

RAPPORT

Tweede fase haalbaarheid derde windturbine E-82 op deponie Sortiva te Alkmaar

Conceptueel geotechnisch en constructief
funderingsontwerp

Klant: Sortiva B.V.

Referentie: BI1738-RHD-WM-RM-RP-GT-0002

Status: Definitief/4

Datum: 13 december 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Tweede fase haalbaarheid derde windturbine E-82 op deponie Sortiva te Alkmaar
Sub titel: Conceptueel geotechnisch en constructief funderingsontwerp
Referentie: BI1738-RHD-WM-RM-RP-GT-0002
Status: 4/Definitief
Datum: 13 december 2023
Projectnaam: Windturbine Sortiva
Projectnummer: BI1738
Auteur(s): Jurgen Cools

Opgesteld door: Jurgen Cools en Koen van de Water

Gecontroleerd door: Ilse Hergarden

Datum: 13/12/2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Referenties	2
2.1	Projectspecifieke documenten	3
2.2	Normen en richtlijnen	3
3	Projectbeschrijving	4
3.1	Huidige en toekomstige situatie	4
3.2	Project specifieke eisen	7
3.3	Raakvlakken	8
4	Risico's en faalmechanismen	9
5	Geotechnische berekeningen	10
5.1	Belastingen	10
5.2	Dimensies funderingsblok	10
5.3	Ontwerpbenadering	11
5.4	Berekeningsresultaten	12
6	Constructieve berekeningen	16
6.1	Algemeen	16
6.2	Indicatieve uitwerking bakconstructie variant 1	16
7	Advies haalbaarheid fundering op staal	18

Tabellen

Tabel 5-1: karakteristieke waarden van de belastingen windturbine op boutniveau (zonder buoyancy)	10
Tabel 5-2: Materiaalfactoren voor grond	11
Tabel 5-3: Weerstandsfactoren	11
Tabel 5-4: berekeningsresultaten geotechnische analyses voor een fundering met gronddekking (variant 3)	12
Tabel 5-5: berekeningsresultaten geotechnische analyses voor een fundering zonder gronddekking (variant 1 en 2)	13
Tabel 5-6: verificatie dynamische rotatiestijfheid	14
Tabel 5-7: verificatie statische rotatiestijfheid	15

Tabel 5-8: statische en dynamische beddingsconstante voor het stortmateriaal variant 1 en 2	15
Tabel 6-1: overzicht varianten	16
Tabel 7-1: trade-off-matrix verbetermaatregelen	20

Figuren

Figuur 1-1: projectlocatie met beoogde positie van de windturbine	1
Figuur 3-1: maatvoering stort (bron Sortiva, bestand 'Deponie na 2030 met stortvakken nieuwe versie 2013.png')	4
Figuur 3-2: Vogelvlucht weergave van het Sortiva-terrein met daarop de locatie van de voorgenomen windturbine gevisualiseerd [Sortiva1]	5
Figuur 3-3: Zijaanzicht weergave van het Sortiva-terrein met daarop de locatie van de voorgenomen windturbine gevisualiseerd [Sortiva1]	5
Figuur 5-1: afmetingen funderingsblok	10

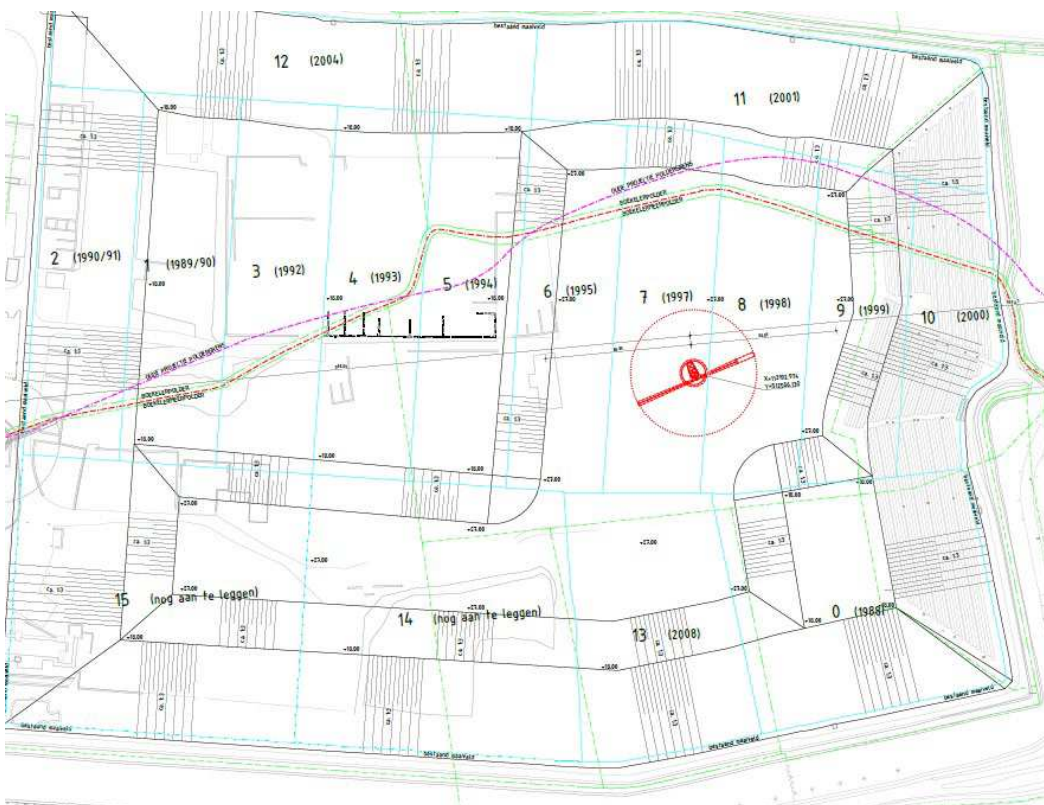
Bijlagen

Bijlage 1: Geotechnische berekening
Bijlage 2: Varianten van de fundatie
Bijlage 3: constructieberekeningen voor optie 1

1 Inleiding

Aanleiding

Op de deponie van Sortiva Deponie B.V. gelegen binnen de inrichting van Sortiva B.V. aan de Boekelerdijk 13 te Alkmaar is in het geldende bestemmingsplan Boekelermeer Noord de mogelijkheid geïmpliceerd om een derde windturbine te plaatsen. De locatie van derde windturbine op de deponie is aangegeven in Figuur 1-1. De overige twee windturbines zijn geplaatst op het terrein van Sortiva naast de deponie.



Figuur 1-1: projectlocatie met beoogde positie van de windturbine

Of de turbine geplaatst kan worden op de deponie hangt onder meer af van de mogelijkheid om een constructief en geotechnisch veilige fundatie te realiseren. Voor de fundering kan géén gebruik gemaakt worden van een paalfundatie tot in de ondergrond in verband met een onderafdichting onder het stortlichaam. De onderafdichting mag niet doorboord worden door palen, noch aanvullend belast worden door (de funderingsconstructie van) de windturbine waardoor de ligging van de stortzool wordt verlaagd. Het voornemen is om een fundering op staal toe te passen, bestaande uit een ronde betonnen plaat, al dan niet met een vijzelconstructie om zakking en scheefstand te compenseren. Bij een dergelijke fundering wordt de haalbaarheid vooral bepaald door de sterkte en stijfheid van het stortmateriaal.

Vraagstelling

Sortiva heeft Royal HaskoningDHV gevraagd een verkennend onderzoek te doen naar de geotechnische opbouw en materiaaleigenschappen van het stortlichaam. Daarnaast is gevraagd om de mogelijkheden voor een fundering op staal te onderzoeken.

De geotechnische opbouw en eigenschappen van het stortmateriaal zijn in juli 2022 in opdracht van Royal HaskoningDHV door Fugro onderzocht. De resultaten en interpretatie van de resultaten zijn afzonderlijk beschreven in een geotechnisch interpretatierapport [RHDHV1].

Doelstelling

Dit rapport betreft het conceptuele geotechnische en constructieve ontwerp van de windturbinefundering. Op basis van verkennende berekeningen wordt bepaald of voldoende veiligheid kan worden behaald en welke maatregelen eventueel nodig zijn.

Revisie

In versie 1 van de definitieve rapportage is voor de dimensionering van het funderingsblok uitgegaan van een windturbintype E-70 met een masthoogte van 84 m.

In versie 2 is uitgegaan van het type E-82 met een ashoogte van 57 m. Deze beperkte masthoogte is vanwege de verhoogde ligging op het stort.

In versie 3 zijn de berekeningen aangepast voor een ringvormige fundering in plaats van een cirkelvormige fundering. Onder de fundering wordt in het centrum een samendrukbare laag aangebracht (diameter 4,405 m).

In versie 4 zijn enkele tekstuele aanpassing gedaan en is het aanlegniveau van de nieuwe fundering gecorrigeerd van NAP +22,8 m naar NAP +23,2 m.

2 Referenties

2.1 Projectspecifieke documenten

Grondonderzoeken

- [RHDHV1] Royal HaskoningDHV, Haalbaarheid derde windturbine deponie Sortiva te Alkmaar, Geotechnisch Interpretatie Rapport. Kenmerk BI1738-RHD-WM-RM-RP-GT-0001. 6 oktober 2022.
- [Fugro1] Fugro, Geotechnisch onderzoek derde windturbine deponie Sortiva te Alkmaar, Rapportage veldwerk. Definitief, kenmerk 2421-200982 Alkmaar, 27 juli 2022.
- [Fugro2] Fugro, Downhole seismisch onderzoek deponie Sortiva te Alkmaar. Definitief, kenmerk 2422-212542. 22 August 2022

Specificaties windturbine

- [Enercon1] Enercon, Foundation Data Sheet - Flat Foundation without Buoyancy, E-82 E4/S/57/4K/01. Document ID D0377270-1, revision 1. 3 June 2015.

Overige documenten

- [Sortiva1] Sortiva, memo Haalbaarheid derde windturbine deponie Sortiva. Versie 1.0, 16 maart 2022.

2.2 Normen en richtlijnen

Het funderingsontwerp is gebaseerd op de methodiek volgens de volgende normen en richtlijnen:

- [NEN9997-1] NEN-EN 9997-1:2019 'Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp: Deel-1 - Algemene regels.
- [IEC61400-1] Wind turbines, Part 1: Design requirements, IEC 61400-1, Fourth edition, 2019 (Red Line Version), International Electrotechnical Commission.

3 Projectbeschrijving

3.1 Huidige en toekomstige situatie

Huidige situatie

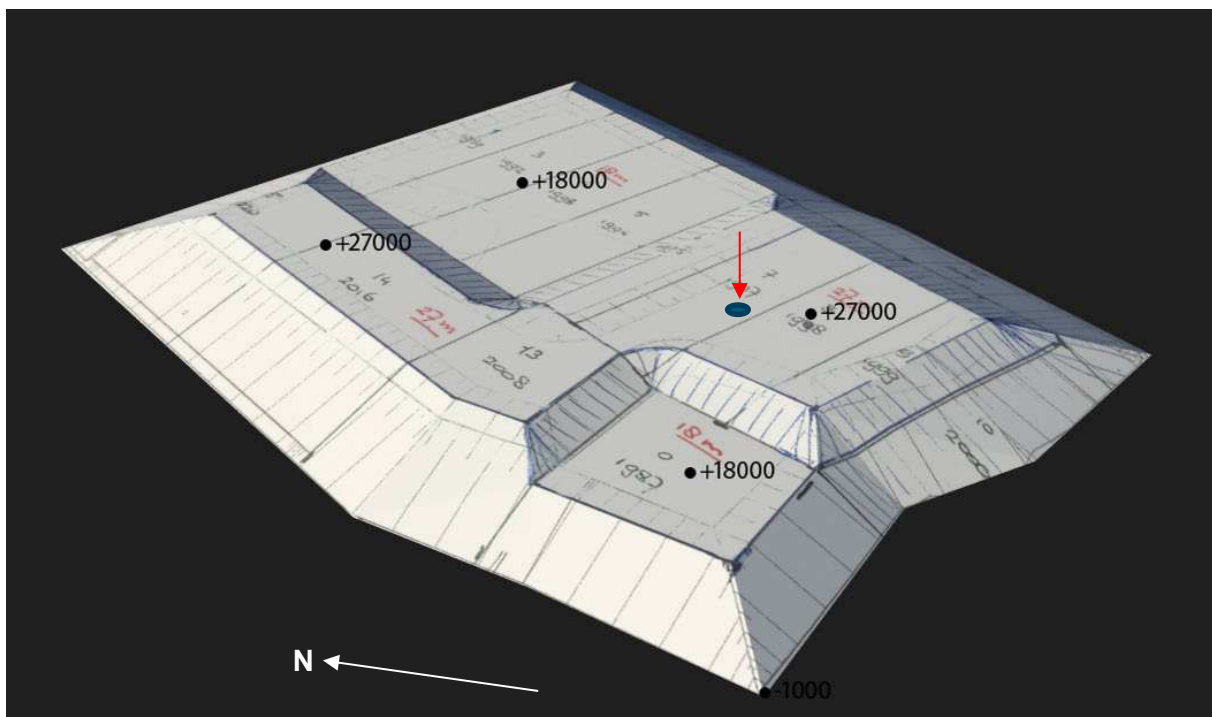
Sortiva is een bedrijf dat verschillende soorten afvalstoffen beheert voor maximale hoogwaardige nuttige toepassing. Ook beschikt Sortiva over een deponie, voor de verwerking van niet nuttig toe te passen en niet brandbare afvalstoffen.

De deponie waarop de derde windturbine is geprojecteerd is sinds 1976 in eigendom van Sortiva. Vanaf 1976 is voornamelijk residu bouw- en sloopafval gestort. Naderhand is het stortlichaam ter plaatse ontgraven en zijn de vrijkomende nuttig toe te passen afvalstoffen gesorteerd. Na de ontgraving is in 1997 een bodembeschermende onderafdeling (een combinatieafdeling bestaande uit een HDPE-folie van 2 mm dikte en een laag Trisoplast® van 100 mm dikte) aangebracht. De huidige hoogte van het stortlichaam bedraagt NAP +26,8 m.

Aan weerszijden van de deponie zijn windturbines aanwezig. De huidige turbines zijn van het type E-70 E4 met een ashoogte van gemiddeld NAP +84,8 m en een vermogen van 2.3 MW.

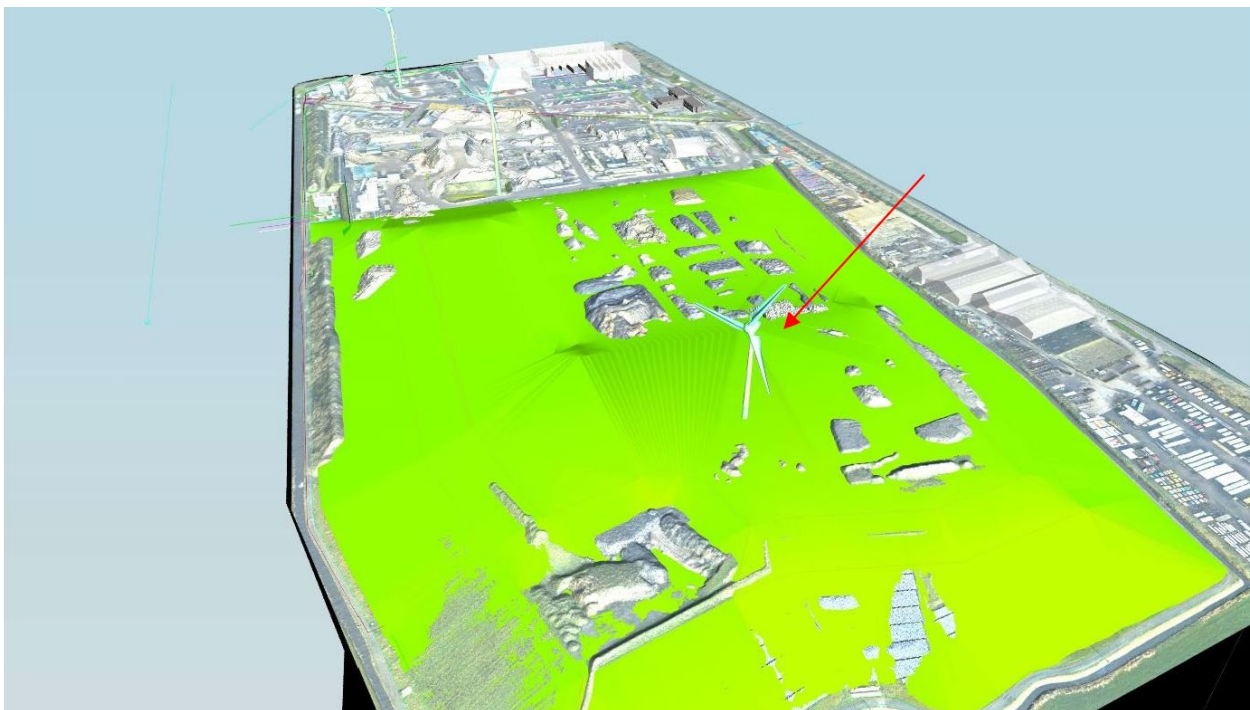
Toekomstige situatie

De nieuwe windturbine is voorzien op het hoogste deel van het stortlichaam met de bovenzijde van de deklaag op NAP +26,8 m, zie Figuur 3-1. Aan de zuidwestelijke zijde is op ongeveer 50 m afstand vanuit het hart van de windturbine een talud met een helling 1:3 gelegen. De windturbine is voorzien ter plaatse van stortcompartiment 7, nabij de overgang met stortcompartiment 8. De coördinaten in het hart van de fundering zijn x=112.193,0 en y=512.566,1.

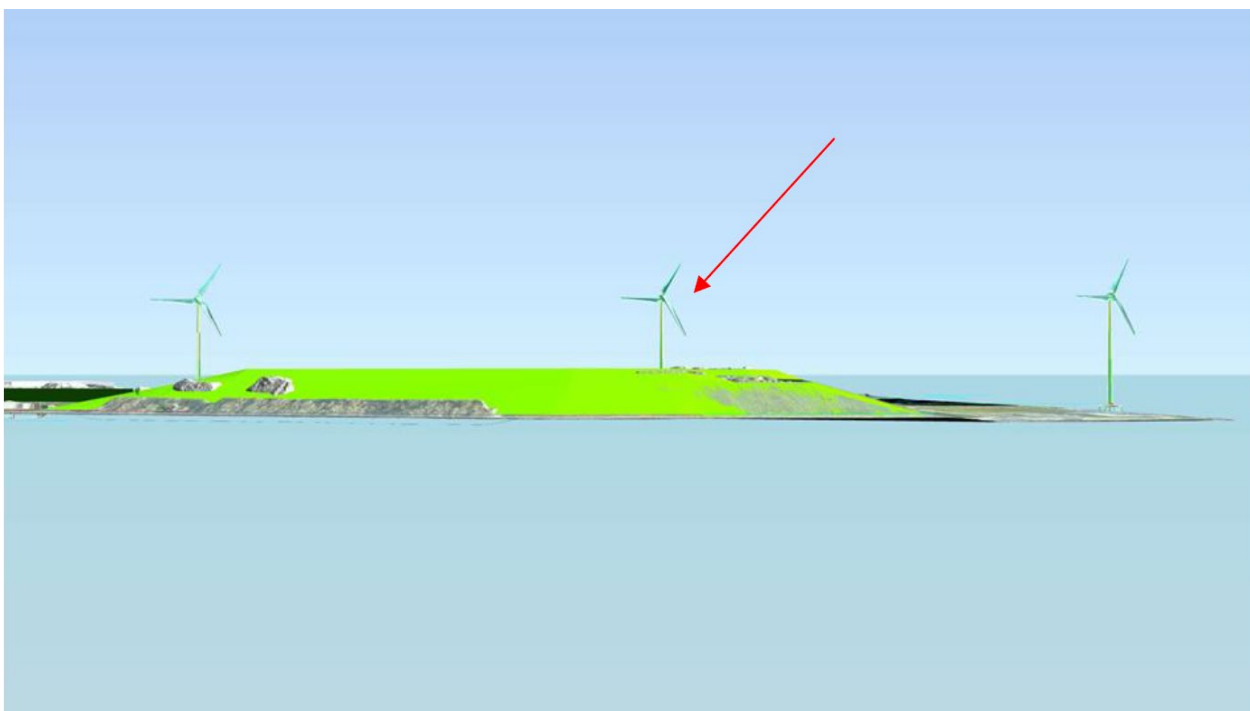


Figuur 3-1: Maatvoering stortlichaam (bron Sortiva, bestand 'Deponie na 2030 met stortvakken nieuwe versie 2013.png')

De windturbine is hoger geïnstalleerd ten opzichte van de andere windturbines. Om aan het uitgangspunt van een lijnopstelling te kunnen voldoen, wordt de windturbine uitgevoerd met een kortere mastlengte, zie Figuur 3-2 en Figuur 3-3.

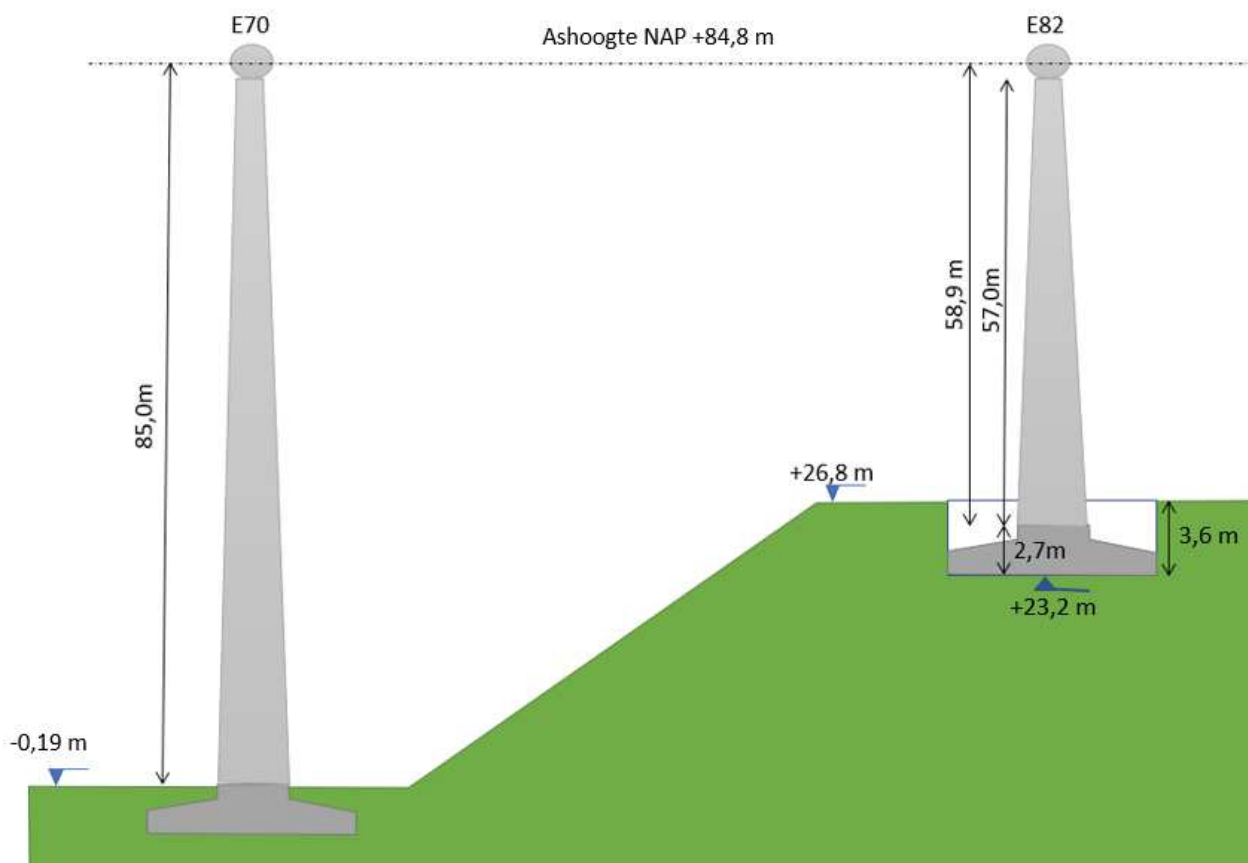


Figuur 3-2: Vogelvlucht weergave van het Sortiva-terrein vanuit het zuiden met daarop de voorgenomen locatie van de derde windturbine gevisualiseerd [Sortiva1]



Figuur 3-3: Zijaanzicht weergave van het Sortiva-terrein vanuit het westen met daarop de voorgenomen locatie van de derde windturbine gevisualiseerd [Sortiva1]

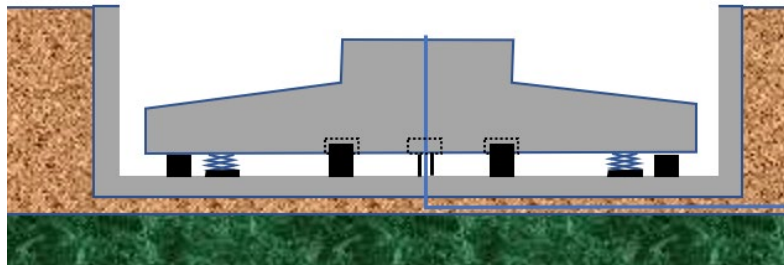
Voor de nieuwe windturbine wordt uitgegaan van het type E-82 met een masthoogte van 57 m, een ashoogte 58,9 m en een hoogte van de fundering van 2,7 m. Bij een aanleghoogte van NAP +22,8 m komt hiermee de ashoogte op gelijk niveau als de bestaande windturbines, zie onderstaande figuur.



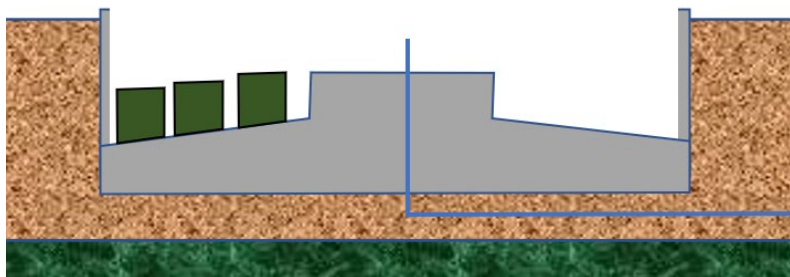
Figuur 3-4: aanleghoogte windturbine

In deze fase van het project worden voor de funderingswijze 3 varianten beschouwd. De varianten zijn hieronder aangegeven en nader beschreven in Bijlage 1.

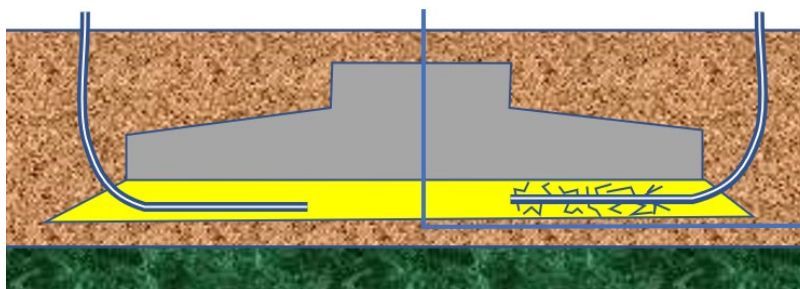
Variant 1: vijzelconstructie



Variant 2: fundering met ballast



Variant 3: compenserend grouten



3.2 Project specifieke eisen

Aanlegniveau en afwerking fundering

Enercon gaat uit van een ronde fundering met een grondafdekking. Dit is uitsluitend bij variant 3 het geval.

Rotatiestijfheid

Volgens de specificatie voor het funderingsbelastingen [Enercon1] dient te worden voldaan aan:

- minimale dynamische rotatiestijfheid $k_{\phi, \text{dyn}} = 40 \text{ GNm/rad}$.
- minimale statische rotatiestijfheid $k_{\phi, \text{stat}} = 5 \text{ GNm/rad}$

Horizontale stijfheid

In de specificatie voor het funderingsontwerp [Enercon1] wordt geen eis gesteld aan de horizontale dynamische stijfheid ($k_{h, \text{dyn}}$).

Scheefstand gebruiksgrenstoestand

Door Enercon is in [Enercon1] gesteld dat de maximale scheefstand als gevolg van zetting niet groter mag zijn dan 3 mm/m gedurende 25 jaar. Voor verificatie van deze eis wordt uitgegaan van de karakteristieke extreme belasting (BGT).

Gronddruk

Enercon eist dat de ondergrond een belasting moet kunnen weerstaan van 196 kN/m^2 [Enercon 1]. Niet gespecificeerd is of dit een karakteristieke waarde of rekenwaarde betreft.

Gapping (klaffende fuge)

Een gangbare eis is dat bij operationele belastingen in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) de gehele fundatie onder druk dient te blijven. Voor deze eis is afgeleid dat de excentriciteit (e) kleiner dient te zijn dan $\frac{1}{4}$ van de straal (R) van het fundament.

3.3 Raakvlakken

In deze fase van het project is nog niet gekeken naar interne en externe raakvlakken. Raakvlakken die in een latere fase beschouwd dienen te worden zijn o.a.:

- Raakvlakken tussen de fundering en de kraanopstelplaats: mogelijk is een beïnvloeding (zakking) van het fundament door een kraanbelastingen op het stortlichaam;
- Raakvlakken tussen fundering en de bekabeling voor energie- en datatransport: aansluiting van kabels door de fundering dient mogelijk te zijn;
- Raakvlak met de afdeklaag van het stortlichaam, uitsluitend indien het duurzaam storten (de deponie van Sortiva is aangewezen als locatie voor potentieel duurzaam stortbeheer) geen doorgang vindt: de fundering dient water- en gasdicht aan te sluiten op de afdeklaag. Ook dient regenafslag te kunnen worden afgevoerd zonder infiltratie in het stortlichaam en zonder erosie van de deklaag;
- Raakvlak met de belasting en beïnvloeding van de ligging van de onderafdichtingsconstructies van de stortcompartimenten.

4 Risico's en faalmechanismen

Geotechnische en constructieve risico's

Vanuit de eisen, de raakvlakken en de geotechnische condities [RHDHV1] zijn de volgende risico's geïdentificeerd:

- Instabiliteit windturbine door overschrijding draagvermogen ondergrond (stortlichaam);
- Instabiliteit windturbine door onvoldoende rotatiestijfheid;
- Overschrijding scheefstandeis door ontoelaatbare zetting in de ondergrond (autonome zetting van het stortlichaam en zetting door belasting van de fundering), mede door klink als gevolg van biologische afbraak en/of ontwatering van het stortlichaam;
- Erosie van de afdeklaag rondom de fundering door afstromend regenwater (regenafslag);
- Afname constructieve sterkte door bio-chemische aantasting van de fundering.

Faalmechanismen

Ter voorkoming van de risico's zijn in deze verkennende fase de volgende geotechnische faalmechanismen beschouwd:

- Draagvermogen ondergrond in de uiterste grenstoestand;
- Stabiliteit tegen horizontaal schuiven in de uiterste grenstoestand;
- Gapping (fundering in druk onder operationele belastingen in de bruikbaarheidsgrenstoestand);
- Vervorming (rotatie/scheefstand) in de bruikbaarheidsgrenstoestand.

5 Geotechnische berekeningen

5.1 Belastingen

Op het funderingsblok (boutniveau) werken de belastingen (karakteristieke waarden) uit Tabel 5-1 [Enercon1]. Opgemerkt wordt dat in deze fase nog niet is gekeken naar vermoeiingsbelastingen.

Tabel 5-1: karakteristieke waarden van de belastingen windturbine op boutniveau (zonder buoyancy)

Belasting	Symbool	Eenheid	Extreem	Operationeel
Horizontaal	F_x	[kN]	942	560
Verticaal	F_z	[kN]	16.731	16.613
Moment	M_y	[kNm]	54.762	27.433
Rotatiemoment	M_z	[kNm]	3.802	0

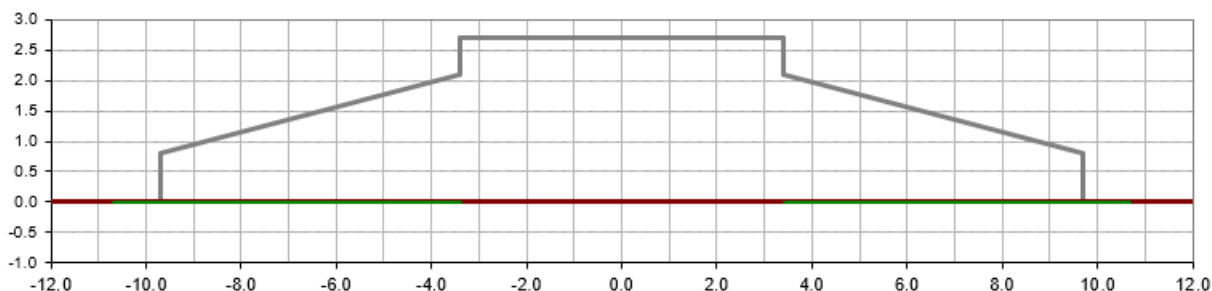
5.2 Dimensies funderingsblok

Op basis van de eisen en specificaties voor het turbinetype E-82 E4 57 zijn de volgende randvoorwaarden gehanteerd voor het ontwerp van een fundering op staal:

- De minimale diameter bedraagt 17,0 m;
- De dikte in het midden bedraagt 2,70 m;
- De diameter van de opstort is 6,80 m;
- De hoogte van de opstort is 0,60 m;
- Onder fundering wordt een samendrukbare laag aangebracht met een diameter 4,405 m.
- Beton kwaliteit is C30/37;
- Staalkwaliteit is B 400B en B 500B.

Op basis van indicatieve berekeningen blijkt dat bij de minimale diameter van 17,0 m niet aan de eisen voor de rotatiestijfheid en scheefstand kan worden voldaan. Om tenminste aan de statische rotatiestijfheidseis te voldoen is een diameter van minimaal **19,4 m** noodzakelijk.

Daarnaast kan de dikte aan de rand worden gereduceerd tot 0,80 m om de verticale belasting van de fundering te minimaliseren. Het talud van het schuine deel blijft hiermee binnen 12° , wat uitvoerbaar wordt geacht. De resulterende afmeting van de funderingen zijn weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-1: minimale afmetingen funderingsblok

Aanlegniveau

Zoals aangegeven in paragraaf 3.1 wordt uitgegaan van een verdiepte aanleg op 3,6 m onder maaiveld, ofwel onderkant fundering op NAP +23,2 m.

Grondafdekking

Voor variant 3 wordt uitgegaan van afdekking met grond met een volumegewicht van 15 kN/m³.

5.3 Ontwerpbenadering

De geotechnische berekeningen zijn uitgevoerd volgens ontwerpbenadering DA3 conform Eurocode 7 met de volgende combinatie van partiële factoren:

Combinatie: (A1 * or A2 †) "+" M2 "+" R3

Waarin:

A1/A2 = Partiële belastingfactoren (A1 voor constructieve en A2 voor geotechnische belastingen)
M2 = Partiële materiaalfactoren
R3 = Partiële weerstandsfactoren

Partiële belastingfactoren

Partiële belastingfactoren zijn overeenkomstig [IEC] voor windklasse IEC 2a in plaats van de Eurocode 7. Voor de uiterste grenstoestand zijn de volgende factoren gehanteerd:

- Ongunstig: $\gamma_F = 1,35$
- Gunstig: $\gamma_F = 0,90$

Voor de bruikbaarheidsgrenstoestand zijn de belastingfactoren gelijkgesteld aan $\gamma_F = 1,00$.

Partiële materiaalfactoren

Materiaalfactoren zijn overgenomen uit Eurocode 7 behorend bij betrouwbaarheidsklasse RC2. Een overzicht van de gehanteerde materiaalfactoren is gegeven in Tabel 5-2.

Tabel 5-2: Materiaalfactoren voor grond

Parameter	Symbool	Waarde (set M2)
Hoek van inwendige wrijving*	$\gamma_{\varphi'}$	1,15 (op $\tan \varphi'$)
Effectieve cohesie	$\gamma_{c'}$	1,60
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	1,35
Volumegewicht	γ_{γ}	1,10

Weerstandsfactoren voor fundering op staal

De gehanteerde weerstandsfactoren voor een fundering op staal zijn hieronder aangegeven:

Tabel 5-3: Weerstandsfactoren

Parameter	Symbool	Waarde (set R3)
Draagkracht	$\gamma_{R,v}$	1,0
Horizontaal glijden	$\gamma_{R,h}$	1,0

5.4 Berekeningsresultaten

In Bijlage 2 zijn de ontwerpberekeningen voor de fundering op staal toegevoegd. In Tabel 5-4 en Tabel 5-5 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 5-4: berekeningsresultaten geotechnische analyses voor een fundering met gronddekking (variant 3)

Bearing capacity; check extreme eccentricity ($e > 0.6R$)

Load case	Eccentricity e [m]	$0.6R$ [m]	Resistance factor bearing capacity for $e \geq 0.6R$
Operational (factored)	0.75	5.82	No extreme eccentricity
Extreme (factored)	1.47	5.82	No extreme eccentricity

Bearing Capacity

Load case	V_d [kPa]	R_d [kPa]	Resistance factor γ_R [-]	Verification EC7
Operational (factored)	242	726	3.0	$R_f \geq 1.0$
Extreme (factored)	280	600	2.1	$R_f \geq 1.0$

Stability against sliding

Load case	H_d [kPa]	R_d [kPa]	Resistance factor γ_R [-]	Verification EC7
Operational (factored)	756	13762	18.2	$R_f \geq 1.0$
Extreme (factored)	2028	13804	6.8	$R_f \geq 1.0$

Foundation Gapping (Klaffende Fuge)

Load case	Eccentricity e [m]	$R/4$ [m]	$0.6R$ [m]	Verification $e < R/4$ or $e < 0.6R$
Operational (unfactored)	0.75	2.43	-	No gapping
Extreme (unfactored)	1.47	-	5.82	No gapping

Overturning

Load case	Moverturning [kNm]	M_r [kNm]	Resistance factor	Verification EC7
Operational	39076	-508327	13.0	$R_f \geq 1.0$
Extreme	79405	-509873	6.4	$R_f \geq 1.0$

Tilting/inclination

Load case	Expected [mm/m]	Permissible [mm/m]	Verification	Measure
Operational	4.4	1	Meer dan toegestaan	Nader te bepalen
Extreme	7.2	3	Meer dan toegestaan	Nader te bepalen

Tabel 5-5: berekeningsresultaten geotechnische analyses voor een fundering **zonder** gronddekking (variant 1 en 2)

Bearing capacity; check extreme eccentricity ($e > 0.6R$)

Load case	Eccentricity e [m]	$0.6R$ [m]	Resistance factor bearing capacity for $e \geq 0.6R$
Operational (factored)	1.04	5.82	No extreme eccentricity
Extreme (factored)	2.05	5.82	No extreme eccentricity

Bearing Capacity

Load case	V_d [kPa]	R_d [kPa]	Resistance factor γ_R [-]	Verification EC7
Operational (factored)	184	676	3.7	$R_f \geq 1.0$
Extreme (factored)	223	524	2.4	$R_f \geq 1.0$

Stability against sliding (alleen variant 2)

Load case	H_d [kPa]	R_d [kPa]	Resistance factor γ_R [-]	Verification EC7
Operational (factored)	756	9852	13.0	$R_f \geq 1.0$
Extreme (factored)	2044	9893	4.8	$R_f \geq 1.0$

Foundation Gapping (Klaffende Fuge)

Load case	Excentricity e [m]	$R/4$ [m]	$0.6R$ [m]	Verification $e < R/4$ or $e < 0.6R$
Operational (unfactored)	1.04	2.43	-	No gapping
Extreme (unfactored)	2.05	-	5.82	No gapping

Overturning

Load case	Moverturning [kNm]	M_r [kNm]	Resistance factor	Verification EC7
Operational	39076	-363880	9.3	$R_f \geq 1.0$
Extreme	79448	-365425	4.6	$R_f \geq 1.0$

Tilting/inclination

Load case	Expected [mm/m]	Permissible [mm/m]	Verification	Measure
Operational	3.2	1	More than allowed	Nader te bepalen
Extreme	5.9	3	More than allowed	Nader te bepalen

Verificatie draagvermogen

Geen sprake is van extreme eccentriciteit. Maatgevend is de draagkracht tijdens extreme belastingen. Met een weerstandsfactor van minimaal 2,1 wordt ruimschoots voldaan aan de eis van 1,0.

Verificatie stabiliteit tegen horizontaal schuiven

De weerstand tegen horizontaal schuiven is met een weerstandsfactor van minimaal 4,8 ruimschoots meer dan de vereiste waarde van 1,0 en dus voldoende.

Verificatie gapping

Bij de gekozen afmeting blijft de eccentriciteit (e) binnen het toelaatbare maximum ten aanzien van het 'gapping-criterium'. In de bruikbaarheidsgrenstoestand blijft de fundering voldoende onder druk.

Verificatie kantelen

Ondanks dat 'kantelen' niet als faalmechanisme wordt beschouwd in Eurocode 7, is aangetoond op basis van het momentenevenwicht dat er geen gevaar is voor kantelen.

Verificatie scheefstand

Uit een zettingsanalyse blijkt dat de te verwachten scheefstand als gevolg van verschilzetting door permanent statische belasting en additionele scheefstand door dynamische belastingen groter is dan de toelaatbare scheefstand van 1 en 3 mm/m. De berekende scheefstand is 6 à 7 mm/m onder extreme belastingen. Rekening houden met onzekerheid in de modellering en materiaaleigenschappen dient rekening te worden gehouden met **5 à 9 mm/m**.

Opgemerkt wordt dat in deze scheefstand geen rekening is gehouden met eventuele kruip van het stortlichaam onder invloed van het eigen gewicht en klink door bio-degradatie van het materiaal en/of ontwatering. De zakking en scheefstand kan hierdoor groter zijn dan berekend.

Geadviseerd wordt om maatregelen te nemen in de bouwfase en/of gebruiksfase om de scheefstand te minimaliseren of te compenseren. De maatregelen zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 7.

Verificatie rotatiestijfheid

Aan de hand van de afgeleide dynamische grondstijfheid (gewogen gemiddelde) is de dynamische rotatiestijfheid afgeleid, zie Tabel 5-6. In de afleiding is aangenomen dat de grond onder de fundering volledig onder druk blijft onder extreme omstandigheden: dit is geldig omdat de excentriciteit minder is dan ¼ van de straal van de fundering.

Tabel 5-6: verificatie dynamische rotatiestijfheid

$$k_{\phi} = \frac{8 \cdot G \cdot r^3}{3 \cdot (1 - \nu)}$$

Parameter	Symbool	Waarde	Eenheid
Dynamische glijdingsmodulus	G	13,6	MN/m ²
Straal (equivalent voor het belast oppervlak)	r	9,70	m
Poissons's ratio	ν	0,35	-
Dynamische rotatiestijfheid	k _φ ;dyn	50.800	MNm/rad
Vereiste dynamische rotatiestijfheid	k _φ ;dyn	40.000	MNm/rad
Verificatie		Voldoet	

Voor beide varianten wordt voldaan aan de rotatiestijfheidseis

Verificatie statische rotatiestijfheid

Aan de hand van de afgeleide waarde voor de glijdingsmodulus G bij grote rekken is de statische rotatiestijfheid bepaald, zie Tabel 5-7. Uit de resultaten blijkt dat voldaan wordt aan de eis.

Tabel 5-7: verificatie statische rotatiestijfheid

$$k_{\varphi} = \frac{8 \cdot G \cdot r^3}{3 \cdot (1 - \nu)}$$

Parameter	Symbool	Waarde	Eenheid
Glijdingsmodulus voor grote rekken	G	1,4	MN/m ²
Straal (equivalent voor het belast oppervlak)	r	9,70	m
Poissons's ratio	ν	0,35	-
Statische rotatiestijfheid	$k_{\varphi;stat}$	5.080	MNm/rad
Vereiste statische rotatiestijfheid	$K_{\varphi;stat}$	5.000	MNm/rad
Verificatie:		Voldoet	

Beddingsconstante

Op basis van de optredende statische en dynamische belastingen en de te verwachte vervormingen is een inschatting gemaakt van de beddingsconstante, zie Tabel 5-8.

Tabel 5-8: statische en dynamische beddingsconstante voor het stortmateriaal variant 1 en 2

Parameter	Statisch	Dynamisch	Eenheid
Belasting	99,1	65,7	kPa
Vervorming	91,8	5,3	mm
Beddingsconstante k_v	1.080	12.419	kN/m ³
Beddingsconstante k_v	1.08	12.4	MN/m³

6 Constructieve berekeningen

6.1 Algemeen

Uit de geotechnische analyses in het vorige hoofdstuk is gebleken dat zonder maatregelen de scheefstand van de standaard Enercon fundering groter is dan de vereiste 3 mm/m. Daarnaast wordt met de standaard plaatdiameter van 17,0 m niet voldaan aan de eisen voor de dynamische en statische rotatiestijfheid. Een diameter van 19,4 m is nodig of de stijfheid van het stortmateriaal dient verhoogd te worden.

Verschillende maatregelen zijn mogelijk om na realisatie van de fundering de scheefstand te compenseren. In paragraaf 3.1 is al aangegeven dat daarvoor 3 constructievarianten worden beschouwd (zie ook bijlage 1). De varianten zijn in Tabel 6-1 nogmaals aangegeven.

Tabel 6-1: overzicht varianten

Variant	Fundering	Grondverbetering/voorbelaasting
1. Fundering met een vijzelconstructie	Uitwendige bak met minimaal 19,4 m diameter.	Ja, nodig voor minimaliseren scheefstand
2. Fundering met ballast	Standaard Enercon met 17,0 m diameter.	Ja, nodig om te voldoen aan de rotatiestijfheidseis en minimaliseren scheefstand
	Ronde plaat met minimaal 19,4 m diameter.	Ja, nodig voor minimaliseren scheefstand
3. Fundering met compenserend grouten	Standaard Enercon met 17,0 m diameter.	Ja, nodig om te voldoen aan de rotatiestijfheidseis en minimaliseren scheefstand
	Ronde plaat met minimaal 19,4 m diameter.	Ja, nodig voor minimaliseren scheefstand

Voor variant 1 “Fundering met vijzelconstructie” is een uitwendige bak voorzien waarin de fundatie is opgenomen. De bak dient minimaal de diameter van 19,4 m te hebben in verband met de rotatiestijfheidseis maar voor toegankelijkheid van de vijzels waarvoor rondom de fundatie 600mm wordt aangehouden is een minimale breedte van de bak van 20,6 m noodzakelijk. Een optimalisatie van de fundatie ten opzichte van de standaard Enercon is voor variant 1 in dit hoofdstuk beschouwd.

6.2 Indicatieve uitwerking bakconstructie variant 1

Maatgevend voor de minimaal benodigde diameter is dat geen trek op de ondersteuning komt, omdat geen trek opgenomen kan worden bij de opleggingen/stiepen. De minimale diameter is circa 18,8 m waarbij de hoogtematen gelijk zijn gehouden met het ontwerp van Enercon (zie bijlage 3).

Inschatting van de dikte van de wand en vloer van de verdiepte bak is bepaald op basis van pons vanuit de stiepen en grondruk tegen de wand van de verdiepte bak.

Vloerdikte verdiepte bak

De ponskracht is gelijk aan de maximale oplegdruk vanuit het ontwerp van de fundatie. In bijlage 3 is deze indicatief bepaald bij toepassen van 40 stiepen van 500x500 mm.

De vloer dient minimaal 300 mm dik te zijn met aan de rand van de vloer een verdikte strook waar de stiepen zijn voorzien een dikte van 500 mm.

Wanddikte verdiepte bak

Gerekend is met een grondgewicht van 18 kN/m^3 en bovenbelasting van 30 kN/m^2 naast de wand waarbij uit is gegaan van een neutrale gronddruk $\gamma_n = 0,5$. Geen grondwaterdruk is gerekend, vanwege de afwezigheid van schijnwaterspiegels in het bovenste deel van het stortlichaam.

Minimale wanddikte is 500 mm bij de aansluiting op de vloer van de bak en mag verlopen naar 250 mm bij de bovenrand, zie uitvoer raamwerkberekening in bijlage 3.

7 Advies haalbaarheid fundering op staal

Haalbaarheid fundering op staal

Op basis van geotechnisch onderzoek en een indicatieve geotechnische en constructieve analyse kan worden geconcludeerd dat een fundering op staal mogelijk is, mits:

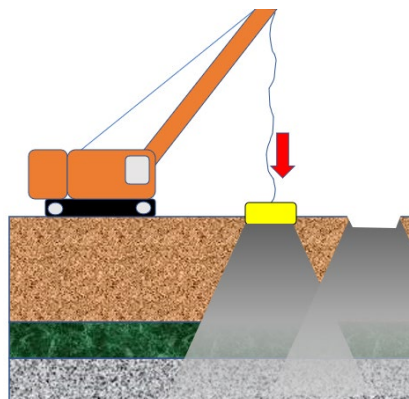
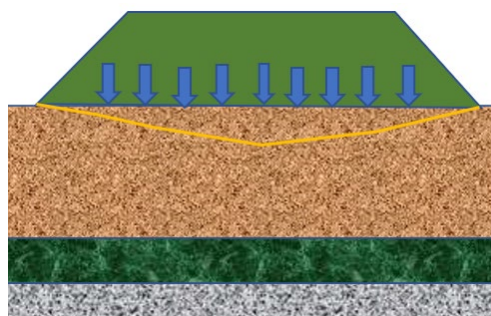
- de diameter van de fundering minimaal 19,4 m is;
- maatregelen worden genomen in de bouwfase om de stijfheid van het stortmateriaal te verhogen (in geval van de standaard fundering met een diameter 17,0 m), en;
- maatregelen worden genomen om excessieve scheefstand van de fundering te compenseren in de gebruiksfase.

Ten aanzien van de scheefstand geldt dat niet voldaan kan worden aan de eis voor een maximale scheefstand van 3 mm/m bij extreme belastingen. Verwacht wordt een zetting van 0,09 à 0,13 m met een bijbehorende scheefstand van 5 tot 9 mm/m, uitgaande van 50% ongelijkmatige zetting op de totaalzetting. Extra zakking en scheefstand kan optreden door autonome zakking van het stort onder het eigen gewicht. Maatregelen zijn nodig om excessieve scheefstand van de fundering te voorkomen en/of te compenseren.

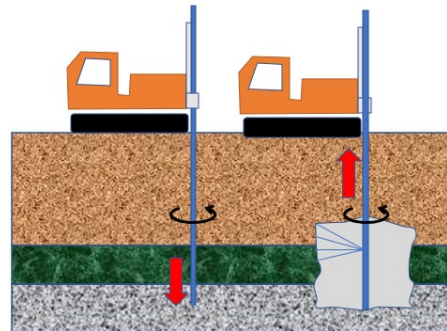
Mogelijke verbetermaatregelen

Om de dynamische stijfheid te verhogen en/of de scheefstand te verkleinen kunnen de volgende maatregelen worden overwogen:

- Maatregelen in de bouwfase:
 - Voorbelasten van het stortlichaam ter plaatse van de fundering met grond
 - Dynamische verdichting van het stortmateriaal

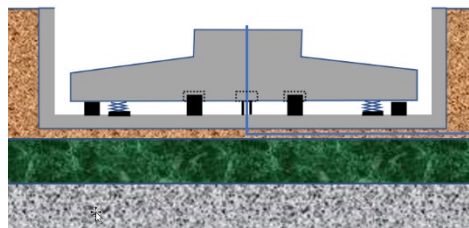


- Grondverbetering door bijvoorbeeld menging met cement (cutter soil mixing, jet grouten)

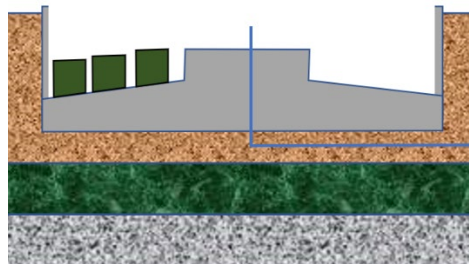


- Maatregelen in de gebruiksphase ter compensatie van scheefstand:

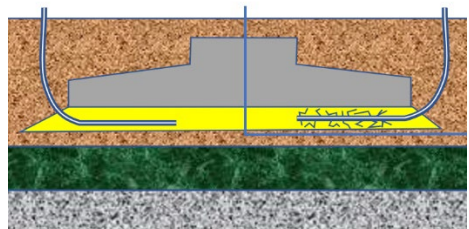
- Fundering met een vijzelconstructie



- Ballasten van de fundering met gewichten op de fundering



- Compenserend injecteren/grouten



Afweging maatregelen

Middels een trade-off-matrix zijn de maatregelen met elkaar vergeleken, zie Tabel 7-1. De maatregelen in de bouw- en gebruiksphase zijn afzonderlijk beschouwd.

Uit de trade-off-matrix blijkt dat de voorkeur uitgaat naar:

- Voorbelasten met grond (of andersoortig zwaar materiaal) voorafgaand aan de bouw;
- Variant 2 met ballasten van de fundering.

Tabel 7-1: trade-off-matrix verbetermaatregelen

Maatregel		Beïnvloeding onderaafdichting	PDS - aansluiting op toekomstige afdichting	Ontwerp			Realisatie			Gebruik		Kosten		Overig			
				Afvoer regenwater (geconcentreerd)	Robuustheid voor onzekerheid stijfheid stort	Robuustheid voor onzekerheid sterkte stortmateriaal	Robuustheid voor autonome zetting stort (ongelijkmatig)	Maakbaarheid in stortmateriaal	Kwaliteit uitvoering	Beperken bouwtijd	Levensduur	Veiligheid omgeving	Duurzaamheid (impact op milieu)		Beheer- en onderhoudskosten	Aanlegkosten	
Bouwfase	wegingsfactor (1-5):	5			1	1	1	5	3	2		1	2		5	1	Score
1	Voorbelasten stort met grond	2			3	1	2	3	3	1		2	2		3	2	65
2	Dynamische verdichting	2			2	2	2	1	2	2		2	2		2	2	49
3	Grondverbetering met injectie/soil mixing	1			1	2	3	1	1	2		2	1		1	1	33
Gebruiksfase	wegingsfactor (1-5):	5	5	1	5	5	5	3	3	1	5	1	2	3	3	1	Score
1	Fundering met vizelconstructie	2	2	1	2	2	2	1	2	1	3	1	2	1	1	2	79
2	Ballasten fundering	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	86
3	Compenserend grouten onder de fundering	2	3	3	1	1	1	1	1	3	1	2	2	1	2	1	58

Uitleg scores:

3

2

1

Scoort hoog op dit aspect in verhouding tot andere typen fundering

Scoort gemiddeld op dit aspect in verhouding tot andere typen fundering

Scoort laag op dit aspect in verhouding tot andere typen fundering

Advies vervolgfase

Voor een vervolgfase wordt geadviseerd het volgende in beschouwing te nemen:

- Het effect van de belasting op de onderaafdichtingsconstructie (hoogteligging stortzool): met een eindige elementenberekening kan de belastingspreiding in het stortlichaam worden gemodelleerd en kan de vervorming van de onderaafdichting worden bepaald;
- Het kwantificeren van de gevolgen van klink door biologische afbraak en/of ontwatering van het stortlichaam, in relatie tot duurzaamstorten;
- De inrichting en fundering van de kraanopstelplaats. Verwacht wordt dat een grondverbetering dan wel een immobilisatielaag nodig is, om de kraanbelastingen te spreiden en vervormingen te minimaliseren;
- De benodigde betonkwaliteit om (bio-)chemische aantasting te voorkomen;
- De benodigde maatregelen om ontsnappen van stortgas te voorkomen, indien geen bovenafdichting wordt aangebracht;
- De benodigde maatregel voor afvoer van regenwater ter voorkoming van erosie van de afdeklaag.

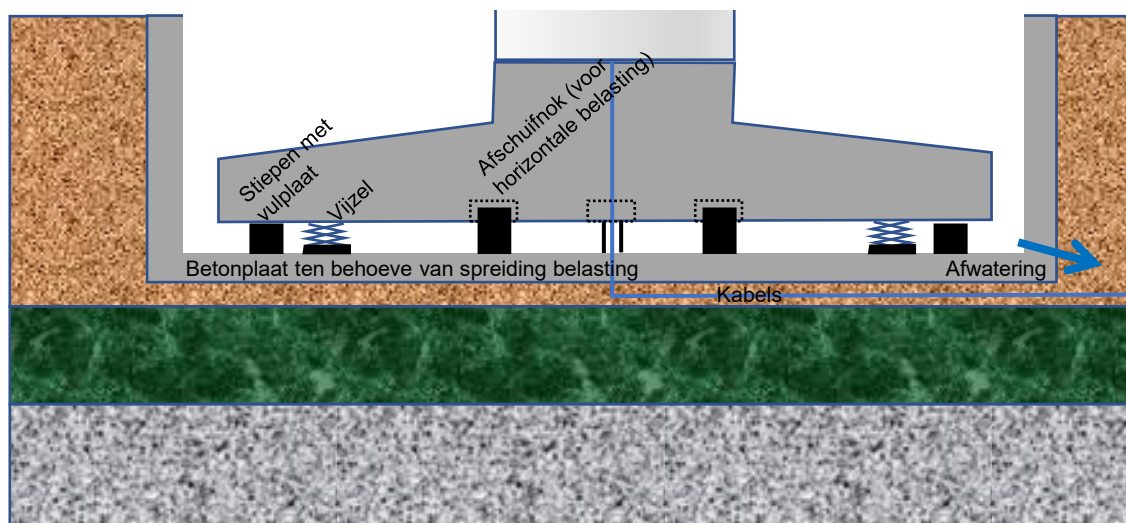
Bijlage 1: Varianten van de fundatie

Optie 1 – stellen met vijzels

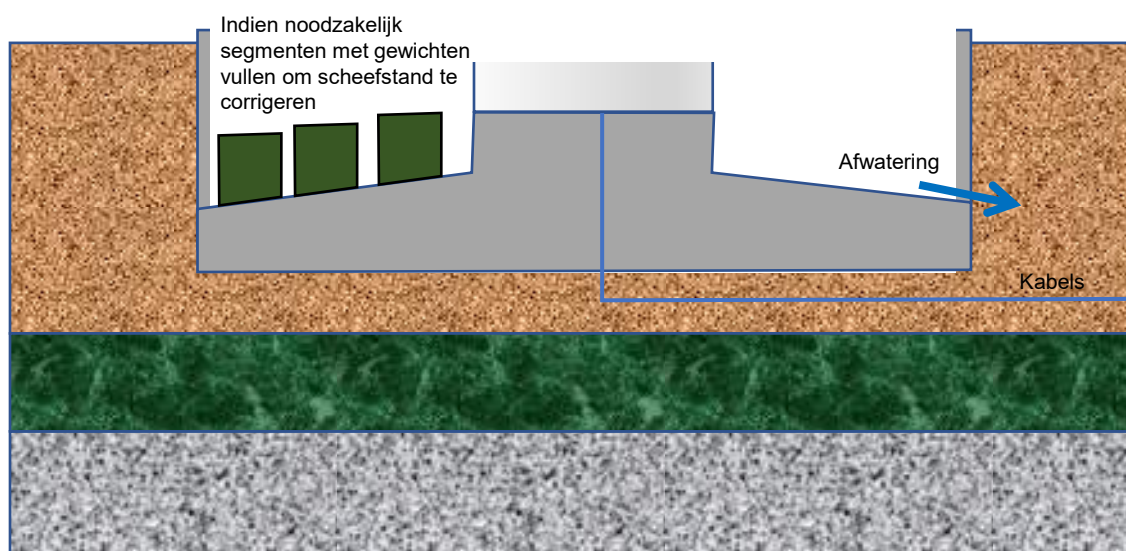
Optie 2 – stellen met ballasten

Optie 3 – stellen met pressure grouting

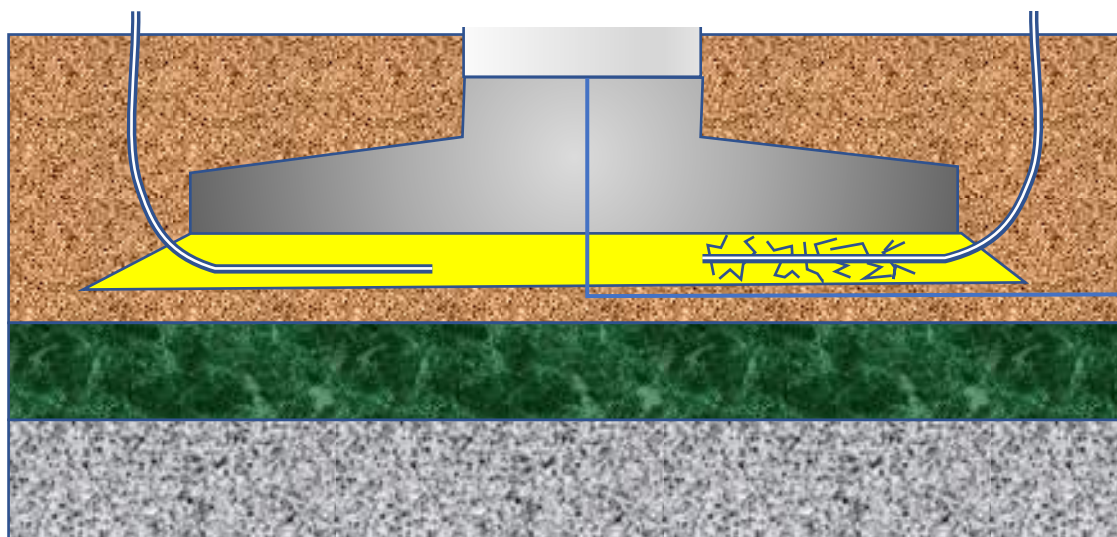
1. Optie met vijzels



2. Optie met ballasten



3. Optie met compenserend gROUTEN



Bijlage 2: Geotechnische berekening

Fundering op staal zonder gronddekking

SHALLOW CIRCULAR SPREAD FOUNDATION ON SOIL
Geotechnical foundation design according to Eurocode 7 (NEN-EN9997-1)

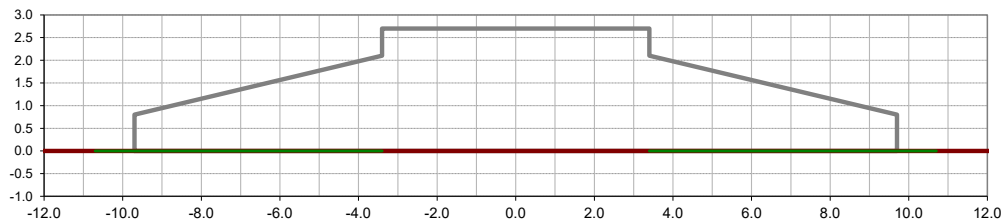
Project Name:	Windturbine Sortiva op stort		
Project Area:	Alkmaar		
Type of foundation :	Tapered circular base		
Top foundation (centre)	2.70 m REF	REF=NAP+22.8 m	Ontwerp als een ring fundering
Terrain level:	0 m REF		
Ground inclination	0.0 DEGREES		
Foundation level:	0.00 m REF		
Ground water level	-10 m REF		

DESIGN APPROACH (for factored calculation)

		Action	Soil	Reaction
Design approach EC	3	A1 IEC	M2	R3
Combination	1	Partial factors A1 conform IEC61400-1, not EC!		
Fz Favourable or Unfavourable	U			
Action Normal / Abnormal	N			

GEOMETRY

Load			
Radius foot (l3)	9.70	[m]	
Diameter flat centre (Dsocket)	6.80	[m]	
Height centre (h=h1+h2+h3)	2.70	[m]	
Slab height (h1)	0.80	[m]	Angle<11 degrees: 11.7 degrees
Cone height (h2)	1.30	[m]	
Pedestal height (h3)	0.60	[m]	
Height between GL and top cone (h6)	-2.10	[m]	(negative value above initial ground level)
Height pedestal above GL	2.70	[m]	
Compressible layer diameter	4.405	[m]	No contact with subsoil in this area
Depth foundation below GL (h5)	0.00	[m]	
Initial eff. Pressure at foundation Level	51.0	[kPa]	1 m afdeklaag+3 m afval
Backfill above surface (h4)	0.00	m	
Effective unit weight backfill	15.00	[kN/m³]	Kleige afdekgrond
Backfill, total above foundation area	0	[kN]	
Backfill, total above GL	0	[m³]	Geen backfill boven maaiveld
Volume concrete	447.0	[m³]	



SOIL PARAMETERS

Parameter	Characteristic value	
Angle of internal friction	[degrees]	25
Effective cohesion	[kPa]	0
Unit weight	[kN/m³]	12
Undrained cohesion	[kPa]	0
Elastic modulus soil Es	[kPa]	51400
Poisson's ratio v	[-]	0.35
Concrete unit weight	[kN/m³]	25

Effective unit weight waste fill
drained calculation
deformations calculated separately

LOADS FROM WIND TURBINE

Turbine type:		E-82 E4/S/57/4K/01 without bouyancy	
Load		extreme DLC1.4	operational DLC1.0
Horizontal load	Fx [kN]	942	560
Vertical load	Fz [kN]	16731	16613
Overturning moment (incl M _{add,tot})	My [kNm]	54762	27433
Rotational moment	Mz [kNm]	3802	0

SAFETY CHECKS

Bearing capacity; check extreme excentricity (e>0.6R)

Load case	Excentricity e [m]	0.6R [m]	Resistance factor bearing capacity for e≥0.6R
Operational (factored)	1.04	5.82	No extreme excentricity
Extreme (factored)	2.05	5.82	No extreme excentricity

Bearing Capacity

Load case	Vd [kPa]	Rd [kPa]	Resistance factor γ _s [-]	Verification EC7
Operational (factored)	184	676	3.7	Rf≥1.0
Extreme (factored)	223	524	2.4	Rf≥1.0

Stability against sliding

Load case	Hd [kPa]	Rd [kPa]	Resistance factor γ _s [-]	Verification EC7
Operational (factored)	756	9852	13.0	Rf≥1.0
Extreme (factored)	2044	9893	4.8	Rf≥1.0

Foundation Gapping (Klaffende Fuge)

Load case	Excentricity e [m]	R/4 [m]	0.6R [m]	Verification e<R/4 or e<0.6R
Operational (unfactored)	1.04	2.43	-	No gapping
Extreme (unfactored)	2.05	-	5.82	No gapping

Overturning

Load case	Moverturning [kNm]	Mr [kNm]	Resistance factor	Verification EC7
Operational	39076	-363880	9.31	Rf≥1.0
Extreme	79448	-365425	4.60	Rf≥1.0

SHALLOW CIRCULAR FOUNDATION (design of wind turbines)

Project Name:	Windturbine Sortiva op stort	Royal HaskoningDHV
Project Area:	Alkmaar	Resilience & Maritime Netherlands
Type of foundation :	Tapered circular base	Amersfoort
Top foundation (centre)	2.7 m REF	
Terrain level:	0 m REF	
Foundation level:	0 m REF	
Load situation	- ULTIMATE LIMIT STATE - EXTREME LOAD FOR NORMAL LOAD CASES	
Design approach EC	3	Action A1 IEC
Combination	1	Soil M2
Fz Favourable or Unfavourable	U	Reaction R3
Action Normal / Abnormal	N	

GEOMETRY

Load		
Radius foot	9.70	[m]
Diameter flat centre	6.80	[m]
Height centre	2.70	[m]
Height edge	0.80	[m]
Height below ground water	-10.00	[m]
Surcharge (eff. press. found. level)	51.00	[kN/m2]
Backfill	0	[kN]

LOADS

EXTREME LOAD FOR NORMAL LOAD CASES				
Load mast and turbine		Representative	Partial factor	Design
Fxy	[kN]	942	1.35	1272
Fz	[kN]	16731	1.35	22587
Mxy	[kNm]	54762	1.35	73929
Mz	[kNm]	3802	1.35	5133
h	[m]	2.7		
Mot	[kNm]	57305		77362
Load own weight footing		Representative	Partial factor	Design
Fz own weight footing	[kN]	11175	1.35	15086
Upward water load	[kN]	0	1.0	0
Backfill	[kN]	0	1.35	0
Fz total	[kN]	27906		37673

FOUNDATION MATERIALS

Type of material:	Sand (moderate dense)	Representative	Partial factor	Design
Angle of internal friction	[degrees]	25	1.15	22.1
Effective cohesion	[kPa]	0	1.60	0.0
Unit weight	[kN/m3]	12	1.10	10.9
Undrained cohesion	[kPa]	0	1.35	0.0

EFFECTIVE LOADING AREA

e	2.05	[m]	eccentricity
A	280.4	[m2]	Area ring footing
Aeff	216.5	[m2]	Effective area x-direction
Leff	16.4	[m]	Equivalent rectangular effective length
Beff	13.2	[m]	Equivalent rectangular effective width
Le	19.0	[m]	Elliptical effective length
Be	15.3	[m]	Elliptical effective width

For circular footings, not

CORRECTION FOR TORQUE

Correction for torque (Mz) according to Hansen (1978)				
		Representative	Partial factor	Design
Fxy equivalent	[kN]	1514	1.35	2044

BEARING CAPACITY - normal loading - DNV Guideline

$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_o * g_o * N_g * s_g * i_g * g_g$				
(Do instead of Beff for centricly loaded ring footing)				
O. Sargazi, E. Seyedi Hosseininia / Computers and Geotechnics 92 (2017) 169–177				
For ring foundation:				
Bearing capacity factors x		e [m]=	2.05	
Nq =	4.0	D0 [m]=	19.4	
Nq =	7.9	n [-]=	0.227	
Nc =	17.0			
Reduction factor for eccentric loaded ring foundation: Rf= 0.60				
Shape factors x		$R_f = 1 - \exp[0.4(1 - n)] \left(\frac{e}{D_o} \right)^{0.55}$		
sg =	0.68	$R_f = \frac{q_{ult(e)}}{q_{ult(e=0)}}$		
sq =	1.16			
sc =	1.16			
Load Inclination factors x				
iq =	0.80			
iq =	0.89			
ic =	0.89			
Ground Inclination factors x (Brinch)				
λg =	1.00			
λq =	1.00			
λc =	1.00			
qd;ring, centric =	648	[kN/m2]	Design bearing capacity	(based on D0 for a ring foundation)
qd;ring;eccentric =	391	[kN/m2]	Design bearing capacity	(reduced based on Rf)
Partial factor R=	1.00			
Qz;d =	223	[kN/m2]	Design foundation pressure	
Factor of safety =	1.76			
Check F.O.S.>1	OK			

BEARING CAPACITY - normal loading - Eurocode 7

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g'_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

Ng =	5.6	[-]
Nq =	7.9	[-]
Nc =	17.0	[-]

Shape factors x

sg =	0.70	[-]
sq =	1.38	[-]
sc =	1.43	[-]

Load Inclination factors x

mb	1.55	[-]
ml	1.45	[-]
m	1.50	[-]
ig =	0.87	[-]
iq =	0.92	[-]
ic =	0.91	[-]

Ground inclination factors (Brinch Hansen)

λg =	1.00	[-]
λq =	1.00	[-]
λc =	1.00	[-]

qd:ring, centric =	868	[kN/m2]
qd:ring,eccentric =	524	[kN/m2]
Partial factor R =	1.00	[-]
Qz;d =	223	[kN/m2]
Factor of safety =	2.35	[-]
Check F.O.S.>1	OK	

(based on D0 for a ring foundation)
(reduced based on Rf)

EXTREMELY ECCENTRIC LOADINGExtremely eccentric loading when $e > 0.6 \cdot R$

ex =	2.05	[m]
0.6·R =	5.82	[m]
e <= 0.6B	OK	

BEARING CAPACITY - extremely eccentric loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * (1.05 + (\tan \phi)^3) + D_0 * g'_o * N_g * s_g * i_g$$

Bearing capacity factors x

Ng =	4.0	[-]
Nc =	17.0	[-]

Shape factors x

sg =	0.68	[-]
sc =	1.16	[-]

Load Inclination factors x

ig =	0.89	[-]
ic =	0.95	

qd:ring, centric =	516	[kN/m2]	Design bearing capacity
qd:ring,eccentric =	312		
Partial factor R =	1.00	[-]	
Qz;d =	223	[kN/m2]	Design foundation pressure
Factor of safety =	1.40	[-]	
Check F.O.S.>1	OK		

SLIDING

$$H < A_{eff} * c(ud) + V * \tan(2/3\phi)$$

H =	2044	[kN]
A _{eff} *c+V*tan(phi) =	9893	[kN]
Partial factor R =	1.00	[-]
Factor of safety	4.84	[-]
FOS>1	OK	

A_{eff} for ring footing

OVERTURNING

	Forces [kN]	Partial factor [-]	arm [m]	M [kNm]
Horizontal	1514	1.35	2.7	5519
Overturning moment	54762	1.35	-	73929
Vertical	-27906	1.35	9.7	-365425
Partial factor R	1.0			
F.O.S	4.60			
F.O.S.>1	OK			

SHALLOW CIRCULAR FOUNDATION (design of wind turbines)

Project Name:	Windturbine Sortiva op stort	Royal HaskoningDHV
Project Area:	Alkmaar	Resilience & Maritime Nether
Type of foundation :	Tapered circular base	Amersfoort
Top foundation (centre)	2.7 m REF	
Terrain level:	0 m REF	
Foundation level:	0 m REF	
Load situation	SERVICEABILITY LIMIT STATE - EXTREME LOAD FOR NORMAL LOAD CASES	
Design approach EC	1	Action
Combination	3	Soil
Fz Favourable or Unfavourable	U	Reaction
Action Normal / Abnormal	N	R1

GEOMETRY

Load		
Radius foot	9.70	[m]
Diameter flat centre	6.80	[m]
Height centre	2.70	[m]
Height edge	0.80	[m]
Height below ground water	-10.00	[m]
Surcharge (eff. press. found. level)	51.00	[kN/m2]
Backfill	0	[kN]

LOADS

EXTREME LOAD FOR NORMAL LOAD CASES

Load mast and turbine		Representative	Partial factor	Design
Fxy	[kN]	942	1.00	942
Fz	[kN]	16731	1.00	16731
Mxy	[kNm]	54762	1.00	54762
Mz	[kNm]	3802	1.00	3802
h	[m]	2.7		
Mot	[kNm]	57305		57305
Load own weight footing		Representative	Partial factor	Design
Fz own weight footing	[kN]	11175	1.00	11175
Upward water load	[kN]	0	1.0	0
Backfill	[kN]	0	1.00	0
Fz total	[kN]	27906		27906

FOUNDATION MATERIALS

Type of material:	Sand (dense)			
		Representative	Partial factor	Design
Angle of internal friction	[degrees]	25	1.00	25.0
Effective cohesion	[kPa]	0	1.00	0.0
Unit weight	[kN/m3]	12	1.00	12.0
Undrained cohesion	[kPa]	0	1.00	0.0

EFFECTIVE LOADING AREA

e	2.05	[m]	eccentricity
A	280.4	[m2]	Area
Aeff	216.51	[m2]	Effective area x-direction
Leff	16.38	[m]	Equivalent rectangular effective length
Beff	13.21	[m]	Equivalent rectangular effective width
Le	18.96	[m]	Elliptical effective length
Be	15.29	[m]	Elliptical effective width

For circular footir

CORRECTION FOR TORQUE

Correction for torque (Mz) according to Hansen (1978)

		Representative	Partial factor	Design
Fxy equivalent	[kN]	1514	1.00	1514

BEARING CAPACITY - normal loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

Ng =	6.5	[-]
Nq =	10.7	[-]
Nc =	20.7	[-]

For ring foundation:

e =	2.05
D0 =	19.4
n =	0.227

Reduction factor for eccentric loaded ring foundation: Rf= 0.60

Shape factors x

sg =	0.68	[-]
sq =	1.16	[-]
sc =	1.16	[-]

Load Inclination factors x

ig =	0.80	[-]
iq =	0.89	[-]
ic =	0.89	[-]

Ground Inclination factors x (Brinch I)

λg =	1.00	[-]
λq =	1.00	[-]
λc =	1.00	[-]

qd;ring, centric =	973	[kN/m2]
qd;ring,eccentric =	588	[kN/m2]
Partial factor R=	1.00	[-]
Qz;d =	164.8	[kN/m2]
Factor of safety =	5.91	[-]
Check F.O.S.>1	OK	

Design bearing capacity
Design bearing capacity
Design foundation pressure

(based on D0 for a ring found
(reduced based on Rf)

BEARING CAPACITY - normal loading - Eurocode 7

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

$N_g =$	9.0	[-]
$N_q =$	10.7	[-]
$N_c =$	20.7	[-]

Shape factors x

$s_g =$	0.70	[-]
$s_q =$	1.42	[-]
$s_c =$	1.47	[-]

Load Inclination factors x

$m_b =$	1.55	[-]
$m_l =$	1.45	[-]
$m =$	1.50	[-]
$i_g =$	0.87	[-]
$i_q =$	0.92	[-]
$i_c =$	0.91	[-]

Ground inclination factors (Brinch Hansen)

$\lambda_g =$	1.00	[-]
$\lambda_q =$	1.00	[-]
$\lambda_c =$	1.00	[-]

qd;ring, centric =	1,350	[kN/m2]
qd;ring;eccentric =	815	[kN/m2]
Partial factor R=	1.00	[-]
Qz;d =	165	[kN/m2]
Factor of safety =	8.19	[-]
Check F.O.S.>1	OK	

EXTREMELY ECCENTRIC LOADINGExtremely eccentric loading when $e > 0.6 * R$

$e_x =$	2.05	[m]
$0.6 * R =$	5.82	[m]
$e \leq 0.6B$	OK	

BEARING CAPACITY - extremely eccentric loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * (1.05 + (\tan \phi)^3) + D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g$$

Bearing capacity factors x

$N_g =$	6.5	[-]
$N_c =$	20.7	[-]

Shape factors x

$s_g =$	0.68	[-]
$s_c =$	1.16	[-]

Load Inclination factors x

$i_g =$	0.89	[-]
$i_c =$	0.95	[-]

qd;ring, centric =	914	[kN/m2]	Design bearing capacity
qd;ring;eccentric =	552	[kN/m2]	Design bearing capacity
Partial factor R=	1.0	[-]	
Qz;d =	165	[kN/m2]	Design foundation pressure
Factor of safety =	5.5	[-]	
Check F.O.S.>1	OK		

SLIDING

$$H < A_{eff} * c_{(ud)} + V * \tan(2/3\phi)$$

H=	1514	[kN]
$A_{eff} * c + V * \tan(\phi) =$	8354	[kN]
Partial factor R =	1.0	[-]
Factor of safety	5.5	[-]
FOS>1	OK	

OVERTURNING

	Forces [kN]	Partial factor [-]	arm [m]	M [kNm]
Horizontal	1514	1.00	2.7	4088
Overturning moment	54762	1.00	-	54762
Vertical	-27906	1.00	9.7	-270686
Partial factor R	1.0			
F.O.S	4.6			
F.O.S.>1	OK			

SHALLOW CIRCULAR FOUNDATION (design of wind turbines)

Project Name:	Windturbine Sortiva op stort	Royal HaskoningDHV
Project Area:	Alkmaar	Resilience & Maritime Nether
Type of foundation :	Tapered circular base	Amersfoort
Top foundation (centre)	2.7 m REF	
Terrain level:	0 m REF	
Foundation level:	0 m REF	
Load situation	- ULTIMATE LIMIT STATE - OPERATIONAL LOADS	
Design approach EC	3	Action
Combination	1	Soil
Fz Favourable or Unfavourable	U	Reaction
Action Normal / Abnormal	N	R3
Partial factors A1 conform IEC61400-1, not EC!		

GEOMETRY

Radius foot	9.70	[m]
Diameter flat centre	6.80	[m]
Height centre	2.70	[m]
Height edge	0.80	[m]
Height below ground water	-10.00	[m]
Surcharge (eff. press. found. level)	51.00	[kN/m2]
Backfill	0	[kN]

LOADS

EXTREME LOAD FOR NORMAL LOAD CASES

Load mast and turbine		Representative	Partial factor	Design
Fxy	[kN]	560	1.35	756
Fz	[kN]	16613	1.35	22428
Mxy	[kNm]	27433	1.35	37035
Mz	[kNm]	0	1.35	0
h	[m]	2.7		
Mot	[kNm]	28945		39076
Load own weight footing		Representative	Partial factor	Design
Fz own weight footing	[kN]	11175	1.35	15086
Upward water load	[kN]	0	1.0	0
Backfill	[kN]	0	1.35	0
Fz total	[kN]	27788		37513

FOUNDATION MATERIALS

Type of material:	Sand (dense)	Representative	Partial factor	Design
Angle of internal friction	[degrees]	25	1.15	22.1
Effective cohesion	[kPa]	0	1.60	0.0
Unit weight	[kN/m3]	12	1.10	10.9
Undrained cohesion	[kPa]	0	1.35	0.0

EFFECTIVE LOADING AREA

e	1.04	[m]	eccentricity
A	280.4	[m2]	Area
Aeff	255.25	[m2]	Effective area x-direction
Leff	16.86	[m]	Equivalent rectangular effective length
Beff	15.14	[m]	Equivalent rectangular effective width
Le	19.29	[m]	Elliptical effective length
Be	17.32	[m]	Elliptical effective width

CORRECTION FOR TORQUE

Correction for torque (Mz) according to Hansen (1978)

		Representative	Partial factor	Design
Fxy equivalent	[kN]	560	1.35	756

BEARING CAPACITY - normal loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

N _q =	4.0	[-]
N _c =	7.9	[-]
N _c =	17.0	[-]

For ring foundation:

e =	1.04
D ₀ =	19.4
n =	0.227

Reduction factor for eccentric loaded ring foundation: R_f = 0.73

Shape factors x

s _g =	0.64	[-]
s _q =	1.18	[-]
s _c =	1.18	[-]

Load Inclination factors x

i _g =	0.92	[-]
i _q =	0.96	[-]
i _c =	0.96	[-]

Ground Inclination factors x (Brinch I)

λ _g =	1.00	[-]
λ _q =	1.00	[-]
λ _c =	1.00	[-]

q _{d,ring, centric} =	707	[kN/m2]	Design bearing capacity
q _{d,ring,eccentric} =	514	[kN/m2]	
Partial factor R =	1.00	[-]	
Q _{z,d} =	184.0	[kN/m2]	Design foundation pressure
Factor of safety =	3.84	[-]	
Check F.O.S. > 1	OK		

BEARING CAPACITY - normal loading - Eurocode 7

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

$N_g =$	5.6	[-]
$N_q =$	7.9	[-]
$N_c =$	17.0	[-]

Shape factors x

$s_g =$	0.70	[-]
$s_q =$	1.38	[-]
$s_c =$	1.43	[-]

Load Inclination factors x

$m_b =$	1.53	[-]
$m_l =$	1.47	[-]
$m =$	1.50	[-]
$i_g =$	0.95	[-]
$i_q =$	0.97	[-]
$i_c =$	0.97	[-]

Ground inclination factors (Brinch Hansen)

$\lambda_g =$	1.00	[-]
$\lambda_q =$	1.00	[-]
$\lambda_c =$	1.00	[-]

qd;ring, centric =	929	[kN/m2]
qd;ring;eccentric =	676	
Partial factor R=	1.00	[-]
Qz;d =	184	[kN/m2]
Factor of safety =	5.05	[-]
Check F.O.S.>1	OK	

EXTREMELY ECCENTRIC LOADINGExtremely eccentric loading when $e > 0.6 * R$

$e_x =$	1.04	[m]
$0.6 * R =$	5.82	[m]
$e \leq 0.6B$	OK	

BEARING CAPACITY - extremely eccentric loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * (1.05 + (\tan \phi)^3) + D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g$$

Bearing capacity factors x

$N_g =$	4.0	[-]
$N_c =$	17.0	[-]

Shape factors x

$s_g =$	0.64	[-]
$s_c =$	1.18	[-]

Load Inclination factors x

$i_g =$	0.96	[-]
$i_c =$	0.98	[-]

qd;ring, centric =	524	[kN/m2]	Design bearing capacity
qd;ring;eccentric =	381	[kN/m2]	
Partial factor R=	1.0	[-]	Design foundation pressure
Qz;d =	184	[kN/m2]	
Factor of safety =	2.8	[-]	
Check F.O.S.>1	OK		

SLIDING

$$H < A_{eff} * c_{(ud)} + V * \tan(2/3\phi)$$

$H =$	756	[kN]
$A_{eff} * c + V * \tan(\phi) =$	9852	[kN]
Partial factor R =	1.00	[-]
Factor of safety	13.0	[-]
FOS>1	OK	

OVERTURNING

	Forces [kN]	Partial factor [-]	arm [m]	M [kNm]
Horizontal	560	1.35	2.7	2041
Overturning moment	27433	1.35	-	37035
Vertical	-27788	1.35	9.7	-363880
Partial factor R	1.0			
F.O.S	9.3			
F.O.S.>1	OK			

SHALLOW CIRCULAR FOUNDATION (design of wind turbines)

Project Name:	Windturbine Sortiva op stort	Royal HaskoningDHV
Project Area:	Alkmaar	Resilience & Maritime Nether
Type of foundation :	Tapered circular base	Amersfoort
Top foundation (centre)	2.7 m REF	
Terrain level:	0 m REF	
Foundation level:	0 m REF	
Load situation	SERVICEABILITY LIMIT STATE - OPERATIONAL LOADS	

	Action	Soil	Reaction
Design approach EC	1	partial factors equal to 1	R1
Combination	3	partial factors equal to 1	
Fz Favourable or Unfavourable	U		
Action Normal / Abnormal	N		

GEOMETRY

Load		
Radius foot	9.70	[m]
Diameter flat centre	6.80	[m]
Height centre	2.70	[m]
Height edge	0.80	[m]
Height below ground water	-10.00	[m]
Surcharge (eff. press. found. level)	51.00	[kN/m2]
Backfill	0	[kN]

LOADS

EXTREME LOAD FOR NORMAL LOAD CASES

Load mast and turbine		Representative	Partial factor	Design
Fxy	[kN]	560	1.00	560
Fz	[kN]	16613	1.00	16613
Mxy	[kNm]	27433	1.00	27433
Mz	0.3	0	1.00	0
h	[m]	2.7		
Mot	[kNm]	28945		28945

Load own weight footing		Representative	Partial factor	Design
Fz own weight footing	[kN]	11175	1.00	11175
Upward water load	[kN]	0	1.0	0
Backfill	[kN]	0	1.00	0
Fz total	[kN]	27788		27788

FOUNDATION MATERIALS

Type of material:	Sand (dense)			
		Representative	Partial factor	Design
Angle of internal friction	[degrees]	25	1.00	25.0
Effective cohesion	[kPa]	0	1.00	0.0
Unit weight	[kN/m3]	12	1.00	12.0
Undrained cohesion	[kPa]	0	1.00	0.0

EFFECTIVE LOADING AREA

e	1.04	[m]	Eccentricity
A	280.4	[m2]	Area
Aeff	255.25	[m2]	Effective area x-direction
Leff	16.86	[m]	Equivalent rectangular effective length
Beff	15.14	[m]	Equivalent rectangular effective width
Le	19.29	[m]	Elliptical effective length
Be	17.32	[m]	Elliptical effective width

CORRECTION FOR TORQUE

Correction for torque (Mz) according to Hansen (1978)

		Representative	Partial factor	Design
Fxy equivalent	[kN]	560	1.00	560

BEARING CAPACITY - normal loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

N _g =	6.5	[-]
N _q =	10.7	[-]
N _c =	20.7	[-]

For ring foundation:

e =	1.04
D ₀ =	19.4
n =	0.227

Reduction factor for eccentric loaded ring foundation: R_f = 0.73

Shape factors x

s _g =	0.64	[-]
s _q =	1.18	[-]
s _c =	1.18	[-]

Load Inclination factors x

i _g =	0.92	[-]
i _q =	0.96	[-]
i _c =	0.96	[-]

Ground Inclination factors x (Brinch)

λ _g =	1.00	[-]
λ _q =	1.00	[-]
λ _c =	1.00	[-]

q _d ; ring, centric =	1.061	[kN/m2]	Design bearing capacity
q _d ; ring; eccentric =	772	[kN/m2]	Design bearing capacity
Partial factor R =	1.00	[-]	
Q _d ; d =	136.3	[kN/m2]	Design foundation pressure
Factor of safety =	7.79	[-]	
Check F.O.S. > 1	OK		

BEARING CAPACITY - normal loading - Eurocode 7

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * g_c + p_o * N_q * s_q * i_q * g_q + 0.5 * D_0 * g'_o * N_g * s_g * i_g * g_g$$

Bearing capacity factors x

$N_g =$	9.0	[-]
$N_q =$	10.7	[-]
$N_c =$	20.7	[-]

Shape factors x

$s_g =$	0.70	[-]
$s_q =$	1.42	[-]
$s_c =$	1.47	[-]

Load Inclination factors x

$m_b =$	1.53	[-]
$m_l =$	1.47	[-]
$m =$	1.50	[-]
$i_g =$	0.95	[-]
$i_q =$	0.97	[-]
$i_c =$	0.97	[-]

Ground inclination factors (Brinch Hansen)

$\lambda_g =$	1.00	[-]
$\lambda_q =$	1.00	[-]
$\lambda_c =$	1.00	[-]

qd:ring, centric =	1.448	[kN/m2]
qd:ring:eccentric =	1.053	
Partial factor R=	1.00	[-]
Qz:d =	136	[kN/m2]
Factor of safety =	10.63	[-]
Check F.O.S.>1	OK	

EXTREMELY ECCENTRIC LOADING

Extremely eccentric loading when $e > 0.6 * R$

$e_x =$	1.04	[m]
$0.6 * R =$	5.82	[m]
$e \leq 0.6B$	OK	

BEARING CAPACITY - extremely eccentric loading - DNV Guideline

$$q_d = c_d * N_c * s_c * i_c * (1.05 + (\tan \phi)^3) + D_0 * g'_o * N_g * s_g * i_g$$

Bearing capacity factors x

$N_g =$	6.5	[-]
$N_c =$	20.7	[-]

Shape factors x

$s_g =$	0.64	[-]
$s_c =$	1.18	[-]

Load Inclination factors x

$i_g =$	0.96	[-]
$i_c =$	0.98	[-]

qd:ring, centric =	928	[kN/m2]	Design bearing capacity
qd:ring:eccentric =	675		
Partial factor R=	1.0	[-]	
Qz:d =	136	[kN/m2]	Design foundation pressure
Factor of safety =	6.8	[-]	
Check F.O.S.>1	OK		

SLIDING

$$H < A_{eff} * c(ud) + V * \tan(2/3\phi)$$

H=	560	[kN]
$A_{eff} * c + V * \tan(\phi) =$	8319	[kN]
Partial factor R =	1.0	[-]
Factor of safety	14.9	[-]
FOS>1	OK	

OVERTURNING

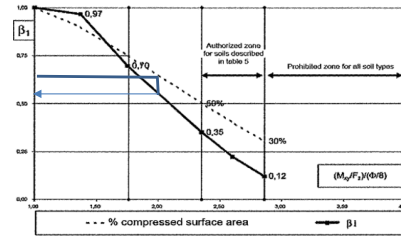
	Forces [kN]	Partial factor [-]	arm [m]	M [kNm]
Horizontal	560	1.00	2.7	1512
Overturning moment	27433	1.00	-	27433
Vertical	-27788	1.00	9.7	-269541
Partial factor R	1.0			
F.O.S.	9.3			
F.O.S.>1	OK			

WTG

Radius footing:	9.7	[m]
Groundwater [GL m]	-13	
Stress distribution:	2V:1H	method

	SLS:	Operational (only static)	Extreme (stat+dyn)			
Foundation load:	q	99.1	164.8	kPa		$q_{dynamic}$ 65.72 kPa
Effective load area	A _{eff}	280.35	169.29	m ²		
Equivalent radius (circle)	r'	9.45	7.34	m		For circular footings, not for ring footings
Effective width (rectangle): (M ₀ /F _y)/(D/8):	B _{eff}	14.45	8.73	m		Equivalent rectangle with L=D=0
Percentage compressed:		NA	0.85			Als e binnen 1/4R blijft, dan is grond onder de fundering volledig op druk belast
Reduction dynamic stiffness:	β _i	1	1	[·]		

Omdat onder extreme omstandigheden de grond niet volledig op druk wordt belast dient een reductie te worden toegepast op de dynamische rotatiestijfheid. Voor de reductie is de volgende grafiek gebruik die de relatie aangeeft tussen %oppervlak onder druk en de reductiefactor β (CFMS-sols)



				$\sigma'_{z,0FL}$	51	kPa						Stress increase		Strain		Settlement	
Soil profile												static	dynamic	static	dynamic	static	dynamic
Layer	top	top	center	γ'	$\sigma'_{z,0bottom}$	$\sigma'_{z,0}$	G_0	G	$E_{s,stat}$	$E_{s,dyn}$	$\delta\sigma'_s$	$\delta\sigma'_d$	ε	ε	δs	δs	
	[m NAP]	[GL.m]	[GL.m]	[kN/m3]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[m]	[m]	
Aldekgrond	22.80	0.00	-0.05	12	52.2	51.6	13.0	1.3	3.0	33.0	98.6	65.3	0.032865	0.001978	0.003	0.000	
Hout, bollennetten, depot bio	22.7	-0.10	-0.25	12	55.8	80.1	13.0	1.3	4.0	36.0	96.5	63.5	0.024136	0.001765	0.007	0.001	
Residu, afgewisseld met zak	22.4	-0.40	-4.8	12	161.4	136.5	33.0	3.3	9.0	93.0	63.0	37.3	0.007003	0.000401	0.062	0.004	
Menggranulaat, los	13.6	-9.20	-13.15	2	177.2	250.0	73.0	7.3	21.0	206.0	34.5	18.3	0.001641	0.000089	0.013	0.001	
Menggranulaat, matig vast	5.7	-17.10	-19.95	2	188.6	271.5	71.0	7.1	20.0	203.0	23.4	11.8	0.001172	0.000058	0.007	0.000	
	0	-22.80															
		-27.00															
		-27.00															
Weighted average:							13.6	1.4	3.4	35.3	MPa			Σ	0.092	0.005	

$$k_{\varphi} = \frac{8 \cdot G \cdot r^3}{3 \cdot (1 - \nu)}$$

Shear modulus
radius (equivalent)
Poisson's ratio

Rotational dynamic stiffness (rocking)		
G	13.6	MN/m ²
r	9.70	m
v	0.35	-
$K_{\phi, \text{dyn; cen}}$	50803	MNm/rad
$K_{\phi, \text{dyn; eccen}}$	50803	MNm/rad
$k_{\phi, \text{dyn}}$	40000	MNm/rad

$=k_{\phi}$

Centric: assumption that soil below foundation is fully compressed

Rotational static stiffness		
G	1.4	MN/m ²
r	9.70	m
v	0.35	-
k ϕ :stat	5080	MNm/rad
k ϕ :stat	5000	MNm/rad

		Soil stiffness		
		Static	Dynamic	
Load		99.1	65.7	kPa
Settlement		91.8	5.3	mm
Stiffness kv:		1080	12419	kN/m ³
Stiffness kv:		1.08	12.4	MN/m ³

		Tilting		
		Operational	Extreme	
Total settlement		91.8	97.1	mm
Expected differential settlement:		45.9	51.2	mm
Expected inclination:		3.2	5.9	mm/m
Permissible inclination:		1.0	3.0	mm/m

Weighted average modulus of elasticity E and G

	h	Σh	G0	G	E_c	Edyn	1/2h	G0/2h	G/2h	E/2h	Edyn/2h	G0	G	E_c	Edyn
	[m]	[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[m ⁻¹]	[MN/m]	[MN/m]	[MN/m]	[MN/m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	0.10	0.1	13.0	1.3	3.0	33.0	10.00	130.0	13.0	30	330				
2	0.3	0.4	13.0	1.3	4.0	36.0	2.50	32.5	3.2	10	90				
3	8.8	9.2	33.0	3.3	9.0	93.0	0.11	3.6	0.4	1	10				
4	7.9	17.1	73.0	7.3	21.0	206.0	0.06	4.3	0.4	1	12				
5	5.70	22.8	71.0	7.1	20.0	203.0	0.04	3.1	0.3	1	9				
6	4.20	27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0				
	0.00	27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0				
Σ	27						12.8	173.5	17.3	43.1	451.1	13.6	1.4	3.4	35.3

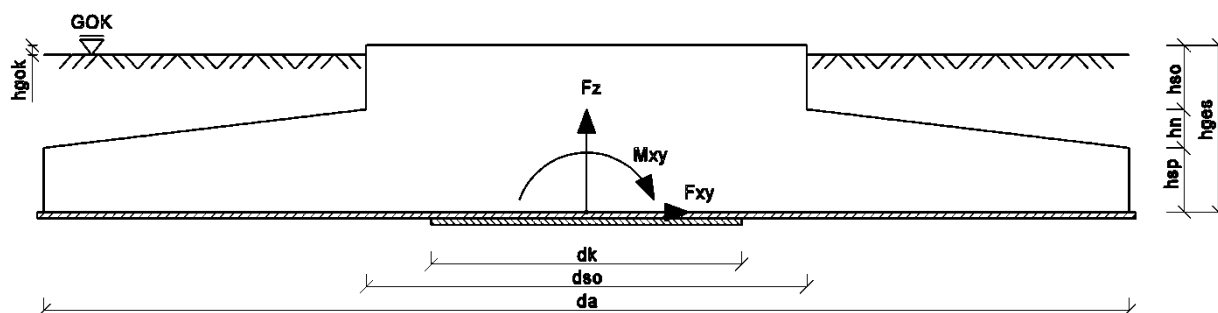
Bijlage 3: constructieberekeningen voor optie 1

1 Allgemeine Angaben / General information

Typenstatik	Bauing.-Büro Dipl.-Ing. Helmut Neuhoff	<i>Design-specific structural analysis</i>
Flachgründung mit Auftrieb	Ø 19,00 m	<i>Flat Foundation with Buoyancy</i>
Auftrag / Datum	H 15004 / 28.05.2015	<i>Order no./ date</i>

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	19,00 [m]	<i>Outer diameter</i>
Sockeldurchmesser	$d_{so,a}$	6,80 [m]	<i>Base diameter</i>
Durchmesser der kompressiblen Einlage	d_k	4,405 [m]	<i>Compressible layer diameter</i>
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,70 [m]	<i>Foundation height</i>
Sockelhöhe	h_{so}	0,60 [m]	<i>Base height</i>
Höhe Spornneigung	h_n	0,85 [m]	<i>Spur incline height</i>
Spornhöhe	h_{sp}	1,25 [m]	<i>Spur height</i>
Differenz Fundamentoberkante - GOK	h_{GOK}	0,15 [m]	<i>Difference between foundation top edge and ground level</i>
Betongüte und Volumen	C 30/37	496 [m³]	<i>Concrete quality and volume</i>
Betonstahl und Gewicht	B 500B	48,4 [t]	<i>Reinforcement steel and weight</i>
	B 400B	56,4 [t]	



6 Lasten an der Fundamentunterkante Loads at the bottom edge of the foundation

Die angegebenen F_z Lasten schließen Fundamenteigengewicht $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ und Bodenauf-
last $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ im Trockenzustand ein.

The F_z loads indicated include the dead weight of the foundation $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ and soil weight $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ when dry.

6.1 Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall Load case	$(\gamma_{\text{aero}}/\gamma_{\text{masse}})$ $(\gamma_{\text{aero}}/\gamma_{\text{mass}})$	$F_{xy} [\text{kN}]$	$F_z [\text{kN}]$ ohne Auftrieb without buoyancy	$F_z [\text{kN}]$ mit Auftrieb with buoyancy	$M_{xy} [\text{kNm}]$	$M_z [\text{kNm}]$
DLC 1.0	(1.00/1.00)	560	-19723	-12493	27433	-
DLC 1.4	(1.00/1.00)	942	-19841	-12611	53596	-3549
DLC 1.4	(1.00/1.00)	942	-19841	-12611	54762	3802

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_F = 1,0$)

Loads do not include partial safety factors
($\gamma_F = 1.0$)

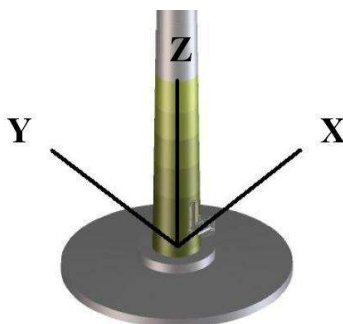
6.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

Lastfall Load case	$(\gamma_{\text{aero}}/\gamma_{\text{masse}})$ $(\gamma_{\text{aero}}/\gamma_{\text{mass}})$	$F_{xy} [\text{kN}]$	$F_z [\text{kN}]$ ohne Auftrieb without buoyancy	$F_z [\text{kN}]$ mit Auftrieb with buoyancy	$M_{xy} [\text{kNm}]$	$M_z [\text{kNm}]$
DLC 1.4	(1.35/0.90)	1271	-	-9490	72966	-4789
DLC 1.4	(1.35/1.35)	1271	-25968	-	72333	-4789

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

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

7 Koordinatensystem / Coordinate system

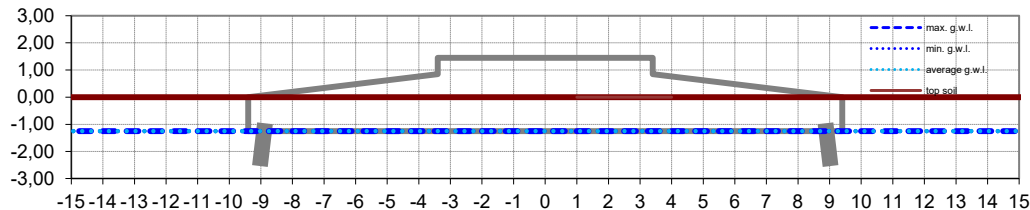


Wind turbine foundation: tapered circular plate

type windturbine : E82-2/2,3/3 MW-HH85 IEC IIa

Geometry

diameter (outer)	18,80	m	type of foundation	on piles
diameter (top surface)	6,80	m		
height pedestal	0,60	m	area	277,6 m ²
diameter bottom ring	6,80	m	specific weight of concrete	25,0 kN/m ³
height bottom ring	0,00	m	volume of foundation	464,4 m ³
edge to centre pile	0,50	m	volume of pedestal	21,8 m ³
height at edge	1,25	m	volume of bottom ring	0,0 m ³
height in centre	2,10	m	total volume	486,2 m ³
top edge to ground level	0,00	m	WT loadpoint above foundation	0,2 m
top centre to ground level	0,85	m	number of piles	40 pcs
max. g.w.l.	-1,25	m	soil cover [yes/no]:	no
min. g.w.l.	-1,25	m	M _{Inclination tower}	7356 kNm
average g.w.l.	-1,25	m		



Loads

				Load situations			
				extreme	operational	fatigue max	fatigue min
Windturbine (from supplier)							
wind (horizontal)	W	Fx [kN]		941	560		
self-weight (vertical)	DL	Fz [kN]		6836	7323		
wind (moment)	W	My [kNm]		54049	27433		
Foundation (calculated)							
concrete	DL	Fz [kN]		12154	12154		
soil	DL	Fz [kN]		0	0		
max g.w.l. (uplift)	(0 kN/m2)	GW	Fz [kN]	0	0		
min g.w.l. (uplift)	(0 kN/m2)	GW	Fz [kN]	0	0		
average g.w.l. (uplift)	(0 kN/m2)	GW	Fz [kN]	0	0		
Combinations (partial factors)				Fz (kN)	My(kNm)	Fz (kN)	My(kNm)
ULS max	DL	Dead load	1,35				
	min GW	Ground water	1,00				
	W	Wind		1,35			
ULS min	DL	Dead load	0,90				
	max GW	Ground water	1,00				
	W	Wind		1,35			
SLS	DL	Dead load	1,00			1,00	
	ave GW	Ground water	1,00			1,00	
	W	Wind		1,00			1,00
Overall loads (centre of gravity)							
ULS max (min. g.w.l.)			25636				
ULS min (max. g.w.l.)			17091				
SLS (average g.w.l.)			18990			19477	
				55943			28560
Calculated Pile loads				Fz(kN)		Fz(kN)	
ULS max (min. g.w.l.)	(compression)		1065				
ULS min (max. g.w.l.)	(tension)		3				
SLS max (average g.w.l.)	(compression)		789			647	
SLS min (average g.w.l.)	(tension)		160			326	
Allowable pile loads							
ULS max (min. g.w.l.)	(compression)		1100			-	
ULS min (max. g.w.l.)	(tension)		0			-	
SLS max (average g.w.l.)	(compression)		-			700	
SLS min (average g.w.l.)	(tension)		-			0	

Project : WP Sortiva
 Onderdeel : Optie 1 - Controle vloerdikte m.b.t. pons
 Datum : 29/09/2022
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\423480\Box\BI1738 Sortiva WTG\BI1738
 Sortiva WTG WIP\04. Constructie\Optie 1 - Controle
 pons.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl)	C2/A1:2015 (nl)	NB:2016 (nl)

Pons. (B)

GEOMETRIE

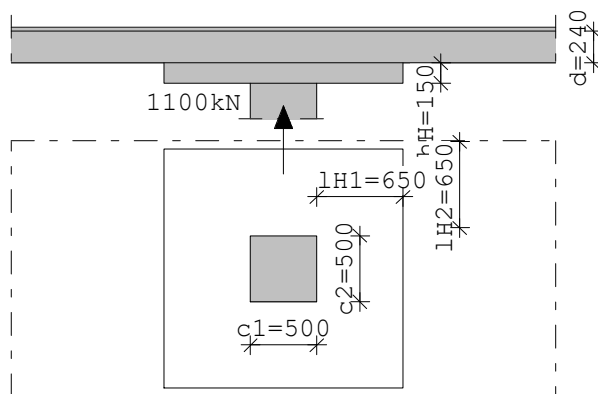
Kolomvorm : Rechthoekig
 Vorm omtrek : Cirkelvormig
 Kolomsoort : Midden - onder de vloer - art. 6.4.4 (1) (6.47)
 Betonkwaliteit : C30/37
 Nuttige hoogte d [mm]: 240

Kolom

Breedte lastvlak c_1 [mm]: 500 Lengte lastvlak c_2 [mm]: 500

Kolomkop

Vorm kolomkop : Rechthoekig
 Hoogte h_H [mm]: 150
 Overstek l_{H1} [mm]: 650 Overstek l_{H2} [mm]: 650



WAPENING

Staalkwaliteit	: B500B	Wapeningsratio ρ_{1y}	: 0.00500	Wapeningsratio ρ_{1z}	: 0.00500
Radiale afstand s_r	[mm]: 180	Tangentiële afstand s_t	[mm]: 360		
Beugel diameter	[mm]: 7	Hoek α	: 90		

BELASTING

Kracht V_{Ed} [kN]: 1100.0

Project : WP Sortiva
 Onderdeel : Optie 1 - Controle vloerdikte m.b.t. pons
 Datum : 29/09/2022
 Eenheden : kN/m/rad

RESULTATEN

Ponsontrek	$V_{Rd,c}$	$V_{Rd,max}$	V_{Ed}	$V_{Rd,s}$	A_{sw}/s_r	A_{sw}	code
[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[mm ² /mm]	[mm ²]	
$u_{0,int}$	2000	n.v.t.	4.22	1.62	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
$u_{0,ext}$	7200	n.v.t.	4.22	0.73	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
u_1	9349	0.57	4.22	0.56	0.00	0.00	0 [42]

Opmerkingen

[141] $R_{cont,ext}$ volgens art. 6.4.2(11) is maatgevend

[42] Er is geen ponswapening nodig ($v_{Ed} < v_{Rd,c}$).

Project.....: WP Sortiva
Onderdeel....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak
Dimensies....: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum.....: 29/09/2022
Bestand.....: C:\Users\423480\Box\BI1738 Sortiva WTG\BI1738 Sortiva WTG
WIP\04. Constructie\Ontwerp wanddikte verdiepte bak
(optie 1) bij E-82.rww

Rekenmodel.....: 2e-orde niet lineair elastisch.
Theorieën voor de bepaling van de krachtsverdeling:
1) Losse belastinggevallen:
Lineaire-elasticiteitstheorie
2) Uiterste grenstoestand:
Geometrisch lineair voor de staafnr('s): 1-3,6.
Geometrisch niet lineair voor de staafnr('s): 4,5.
Fysisch lineair voor de staafnr('s): 1-3,6.
Fysisch niet lineair voor de staafnr('s): 4,5.
3) Gebruiksgrenstoestand:
Geometrisch lineair alle staven.
Fysisch lineair voor de staafnr('s): 1-3,6.
Fysisch niet lineair voor de staafnr('s): 4,5.
Waarschuwing: Bij elastisch ondersteunde staven worden geometrisch niet lineaire
effecten (2e orde) verwaarloosd!

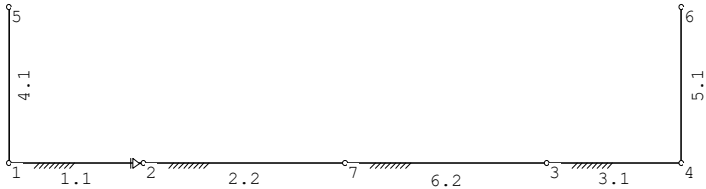
Convergentie coëfficiënt.....: 2.0 Maximum aantal iteraties.....: 50
Max.deellengte kolommen/wanden: 0.500 Max.deellengte balken/vloeren: 0.500
Max. X-verplaatsing in UGT....: 0.500 Max. Z-verplaatsing in UGT...: 0.250

Gunstige werking van de permanente belasting wordt automatisch verwerkt.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

GEOMETRIE



MATERIALEN

Mt	Kwaliteit	E-modulus[N/mm2]	S.G.	Pois.	Uitz. coëff
1	C30/37	9465	25.0	0.20	1.0000e-05

Project.....: WP Sortiva
Onderdeel....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

MATERIALEN vervolg

Mt	Kwaliteit	Cement	Kruipfac.	Toeslag	Rho[kg/m3]
1	C30/37	N	2.47	Normaal	2400

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	B*H 1000*500	1:C30/37	5.0000e+05	1.0417e+10	0.00
2	B*H 1000*300	1:C30/37	3.0000e+05	2.2500e+09	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	1000	500	250.0	0:RH				
2	0:Normaal	1000	300	150.0	0:RH				

PROFIELVORMEN [mm]



KNOPEN

Knoop	X	Z	Knoop	X	Z
1	0.000	0.000	6	20.000	4.650
2	4.000	0.000	7	10.000	0.000
3	16.000	0.000			
4	20.000	0.000			
5	0.000	4.650			

STAVEN

St.	ki	kj	Profiel	Aansl.i	Aansl.j	Lengte	Opm.
1	1	2	1:B*H 1000*500	NDM	NDM	4.000	
2	2	7	2:B*H 1000*300	NDM	NDM	6.000	
3	3	4	1:B*H 1000*500	NDM	NDM	4.000	
4	1	5	1:B*H 1000*500	NDM	NDM	4.650	
5	4	6	1:B*H 1000*500	NDM	NDM	4.650	
6	7	3	2:B*H 1000*300	NDM	NDM	6.000	

VASTE STEUNPUNTEN

Nr.	knoop	Kode	XZR	1=vast	0=vrij	Hoek
1	2	100				0.00

Project.....: WP Sortiva

Onderdeel.....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

BEDDINGEN

Nr. Staven	Bedding Breedte[mm]	Zijde
1 1-3,6	5000	0 negatief

BELASTINGGEVALLEN

B.G. Omschrijving	Type
1 Permanente belasting	EGZ=-1.00
2 bovenbelasting	5 Ver. belasting door machines

BELASTINGEN

B.G:1 Permanente belasting

Eigen gewicht van alle staven is meegenomen in berekening. Richting:↓

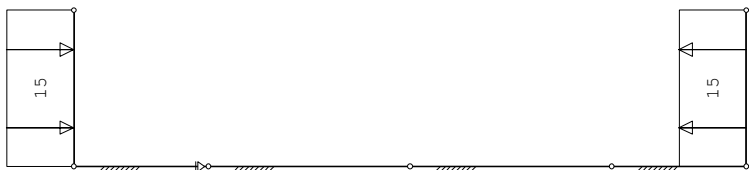
**STAAFBELASTINGEN**

B.G:1 Permanente belasting

Staaft Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
1 8:PZLokaal	-550.00		1.250				
3 8:PZLokaal	-550.00		1.750				
4 1:QZLokaal	-41.85	0.00	0.000	0.000			
5 1:QZLokaal	41.85	0.00	0.000	0.000			

BELASTINGEN

B.G:2 bovenbelasting

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:2 bovenbelasting

Staaft Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
4 1:QZLokaal	-15.00	-15.00	0.000	0.000	1.00	1.00	1.00
5 1:QZLokaal	15.00	15.00	0.000	0.000	1.00	1.00	1.00

REACTIES

1e orde

Kn.	B.G.	X	Z	M
2	1	0.00		
2	2	0.00		

Project.....: WP Sortiva

Onderdeel.....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

BEREKENINGSTATUS

Controlerende berekening

B.C.	Iteratie	Status
1	2	Nauwkeurigheid bereikt
2	9	Nauwkeurigheid bereikt
3	1	Lineaire berekening

BELASTINGCOMBINATIES

BC	Type
1	Fund. 1.35 $G_{k,1}$
2	Fund. 1.20 $G_{k,1}$ + 1.50 $Q_{k,2}$
3	Kar. 1.00 $G_{k,1}$ + 1.00 $Q_{k,2}$

GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

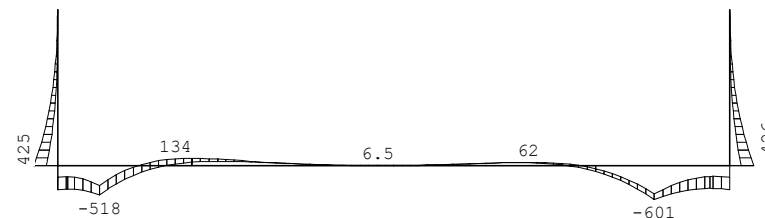
BC Staven met gunstige werking

- 1 Geen
- 2 Geen

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES**MOMENTEN**

2e orde

Fundamentele combinatie



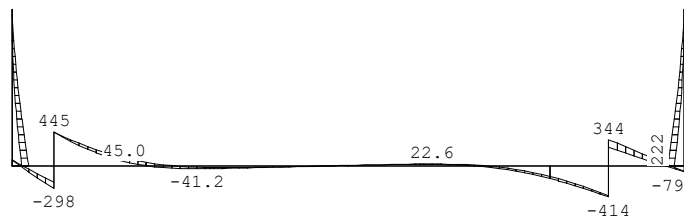
Project.....: WP Sortiva

Onderdeel.....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

DWARSKRACHTEN

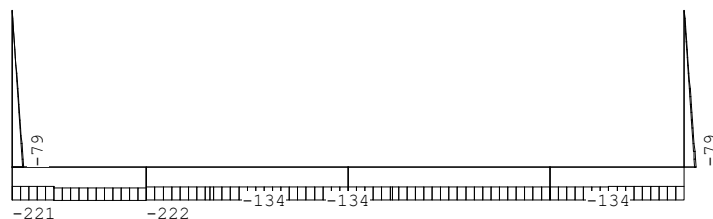
2e orde

Fundamentele combinatie

**NORMAALKRACHTEN**

2e orde

Fundamentele combinatie

**REACTIES**

2e orde

Fundamentele combinatie

Kn.	X-min	X-max	Z-min	Z-max	M-min	M-max
2	-6.66	-4.27				

OMHULLENDE VAN DE KARAKTERISTIEKE COMBINATIES**REACTIES**

Geom.LE;Fys.NLE.kort

Karakteristieke combinatie

Kn.	X	Z	M
2	0.00		

N.B. In deze verplaatsingen is de kruipvervorming (w2) niet verwerkt!

Project.....: WP Sortiva

Onderdeel.....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

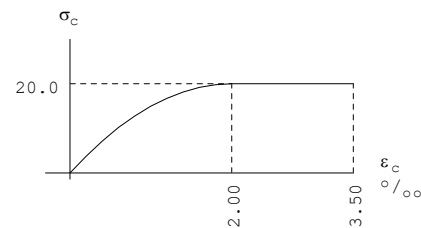
MATERIAALGEGEVENS [N] [mm]

t.b.v. materiaal:1 C30/37

Spanning-rek diagrammen

T.b.v sterkte

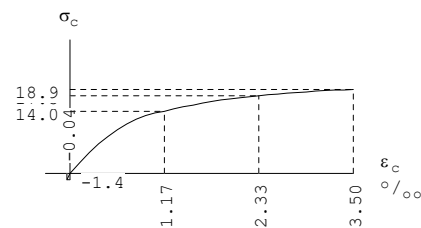
E-modulus: 11429



Spanning-rek diagrammen

T.b.v stijfheid in grenstoestand

E-modulus: 7886

**PROFIELGEGEVENS Wand**

[N] [mm]

1: B*H 1000*500

Algemeen

Materiaal : C30/37

Staaflengte: 4000

Oppervlak : 5.000000e+05

Traagheid : 1.0417e+10

Staaftype : 0:normaal

Vormfactor : 0.00

Doorsnede

breedte : 1000 hoogte : 500 zwaartepunt tov negatieve zijde : 250

Betonkwaliteit : C30/37 Kruipcoëf. : 2.47

Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram

Treksterkte $f_{ct,eff}$ art. 7.1(2) : f_{ctm} (2.90 N/mm²)

Doorbuiging volgens art.7.3.4(3): Ja

Langeduur scheurmoment begrensd : Ja

Staalkwaliteit hoofdwapening : 500 ϵ_{uk} : 5.00

Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak

Bundels toepassen : Nee

Controle gebruikseisen : Ja

Royal HaskoningDHV

Blad: 7

Technosoft Raamwerken release 6.77

15 mei 2023

Project.....: WP Sortiva

Onderdeel....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

Betondekking

Milieu : XD3

Gestort tegen bestaand beton : Nee
Element met plaatgeometrie : Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing : Nee
Oeffen beton oppervlak : Nee
Ondergrond : Glad / N.v.t.
Constructieklasse : S4
Grootste korrel : 31.5

Hoofdwapening : 1ste laag
Nominale dekking : 45
Toegepaste dekking : 50
Gelijkwaardige diameter : 20
 $C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur} : 20 40 0
 C_{min} ΔC_{dev} C_{nom} : 40 5 45

Beugel / Verdeelwapening : 2de laag
Nominale dekking : 45
Toegepaste dekking : 70
Gelijkwaardige diameter : 12
 $C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur} : 12 40 0
 C_{min} ΔC_{dev} C_{nom} : 40 5 45

Wapening

Basiswapening : 20-100
Diameter nuttige hoogte : 20.0
Hoofdwapening laag : 1
Diameter verdeelwapening : 12.0
Min.tussenruimte : 50
Art. 7.3.2 minimum wapening : Ja
Aanhechting volgens art. 8.4.2 : Goed

PROFIELGEGEVENS Wand [N] [mm]

2: B*H 1000*300

Algemeen

Materiaal : C30/37 Staaflengte: 6000
Oppervlak : 3.000000e+05 Traagheid : 2.2500e+09
Staaftype : 0: normaal Vormfactor : 0.00

Doorsnede

breedte : 1000 hoogte : 300 zwaartepunt tov negatieve zijde : 150
Betonkwaliteit : C30/37 Kruipcoëf. : 2.47
Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
Treksterkte $f_{ct,eff}$ art. 7.1(2) : f_{ctm} (2.90 N/mm²)
Doorbuiging volgens art.7.3.4(3): Ja
Langeduur scheurmoments begrensd : Ja
Staalkwaliteit hoofdwapening : 500 ϵ_{uk} : 5.00
Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
Bundels toepassen : Nee
Controle gebruikseisen : Ja

Royal HaskoningDHV

Blad: 8

Technosoft Raamwerken release 6.77

15 mei 2023

Project.....: WP Sortiva

Onderdeel....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

Betondekking

Milieu : XD3

Gestort tegen bestaand beton : Nee
Element met plaatgeometrie : Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing : Nee
Oeffen beton oppervlak : Nee
Ondergrond : Glad / N.v.t.
Constructieklasse : S4
Grootste korrel : 31.5

Hoofdwapening : 1ste laag
Nominale dekking : 45
Toegepaste dekking : 50
Gelijkwaardige diameter : 16
 $C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur} : 16 40 0
 C_{min} ΔC_{dev} C_{nom} : 40 5 45

Beugel / Verdeelwapening : 2de laag
Nominale dekking : 45
Toegepaste dekking : 66
Gelijkwaardige diameter : 12
 $C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur} : 12 40 0
 C_{min} ΔC_{dev} C_{nom} : 40 5 45

Wapening

Basiswapening : 16-150
Diameter nuttige hoogte : 16.0
Hoofdwapening laag : 1
Diameter verdeelwapening : 12.0
Min.tussenruimte : 50
Art. 7.3.2 minimum wapening : Ja
Aanhechting volgens art. 8.4.2 : Goed

WAPENING PER STAAF

Nr:1:

Geldt voor staven:2,6

WAPENING PER STAAF

Nr:2:

Geldt voor staven:1,3

WAPENING PER STAAF

Nr:3:

Geldt voor staven:4,5

Afwijkende wapeningsrichting(en)

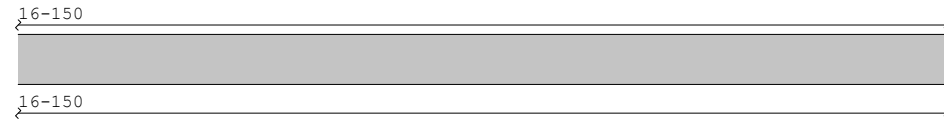
In de navolgende staven loopt de wapening van de j-knoop naar de i-knoop:
3

Project.....: WP Sortiva

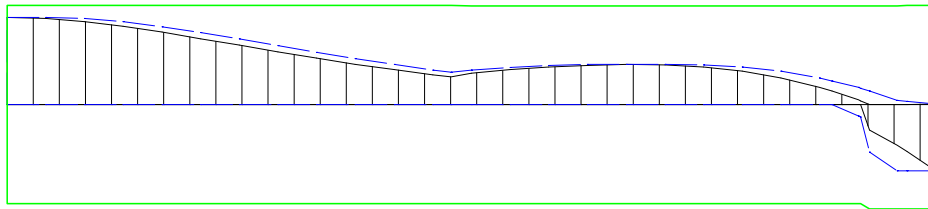
Onderdeel.....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

HOOFDWAPENING [mm2]

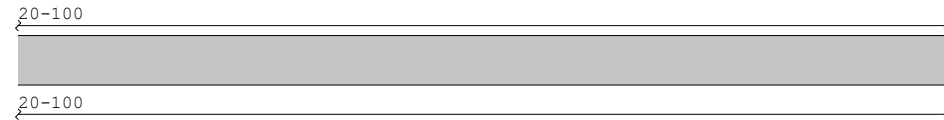
StaafWap:1 met profiel:2

**MED DEKKINGSLIJN**

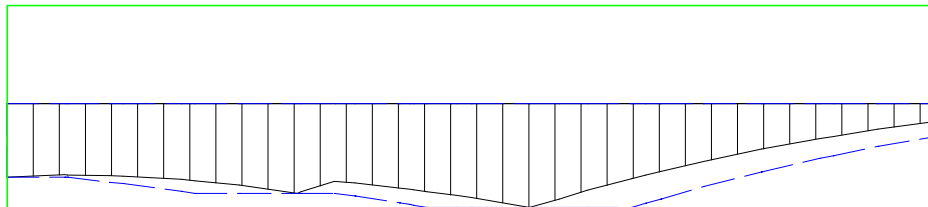
StaafWap:1 met profiel:2

**HOOFDWAPENING [mm2]**

StaafWap:2 met profiel:1

**MED DEKKINGSLIJN**

StaafWap:2 met profiel:1

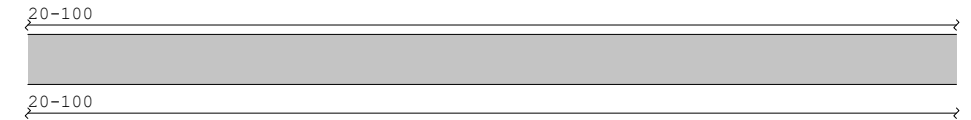


Project.....: WP Sortiva

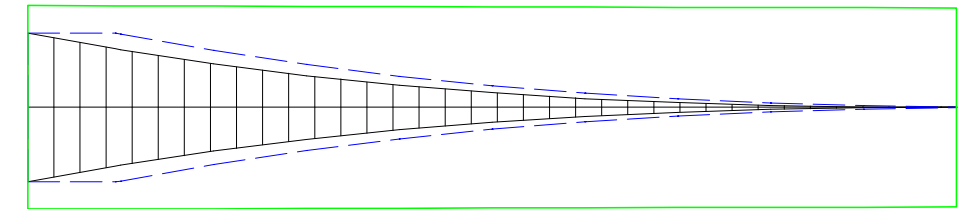
Onderdeel.....: Optie 1 (vijzels) ontwerp wanddikte verdiepte bak

HOOFDWAPENING [mm2]

StaafWap:3 met profiel:1

**MED DEKKINGSLIJN**

StaafWap:3 met profiel:1

**HOOFDWAPENING**

Prf.	Pos	Benodigd		Aanwezig		N _{Ed}	M _{Ed}	M _{Rd}	Opm.
		Apos	Aneg	Apos	Aneg				
	[mm]	[mm²]	[mm²]	[mm²]	[mm²]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
StaafWap:1 met profiel:2									
3	0	1130	1130	1340	1340	-134	134.15	152.06	
3	6000	653	653	1340	1340	-222	-101.30	-160.52	
StaafWap:2 met profiel:1									
4	0	498	498	3142	3142	-1	0.03	568.70	54,91
4	2250	3098	3098	3142	3142	-222	-601.38	-609.27	
StaafWap:3 met profiel:1									
5	0	2213	2213	3142	3142	-71	424.71	581.48	
5	0	2223	2223	3142	3142	-71	-426.42	-581.48	

Opmerkingen

[54] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening ten behoeve van gecontroleerde scheurvorming zijn toegepast volgens art. 7.3.2.

[91] Minimum excentriciteit art. 6.1 (4) is maatgevend.

REKKEN EN SPANNINGEN

Prf.	Pos. [mm]	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	x [mm]	ε _b [%]	ε _o [%]	σ _b [N/mm²]	σ _o [N/mm²]	ε _{sb} [%]	ε _{so} [%]	σ _{sb} [N/mm²]	σ _{so} [N/mm²]	Opm
3	0	-134	134.2	77	2.80	-0.97	0.0	-14.7	2.1	-0.2	415.0	-47.9	
3	6000	-222	-101.	84	-0.70	1.82	-11.6	0.0	-0.2	1.3	-43.3	266.5	
4	0	-1	0.0	500	-0.00	-0.00	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	
4	2250	-222	-601.	83	-2.37	11.88	-20.0	0.0	-0.7	10.2	-131.4	440.6	
5	0	-71	424.7	134	2.00	-0.74	0.0	-12.0	1.7	-0.4	334.6	-81.3	
5	0	-71	-426.	134	-0.74	2.01	-12.0	0.0	-0.4	1.7	-81.7	336.0	