristic	design	
$M_{xy}$	[kNm]	217.200	249.700	221.932	254.908	moment
$H_{xy}$	[kN]	1.690	1.860	1.690	1.860	horizontal
$F_{z,max}$	[kN]	-8.570	-7.710	-8.570	-7.710	vertical
$F_{z,min}$	[kN]	-9.840	-10.820	-9.840	-10.820	vertical
$M_z$	[kNm]	-15.450	-16.950	-15.450	-16.950	torsion

##### Pile bearing loads (Paalbelastingen):

global pile-loads based on 'standard' formulas for vertical hinged piles:

globale paalbelastingen gebaseerd op 'standaard' formules voor verticale scharnierende palen:

		char. values		design value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
$F_{vertical}$	[kN]	-794,0	-741,3	-873,3	-666,3
M	[kN]	-755,5	755,5	-867,8	867,8
$R_{vert,max/min}$	[kN]	-1.550	14	-1.967	202



### 1.1.2

#### **Pile bearing loads according to loadgroup N/T; Extreme (Normal) Situation**

#### **Paalbelastingen behorende bij bel.group N/T; Extreme (Normale) situatie**

##### **Partial safety factors (Belastingfactoren):**

dead weight foundation + backfill	$\gamma_{f,g}$		
	0,90	1,35	1,0
	gunstig (favourable)	ongunstig (unfavourable)	grondwater groundwater

##### **Foundationsloads (Fundatielasten):**

point of action: aangrijpingspunt:		upper side foundation bovenkant fundament		bottom of foundation onderkant fundament		
		characteristic	design	characteristic	design	
$M_{xy}$	[kNm]	180.900	248.250	184.652	253.318	moment
$H_{xy}$	[kN]	1.340	1.810	1.340	1.810	horizontal
$F_{z,max}$	[kN]	-8.570	-7.710	-8.570	-7.710	vertical
$F_{z,min}$	[kN]	-9.840	-10.820	-9.840	-10.820	vertical
$M_z$	[kNm]	-14.750	-19.900	-14.750	-19.900	torsion

##### **Paalbelastingen (pile bearing loads):**

global pile-loads based on 'standard' formules for vertical hinged piles:

globale paalbelastingen gebaseerd op 'standaard' formules voor verticale scharnierende palen:

		char. values		design value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
$F_{vertical}$	[kN]	-794,0	-741,3	-1.022,6	-666,3
$M$	[kN]	-628,6	628,6	-862,4	862,4
$R_{vert,max/min}$	[kN]	-1.423	-113	-1.885	196

### 1.1.3 Pile bearing loads at loadgroup NTM; DLC D.3 - normal-use:

Paalbelastingen behorende bij belastinggroep NTM; DLC D.3 - normaal in bedrijf:

#### Partial safety factors (Belastingfactoren):

	$\gamma_{f,q}$	$\gamma_{f,g}$		
dead weight foundation	1,0	1,0	1,0	1,0
		gunstig	ongunstig	grondwater
		(favourable)	(unfavourable)	groundwater

#### Foundationsloads (Fundatielasten):

point of action: aangrijpingspunt:		upper side foundation bovenkant fundament	bottom of foundation onderkant fundament	
$M_{xy}$	[kNm]	142.600	145.652	moment
$H_{xy}$	[kN]	1.090	1.090	horizontal
$F_{z,max}$	[kN]	-8.570	-8.570	vertical
$F_{z,min}$	[kN]	-9.840	-9.840	vertical
$M_z$	[kNm]	5.000	5.000	torsion

#### Paalbelastingen (pile bearing loads):

global pile-loads based on 'standard' formules for vertical hinged piles:

globale paalbelastingen gebaseerd op 'standaard' formules voor verticale scharnierende palen:

		char. values		'design' value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
$F_{vertical}$	[kN]	-794,0	-741,3	-794,0	-741,3
$M$	[kN]	-495,8	495,8	-495,8	495,8
$R_{vert,max/min}$	[kN]	-1.289,9	-245,5	-1.289,9	-245,5

-> no tension on the piles under quasi-permanent loads / geen trek op de palen bij de quasi-permanente belastingen -> okay / ok

### 1.1.4 Overview pile bearing loads at 50 piles:

#### Overzicht paalbelastingen bij 50 palen:

		ULS	Charakteristic	DLC D.3	
$N_{c,d}$	[kN]	-1.967	-1.550	-1.290	
$N_{t,d}$	[kN]	202	14	-245	(max all piles)

A designvalue for the tensionloads of 202kN and a pressure load of -1967kN are common pileloads for these kind of foundationpiles. Possibly the number of piles can be reduced.

As mentioned before will the pile-loads change slightly when using on the one hand batterpiles and on the other hand fixed piles, however the here determined pile-loads gives a good indication.

Een rekenwaarde van de trekbelasting van 202kN en een drukbelasting van -1967kN zijn gebruikelijke paalbelastingen voor dit soort funderingspalen. Evt. kan het aantal palen nog gereduceerd worden.

Zoals reeds eerder gemeld zullen de paalbelastingen nog iets wijzigen bij toepassing van enerzijds schoorpalen en anderzijds ingeklemde palen, maar bovenstaande geeft een goede indicatie.

## 1.2 Pile loads with 40 piles / Paalbelastingen met 40 palen

The pile-loads for the option with 40 piles are determined on a similar way.

*De paalbelastingen voor de optie met 40 palen hebben we op gelijkwaardige manier bepaald.*

### 1.2.1 Pile bearing loads according at loadgroup A; (Abnormal) extreme situation - ULS: Paalbelastingen behorende belastinggroep A; (Buitengewone) extreme situatie - ULS:

		char. values		design value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
$F_{\text{vertical}}$	[kN]	-992,5	-926,6	-1091,7	-832,8
M	[kN]	-944,4	944,4	-1084,7	1084,7
$R_{\text{vert;max/min}}$	[kN]	-1.937	18	-2.176	252

### 1.2.2 Pile bearing loads according to loadgroup N/T; Extreme (Normal) Situation

**Paalbelastingen behorende bij bel.group N/T; Extreme (Normale) situatie**

		char. values		design value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
$F_{\text{vertical}}$	[kN]	-992,5	-926,6	-1.278,3	-832,8
M	[kN]	-785,8	785,8	-1.077,9	1.077,9
$R_{\text{vert;max/min}}$	[kN]	-1.778	-141	-2.356	245

### 4.2.3 Pile bearing loads at loadgroup NTM; DLC D.3 - normal-use:

**Paalbelastingen behorende bij belastinggroep NTM; DLC D.3 - normaal in bedrijf:**

		char. values		'design' value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
$F_{\text{vertical}}$	[kN]	-992,5	-926,6	-992,5	-926,6
M	[kN]	-619,8	619,8	-619,8	619,8
$R_{\text{vert;max/min}}$	[kN]	-1.612,3	-306,8	-1.612,3	-306,8

-> no tension on the piles under quasi-permanent loads / geen trek op de palen bij de quasi-permanente belastingen -> okay / ok

#### 1.2.4 **Overview pile bearing loads at 40 piles:** **Overzicht paalbelastingen bij 40 palen:**

	ULS	Charakter istic	DLC D.3
$N_{c,d}$ [kN]	-2.356	-1.937	-1.612
$N_{t,d}$ [kN]	252	18	-307

A designvalue for the tensionloads of 252kN and a pressure load of -2356kN are common pileloads for these kind of foundationpiles. Possibly the number of piles can be reduced.

As mentioned before will the pile-loads change slightly when using on the one hand batterpiles and on the other hand fixed piles, however the here determined pile-loads gives a good indication. Een rekenwaarde van de trekbelasting van 252kN en een drukbelasting van -2356kN zijn gebruikelijke paalbelastingen voor dit soort funderingspalen. Evt. kan het aantal palen nog gereduceerd worden.

Zoals reeds eerder gemeld zullen de paalbelastingen nog iets wijzigen bij toepassing van enerzijds schoorpalen en anderzijds ingeklemde palen, maar bovenstaande geeft een goede indicatie.

### 1.3 Pile loads with 34 piles / Paalbelastingen met 34 palen

The pile-loads for the option with 34 piles are determined on a similar way.

*De paalbelastingen voor de optie met 34 palen hebben we op gelijkwaardige manier bepaald.*

#### 1.3.1 Pile bearing loads according at loadgroup A; (Abnormal) extreme situation - ULS: Paalbelastingen behorende belastinggroep A; (Buitengewone) extreme situatie - ULS:

		char. values		design value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
F <sub>vertical</sub>	[kN]	-1.167,7	-1.090,2	-1284,3	-979,8
M	[kN]	-1.111,0	1.111,0	-1276,1	1276,1
R <sub>vert,max/min</sub>	[kN]	-2.279	21	-2.560	296

#### 1.3.2 Pile bearing loads according to loadgroup N/T; Extreme (Normal) Situation

**Paalbelastingen behorende bij bel.group N/T; Extreme (Normale) situatie**

		char. values		design value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
F <sub>vertical</sub>	[kN]	-1.167,7	-1.090,2	-1.503,9	-979,8
M	[kN]	-924,4	924,4	-1.268,2	1.268,2
R <sub>vert,max/min</sub>	[kN]	-2.092	-166	-2.772	288

#### 1.2.3 Pile bearing loads at loadgroup NTM; DLC D.3 - normal-use:

**Paalbelastingen behorende bij belastinggroep NTM; DLC D.3 - normaal in bedrijf:**

		char. values		'design' value	
		max pressure	min pressure / max tension	max pressure	min pressure / max tension
F <sub>vertical</sub>	[kN]	-1.167,7	-1.090,2	-1.167,7	-1.090,2
M	[kN]	-729,2	729,2	-729,2	729,2
R <sub>vert,max/min</sub>	[kN]	-1.896,8	-361,0	-1.896,8	-361,0

-> no tension on the piles under quasi-permanent loads / geen trek op de palen bij de quasi-permanente belastingen -> okay / ok

### 1.3.4 **Overview pile bearing loads at 34 piles:** **Overzicht paalbelastingen bij 34 palen:**

		ULS	Charakter istic	DLC D.3
$N_{c,d}$	[kN]	-2.772	-2.279	-1.897
$N_{t,d}$	[kN]	296	21	-361

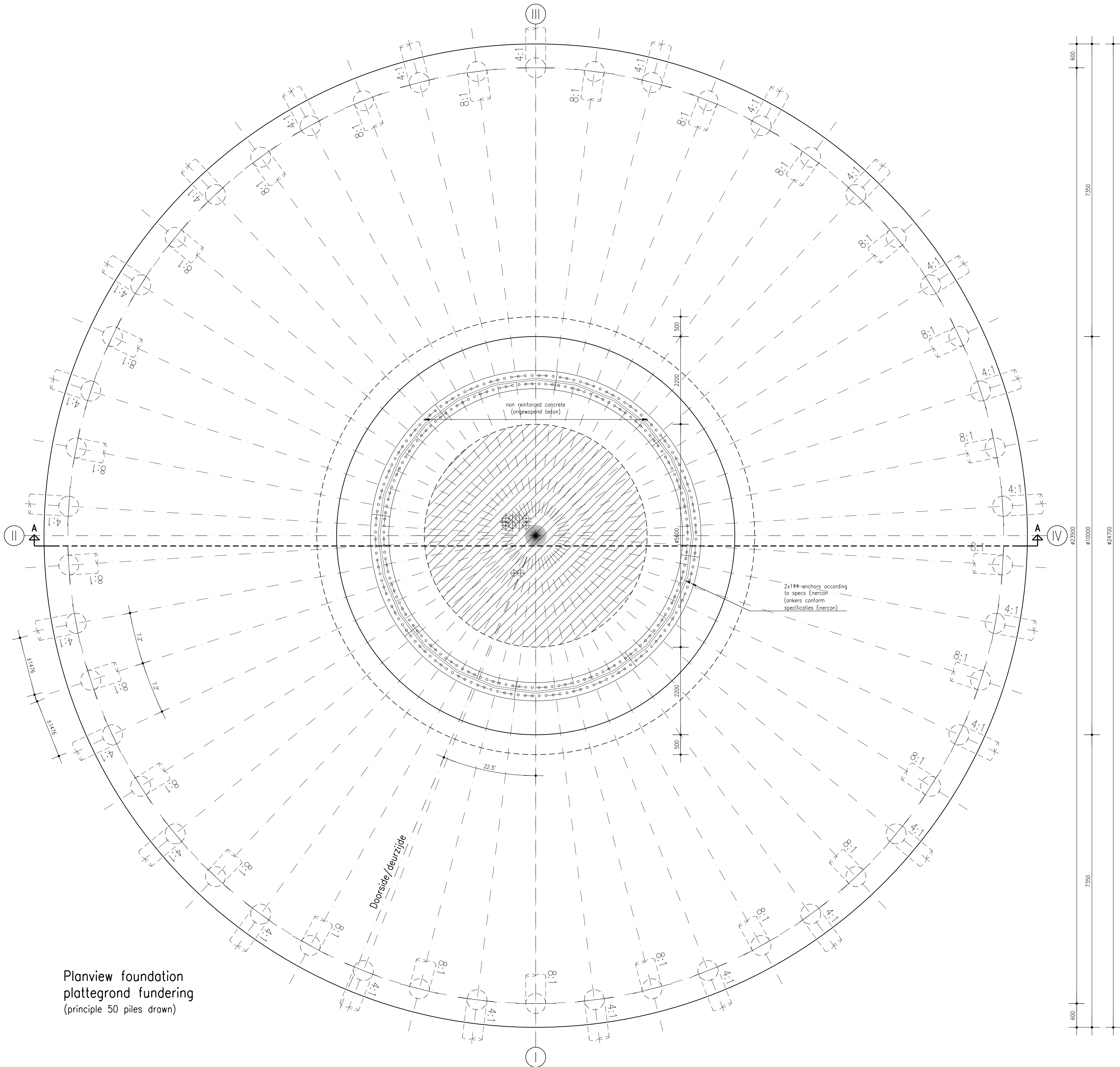
A designvalue for the tensionloads of 296kN and a pressure load of -2772kN are common pileloads for these kind of foundationpiles. Possibly the number of piles can be reduced.

As mentioned before will the pile-loads change slightly when using on the one hand batterpiles and on the other hand fixed piles, however the here determined pile-loads gives a good indication. Een rekenwaarde van de trekbelasting van 296kN en een drukbelasting van -2772kN zijn gebruikelijke paalbelastingen voor dit soort funderingspalen. Evt. kan het aantal palen nog gereduceerd worden.

Zoals reeds eerder gemeld zullen de paalbelastingen nog iets wijzigen bij toepassing van enerzijds schoorpalen en anderzijds ingeklemde palen, maar bovenstaande geeft een goede indicatie.

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## Appendix 2 – [indicatieve vormtekeningen]



Planview foundation  
plattegrond fundering  
(principle 50 piles drawn)

Information on pile plan

VIBRO-piles  $\Phi$ xxx/xxxxmm (shaft/pile toe)  
Concrete quality C30/37,  
Exposure class XC2, XA2, XS2  
Steel quality B 500 B  
Pull tube driving  
Batter piles 4:1 outwards (see pileplan)  
Batter piles 8:1 inwards (see pileplan)  
Pile driving in accordance to the guidelines given by the geotechnical advisor

Opmerkingen bij polenplan

VIBRO-polen  $\Phi$ xxx/xxxxmm (schacht/punt)  
Betonkwaliteit C30/37,  
Milieuklasse XC2, XA2, XS2  
Staalkwaliteit B 500 B  
Buis heidend trekken  
Schoorpalen 4:1 naar buiten (zie polenplan)  
Schoorpalen 8:1 naar binnen (zie polenplan)  
Hielwerk uitvoeren conform richtlijnen in rapport geotechnisch adviseur

-The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength C35/45.  
Minimale betondruksterkte op het moment van voorspannen dient gelijk te zijn aan de betondrukke C35/45.  
-the concrete has to be poured by using installation tubes or hoses (maximum drop height=50cm)  
het beton dient gestort te worden door gebruik te maken van een stortbuis of slang (maximale valhoogte =50cm)

For ducts and lightning see drawings from Enercon  
(voor mantelbuizen en aarding zie tekeningen van Enercon)

For steel foundation ring + anchors see drawings from Enercon  
(voor stalen voetring + ankers zie tekeningen van Enercon)

The subcontractor is allowed to use additional (assembly) reinforcement to insure a (more) safe workplace.  
(Het staat de aannemer vrij om extra hulpwapening toe te passen om een veilige(re) werkomgeving te creëren.)

Sufficient (temporary) gaps for concrete infill and compaction have to be arranged (for example by temporary moving/displacing reinforcement)  
(Voldoende (tijdelijke) stortopeningen te voorzien, bijv. door het tijdelijk verplaatsen/opschuiven van wapening)

Pay attention: welding to the reinforcement bars is not allowed  
(let op: lossen aan de wapening niet toegestaan)  
Keep reinforcement free from anchors/Foam  
(wapening vrijhouden van ankers/foam)

Foundation plate of reinforced concrete (funderingsplaat van gewapend beton) :  
concrete quality (betonkwaliteit) : C35/45 \*  
concrete cover (betondekking): 50 mm  
exposure class (milieuklasse): XC4, XF3, XA2, XS1  
steel quality (staal kwaliteit) : B 500 B  
maximum grain size (maximale korrelgrootte): 16 mm \*\*

REINFORCED CONCRETE/GEWAPEND BETON:

part (onderdeel)	concrete class (beton kwaliteit)	exposure classes (milieuklassen)				concrete cover (betondekking)		
		XC4	XF3	XA2	XS1	C-nm	A-nm	A/C-nm
plate (plaat)	C35/45					50	40	10
piles (polen)	C30/37					50	40	10
blinding (werkvloer)	C12/15	XC4						
cement: Use o LH SR cement max. grain size (korrelgr): 16 mm** steel (staal): B 500 B						Cube compr. strength when unrolled (kubusdruksterkte bij ontkisten): C10/15: $\bar{x}_k > 18$ N/mm <sup>2</sup> C20/25: $\bar{x}_k > 25$ N/mm <sup>2</sup> C35/45: $\bar{x}_k > 33$ N/mm <sup>2</sup>		

\* Min. concrete quality of blinding (min. betonkwaliteit werkvloer) : C12/15

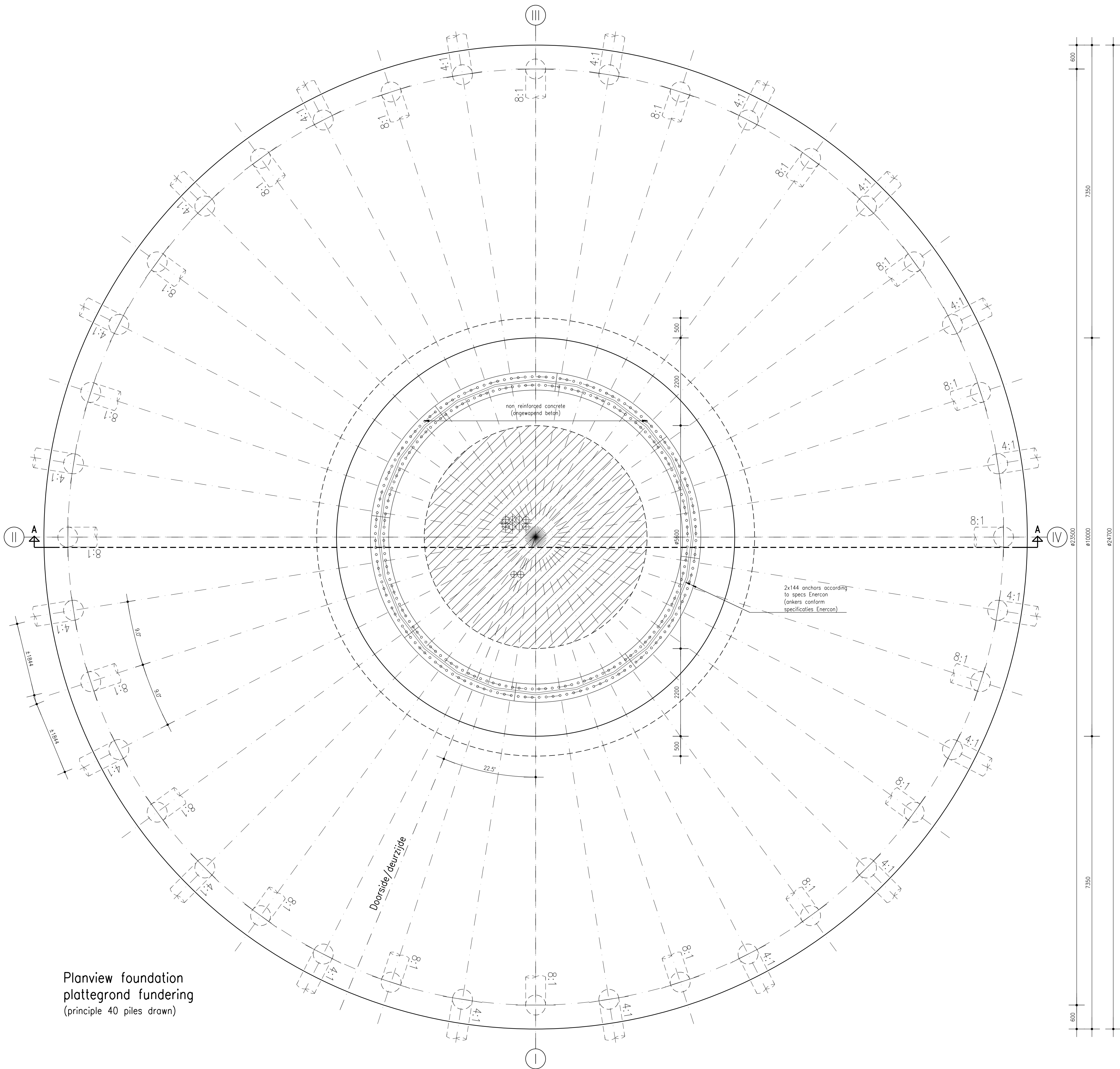
\*\* Necessary for areas with a high reinforcement concentration. For the other parts concrete with a maximum grain size of 32mm is sufficient. (Noodzakelijk t.b.v. de delen met een hoge wapeningsconcentratie. Voor de overige delen van de stort kan een korrelgrootte van max. 32mm worden toegestaan)

Concrete volume (betonvolume): 859 m<sup>3</sup>

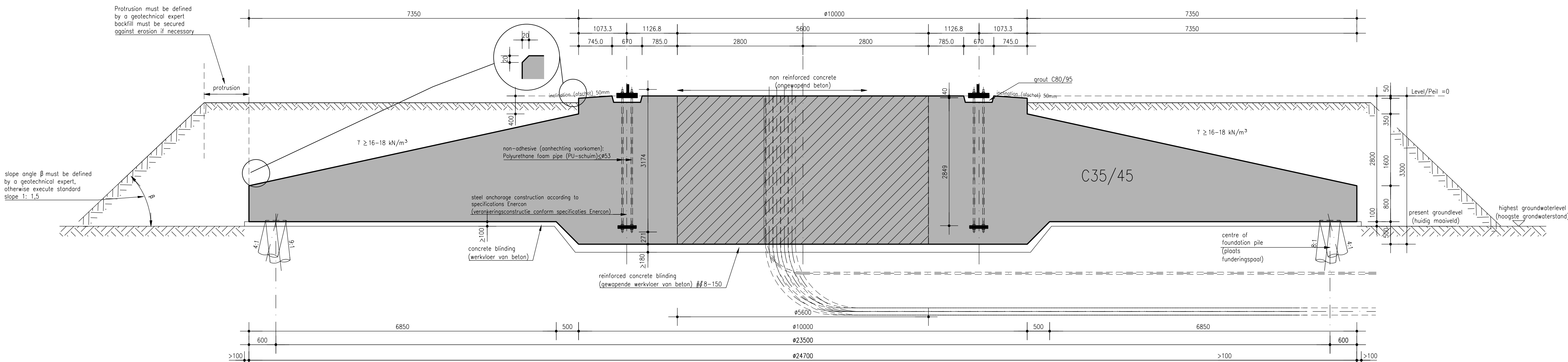
C			
B			
A			
modification/wijziging	description/omschrijving	date/datum	initials/initials

project:	WP Landtong Rozenburg (W-12363)	date: 10-05-2023 size: A0 scale: 1 : 50 / 20
owners:	Enercon GmbH Dutch Branch Voltastraat 19 8013 PM Zwolle	drawn: JR calc: RK initials:
subject:	E-175 EP5-HST-140-FB-C-01 Indicatief voorontwerp fundering op 50 vibro-palen	project no: 123220 drawing no: 100





Planview foundation  
plattegrond fundering  
(principle 40 piles drawn)



Section (Doorsnede) A-A

#### Information on pile plan

VIBRO-piles 400/1000 mm (shaft/pile toe)  
Concrete quality C30/37;  
Exposure class XC2, XA2, XS2  
Steel quality B 500 B  
Pull tube driving  
Batter piles 4:1 outwards (see pileplan)  
Batter piles 8:1 inwards (see pileplan)  
Pile driving in accordance to the guidelines given by the geotechnical advisor

#### Opmerkingen bij poleplan

VIBRO-palen 400/1000 mm (schacht/punt)  
Betonkwaliteit C30/37;  
Milieuklasse XC2, XA2, XS2  
Staal kwaliteit B 500 B  
Buis heijnd trekken  
Schoorpalen 4:1 naar buiten (zie poleplan)  
Schoorpalen 8:1 naar binnen (zie poleplan)  
Heiwerk uitvoeren conform richtlijnen in rapport geotechnisch adviseur

-The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength C35/45.  
Minimale betondruksterkte op het moment van voorspannen dient gelijk te zijn aan de betondrukke C35/45.  
-the concrete has to be poured by using installation tubes or hoses (maximum drop height=50cm)  
het beton dient gestort te worden door gebruik te maken van een stortbuis of slang (maximale valhoogte =50cm)

For ducts and lightning see drawings from Enercon  
(voor mantelbuizen en aarding zie tekeningen van Enercon)

For steel foundation ring + anchors see drawings from Enercon  
(voor stalen voetring + ankers zie tekeningen van Enercon)

The subcontractor is allowed to use additional (assembly) reinforcement to insure a (more) safe workplace.  
(Het staat de aannemer vrij om extra hulpwapening toe te passen om een veilige(re) werkomgeving te creëren.)

Sufficient (temporary) gaps for concrete infill and compaction have to be arranged (for example by temporary moving/displacing reinforcement)  
(Voldoende (tijdelijke) stortopeningen te voorzien, bijv. door het tijdelijk verplaatsen/opschuiven van wapening)

Pay attention: welding to the reinforcement bars is not allowed  
(let op: lassen aan de wapening niet toegestaan)  
Keep reinforcement free from anchors/foam  
(wapening vrijhouden van ankers/schuim)

Foundation plate of reinforced concrete (funderingsplaat van gewapend beton) :  
concrete quality (betonkwaliteit) : C35/45 \*  
concrete cover (betondekking): 50 mm  
exposure class (milieuklasse): XC4, XF3, XA2, XS1  
steel quality (staal kwaliteit) : B 500 B  
maximum grain size (maximale korrelgrootte): 16 mm \*\*

#### REINFORCED CONCRETE/GEWAPEND BETON:

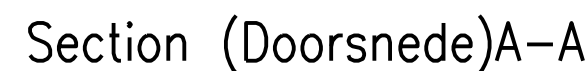
part (onderdeel)	concrete class (beton kwaliteit)	exposure classes (milieuklassen)				concrete cover (betondekking) C <sub>min</sub> C <sub>med</sub> C <sub>max</sub>		
plate (plaat)	C35/45	XC4	XF3	XA2	XS1	50	40	10
piles (palen)	C30/37	XC2	XA2	XS2		50	40	10
blinding (werkvloer)	C12/15	XC4						
cement: Use o LH SR cement max. grain size (korrelg): 16 mm** steel (staal): B 500 B		concrete according to (beton volgens) NEN-EN 206-1				Cube compr. strength when unmolded (kubusdruksterkte bij ontkisten): C10/15: $\bar{x}_k > 18$ N/mm <sup>2</sup> C20/25: $\bar{x}_k > 25$ N/mm <sup>2</sup> C35/45: $\bar{x}_k > 33$ N/mm <sup>2</sup>		

\* Min. concrete quality of blinding (min. betonkwaliteit werkvloer) : C12/15

\*\* Necessary for areas with a high reinforcement concentration. For the other parts concrete with a maximum grain size of 32mm is sufficient. (Noodzakelijk t.b.v. de delen met een hoge wapeningsconcentratie. Voor de overige delen van de stort kan een korrelgrootte van max. 32mm worden toegestaan)

Concrete volume (betonvolume): 859 m<sup>3</sup>

C			
B			
A			
modification/wijziging	description/omschrijving	date/datum	initials/initials
project:	WP Landtong Rozenburg (W-12363)	date: 10-05-2023 size: A0 scale: 1 : 50 / 20	
owners:	Enercon GmbH Dutch Branch Voltastraat 19 8013 PM Zwolle	drawn: JR calc: RK initials:	
		project no:	123220
subject:	E-175 EP5-HST-140-FB-C-01 Indicatief voorontwerp fundering op 40 vibro-palen	drawing no:	101



VIBRO-piles  $\phi_{xxx}/xxxmm$  (shaft/pile toe)  
Concrete quality C30/37,  
Exposure class XC2, XA2, XS2  
Steel quality B 500 B  
Pull tube driving  
Batter piles 4:1 outwards (see pileplan)  
Batter piles 8:1 inwards (see pileplan)  
Pile driving in accordance to the guidelines given by the geotechnical advisor

VIBRO-palen Øxxx/xxxxm (schacht/punt)  
 Betonkwaliteit C30/37,  
 Milieuklasse XC2, XA2, XS2  
 Staalkwaliteit B 500 B  
 Buis heid trekken  
 Schoorpalen 4:1 naar buiten (zie palenplan)  
 Schoorpalen 8:1 naar binnen (zie palenplan)  
 Heiwerk uitvoeren conform richtlijnen in rapport geotechnisch adviseur

Foundation plate of reinforced concrete (funderingsplaat van gewapend beton) :

concrete quality (betonkwaliteit) : C35/45 \*

concrete cover (betondekking) : 50 mm

exposure class (milieuklasse) : XC4, XF3, XA2, XS1

steel quality (staal kwaliteit) : B 500 B

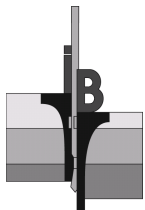
maximum grain size (maximale korrelgrootte) : 16 mm \*\*

Concrete volume (betonvolume): 859 m³

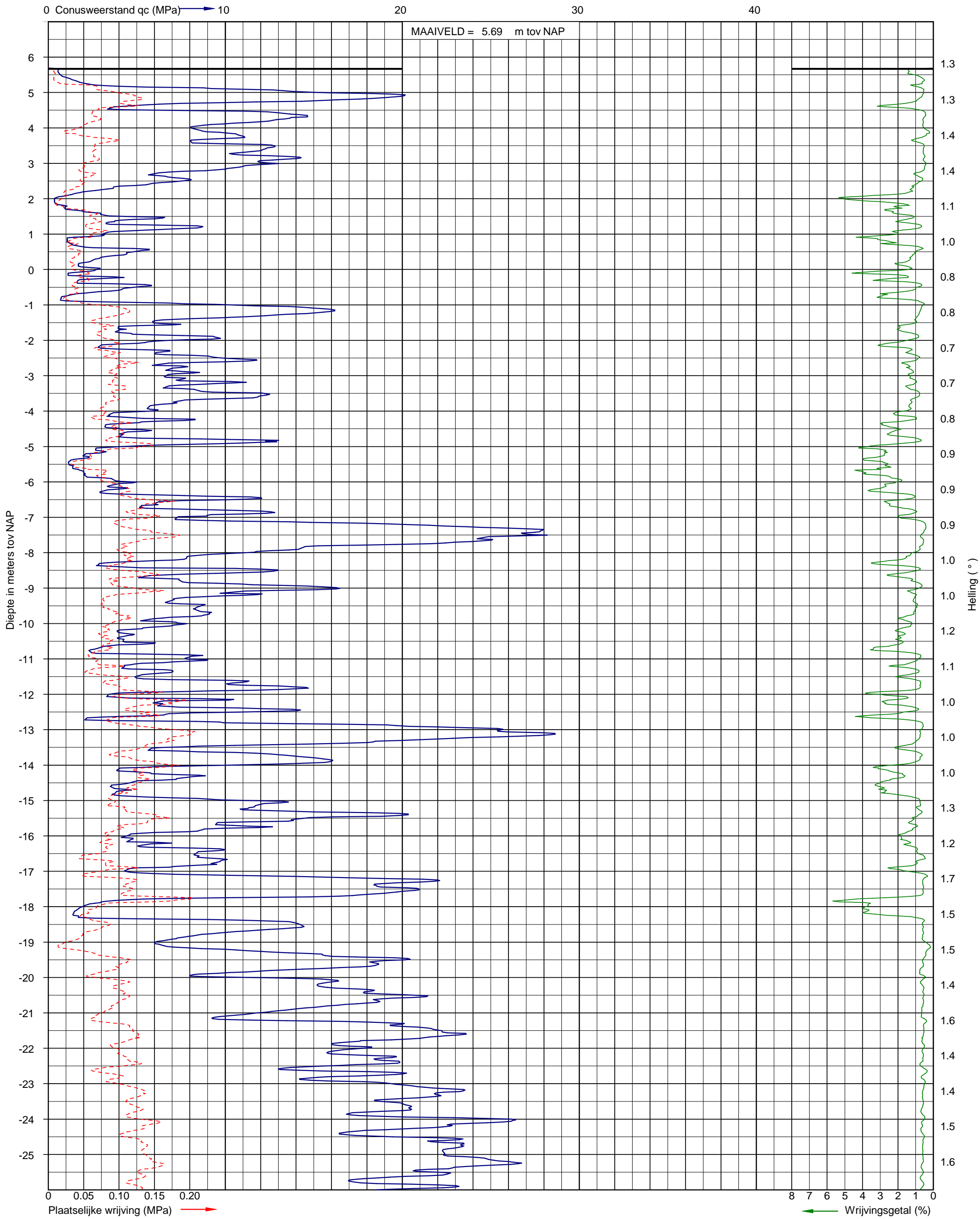
subject:	E-175 EP5-HST-140-FB-C-01	drawing no:	102
	Indicatief voorontwerp fundering op 34 vibro-palen		

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

### Appendix 3 – [sonderingen in de nabijheid van projectlocatie]



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

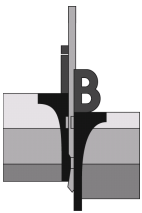


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

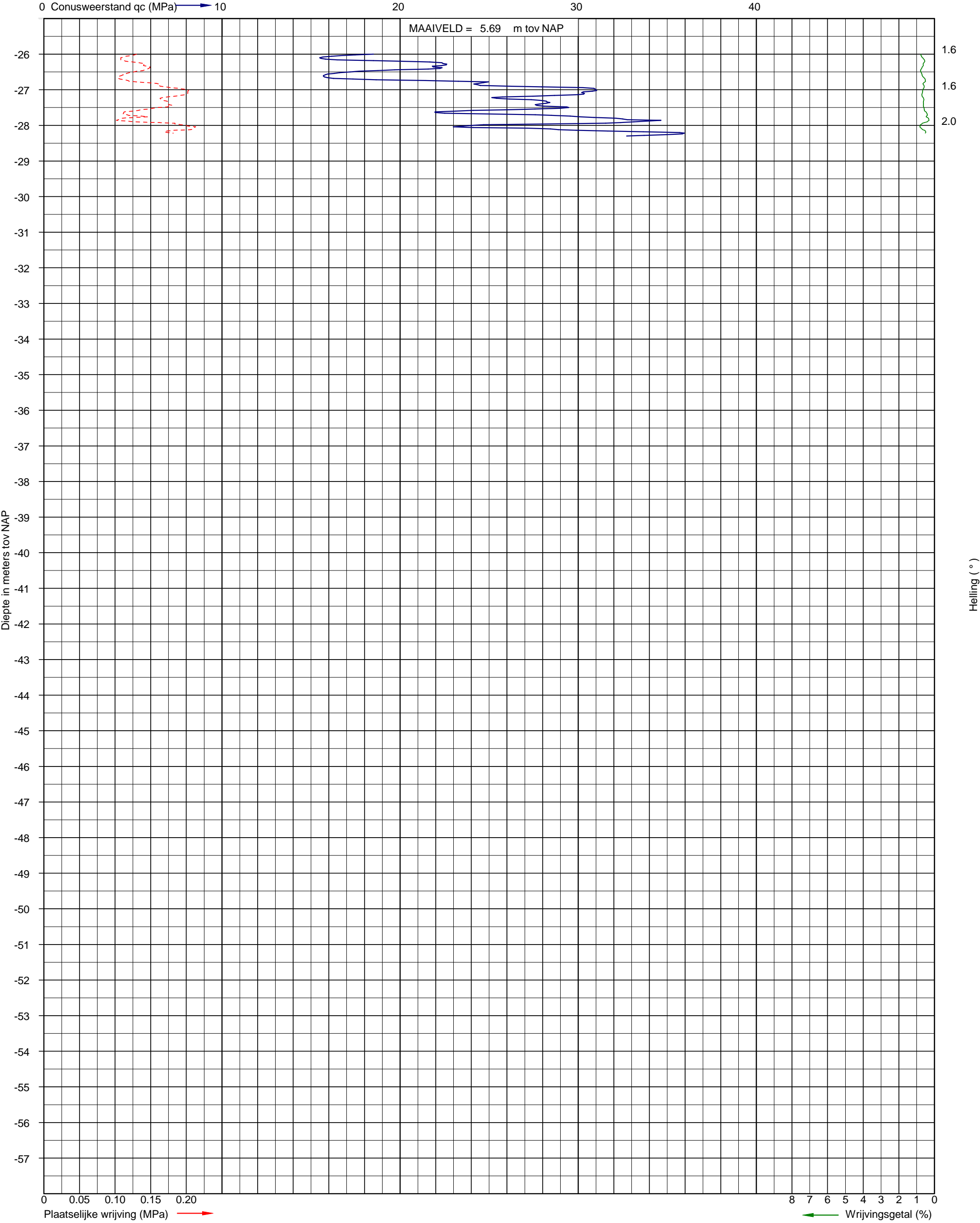
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74200,406  
Y: 438249,692

Sondering DKM-01



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg



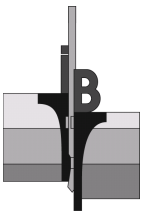
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

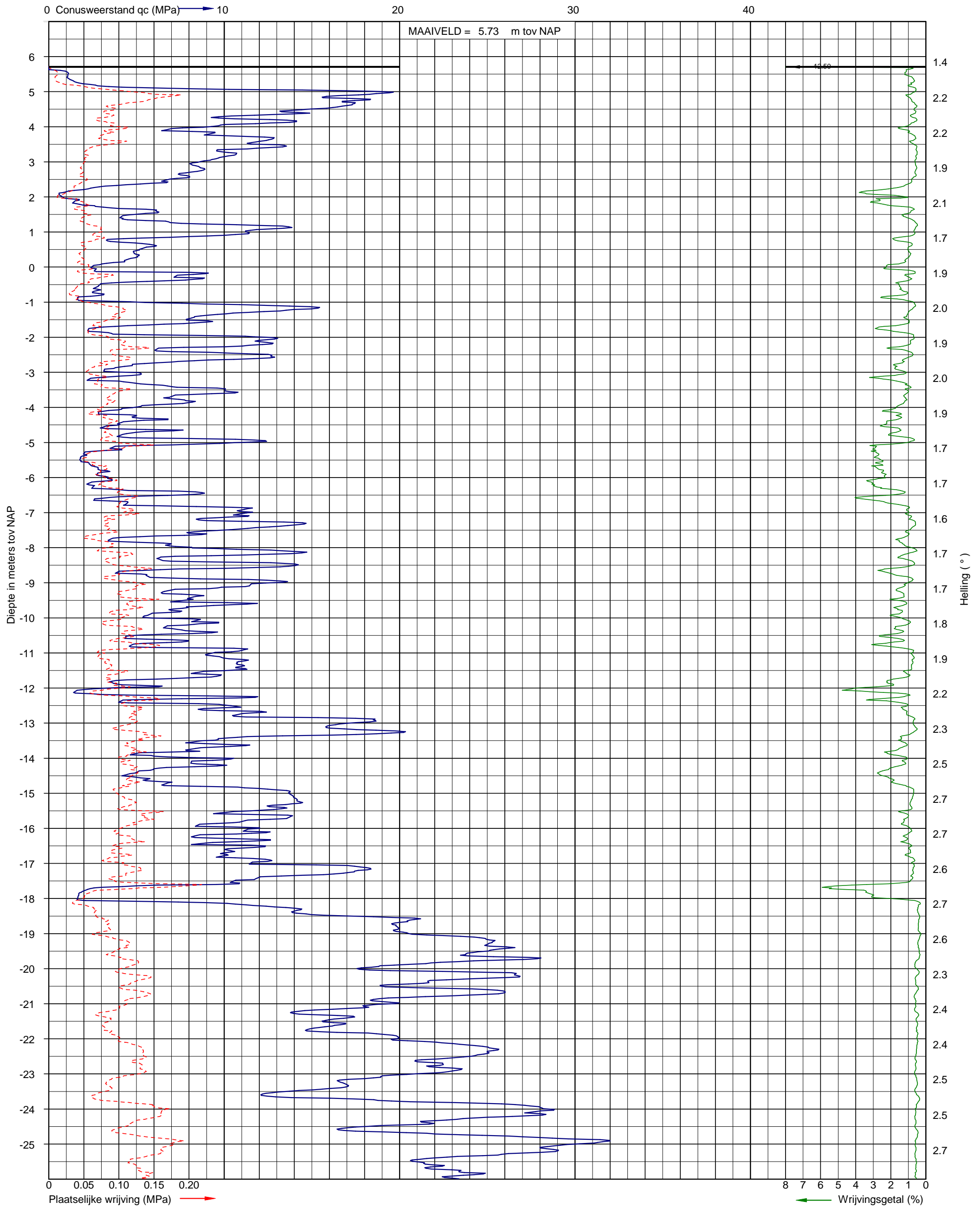
X: 74200,406  
Y: 438249,692

Sondering DKM-01





Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

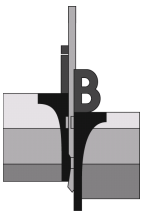


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

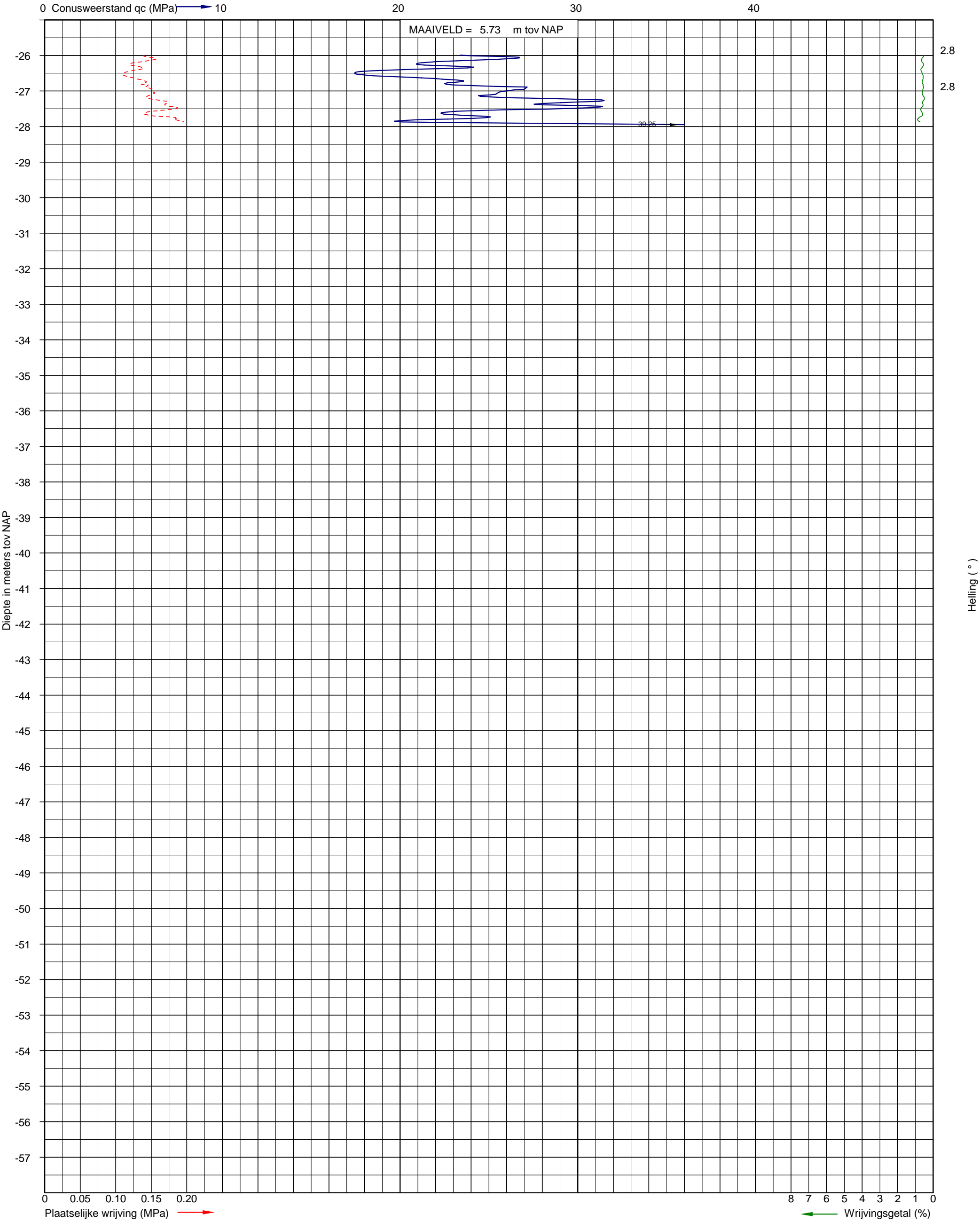
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74208,584  
Y: 438238,022

Sondering DKM-02



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

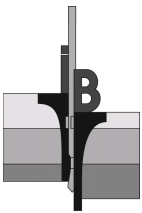


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

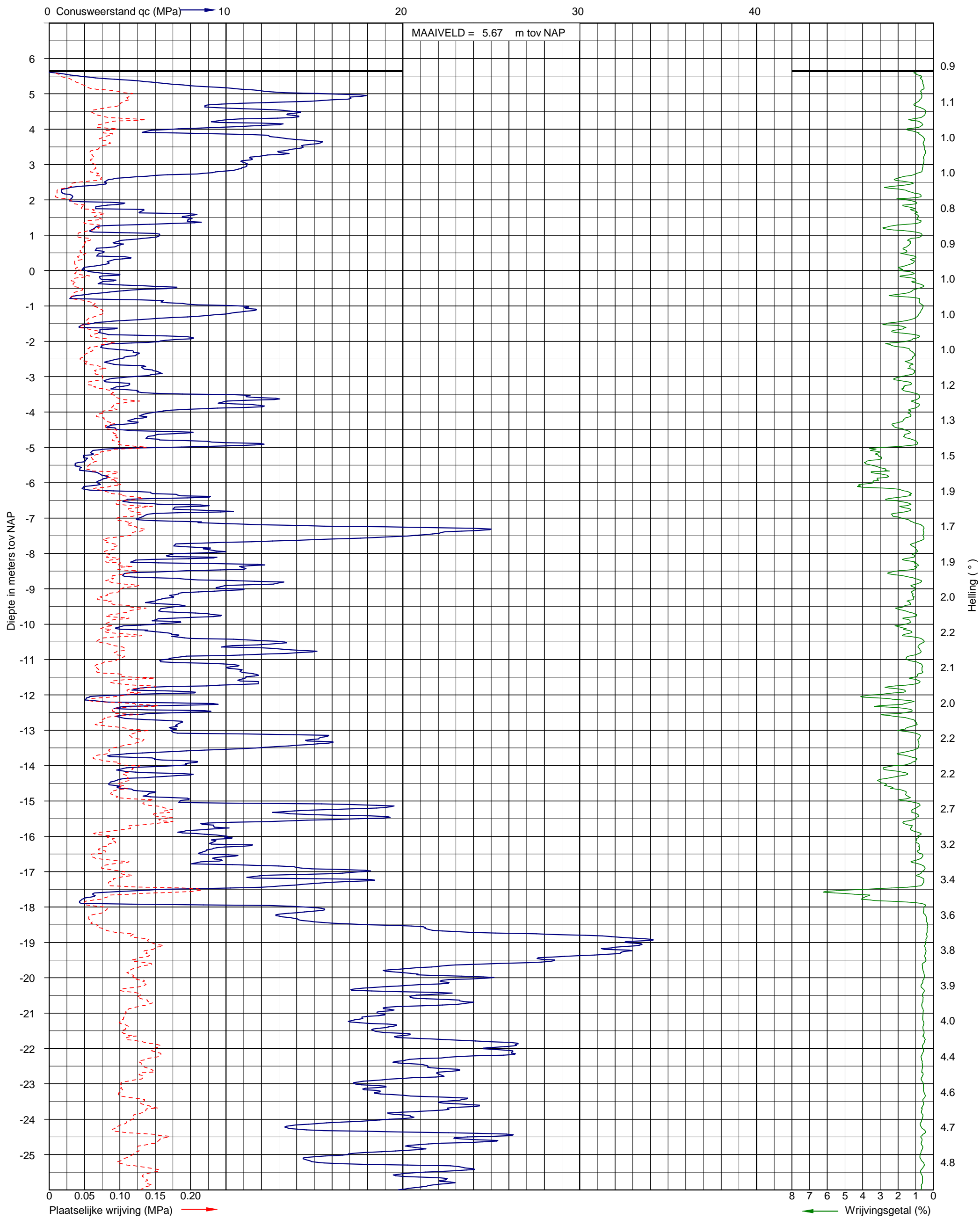
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74208,584  
Y: 438238,022

Sondering DKM-02



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg



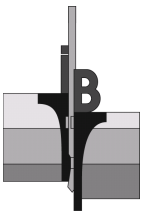
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

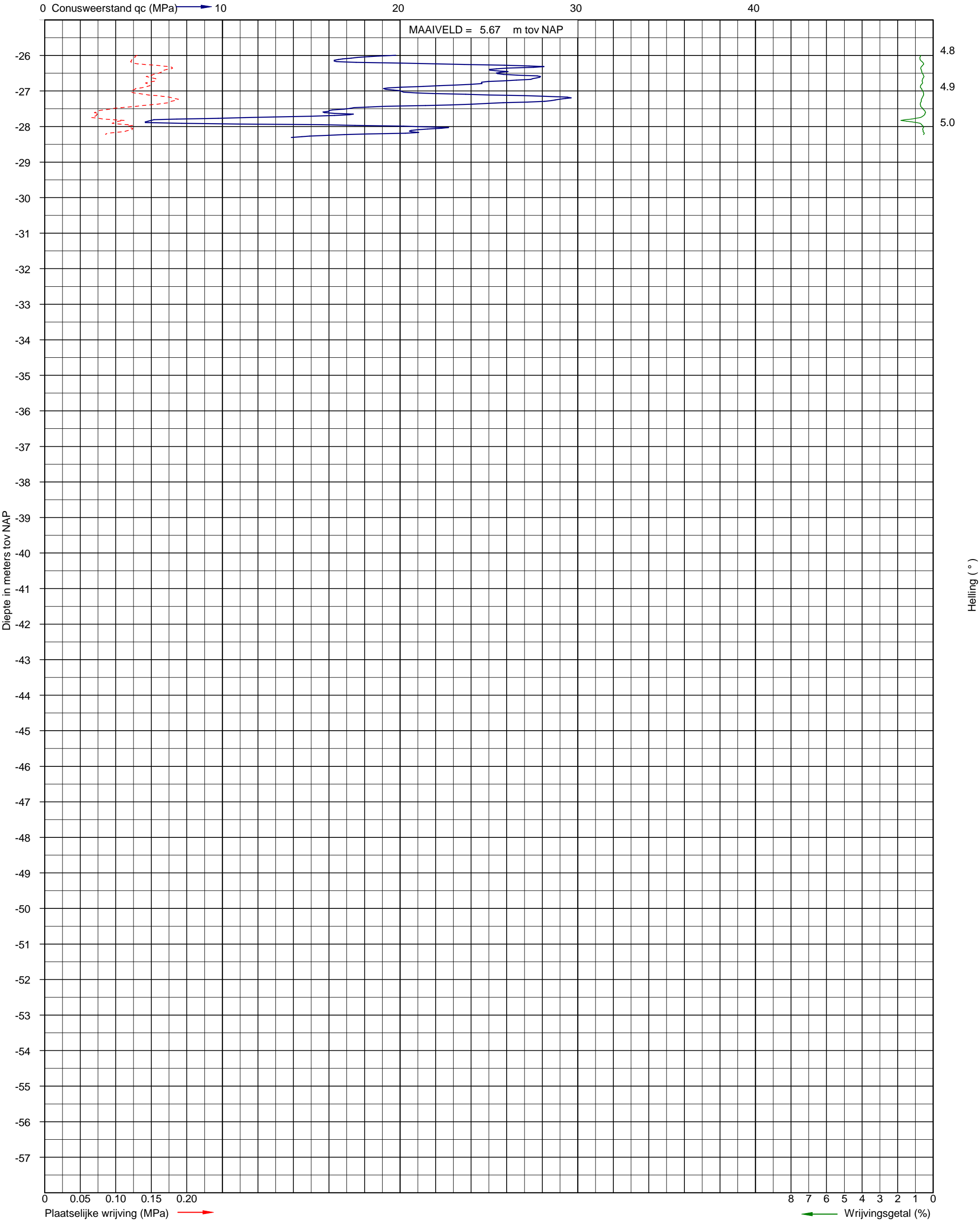
X: 74199,388  
Y: 438240,018

Sondering DKM-03





Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

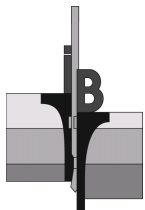


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

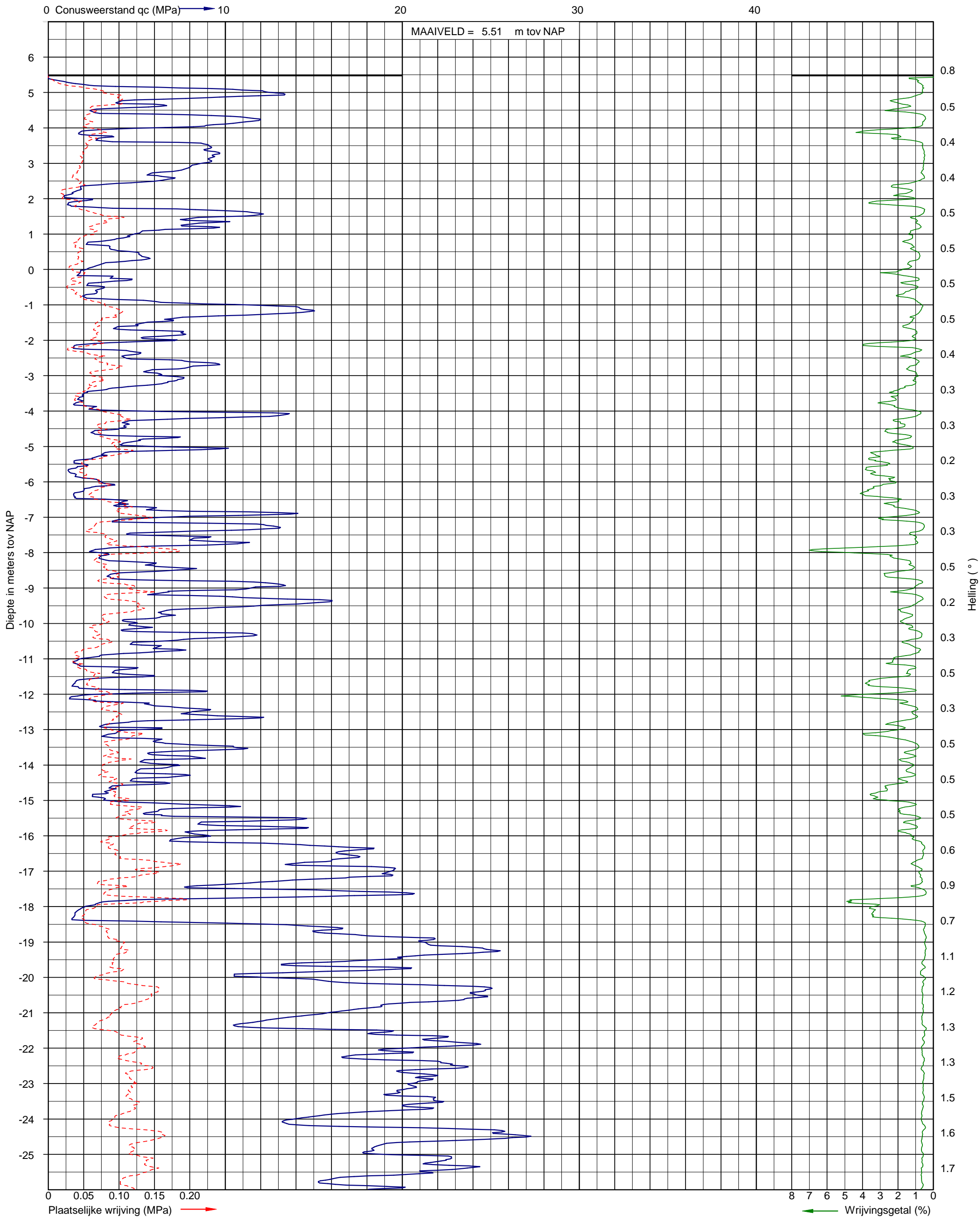
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74199,388  
Y: 438240,018

Sondering DKM-03



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

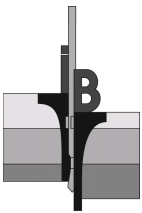


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

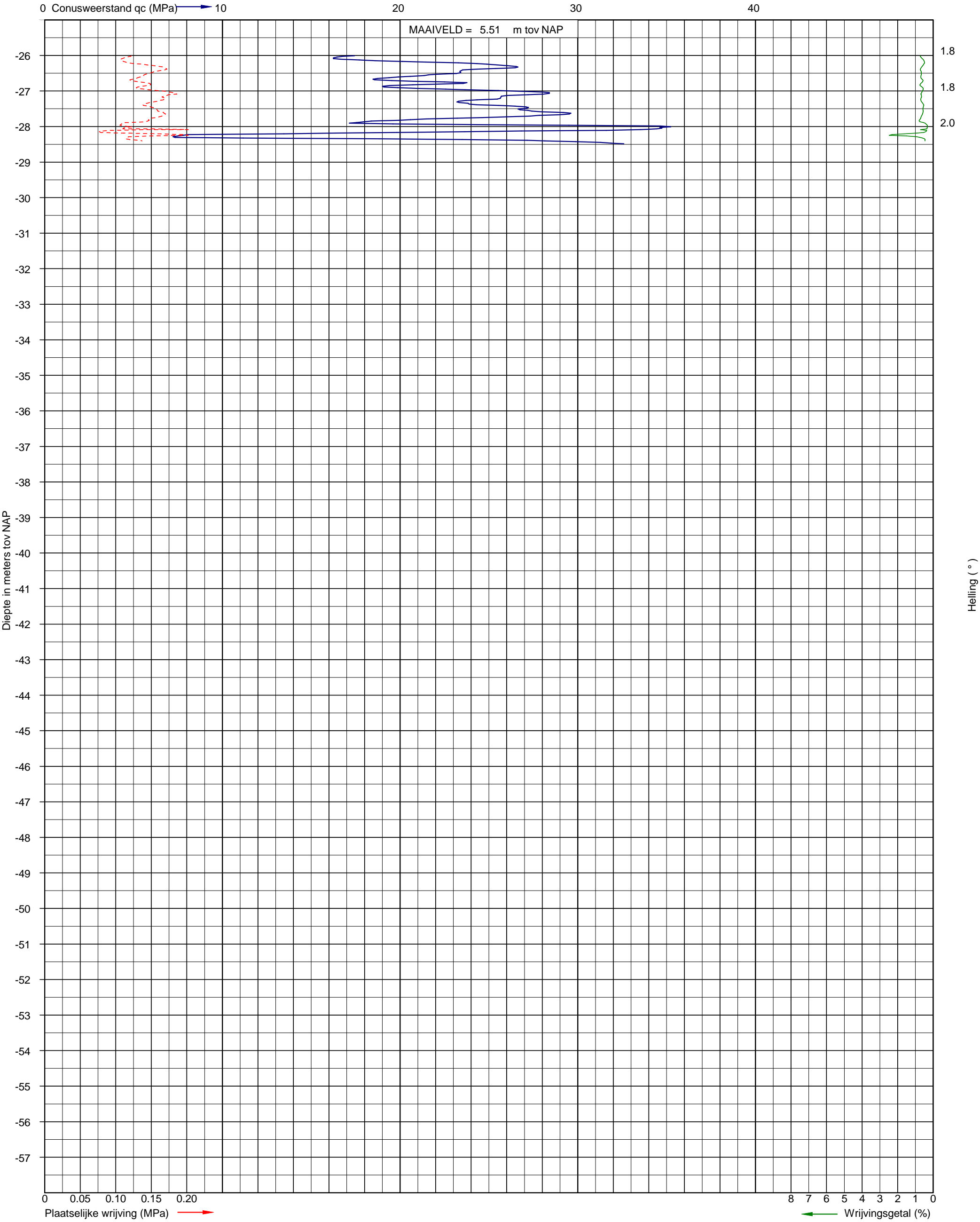
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74188,897  
Y: 438236,235

Sondering DKM-04



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

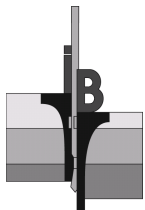


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

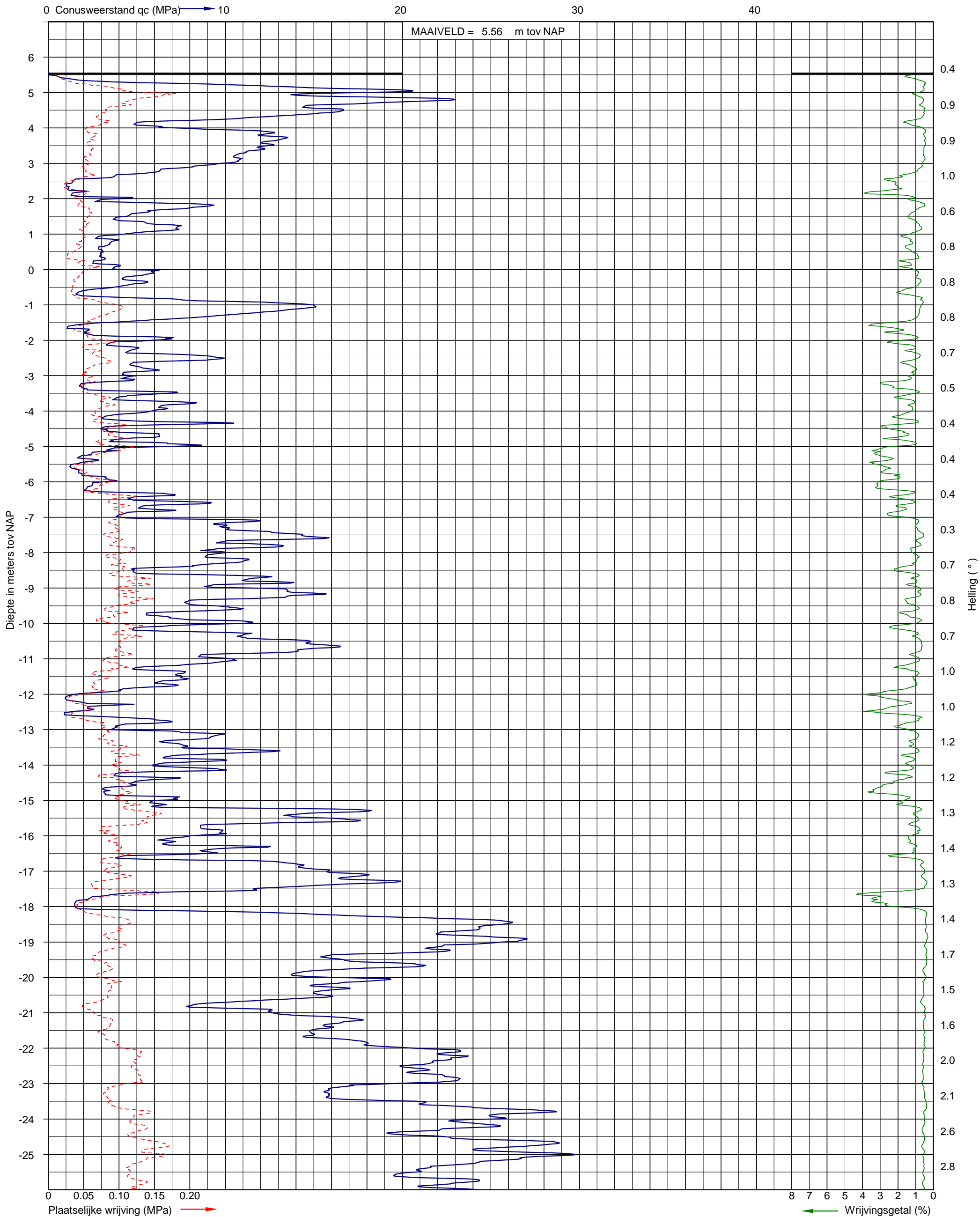
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74188,897  
Y: 438236,235

Sondering DKM-04



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg

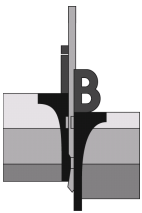


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

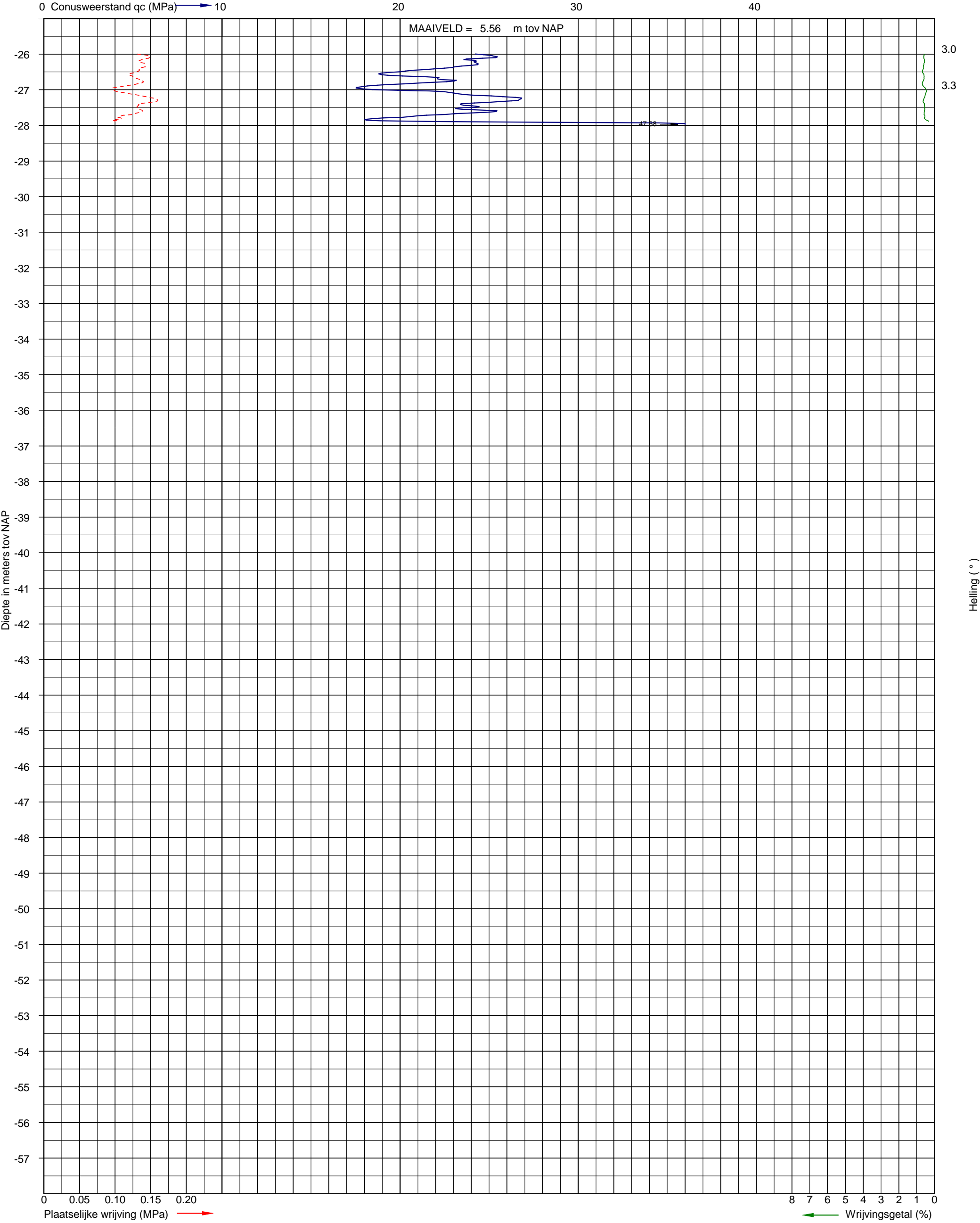
Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74197,795  
Y: 438228,470

Sondering DKM-05



Opdracht: 06P005334  
Project: Nieuwbouw walstroominstallatie aan de Noordzeeweg te Rozenburg



Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 3  
Conusnummer: P10-CFII-10

Uitvoerder: S25  
Datum: 17-9-2019

X: 74197,795  
Y: 438228,470

Sondering DKM-05

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## Appendix 4 – [de vermeldde ontvangen documenten uit hoofdstuk 2.1 [A.1 t/m A.6]]

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## [A.1] - D02735529\_6.0 Foundation Loads

## Fundamentlasten / Foundation Loads

Windzone:		Wind zone:
DIBt, Fassung Oktober 2012	<b>WZS</b>	
IEC 61400-1 4 <sup>th</sup> Edition, 2019-02	<b>WTC WKS</b>	<b>Normal Climate</b>
Auslegungslbensdauer	25 Jahre / years	Design life

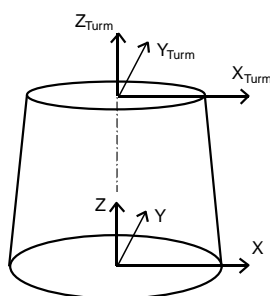
## Technische Daten / Technical data

Eigengewicht Gondel + Rotor	$F_z =$	-3596 kN	Dead weight nacelle + rotor
Eigengewicht Turm	$F_z =$	-5832 kN	Dead weight tower
Gesamtgewicht	$F_z =$	<b>-9428 kN</b>	Total weight
Schwerpunktlage Gondel + Rotor	$S_{z,Tower} =$	1.590 m	Position of centre of gravity nacelle + rotor
	$S_{x,Tower} =$	-3.300 m	

## Bodenkennwerte (Mindestwert) / Ground parameters (minimal value)

<u>Flachgründung</u>			<u>Flat Foundation</u>
Dynamische Bodendrehfederkonstante	$K_{\phi,dyn,flat} \geq$	<b>160000</b> MN·m/rad	Dynamic rotational spring constant
Statische Bodendrehfederkonstante	$K_{\phi,stat,flat} \geq$	<b>20000</b> MN·m/rad	Static rotational spring constant
<u>Tiefgründung</u>			<u>Pile Foundation</u>
Dynamische Bodendrehfederkonstante	$K_{\phi,dyn,pile} \geq$	- MN·m/rad	Dynamic rotational spring constant
Statische Bodendrehfederkonstante	$K_{\phi,stat,pile} \geq$	- MN·m/rad	Static rotational spring constant
Dynamische Bodenwegfederkonstante	$K_F,dyn,pile \geq$	- MN/m	Dynamic translational spring constant

## Koordinatensystem / Coordinate system



## Extremlasten am Turmfuß / Ultimate loads at top of foundation

Die dynamischen Eigenschaften der Anlage (z.B. Böenreaktionen) sowie Einflüsse aus Imperfektionen sind in den Lastannahmen enthalten.

Alle Lasten beziehen sich auf **OK Fundament**.

Klaffen der Sohlfuge höchstens bis zum Schwerpunkt der Sohlfläche im Lastfall Gruppe N / T / DLC 8.2.

Keine klaffende Bodenluge und kein Zug im Pfahl unter Lastfall NTM DLC D.3.

Lastfälle für alle deutschen Erdbebenstandorte sind nach [3] mit den angegebenen Lasten abgedeckt.

Dynamic properties of the wind turbine (e.g. gust reactions) as well as the effects of imperfections have been considered in the load cases.

All loads refer to the **top of foundation**.

Ground gap maximally as far as centre of gravity of foundation area for load case Gruppe/Group N / T / DLC 8.2.

No loss of pressure between soil and foundation and no tension in the piles for load case NTM DLC D.3.

Loads for all German earthquake areas are covered according to [3] with stated loads.

### Original data (de;en)

Created/Date: Fayad, O. / 2023-02-17  
Checked/Date: White, W. / 2023-02-17

D02735529/6.0 / BE Original Document

### Report created with:

TaBEA 4.5.12  
FBT0000689-1 (Not approved)



Lastfallbeschreibung	Teilsicherheitsfaktoren	FZ	Fxy	Mxy	Mz
Load case description	Partial safety factors	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Gruppe/Group A		-10110	1800	249700	3700
Gruppe/Group DLC 8.1 / 8.2 / 8.3		-7540	1240	176750	800
Gruppe/Group N / T	Mit /with	-10130	1790	248250	1350
Gruppe/Group N / A / T		-10110	1800	249700	3700
Gruppe/Group N / A / T		-9190	1630	217200	3350
Gruppe/Group N / T / DLC 8.2	Ohne / without	-9210	1320	180900	1000
Gruppe/Group DLC 8.1 / 8.2 / 8.3		-6850	1120	153900	700
NTM DLC D.3		-9210	1090	142600	5000
DLC D.5a / D.6a		-9160	610	80400	750

Tab. 1 Zeitgleiche Extremlasten für Mxy(max) am Turmfuß mit Berücksichtigung der Zusatzlasten / Simultaneous ultimate loads for Mxy(max) at the tower base including consideration of the additional moment.

Lastfallbeschreibung	Teilsicherheitsfaktoren	FZ,min*	FZ,max*	Fxy	Mxy	Mz
Load case description	Partial safety factors	[kN]	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Gruppe/Group A		-10820	-7710	1860	249700	-16950
Gruppe/Group DLC 8.1 / 8.2 / 8.3		-11160	-7060	1280	176750	-12150
Gruppe/Group N / T	Mit /with	-10820	-7710	1810	248250	-19900
Gruppe/Group N / A / T		-10820	-7710	1860	249700	-19900
Gruppe/Group N / A / T		-9840	-8570	1690	217200	-15450
Gruppe/Group N / T / DLC 8.2	Ohne / without	-9840	-8570	1340	180900	-14750
Gruppe/Group DLC 8.1 / 8.2 / 8.3		-9220	-8710	1160	153900	9300
NTM DLC D.3		-9840	-8570	1090	142600	5000
DLC D.5a / D.6a		-9490	-9040	650	80400	-1350

Tab. 2 Zusammenfassung abdeckende Extremlasten am Turmfuß mit Berücksichtigung der Zusatzlasten / Summary of ultimate loads at the tower base including consideration of the additional moment.

\*Die Werte  $F_{z,min}$  und  $F_{z,max}$  berücksichtigen einen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F = 1,1$  bzw.  $\gamma_F = 0,9$ .

Infolge dynamischen Einwirkungen von der Maschine ist  $F_z$  nicht mehr konstant und aus dem Eigengewicht zu berechnen, sondern schwankt zwischen den angegebenen Werten  $F_{z,min}$  und  $F_{z,max}$ .

Die Mxy-Werte der Lastfallgruppen mit Sicherheitsfaktoren beinhalten zusätzliche Momente, die sich aus Schiefstellung ergeben, sowie die zusätzlichen Momente, die sich aus der Berücksichtigung der statischen Bodendrehfederkonstante ergeben.

Die Mxy-Werte der Lastgruppen ohne Sicherheitsfaktoren enthalten zusätzliche Momente, die nur aus einer Schiefstellung resultieren.

\*The values of  $F_{z,min}$  and  $F_{z,max}$  consider partial safety factors of  $\gamma_F = 1.1$  and  $\gamma_F = 0.9$ .

Due to dynamic actions from the machine  $F_z$  is no longer constant as per calculated from dead weight but fluctuates between the given values of  $F_{z,min}$  and  $F_{z,max}$ .

The Mxy values of the load groups with safety factors include additional moments that result from misalignment as well as the additional moments that result from considering the static rotational spring constant.

The Mxy values of the load groups without safety factors include additional moments that result from misalignment only.

**Original data (de;en)**

Created/Date: Fayad, O. / 2023-02-17  
 Checked/Date: White, W. / 2023-02-17

D02735529/6.0 / BE Original Document

**Report created with:**

TaBEA 4.5.12  
 FBT0000689-1 (Not approved)

### Lastfallbeschreibung und Teilsicherheitsbeiwerte / Load Case Description and partial safety factors

Lastfallbeschreibungen und Teilsicherheitsbeiwerte nach [3] und [4].      Load Case Descriptions and Partial Safety Factors acc. to [3] and [4].

<b>Gruppe/Group N</b>	Normale Lastfälle.	Normal Design Load Case.
<b>Gruppe/Group A</b>	Anormale Lastfälle.	Abnormal Design Load Case.
<b>Gruppe/Group T</b>	Transport und Errichtung.	Transport and Erection.
<b>NTM DLC 8.1</b> <b>EWM DLC 8.2</b> <b>NTM DLC 8.3</b>	Zustände bei Transport, Vor-Ort-Montage, Wartung und Reparatur der WEA, die länger als eine Woche andauern.	Transport, assembly, maintenance and repair turbine states which may persist for longer than one week.
<b>NTM DLC D.3</b>	Produktionsbetrieb bei Normalturbulenzmodell mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $p = 10^{-2}$ .	Operating loads, normal turbulence model with probability exceeding $10^{-2}$ .
<b>DLC D.5a / 6a</b>	Erdbeben Windlasten (International) nach [3]	Earthquake wind loads (International) according to [3]

### Betriebslastkollektive am Turmfuß / Fatigue load collectives at top of foundation

Grob gestufte Kollektive zur alternativen Formgebung des feinen Lastkollektivs. Die  $\Delta$ -Werte stellen den log. Mittelwert zur eigenen und nächsten Lastspielzahl dar (keine einfachen 7 Stufen). Bei Anwendung des groben Kollektivs muss die Äquivalenz zum feinen gewahrt bleiben.

Roughly stepped collectives for alternative shaping of the fine load spectrum. The  $\Delta$  values represent the log. mean value for the own and next number of load cycles (do not simplify 7 steps). When using the rough collective, the equivalence to the fine must be maintained.

$\Sigma n$	$\Delta FZ$	$\Delta MZ$	$\Delta FXY$	$\Delta MXY$	$\Delta MX$
[ - ]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.0E+03	470	22850	1280	141400	82650
1.0E+04	420	19200	1180	114800	71600
1.0E+05	350	16050	990	108950	49350
1.0E+06	260	10650	800	71650	34400
1.0E+07	190	5950	510	36850	18900
1.0E+08	120	2950	300	14000	9000
1.0E+09	40	0	70	6550	1500
1.0E+10	0	0	0	0	0
Mittelwerte / Mean values	-9428	400	560	68350	5700

Tab. 3 Grobe gestufte Kollektive mit gewichteten Mittelwerten / Coarse resolution collectives with weighted mean values

### Betrieblast als Ein-Stufenkollektive am Turmfuß aufgrund von Querschwingungen / Fatigue load single step collectives at tower base due to Vortex Induced Vibrations

Building State / Turbine State	Explanation / Erläuterung	No. of Load Cycles N [ - ]	FZ [kN]	$\Delta MX$ [kNm]
STS1	Complete Turbine for-after standstill 1.EF	1.53E+05	9428	6001
	Complete Turbine for-after standstill 2.EF	9.44E+04	9428	105424
STS2	Complete Turbine side-side standstill 1.EF	1.62E+05	9428	6227
	Complete Turbine side-side standstill 2.EF	9.07E+02	9428	120015
MTS1	Complete Turbine for-after maintenance 1. EF	7.90E+04	9428	6001
MTS2	Complete Turbine side-side maintenance 1. EF	8.09E+04	9428	6185
MBS3	Tower with nacelle, generator, hub 1.EF	2.64E+04	8647	7715
MBS2	Tower with nacelle, generator 1.EF	3.62E+04	7804	10380
MBS1	Tower with nacelle 1.EF	6.30E+04	6587	20451
TBS1	Tower without top mass 1.EF	8.73E+04	5832	37874
TBS2	TBS 2 Tower without S1 1.EF	2.15E+04	5119	92824

Tab. 4 Ein-Stufenkollektiv für Bau- und Anlagenzustände / Single step collectives for building and turbine states

<b>Original data (de;en)</b>	<b>Report created with:</b>
Created/Date: Fayad, O. / 2023-02-17	TaBEA 4.5.12
Checked/Date: White, W. / 2023-02-17	FBT0000689-1 (Not approved)
D02735529/6.0 / BE Original Document	

log10 Σn	ΔFZ	ΔMZ	ΔFX	ΔMY	log10 Σn	ΔFZ	ΔMZ	ΔFX	ΔMY
[-]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[-]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
3.00	470	22850	1280	141400	6.60	220	7700	610	50350
3.10	460	22200	1280	141400	6.70	210	7400	600	47650
3.20	460	21850	1280	137800	6.80	210	6850	570	44600
3.30	450	21300	1280	129900	6.90	200	6500	540	40800
3.40	450	21050	1280	123300	7.00	190	6100	520	36200
3.50	440	20900	1280	121050	7.10	180	5750	500	33550
3.60	440	20800	1280	121050	7.20	170	5400	490	32050
3.70	430	20050	1260	121050	7.30	170	5150	440	28700
3.80	430	20050	1170	121050	7.40	160	4650	430	26200
3.90	420	19700	1150	121050	7.50	160	4450	400	23250
4.00	410	19300	1120	121050	7.60	150	4150	380	22900
4.10	410	19300	1090	120300	7.70	140	3900	340	19000
4.20	400	19250	1090	117100	7.80	140	3700	340	19000
4.30	400	18700	1090	117000	7.90	130	3150	330	17850
4.40	400	18350	1090	115950	8.00	120	2850	290	15450
4.50	390	17650	1080	112850	8.10	110	2550	290	15450
4.60	380	17250	1060	112850	8.20	100	2200	250	14850
4.70	370	17100	1050	111250	8.30	90	1850	240	12050
4.80	360	16700	1030	108800	8.40	80	1600	210	12050
4.90	350	16050	1020	107100	8.50	80	1050	190	12050
5.00	340	15700	1010	104950	8.60	70	950	150	8150
5.10	330	15350	980	104700	8.70	60	550	130	7200
5.20	330	14800	960	100950	8.80	50	450	110	7200
5.30	320	14100	940	96750	8.90	50	450	100	7200
5.40	310	13900	930	92900	9.00	40	450	70	7200
5.50	300	13300	900	88900	9.10	30	450	50	7200
5.60	300	12700	880	87650	9.20	30	0	50	7200
5.70	290	12150	850	81950	9.30	20	0	50	3200
5.80	280	11700	840	80400	9.40	20	0	50	0
5.90	270	11500	810	75450	9.50	0	0	0	0
6.00	260	10550	780	71350	9.60	0	0	0	0
6.10	260	10150	760	66900	9.70	0	0	0	0
6.20	250	9700	730	64450	9.80	0	0	0	0
6.30	240	9200	690	59700	9.90	0	0	0	0
6.40	240	8600	680	56200	10.00	0	0	0	0
6.50	230	8200	640	53450	-	-	-	-	-

Tab. 5 Fein gestufte Kollektive (Mittelwerte können aus Tab. 3 entnommen werden) / Fine resolution collectives (Mean values can be taken from Tab. 3)

## Literaturverzeichnis

- [1] E-175\_EP5-HST-140-FB-C-01; LL03 SC\_WCII\_TCA\_8.5\_2.0; fatigue and ultimate loads; tower, 30.01.2023, D02833234/0.0
- [2] Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01
- [3] IEC 61400-1:2019-02, Wind Turbines – Part 1: Design requirements, Edition 4.0, 2019-02
- [4] DIN EN IEC 61400-1:2019-12 Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019), Deutsche Fassung EN IEC 61400:2019

Die Klassifizierung des Standortes in eine Windzone / Windklasse wurde nicht von der ENERCON-Konstruktionsabteilung durchgeführt.

Weitergabe und Kopien an Dritte sind nur mit schriftlicher Zustimmung von der ENERCON-Konstruktionsabteilung erlaubt.

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert! Der Empfänger wird bei Änderung des Dokuments nicht automatisch informiert!

The classification of the local site to a wind zone / type class was not made by the ENERCON design department.

Circulations of the data or copies are only enabled by written agreement from ENERCON design department.

This document has been sent on request on a certain order. The receiver has not been registered! The receiver will not automatically be informed in case of alterations!

### Original data (de;en)

Created/Date: Fayad, O. / 2023-02-17  
Checked/Date: White, W. / 2023-02-17

D02735529/6.0 / BE Original Document

### Report created with:

TaBEA 4.5.12  
FBT0000689-1 (Not approved)

**Original data (de;en)**

Created/Date: Fayad, O. / 2023-02-17  
Checked/Date: White, W. / 2023-02-17

D02735529/6.0 / BE Original Document

**Report created with:**

TaBEA 4.5.12  
FBT0000689-1 (Not approved)

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## **[A.2] – D02739163\_3.0\_de-en\_Technical data sheet\_Flat foundation E-175 EP5-HST-140-FB-C-01**

# **Technisches Datenblatt**

# **Technical Data Sheet**

**E-175 EP5-HST-140-FB-C-01**

**Flachgründung**  
**Flat Foundation**

**WZS (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)**  
**WTC WKS (IEC 61400-1, 4<sup>rd</sup> Edition, 2019-02)**

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

<b>Herausgeber</b>	ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109 E-Mail: <a href="mailto:info@enercon.de">info@enercon.de</a> ▪ Internet: <a href="http://www.enercon.de">http://www.enercon.de</a> Geschäftsführer: [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] Michael Jaxy Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360
<b>Urheberrechtshinweis</b>	<p>Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.</p> <p>Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.</p> <p>Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.</p> <p>Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.</p>
<b>Geschützte Marken</b>	Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.
<b>Änderungsvorbehalt</b>	Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.
<b>Publisher</b>	ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109 E-mail: <a href="mailto:info@enercon.de">info@enercon.de</a> ▪ Internet: <a href="http://www.enercon.de">http://www.enercon.de</a> Managing Directors: [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] Michael Jaxy Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411 VAT ID no.: DE 181 977 360
<b>Copyright notice</b>	<p>The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.</p> <p>ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.</p> <p>The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.</p> <p>If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.</p>
<b>Registered trademarks</b>	Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.
<b>Reservation of right of modification</b>	ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

**Dokumentinformation / Document details**

<b>Dokument-ID</b> Document ID	D02739163/3.0
<b>Vermerk</b> Note	Originaldokument Original document

<b>Datum</b> Date	<b>Sprache</b> Language	<b>DCC</b>	<b>Werk / Abteilung</b> Plant / Department
2022-09-30	de;en	DA	WRD / Türme und Fundamente WRD / Towers and Foundations

**Ergänzende Angaben / Additional notes**

<b>Angaben zum Original (ger;eng)</b> <b>Original document details</b>		<b>Angaben zur Übersetzung (--)</b> <b>Translation details</b>	
Erstellt/Datum: Created/Date:	Cygon, K. / 2022-07-25	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Villada, J. / 2022-07-25	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

**Revisionen / Revisions**

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2022-07-25	Dokument erstellt (Vorabzug) Document created (preliminary)	KCY
1	2022-09-30	Turmbezeichnung aktualisiert, Mindest-Drehfedersteifigkeit für Baugrund ergänzt Tower type updated, minimum rotational spring stiffness for subsoil added	KCY
2	2022-10-20	Geometrie angepasst / change geometry	MAB
3	2023-01-13	Stahlgewicht und Bodenpressung / Steel weight and Soil bearing pressure	EKA



Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.  
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.  
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

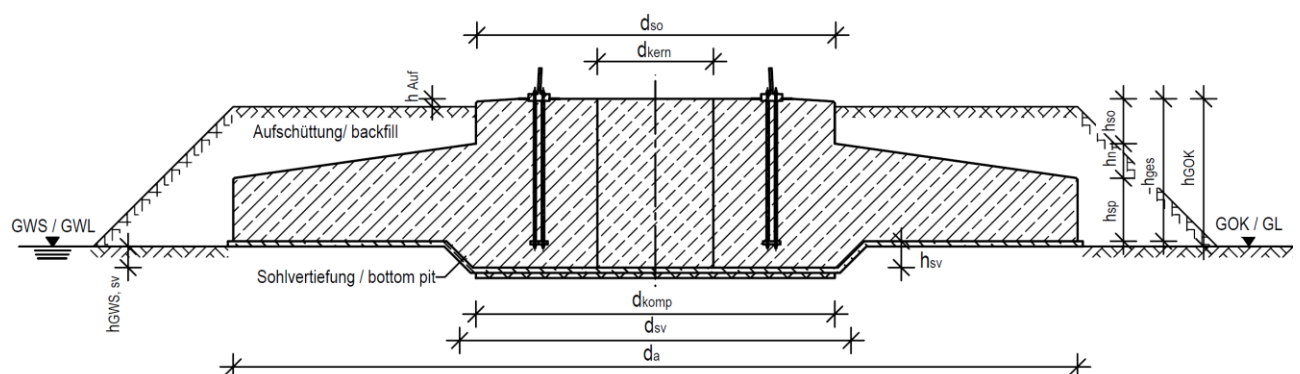
# 1 Allgemeine Angaben / General information

Statische Berechnung	ENERCON GmbH	Structural analysis
Flachgründung	Ø 29,30 m	Flat foundation
Dokument ID	D02696177	Document ID



## 2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	$d_a$	29,30 m	Outer diameter
Sockeldurchmesser	$d_{so}$	10,00 m	Base diameter
Durchmesser Fundamentkern	$d_{kern}$	5,60 m	Diameter of foundation core
Durchmesser kompressible Einlage	$d_{komp}$	10,00 m	Compressible layer diameter
Fundamenthöhe	$h_{ges}$	2,80 m	Foundation height
Sockelhöhe	$h_{so}$	0,40 m	Base height
Höhe Spornneigung	$h_n$	2,10 m	Spur incline height
Spornhöhe	$h_{sp}$	0,30 m	Spur height
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	$d_{sv}$	10,50 m	Average diameter of bottom pit
Höhe Sohlvertiefung	$h_{sv}$	0,50 m	Height of bottom pit
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	$h_{Auf}$	0,15 m	Height from top of foundation to top of backfill
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	$h_{GOK}$	2,90 m	Height from top of foundation to ground level
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	$h_{GWS,sv}$	0,40 m	Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit
<b>Fundamentvariante DIBt:</b>			
Betongüte und Volumen	C 35/45	965 m <sup>3</sup>	Foundation option DIBt: Concrete quality and volume
Stahlgewicht ohne Arbeitsfugen	B 500B	113.7 t	Steel weight without construction joint
Stahlgewicht mit Arbeitsfugen	B 500B	117.2 t	Steel weight with construction joint
<b>Fundamentvariante IEC:</b>			
Betongüte und Volumen	C 35/45	965 m <sup>3</sup>	Foundation option IEC: Concrete quality and volume



### 3 Baugrund-Mindestdrehfedersteifigkeit Subsoil minimum rotational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte für die Drehfedersteifigkeit müssen vom Baugrund eingehalten werden:

*The following minimum values for the rotational spring stiffness must be satisfied by the subsoil:*

<b>Statische Drehfeder</b>	<b><math>k_{\phi, \text{stat, subsoil}} = 20000 \text{ MNm/rad}</math></b>	<b>Static rotational spring</b>
<b>Dynamische Drehfeder</b>	<b><math>k_{\phi, \text{dyn, subsoil}} = 160000 \text{ MNm/rad}</math></b>	<b>Dynamic rotational spring</b>

Die angegebene Werte sind durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified values must be confirmed by a geotechnical expert.*

### 4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige Differenzsetzung und Gesamtsetzung in 20 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

*Maximum permissible differential settlement and total settlement within 20 years, related to the outer foundation diameter:*

<b>Differenzsetzung (Schiefstellung)</b>	<b><math>\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}</math></b>	<b>Differential settlement (misalignment)</b>
<b>Gesamtsetzung</b>	<b><math>s_{\text{ges.}} \leq 3 \text{ mm/m}</math></b>	<b>Total settlement</b>

### 5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

*The in-situ subsoil must be able to bear at least the following soil pressure:*

<b>Kantenpressung</b>	<b><math>\max \sigma_k = 180 \text{ kN/m}^2</math></b>	<b>Edge pressure</b>
-----------------------	--	----------------------

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.*

### 6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Gründungskörpers:

*Minimum friction angle of the subsoil below the foundation body:*

$$\phi = 20^\circ$$

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.*

## 7 Lasten an Fundamentunterkante Loads at foundation bottom edge

Die hier angegebenen  $F_z$ -Lasten enthalten eine Betonwichte  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  für das Fundament und eine Bodenwichte  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  für die Aufschüttung.

The  $F_z$  loads specified here include a concrete unit weight  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  for the foundation and a soil unit weight  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  for the backfill.

### Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall Load case	$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	$F_{xy}$ in kN	$F_{z,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{z,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$M_{xy}$ in kNm	$M_z$ in kNm
<b>NTM DLC D.3</b>	(1.00/1.00)	1320	-49697	-45811	185846	5150
<b>N / T / DLC 8.2</b>	(1.00/1.00)	1810	-49697	-45811	234418	30450
<b>N / A / T</b>	(1.00/1.00)	1810	-49697	-45811	234418	30450
<b>DLC 8.1/8.2/8.3</b>	(1.00/1.00)	1120	-33914	-30208	123736	30450

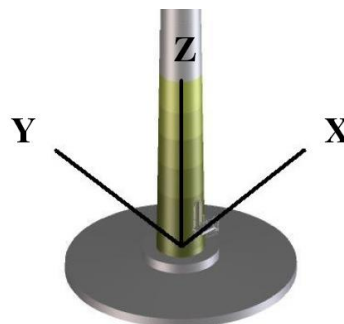
alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
( $\gamma_F = 1,00$ )

Loads do not include partial safety factors  
( $\gamma_F = 1.00$ )

$F_z$  ständige Lasten  
 $F_{xy}/M_{xy}/M_z$  veränderliche Lasten

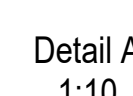
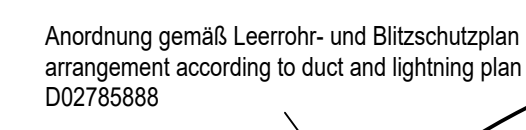
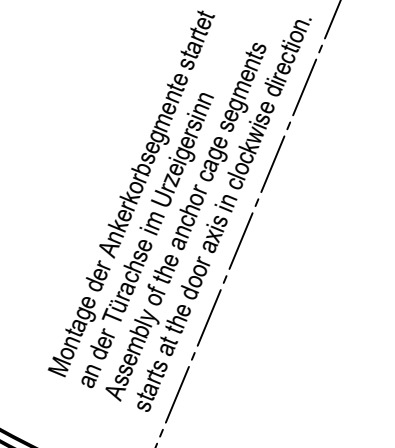
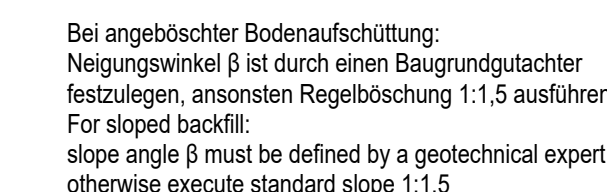
$F_z$  permanent loads  
 $F_{xy}/M_{xy}/M_z$  variable loads

## 8 Koordinatensystem / Coordinate system



project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## **[A.3] - D02785881\_0.0\_de-en\_Formwork plan\_E-175 EP5 HST-140-FB-C-01 flat foundation**



Die erforderliche Mindestbodenpressung: Minimum required bearing pressure:	180 kN/m <sup>2</sup>
Die Mindestwerte des dynamischen Steifemoduls dürfen vom Baugrund nicht unterschritten werden. Minimum values of dynamic modulus of stiffness.	
Maximal zulässiger Wasserstand bis Oberkante Gelände (mit Auftriebswirkung) Maximum permissible water level up to top ground level (with buoyancy)	
Mindeststreibungswinkel zwischen Baugrund und Fundament: Minimum angle of internal friction between soil and foundation:	20°

Bauteil: Building Element:	Sauberkeitsschicht Blinding Course	Betonmenge: Concrete Quantity:	69 m³
Betonfestigkeitsklasse: Concrete Grade:	C 12/15	Expositionsklasse: Exposure Classes:	X0
Feuchtigkeitsklasse: Humidity Class:	-	Überwachungsklasse: Monitoring Class:	-

Erforderliche Oberflächengröße der Arbeitsstufe 1/2: Betonierabschnitt (falls ausgeführt) Required surface roughness of construction joint 1/2: concrete section (if executed)	gratt smooth
Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage Nominal value of maximum aggregate grain size at the bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich Nominal value of maximum aggregate grain size at the middle of the foundation	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung ( $t \leq 0,3$ ) Cement with low hydration heat ( $t \leq 0,3$ )	NW / LH
Konsistenzklasse im übrigen Fundament consistency class in the rest of the foundation	F3 / F3
Konsistenzklasse im Bereich der Socheivertiefung und des unteren Ankerings / consistency class in the bottom of the lower anchor and the lower anchoring	F4 / F4

1. Bewehrungslage Positioning Measurement 1st Reinforcement layer	C nom	oben Sockel / Top Plinth	50 mm
		oben Sporn / Top Foot	50 mm
		seitlich / Side	50 mm
Vorhaltemaß / Tolerance:		$\Delta C_{\text{min}}$	15 mm

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen.

Zugehörige Zeichnungen / Relating Drawings:	
Schalplan Nr. Formwork Plan No.	D02785881
Bewehrungszeichnung Nr. Reinforcement Plan No.	B500: D02785882; D02785883
Spezifikation: Specifications:	D0181818 - Materialspezifikation Betonstahl Reinforcing Steel Material Specification
Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten. ENERCON foundation specifications must be considered.	

[illegible]

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## **[A.4] - D02785888\_0.0\_de-en\_Zusammenbauzeichnung\_Leerrohr- und Blitzschutzplan**







project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## **[A.5] - D02783612\_0.0\_de-en\_Technisches Datenblatt\_Flat foundation E-175 EP5-HST-132-FB-C-01**



# Technisches Datenblatt

# Technical Data Sheet

**E-175 EP5 HST-132-FB-C-01**

**Flachgründung**  
**Flat Foundation**

**WZS (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)**  
**WTC WKS (IEC 61400-1, 4<sup>rd</sup> Edition, 2019-02)**

<b>Herausgeber</b>	ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109 E-Mail: <a href="mailto:info@enercon.de">info@enercon.de</a> ▪ Internet: <a href="http://www.enercon.de">http://www.enercon.de</a> Geschäftsführer: [REDACTED] Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360
<b>Urheberrechtshinweis</b>	<p>Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.</p> <p>Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.</p> <p>Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.</p> <p>Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.</p>
<b>Geschützte Marken</b>	Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.
<b>Änderungsvorbehalt</b>	Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.
<b>Publisher</b>	ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109 E-mail: <a href="mailto:info@enercon.de">info@enercon.de</a> ▪ Internet: <a href="http://www.enercon.de">http://www.enercon.de</a> Managing Directors: [REDACTED] Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411 VAT ID no.: DE 181 977 360
<b>Copyright notice</b>	<p>The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.</p> <p>ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.</p> <p>The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.</p> <p>If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.</p>
<b>Registered trademarks</b>	Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.
<b>Reservation of right of modification</b>	ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

**Dokumentinformation / Document details**

<b>Dokument-ID</b> Document ID	D02783612-0.0
<b>Vermerk</b> Note	Originaldokument Original document


<b>Datum</b> Date	<b>Sprache</b> Language	<b>DCC</b>	<b>Werk / Abteilung</b> Plant / Department
2020-08-13	de;en	DA	WRD / Türme und Fundamente WRD / Towers and Foundations

**Ergänzende Angaben / Additional notes**

<b>Angaben zum Original (ger;eng)</b> <b>Original document details</b>		<b>Angaben zur Übersetzung (--)</b> <b>Translation details</b>	
Erstellt/Datum: Created/Date:	██████ / 2022-10-27	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	██████ / 2022-10-28	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

**Revisionen / Revisions**

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2022-10-27	Dokument erstellt Document created	JAV

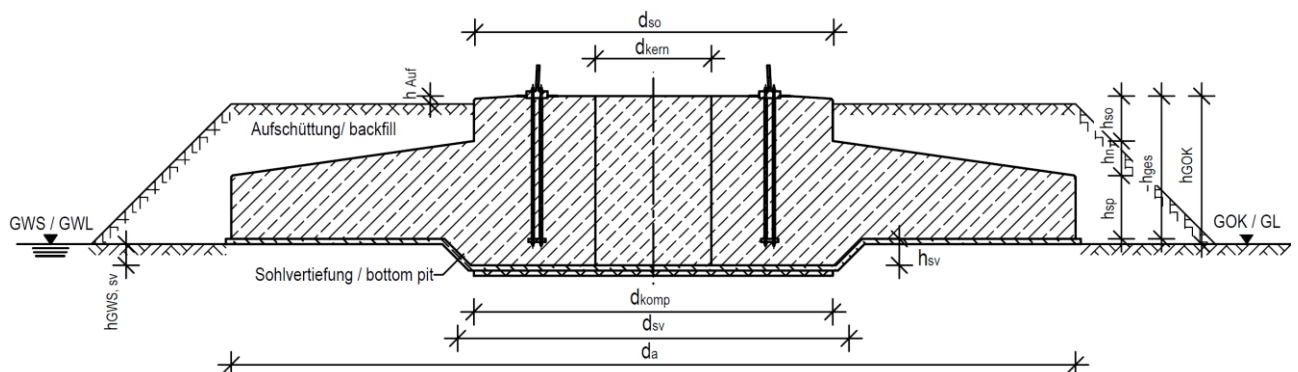
	Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert. Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.	This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered. The recipient will not be automatically notified about any amendments.

# 1 Allgemeine Angaben / General information

Statische Berechnung	ENERCON GmbH	Structural analysis
Flachgründung	Ø 27,50 m	Flat foundation
Dokument ID	-	Document ID

## 2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	$d_a$	27,50 m	Outer diameter
Sockeldurchmesser	$d_{so}$	8,80 m	Base diameter
Durchmesser Fundamentkern	$d_{kern}$	4,50 m	Diameter of foundation core
Durchmesser kompressible Einlage	$d_{komp}$	8,80 m	Compressible layer diameter
Fundamenthöhe	$h_{ges}$	2,70 m	Foundation height
Sockelhöhe	$h_{so}$	0,40 m	Base height
Höhe Spornneigung	$h_n$	2,00 m	Spur incline height
Spornhöhe	$h_{sp}$	0,30 m	Spur height
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	$d_{sv}$	9,30 m	Average diameter of bottom pit
Höhe Sohlvertiefung	$h_{sv}$	0,50 m	Height of bottom pit
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	$h_{Auf}$	0,15 m	Height from top of foundation to top of backfill
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	$h_{GOK}$	2,80 m	Height from top of foundation to ground level
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	$h_{GWS,sv}$	0,40 m	Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit
Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen	C 35/45	800 m <sup>3</sup>	Foundation option DIBt: Concrete quality and volume
Stahlgewicht	B 500B	108 t	Steel weight
Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	800 m <sup>3</sup>	Foundation option IEC: Concrete quality and volume
Stahlgewicht	B 500B B 400B	108 t 135 t	Steel weight



### 3 Baugrund-Mindestdrehfedersteifigkeit Subsoil minimum rotational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte für die Drehfedersteifigkeit müssen vom Baugrund eingehalten werden:

*The following minimum values for the rotational spring stiffness must be satisfied by the subsoil:*

<b>Statische Drehfeder</b>	<b><math>k_{\phi, \text{stat, subsoil}} = 12953 \text{ MNm/rad}</math></b>	<b>Static rotational spring</b>
<b>Dynamische Drehfeder</b>	<b><math>k_{\phi, \text{dyn, subsoil}} = 218050 \text{ MNm/rad}</math></b>	<b>Dynamic rotational spring</b>

Die angegebene Werte sind durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified values must be confirmed by a geotechnical expert.*

### 4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige Differenzsetzung und Gesamtsetzung in 25 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

*Maximum permissible differential settlement and total settlement within 25 years, related to the outer foundation diameter:*

<b>Differenzsetzung (Schiefstellung)</b>	<b><math>\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}</math></b>	<b>Differential settlement (misalignment)</b>
<b>Gesamtsetzung</b>	<b><math>s_{\text{ges.}} \leq 3 \text{ mm/m}</math></b>	<b>Total settlement</b>

### 5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

*The in-situ subsoil must be able to bear at least the following soil pressure:*

<b>Kantenpressung</b>	<b><math>\max \sigma_k = 180 \text{ kN/m}^2</math></b>	<b>Edge pressure</b>
-----------------------	--	----------------------

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.*

### 6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Gründungskörpers:

*Minimum friction angle of the subsoil below the foundation body:*

$$\phi = 20^\circ$$

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.*

## 7 Lasten an Fundamentunterkante Loads at foundation bottom edge

Die hier angegebenen  $F_z$ -Lasten enthalten ein Fundamenteigengewicht  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  sowie eine Bodenwichte  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  für die Aufschüttung.

*The  $F_z$  loads specified here include a dead weight of foundation  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  and a soil unit weight  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  for the backfill.*

### Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall Load case	$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	$F_{xy}$ in kN	$F_{z,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{z,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$M_{xy}$ in kNm	$M_z$ in kNm
<b>NTM DLC D.3</b>	(1.00/1.00)	1150	-42395	-40424	151855	4550
<b>N / T / DLC 8.2</b>	(1.00/1.00)	1320	-42395	-40424	176714	-14900
<b>N / A / T</b>	(1.00/1.00)	1540	-41885	-40424	195108	-17200
<b>DLC 8.1/8.2/8.3</b>	(1.00/1.00)	1120	-27852	-27020	152524	8550

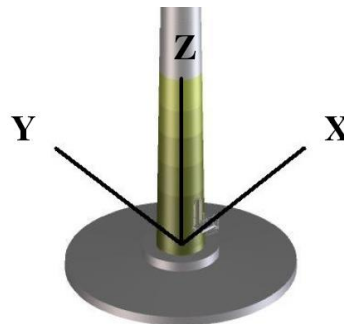
alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
( $\gamma_F = 1,00$ )

*Loads do not include partial safety factors  
( $\gamma_F = 1.00$ )*

$F_z$  ständige Lasten  
 $F_{xy}/M_{xy}/M_z$  veränderliche Lasten

*$F_z$  permanent loads  
 $F_{xy}/M_{xy}/M_z$  variable loads*

## 8 Koordinatensystem / Coordinate system



project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## **[A.6] - D02783703\_0.0\_de-en\_Technisches Datenblatt\_Tiefgründung E-175 EP5 HST-132-FB-C-01**

# **Technisches Datenblatt**

# **Technical Data Sheet**

**E-175 EP5 HST-132-FB-C-01**

**Tiefgründung**  
**Deep Foundation**

**WZS (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)**  
**WTC WKS (IEC 61400-1, 4<sup>rd</sup> Edition, 2019-02)**



<b>Herausgeber</b>	<p>ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland          Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109          E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de          Geschäftsführer: [REDACTED]          Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411          Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360</p>
<b>Urheberrechtshinweis</b>	<p>Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.</p> <p>Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.</p> <p>Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.</p> <p>Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.</p>
<b>Geschützte Marken</b>	<p>Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.</p>
<b>Änderungsvorbehalt</b>	<p>Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.</p>
<b>Publisher</b>	<p>ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany          Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109          E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de          Managing Directors: [REDACTED]          Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411          VAT ID no.: DE 181 977 360</p>
<b>Copyright notice</b>	<p>The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.</p> <p>ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.</p> <p>The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.</p> <p>If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.</p>
<b>Registered trademarks</b>	<p>Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.</p>
<b>Reservation of right of modification</b>	<p>ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.</p>

**Dokumentinformation / Document details**

<b>Dokument-ID</b> Document ID	D02783703-0.0
<b>Vermerk</b> Note	Originaldokument Original document


<b>Datum</b> Date	<b>Sprache</b> Language	<b>DCC</b>	<b>Werk / Abteilung</b> Plant / Department
2020-08-13	de;en	DA	WRD / Türme und Fundamente WRD / Towers and Foundations

**Ergänzende Angaben / Additional notes**

<b>Angaben zum Original (ger;eng)</b> Original document details		<b>Angaben zur Übersetzung (--)</b> Translation details	
Erstellt/Datum: Created/Date:	██████████ / 2022-10-28	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	██████████ / 2022-10-28	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

**Revisionen / Revisions**

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2022-10-28	Dokument erstellt Document created	JAV



Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert. Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

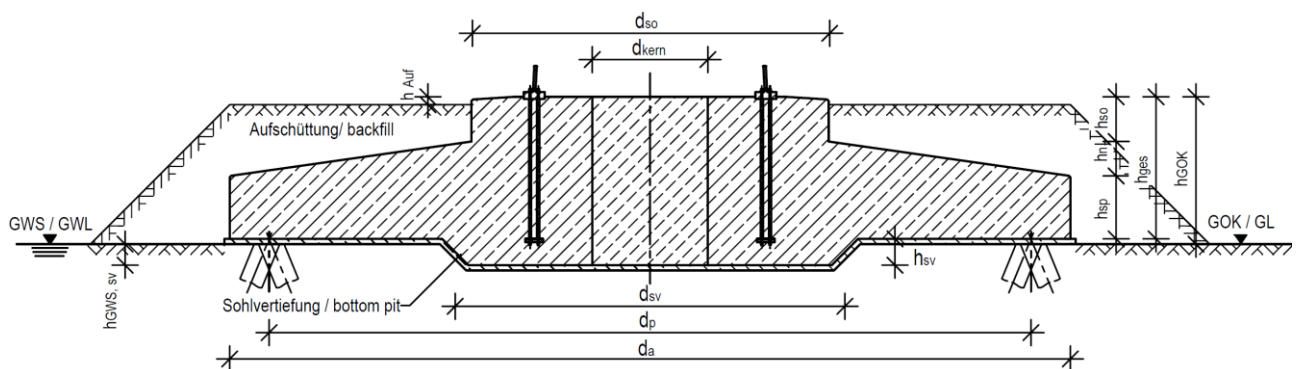
This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered. The recipient will not be automatically notified about any amendments.

# 1 Allgemeine Angaben / General information

Statische Berechnung	ENERCON GmbH	Structural analysis
Tiefgründung	Ø 23,00 m	Deep foundation
Dokument ID	-	Document ID

## 2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	$d_a$	23,00 m	Outer diameter
Sockeldurchmesser	$d_{so}$	8,80 m	Base diameter
Durchmesser Fundamentkern	$d_{kern}$	4,50 m	Diameter of foundation core
Pfahlkreisdurchmesser Variante A, B, C	$d_p$	21,80 m	Pile ring diameter option A, B, C
Pfahlkreisdurchmesser Variante D	$d_p$	21,40 m	Pile ring diameter option D
Fundamenthöhe	$h_{ges}$	2,70 m	Foundation height
Sockelhöhe	$h_{so}$	0,40 m	Base height
Höhe Spornneigung	$h_n$	1,50 m	Spur incline height
Spornhöhe	$h_{sp}$	0,80 m	Spur height
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	$d_{sv}$	9,30 m	Average diameter of bottom pit
Höhe Sohlvertiefung	$h_{sv}$	0,50 m	Height of bottom pit
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	$h_{Auf}$	0,15 m	Height from top of foundation to top of backfill
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	$h_{GOK}$	2,80 m	Height from top of foundation to ground level
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	$h_{GWS,sv}$	0,40 m	Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit
Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen	C 35/45	708 m <sup>3</sup>	Foundation option DIBt: Concrete quality and volume
Stahlgewicht Variante A, B, C	B 500B	96 t	Steel weight option A, B, C
Stahlgewicht Variante D	B 500B	96 t	Steel weight option D
Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	708 m <sup>3</sup>	Foundation option IEC: Concrete quality and volume
Stahlgewicht Variante A, B, C	B 500B	96 t	Steel weight option A, B, C
Stahlgewicht Variante D	B 500B	96 t	Stahl weight option D
Stahlgewicht Variante A, B, C	B 400B	120 t	Steel weight option A, B, C
Stahlgewicht Variante D	B 400B	120 t	Steel weight option D



## 2.1 Pfahlvarianten / Pile options

Pfähle / Piles:		
Variante A / Option A:	50 nach außen und innen geneigt 50 inclined to the outside and inside	a/b 45/45 cm
Variante B / Option B:	40 nach außen und innen geneigt 40 inclined to the outside and inside	Ø 51 cm
Variante C / Option C:	34 nach außen und innen geneigt 34 inclined to the outside and inside	Ø 56 cm
Variante D / Option D:	18 vertikal 18 vertical	Ø 100 cm

## 2.2 Ergänzende Anforderungen / Additional requirements

Bei der Planung der Arbeitsebene für den Pfahlbau ist zu beachten, dass die Pfahlanschlussbewehrung über der Geländeoberkante liegt.

Die Planung der Arbeitsebene obliegt dem verantwortlichen Baugrundgutachter. Dieser hat eine Aussage über das zu verwendende Material und über alle auf die Pfähle einwirkenden Zusatzbelastungen, z. B. durch Seitendruck oder durch Auflast auf Schrägpfähle, zu treffen.

*When planning the working platform for pile construction, it must be ensured that the pile connection reinforcement is above the top ground level.*

*The geotechnical expert is responsible for planning the working platform. A statement about the material to be used for the platform and about all additional loads acting on the piles, e.g. due to lateral pressure or load on inclined piles, must be made by the geotechnical expert.*

### 3 Mindestdreh- und -wegfedersteifigkeiten Minimum rotational and translational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte  
für die Dreh- und Wegfedersteifigkeit müssen  
vom Gesamtsystem eingehalten werden:

*The following minimum values  
for the rotational and translational spring stiffness  
must be satisfied by the total system:*

**Baugrund + Pfahlsystem + Fundamentkörper**

**Subsoil + pile system + foundation body**

**Statische Drehfeder**

$k_{\phi, \text{stat}} = - \text{ MNm/rad}$

**Static rotational spring**

**Dynamische Drehfeder**

$k_{\phi, \text{dyn}} = - \text{ MNm/rad}$

**Dynamic rotational spring**

**Dynamische Wegfeder**

$k_{F, \text{dyn}} = 300 \text{ MN/m}$

**Dynamic translational spring**

Die angegebene Werte sind durch einen  
Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified values must be confirmed  
by a geotechnical expert.*

### 4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige  
Differenzsetzung und Gesamtsetzung  
in 25 Jahren,  
bezogen auf den Pfahlkreisdurchmesser:

*Maximum permissible  
differential settlement and total settlement  
within 25 years,  
related to the pile ring diameter:*

**Differenzsetzung  
(Schiefstellung)**

$\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$

**Differential settlement  
(misalignment)**

**Gesamtsetzung**

$s_{\text{ges.}} \leq 3 \text{ mm/m}$

**Total settlement**

### 5 Pfahlkräfte / Pile loads

Für den Nachweis der Pfahltragsicherheit sind  
sowohl Tragfähigkeitsnachweise wie auch  
Gebrauchstauglichkeitsnachweise zu führen.

*Documented evidence of the structural safety  
of piles requires load-carrying analyses and  
proof of serviceability.*

Die Mindesteinbindetiefe der Pfähle ist durch einen  
Sachverständigen der Geotechnik festzulegen.

*The minimum embedment depth of the piles is  
to be determined by a geotechnical expert.*

Es werden **nur die axialen Pfahllasten** für die  
ungünstigste Lastfallkombination angegeben.  
Die Lasten beziehen sich auf Oberkante Pfahl  
ohne Pfahleigengewicht.

**Only axial pile loads** for the worst load case  
combination are indicated. Loads refer to the  
top edge of the pile without considering the  
pile's dead load.

Die hier angegebenen Pfahllasten enthalten ein  
Fundamenteigengewicht  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  sowie eine  
Bodenwichte  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  für die Aufschüttung.

*The pile loads specified here include a dead  
weight of foundation  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  and a  
soil unit weight  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  for the backfill.*

#### Erläuterungen / Explanations:

Anteil infolge ständiger Lasten

$F_G$

*portion due to permanent loads*

Anteil infolge veränderlicher Lasten

$F_Q$

*portion due to variable loads*

Charakteristische Lasten

$F_k$

*characteristic loads*

Bemessungswerte der Lasten

$F_d$

*load design values*

Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten

$\Sigma F$

*sum of permanent and varying loads*

## 5.1 Variante A / Option A

Querschnitt Breite/Breite	45/45 cm	Cross section width/width
Anzahl Pfähle	50	Quantity of piles
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl Neigung nach außen	25 4:1	Quantity outward inclination
Anzahl Neigung nach innen	25 8:1	Quantity inward inclination

### Charakteristische axiale Pfahllasten SLS / Characteristic axial pile loads SLS

Lastfall / Load case		( $\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$ )	$F_{Gk,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gk,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qk}$ in kN	$\Sigma F_k$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.00/1.00)	-666	-	-824	-1490
N / A / T	Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-636	824	188

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
( $\gamma_F = 1,00$ )

Loads do not include partial safety factors  
( $\gamma_F = 1.00$ )

### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten ULS / Design values of axial pile loads ULS

Lastfall / Load case		( $\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$ )	$F_{Gd,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gd,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qd}$ in kN	$\Sigma F_d$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.35/0.90)	-869	-	-1006	-1875
N / A / T	Zug / Tension	(1.35/0.90)	-	-572	1006	434

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte  
( $\gamma_{Auftrieb} = 1,10$ )

All loads include partial safety factors  
( $\gamma_{buoyancy} = 1.10$ )

## 5.2 Variante B / Option B

Querschnitt Durchmesser	51 cm	Cross section diameter
Anzahl Pfähle	40	Quantity of piles
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl Neigung nach außen	20 4:1	Quantity outward inclination
Anzahl Neigung nach innen	20 8:1	Quantity inward inclination

### Charakteristische axiale Pfahllasten SLS / Characteristic axial pile loads SLS

Lastfall / Load case		$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	$F_{Gk,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gk,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qk}$ in kN	$\Sigma F_k$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.00/1.00)	-833	-	-1025	-1858
N / A / T	Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-795	1025	230

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
 $(\gamma_F = 1,00)$

Loads do not include partial safety factors  
 $(\gamma_F = 1.00)$

### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten ULS / Design values of axial pile loads ULS

Lastfall / Load case		$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	$F_{Gd,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gd,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qd}$ in kN	$\Sigma F_d$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.35/0.90)	-1086	-	-1252	-2338
N / A / T	Zug / Tension	(1.35/0.90)	-	-715	1252	537

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte  
 $(\gamma_{Auftrieb} = 1,10)$

All loads include partial safety factors  
 $(\gamma_{buoyancy} = 1.10)$



### 5.3 Variante C / Option C

Querschnitt Durchmesser	56 cm	Cross section diameter
Anzahl Pfähle	34	Quantity of piles
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl Neigung nach außen	17 4:1	Quantity outward inclination
Anzahl Neigung nach innen	17 8:1	Quantity inward inclination

#### Charakteristische axiale Pfahllasten SLS / Characteristic axial pile loads SLS

Lastfall / Load case		$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	$F_{Gk,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gk,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qk}$ in kN	$\Sigma F_k$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.00/1.00)	-980	-	-1200	-2180
N / A / T	Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-935	1200	265

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
 $(\gamma_F = 1,00)$

Loads do not include partial safety factors  
 $(\gamma_F = 1.00)$

#### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten ULS / Design values of axial pile loads ULS

Lastfall / Load case		$(\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max})$	$F_{Gd,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gd,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qd}$ in kN	$\Sigma F_d$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.35/0.90)	-1277	-	-1467	-2744
N / A / T	Zug / Tension	(1.35/0.90)	-	-842	1467	625

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte  
 $(\gamma_{Auftrieb} = 1,10)$

All loads include partial safety factors  
 $(\gamma_{buoyancy} = 1.10)$



## 5.4 Variante D / Option D

Querschnitt Durchmesser	100 cm	Cross section diameter
Anzahl Pfähle	18	Quantity of piles
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl vertikal	18	Quantity vertical

### Charakteristische axiale Pfahllasten SLS / Characteristic axial pile loads SLS

Lastfall / Load case		( $\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$ )	$F_{Gk,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gk,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qk}$ in kN	$\Sigma F_k$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.00/1.00)	-1836	-	-2026	<b>-3862</b>
N / A / T	Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-1755	2026	<b>271</b>

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
( $\gamma_F = 1,00$ )

Loads do not include partial safety factors  
( $\gamma_F = 1.00$ )

### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten ULS / Design values of axial pile loads ULS

Lastfall / Load case		( $\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$ )	$F_{Gd,min}$ in kN ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Gd,max}$ in kN mit Auftrieb with buoyancy	$F_{Qd}$ in kN	$\Sigma F_d$ in kN
N / A / T	Druck / Compression	(1.35/0.90)	-2395	-	-2565	<b>-4960</b>
N / A / T	Zug / Tension	(1.35/0.90)	-	-1577	2565	<b>988</b>

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte  
( $\gamma_{Auftrieb} = 1,10$ )

All loads include partial safety factors  
( $\gamma_{buoyancy} = 1.10$ )

## 6 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

Pfahlvariante / <i>Pile option</i>		A	B	C	D
Anzahl Pfähle / <i>Number of piles</i>		50	40	34	18
Horizontalkraft (Pfahloberkante) / <i>Horizontal force (top edge of pile)</i>	H <sub>d</sub>	72 kN*	91 kN*	107 kN*	203 kN*
Einspannmoment in der Platte / <i>Fixed-end moment in plate</i>	M <sub>d</sub>	-XXX kNm*	-XXX kNm*	-XXX kNm*	-XXX kNm*
Max. Moment in Pfahlmitte / <i>Max. moment at centre of pile</i>	M <sub>d</sub>	XXX kNm*	XXX kNm*	XXX kNm*	XXX kNm*

\* in Abhängigkeit von der anstehenden Bettung /  
*depending on subgrade reaction*

Die Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen dürfen für eine Vorbemessung verwendet werden und sind mit den Bemessungswerten der Pfahlkräfte ungünstig zu kombinieren.

*The design values of the pile stress resultants may be used for a preliminary design and must be combined unfavorably with the design values of the pile loads.*

Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit ist für jeden Standort gemäß ENERCON-Spezifikation "Nachweisführung der inneren Tragfähigkeit von Pfahlssystemen" zu führen.

*The proof of the internal load-bearing capacity must be carried out for each site in accordance with the ENERCON specification document "Verification of internal pile capacity".*

project:	Uitbreiding Windpark Rozenburg
project no:	123220
project no. Enercon:	W-12363
document id:	123220-Uitbreiding windpark Rozenburg - voorontwerp turbinefundering - v1.2

## Appendix 5 – [email gemeente Rotterdam dd26-05-2023]

**Van:** [REDACTED]  
**Verzonden:** vrijdag 26 mei 2023 16:47  
**Aan:** ABR info  
**CC:** [REDACTED]  
**Onderwerp:** [123220I-2023-05-26-1646] Windpark Landtong Rozenburg - fundering turbine; OMV.22.10.00358-01; 2e poging

[File:///N:/123220/Bericht-IN/2023-05-26-1646u-Wolters P.F. \(Paul\)-Windpark Landtong Rozenburg - fundering turbine; OMV.22.10.00358-01; 2e poging.msg](File:///N:/123220/Bericht-IN/2023-05-26-1646u-Wolters P.F. (Paul)-Windpark Landtong Rozenburg - fundering turbine; OMV.22.10.00358-01; 2e poging.msg)

Geachte [REDACTED]

Aangaande uw Voorontwerp Turbinefundering (dd 10-5-2023) voor de windmolen het volgende:

1. Wij hebben niet alle stukken waar U uw advies op gebaseerd heeft. Enkel het Technical Data Sheet (Deep Foundation) is in ons bezit.  
Kunt U de andere documenten laten indienen?
2. U concentreert zich in het VO met name op de palen (aantal en afmeting).  
Het is echter natuurlijk ook van belang dat de funderingsplaat de veroorzaakte krachten kan afvoeren naar die palen. Onze bedenkingen (waar bij de andere windmolen Haliade aanpassingen volgden van de plaat) zijn de volgende:
  - Door de palen aan de buitenkant van de fundering te plaatsen in combinatie met de zwaar verjongde funderingsplaat, ontstaan er problemen om de krachten (buiging in de verjongde doorsnede iem verschoven momentenlijn, dwarskracht/pons in het verjongde deel) in te leiden in de palen;
  - Er wordt een wapeningsvrijezone in het hart van de funderingsplaat aangegeven. Hier zal echter zeker wapening moeten komen te liggen vanuit mechanica principes (los van of daar leidingen liggen of dat dat lastig is ivm de radiale wapening);
  - Het al te zeer verhogen van de betonkwaliteit is niet direct een goede optie vanuit warmteontwikkeling in het massabeton;
3. Momenteel heeft U geen berekeningen (invoer en uitvoeren) toegevoegd maar enkel specifieke resultaten van berekeningen.  
Wij wijzen erop dat in een later stadium deze berekeningen (met definitieve keuzes) overlegd zullen moeten worden.

Tot zover staan wij op het standpunt dat wij op constructief vlak de vergunning niet gaan tegenhouden.

De huidige keuze van de funderingsplaat zal echter zeer waarschijnlijk tot problemen leiden.

Wij adviseren U bovenstaande punten serieus te beschouwen zodat stagnatie van het heiwerk niet hoeft plaats te vinden. Dit gebeurde reeds eerder bij de Haliade en het lijkt zich hier nu weer te gaan voordoen.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]  
adviseur bouwconstructies  
Gemeente Rotterdam  
Stadsontwikkeling  
Afdeling Bouw-en Woningtoezicht  
Postbus 6575  
3002 AN Rotterdam  
Telefoon [REDACTED]

[REDACTED]  
adviseur bouwconstructies  
Gemeente Rotterdam  
Stadsontwikkeling  
Afdeling Bouw-en Woningtoezicht  
Postbus 6575

3002 AN Rotterdam

Telefoon [REDACTED]

[REDACTED]

---

Vindt u deze informatie onduidelijk? Wij geven graag een toelichting.  
Geef het door aan de afzender wanneer deze e-mail niet voor u is en verwijder dit bericht.