

21-137 HOGE HEXEL, TURBINE LOOMSWEG 1 berekening funderingspaal

1. Inleiding

Rengineers heeft FuBoConsult gevraagd om een berekening te maken aangaande een open stalen buispaal die wordt toegepast als fundering voor een windturbine op het terrein van Maatschap [REDACTED] aan de Loomsweg 1 te Hoge Hexel. Deze berekening wordt in thans voorliggende memo gepresenteerd.

De berekening is gemaakt met het programma D-Sheet Piling (versie 22.1), waarbij gebruik gemaakt is van de module 'Single Pile'. In dit programma worden ondergrond en buispaal gemodelleerd en kan op de paal een verticale belasting, een horizontale belasting en een moment worden ingevoerd, waarna het programma het dwarskrachten- en momentenverloop in de paal berekent.

2. Gebruikte informatie

De berekening is gebaseerd op de volgende informatie:

- ⇒ Projectlocatie: Hoge Hexel, Loomsweg 1.
Deze locatie ligt volgens de nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-4 in windgebied III.
- ⇒ Turbinetype: BW80.
- ⇒ Masthoogte: 30 meter.
- ⇒ Belastingen op kop funderingspaal:
Volgens de specificaties van Rengineers oefent deze combinatie van turbine en masthoogte in windgebied III op de kop van de funderingspaal de volgende belastingen uit:
Uiterste grenstoestand UGT: $F_{hor} = 75,0 \text{ kN}$ | $F_{vert} = 137,1 \text{ kN}$ | $M = 1.656,2 \text{ kNm}$
Bruikbaarheidsgrenstoestand BGT: $F_{hor} = 55,6 \text{ kN}$ | $F_{vert} = 124,6 \text{ kN}$ | $M = 1.226,8 \text{ kNm}$
- ⇒ Deformatie-eis kop funderingspaal:
Volgens opgave van Rengineers mag de kop van de buispaal in de bruikbaarheidsgrenstoestand BGT maximaal 25 mm verplaatsen en dient de doorbuiging van de paal elastisch van aard te zijn.
- ⇒ Grondgegevens.
Ten behoeve van thans voorliggende berekening is gebruik gemaakt van de sondeergrafieken in rapport 61000198 dd 15 februari 2010 van IJB Geotechniek. Deze sonderingen zijn destijds gemaakt ten behoeve van de uitbreiding van de ligboxstal van Maatschap Dasselaar. Deze ligboxstal bevindt zich op enige tientallen meters van de plaats waar de turbine is voorzien. De sondeergrafieken. De sondeergrafieken worden in bijlage 1 gepresenteerd, evenals een aanduiding van de plaats waar de turbine komt te staan.
- ⇒ Berekeningsmethodiek:
Eerst wordt met een BGT-berekening bepaald wat de paalspecificaties dienen te zijn om te voldoen aan het vervormingscriterium, vervolgens wordt op basis van die paalspecificaties een UGT-berekening gemaakt om de optredende snedekrachten in de paal te bepalen. Aan de hand van deze snedekrachten wordt de buispaal getoetst op sterkte.

3. Overige uitgangspunten

Naast de verstrekte informatie en de in bijlage 1 gepresenteerde sondering zijn in de berekening de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- ⇒ Beoogde funderingsconstructie.
 Het is de bedoeling om de turbine te funderen op een in de grond te trillen open stalen buispaal met een buitendiameter van 1.420 mm en een wanddikte van 16 mm. De beoogde paallengte bedraagt 7,00 meter.
- ⇒ Kop paal 0,25 m boven maaiveld.
- ⇒ Maaiveld sondering komt overeen met maaiveld ter plaatse van turbine.
- ⇒ Levensduur 25 jaar.
- ⇒ Staalkwaliteit S235.
- ⇒ Grondwaterstand 1,00 m onder maaiveld.

4. Grondparameters

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de in de berekening gehanteerde grondparameters. Deze zijn bepaald met gebruikmaking van de tabellen 3.1 t/m 3.3 in deel 1 van CUR 166 'Damwandconstructies' (6^e druk). In de tabel wordt het maaiveld als nulpeil gehanteerd.

BK LAAG	GROND	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	ϕ [°]	C [kN/m ²]	E_M [kN/m ³]
+0,00	zand	17	19	30	0	2.000
-1,00	zand	17	19	30	0	5.000
-2,00	zand	17	19	30	0	3.000
-6,00	zand	17	19	30	0	6.000

5. Karakteristieken buispaal

In thans gemaakte berekening wordt uitgegaan van een buispaal Ø1.420 x 16 mm. In verband met de heikbaarheid dient de wanddikte van de paal ten minste 1% van de buitendiameter te bedragen. De paal Ø1.420x16 mm voldoet aan dit criterium.

Volgens EN 1993-5 dient voor een periode van 25 jaar in schone ongeroerde grond gerekend te worden met een afroesting van 0,30 mm per zijde. Dit betekent dat aan het einde van de levensduur een paal Ø1.419,4 x 15,4 mm resteert. In onderstaande tabel zijn de karakteristieken van de buispaal na corrosie gegeven.

I [cm ⁴]	1.673.918
W [cm ³]	23.685
A [mm ²]	67.926
A_v [mm ²] ^{a)}	43.243

^{a)} : $A_v = 2 \cdot A / \pi$

6. Berekeningsresultaten

Voor de in- en uitvoer van de BGT-berekening zie bijlage 2. Uit deze berekeningsuitdraai blijkt, dat de berekende kopverplaatsing 16,2 mm bedraagt.

De uitdraai van de UGT-berekening wordt in bijlage 3 gepresenteerd.

De belangrijkste resultaten van de UGT-berekening zijn:

Moment in buis: 1.729,56 kNm
Dwarskracht in buis: 455,03 kN
Normaalkracht in buis: 137,1 kN (dit is F_{vert})

7. Toetsing sterkte buispaal

De spanningen in het buisprofiel $\varnothing 1.420 \times 16$ mm na $2 \times 0,30$ mm corrosie bedragen:
 $\sigma = M/W + N/A = 1.729,56 \text{ kNm} / 23.685 \text{ cm}^3 + 137,1 \text{ kN} / 67.926 \text{ mm}^2 = 75 \text{ N/mm}^2$

$$\tau = V/A_v = 455,03 \text{ kN} / 43.243 \text{ mm}^2 = 11 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_i = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = 77 \text{ N/mm}^2$$

Voor S235 geldt: $\sigma_{\text{max}} = 235 \text{ N/mm}^2$ | $\tau_{\text{max}} = 235/\sqrt{3} = 136 \text{ N/mm}^2$

De berekende spanningen zijn lager dan de maximale spanningen \rightarrow buis sterk genoeg.

8. Kopverplaatsing

Zoals in paragraaf 6 is vermeld, bedraagt de kopverplaatsing van de buispaal 16,2 mm. Omdat de staalspanning in de buis niet hoger is dan de vloeispanning van het buisstaal kan worden gesteld dat de doorbuiging van de paal elastisch van aard is. Hiermee wordt voldaan aan het door Rengineers opgegeven criterium dat de verplaatsing van de kop van de paal maximaal 25 mm mag bedragen als de doorbuiging van de paal elastisch is.

9. Conclusie

Een buis $\varnothing 1.420 \times 16$ mm van 7,00 m lang in staalkwaliteit S235 is geschikt als monopile-fundatie voor de beoogde turbine. De buis hoeft niet geconserveerd te worden.

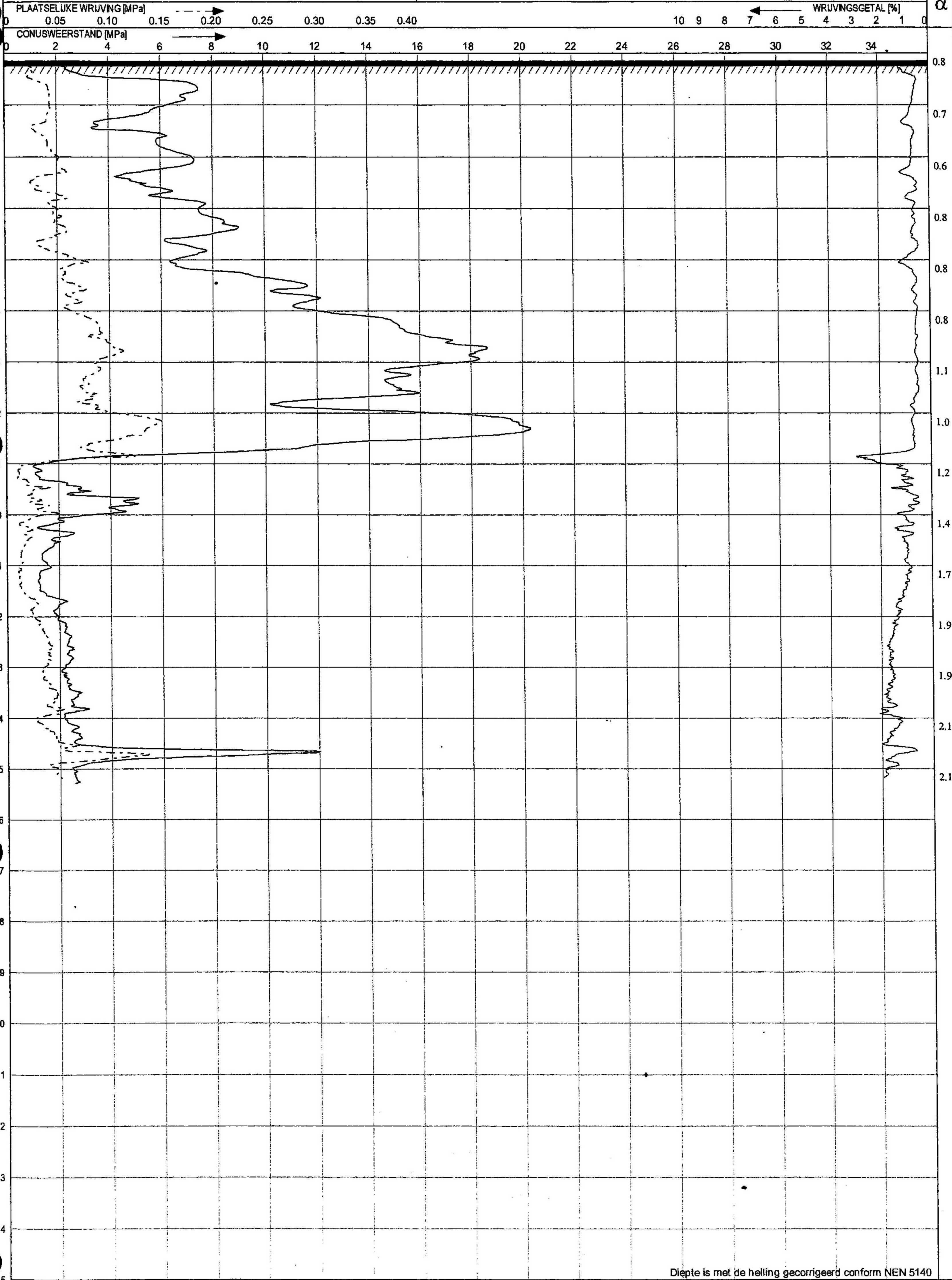
Uitgangspunten:

- Palen met de kop 0,25 m boven maaiveld
- Gehanteerde grondgegevens representatief voor turbinelocatie


FuBoConsult
funderings- en bouwputadvies

BIJLAGE 1

Opdracht nr.: 61000198 Sondering: 1 Werkomschrijving: Loomsweg 1 Uitbreiding Ligboxenstal
 Hoogte maaiveld: 8.86 m t.o.v. N.A.P. Plaats: Hoge Hexel
 Datum: 8-2-2010 Tijd: 9:16



Diepte is met de helling gecorrigeerd conform NEN 5140

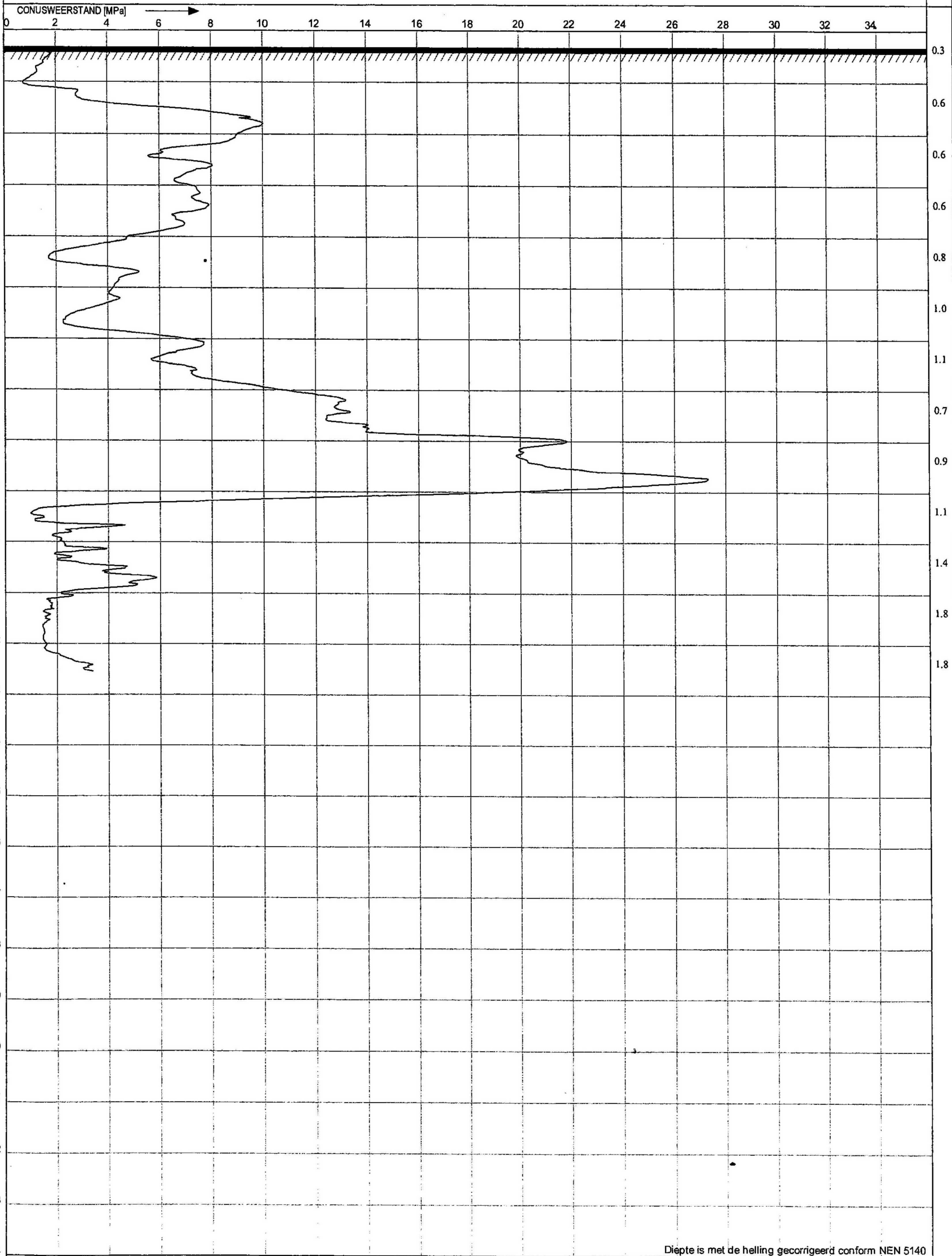
ijb geotechniek

sondering volgens
 NEN 5140
 Klasse 2

conus type: CF-15		conus nr.: 080215		
Bereik	Punt [MPa]	Kleef [MPa]	Watersp [MPa]	Helling [°]
max	100	0.75	10.0	20.0

Opdracht nr.: 61000198	Sondering: 2	Werkomschrijving: Loomsweg 1 Uitbreiding Ligboxenstal
Hoogte maaiveld: 9.68 m t.o.v. N.A.P.		Plaats: Hoge Hexel
		Datum: 8-2-2010 Tijd: 10:37

helling
α



Diepte in meters t.o.v. N.A.P.

Diepte is met de helling gecorrigeerd conform NEN 5140

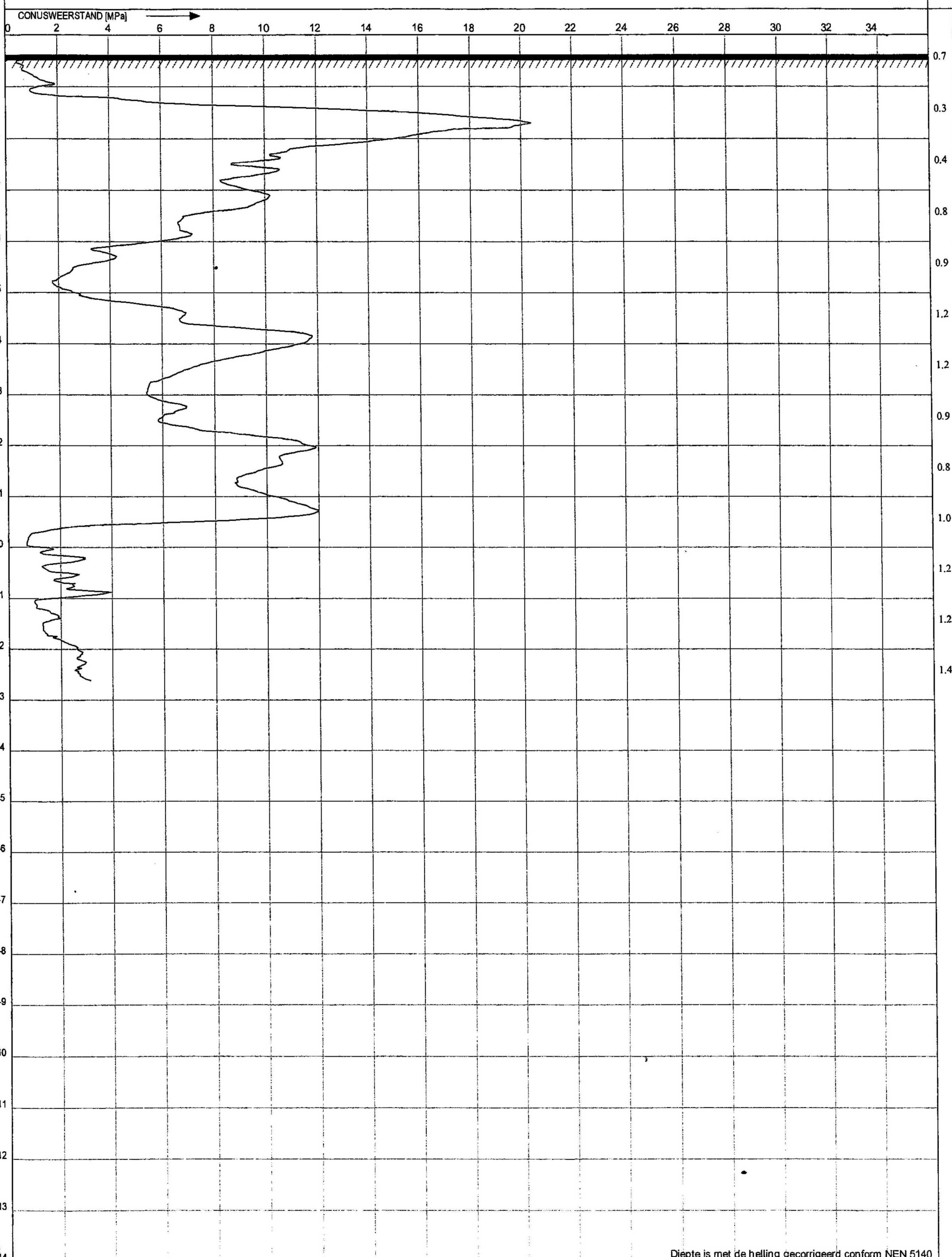
ijb geotechniek
 Postbus 210, 8530 AE Lemmer, Telefoon 0514 - 56 88 00, Fax 0514 - 56 88 07 E-mail: info@ijbgroep.nl

sondering volgens
 NEN 5140
 Klasse 2

conus type: CF-15		conus nr.: 080215		
Bereik	Punt [MPa]	Kleef [MPa]	Watersp [MPa]	Helling [°]
max	100	0.75	10.0	20.0

Opdracht nr.: 61000198	Sondering: 3	Werkomschrijving: Loomsweg 1 Uitbreiding Ligboxenstal
Hoogte maaiveld: 9.62 m t.o.v. N.A.P.		Plaats: Hoge Hexel
		Datum: 8-2-2010 Tijd: 10:15

helling
α



Diepte is met de helling gecorrigeerd conform NEN 5140

ijb geotechniek

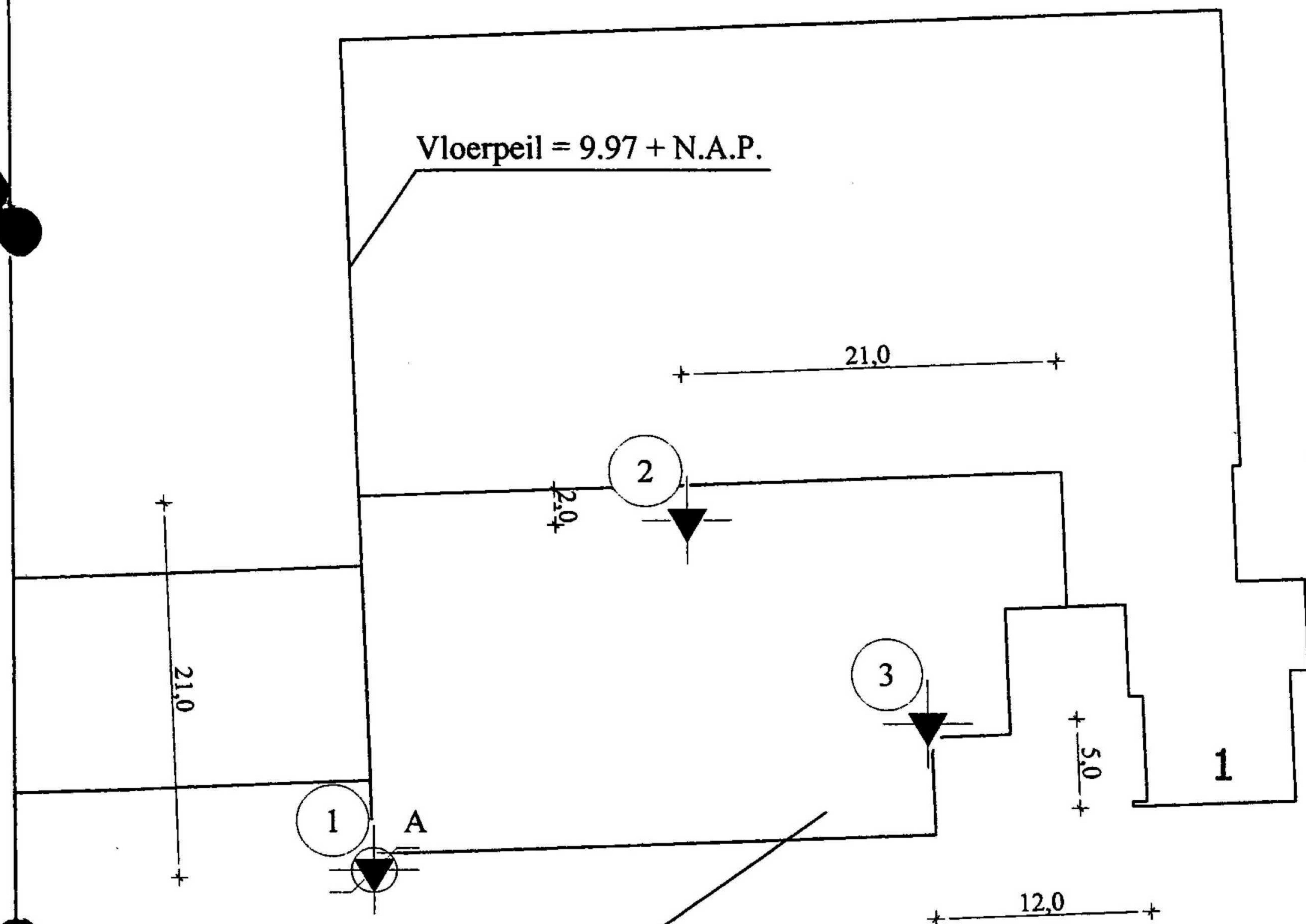
sondering volgens
NEN 5140
Klasse 2

conus type: CF-15		conus nr.: 080215		
Bereik	Punt [MPa]	Kleef [MPa]	Watersp [MPa]	Helling [°]
max	100	0.75	10.0	20.0

Loomsweg

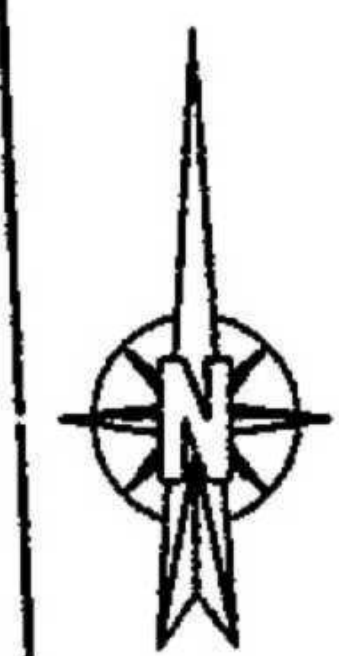
116

As-Weg = 9.81 + N.A.P.



uitbreiding ligboxenstal

118

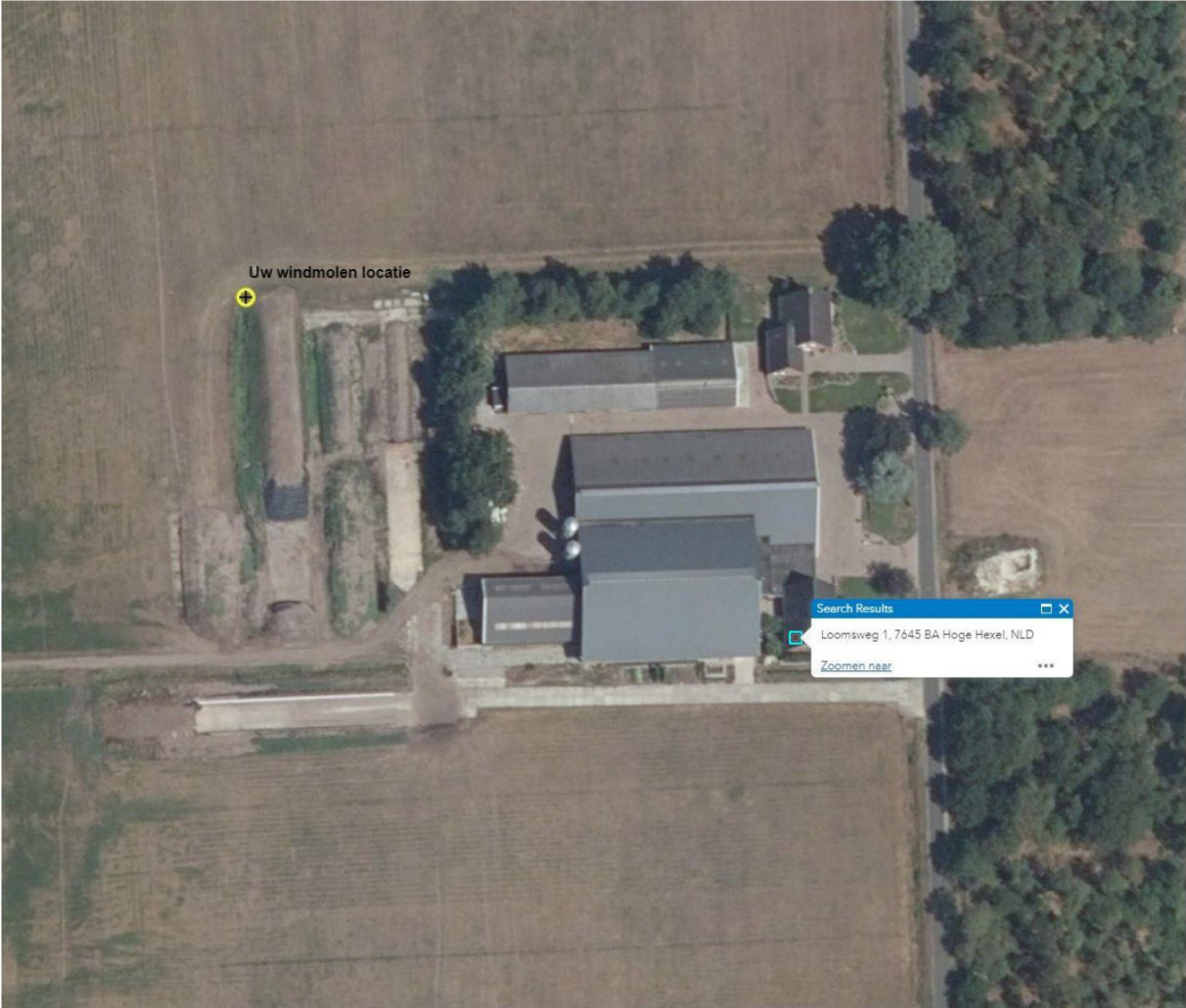


werk : Loomsweg 1, uitbreiding ligboxenstal
opdrachtgever: Mts. [REDACTED]
opdracht nr. : 61000198
schaal : 1:500
vast punt : Vloerpeil stal = 9.97 + N.A.P.
getekend : MdV EPD
gew. 1 :
gew. 2 :

te : Hogē Hexel
datum: 08-02-2010




POSTBUS 210 8530 AE LEMMER TEL. 0514-568800



Uw windmolen locatie



Search Results ✕

 Loomsweg 1, 7645 BA Hoge Hexel, NLD

[Zoomen naar](#) ***

BIJLAGE 2

Report for D-Sheet Piling 22.1


Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company: FuBoConsult
funderings- en bouwputadvies

Date of report: 21-11-2022
Time of report: 11:48:20
Report with version: 22.1.1.35825

Date of calculation: 21-11-2022
Time of calculation: 11:43:52
Calculated with version: 22.1.1.35825

File name: 21137-BGT

Project identification: Hoge Hexel, MTS 
Loomsweg 1
BGT-berekening

1 Summary

1.1 Overview of Maxima

Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]
16,2	-1276,03	318,27	0,0	13,1

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Single pile; Pile loaded by forces
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Elastic calculation	Yes

2.2 Pile Properties

Length	7,00 m
Level top side	0,25 m
Number of sections	1

2.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
Ø1420x16 na 0,...	-6,75	0,25	Steel	1,42

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

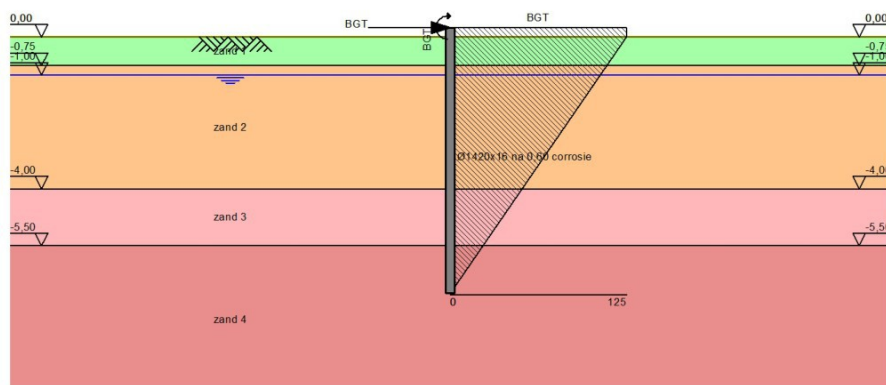
Section name	Elastic stiffness EI [kNm ²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
Ø1420x16 na 0,...	3,5152E+06	1,00	3,5152E+06	

2.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
Ø1420x16 na 0,...	5566,00	1,00	1,00	1,00	5566,00

2.3 Outline

Outline



2.4 Normal Forces

Name	Force at sheet pile top [kN]	Force at surface level, left side [kN]	Force at surface level, right side [kN]	Force at sheet pile toe [kN]
BGT	124,60	124,60	124,60	0,00

2.5 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
BGT	0,25	55,60

2.6 Moments

Name	Level [m]	Moment [kNm]
BGT	0,25	-1226,80

2.7 Water Level

Water level: -1,00 [m]

2.8 Surface

Surface level: 0,00 [m]

2.9 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
zand 1	0,00	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
zand 2	-0,75	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
zand 3	-4,00	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
zand 4	-5,50	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
zand 1	0,00	0,00	0,00	5,11	0,00	0,00
zand 2	-0,75	0,00	0,00	6,70	0,00	0,00
zand 3	-4,00	0,00	0,00	8,14	0,00	0,00
zand 4	-5,50	0,00	0,00	8,81	0,00	0,00

2.10 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m ²]
zand 1	0,00	0,00
zand 2	-0,75	0,00
zand 3	-4,00	0,00
zand 4	-5,50	0,00

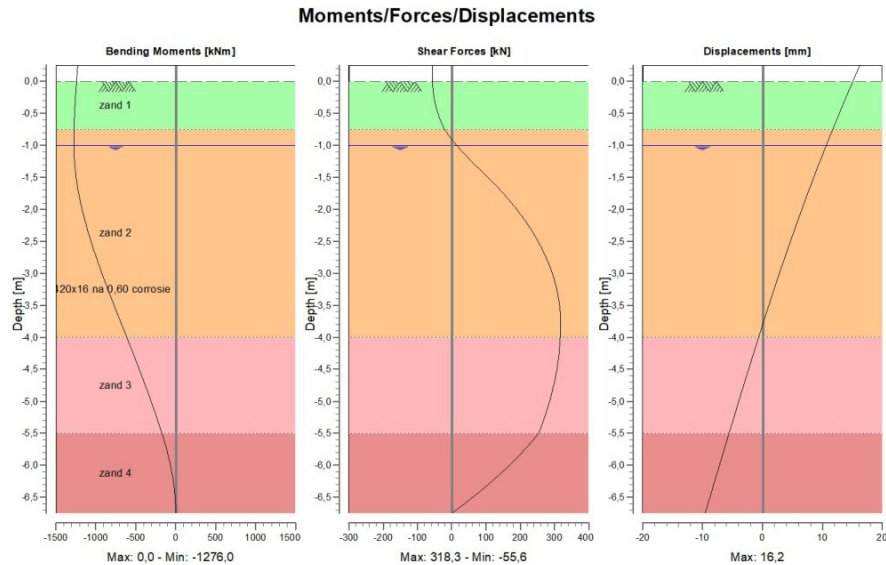
2.11 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m ²]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
zand 1	0,00	Yes	2000,00	Sand	6276,93	6276,93
zand 2	-0,75	Yes	5000,00	Sand	15692,31	15692,31
zand 3	-4,00	Yes	3000,00	Sand	9415,39	9415,39
zand 4	-5,50	Yes	6000,00	Sand	18830,78	18830,78

3 Calculation Results

Number of iterations: 5

3.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

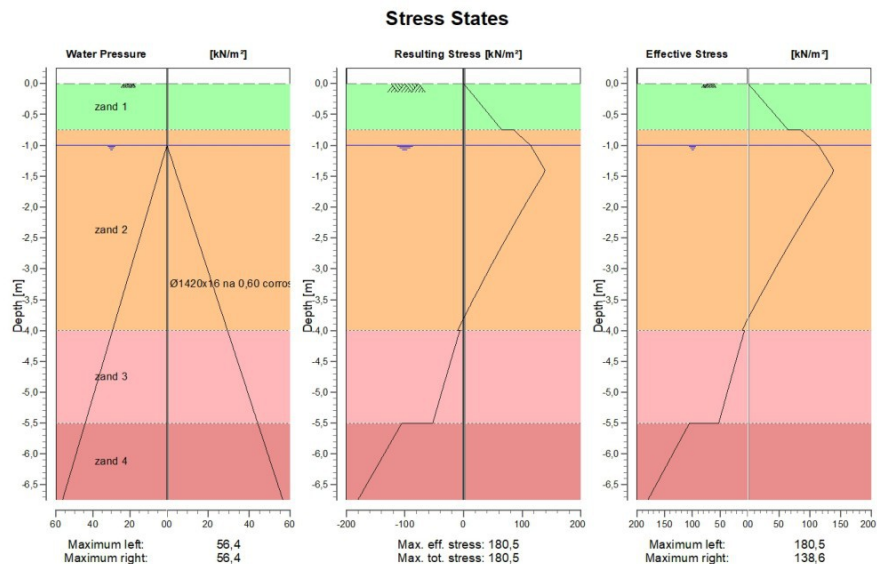


3.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,25	-1226,80	-55,60	16,2
1	0,00	-1240,84	-55,60	15,0
2	0,00	-1240,84	-55,60	15,0
2	-0,25	-1254,57	-51,75	13,9
3	-0,25	-1254,57	-51,75	13,9
3	-0,50	-1266,35	-40,19	12,8
4	-0,50	-1266,35	-40,19	12,8
4	-0,75	-1274,28	-20,94	11,7
5	-0,75	-1274,28	-20,94	11,7
5	-1,00	-1275,41	14,46	10,6
6	-1,00	-1275,41	14,46	10,6
6	-1,33	-1261,21	73,25	9,2
7	-1,33	-1261,21	73,30	9,2
7	-1,67	-1226,25	136,09	7,9
8	-1,67	-1226,25	136,11	7,9
8	-2,00	-1171,81	189,63	6,6
9	-2,00	-1171,81	189,63	6,6
9	-2,33	-1101,13	233,50	5,3
10	-2,33	-1101,13	233,50	5,3
10	-2,67	-1017,39	267,99	4,0
11	-2,67	-1017,39	267,99	4,0
11	-3,00	-923,67	293,35	2,8
12	-3,00	-923,67	293,35	2,8
12	-3,33	-822,98	309,81	1,6
13	-3,33	-822,98	309,81	1,6
13	-3,67	-718,25	317,56	0,5

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
14	-3,67	-718,25	317,56	0,5
14	-4,00	-612,35	316,79	-0,7
15	-4,00	-612,35	316,79	-0,7
15	-4,30	-517,96	312,09	-1,7
16	-4,30	-517,96	312,09	-1,7
16	-4,60	-425,59	303,38	-2,7
17	-4,60	-425,59	303,38	-2,7
17	-4,90	-336,41	290,71	-3,6
18	-4,90	-336,41	290,71	-3,6
18	-5,20	-251,62	274,12	-4,6
19	-5,20	-251,62	274,12	-4,6
19	-5,50	-172,39	253,64	-5,6
20	-5,50	-172,39	253,64	-5,6
20	-5,81	-100,88	202,75	-6,6
21	-5,81	-100,88	202,75	-6,6
21	-6,13	-46,57	143,51	-7,6
22	-6,13	-46,57	143,51	-7,6
22	-6,44	-12,08	75,92	-8,6
23	-6,44	-12,08	75,92	-8,6
23	-6,75	0,00	0,00	-9,6
Max		-1275,41	317,56	16,2
Max, minor nodes incl.		-1276,03	318,27	16,2

3.3 Charts of Stresses



3.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
1	0,25	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,00	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,00	0,00	0,00	A		0,00	0,00	P	
2	-0,25	0,00	0,00	A		21,70	0,00	P	
3	-0,25	0,00	0,00	A		21,70	0,00	P	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
3	-0,50	0,00	0,00	A		43,40	0,00	P	
4	-0,50	0,00	0,00	A		43,40	0,00	P	
4	-0,75	0,00	0,00	A		65,10	0,00	P	
5	-0,75	0,00	0,00	A		85,46	0,00	P	
5	-1,00	0,00	0,00	A		113,94	0,00	P	
6	-1,00	0,00	0,00	A		113,94	0,00	P	
6	-1,33	0,00	3,27	A		134,47	3,27	P	
7	-1,33	0,00	3,27	A		134,47	3,27	P	
7	-1,67	0,00	6,54	A		123,46	6,54	-	80
8	-1,67	0,00	6,54	A		123,46	6,54	-	80
8	-2,00	0,00	9,81	A		102,79	9,81	-	59
9	-2,00	0,00	9,81	A		102,79	9,81	-	59
9	-2,33	0,00	13,08	A		82,69	13,08	-	42
10	-2,33	0,00	13,08	A		82,69	13,08	-	42
10	-2,67	0,00	16,35	A		63,14	16,35	-	29
11	-2,67	0,00	16,35	A		63,14	16,35	-	29
11	-3,00	0,00	19,62	A		44,09	19,62	-	19
12	-3,00	0,00	19,62	A		44,09	19,62	-	19
12	-3,33	0,00	22,89	A		25,50	22,89	-	10
13	-3,33	0,00	22,89	A		25,50	22,89	-	10
13	-3,67	0,00	26,16	A		7,32	26,16	-	3
14	-3,67	0,00	26,16	A		7,32	26,16	-	3
14	-4,00	10,50	29,43	-	4	0,00	29,43	A	
15	-4,00	6,30	29,43	-	2	0,00	29,43	A	
15	-4,30	15,77	32,37	-	4	0,00	32,37	A	
16	-4,30	15,77	32,37	-	4	0,00	32,37	A	
16	-4,60	25,11	35,32	-	6	0,00	35,32	A	
17	-4,60	25,11	35,32	-	6	0,00	35,32	A	
17	-4,90	34,36	38,26	-	8	0,00	38,26	A	
18	-4,90	34,36	38,26	-	8	0,00	38,26	A	
18	-5,20	43,52	41,20	-	10	0,00	41,20	A	
19	-5,20	43,52	41,20	-	10	0,00	41,20	A	
19	-5,50	52,61	44,15	-	11	0,00	44,15	A	
20	-5,50	105,23	44,15	-	20	0,00	44,15	A	
20	-5,81	124,10	47,21	-	23	0,00	47,21	A	
21	-5,81	124,10	47,21	-	23	0,00	47,21	A	
21	-6,13	142,91	50,28	-	25	0,00	50,28	A	
22	-6,13	142,91	50,28	-	25	0,00	50,28	A	
22	-6,44	161,70	53,34	-	27	0,00	53,34	A	
23	-6,44	161,70	53,34	-	27	0,00	53,34	A	
23	-6,75	180,48	56,41	-	29	0,00	56,41	A	

Stat*
Mob**

Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Percentage passive mobilized

End of Report

BIJLAGE 3

Report for D-Sheet Piling 22.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Company: FuBoConsult
funderings- en bouwputadvies

Date of report: 21-11-2022
Time of report: 11:46:57
Report with version: 22.1.1.35825

Date of calculation: 21-11-2022
Time of calculation: 11:46:27
Calculated with version: 22.1.1.35825

File name: 21137-UGT

Project identification: Hoge Hexel [REDACTED]
[REDACTED]
UGT-berekening

1 Summary

1.1 Overview of Maxima

Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]
26,9	-1729,56	455,03	0,0	18,6

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Single pile; Pile loaded by forces
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Elastic calculation	Yes

2.2 Pile Properties

Length	7,00 m
Level top side	0,25 m
Number of sections	1

2.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
Ø1420x16 na 0,...	-6,75	0,25	Steel	1,42

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

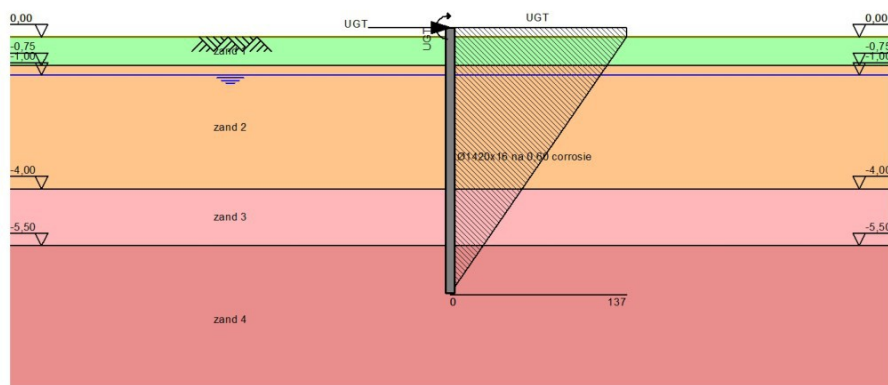
Section name	Elastic stiffness EI [kNm ²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
Ø1420x16 na 0,...	3,5152E+06	1,00	3,5152E+06	

2.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
Ø1420x16 na 0,...	5566,00	1,00	1,00	1,00	5566,00

2.3 Outline

Outline



2.4 Normal Forces

Name	Force at sheet pile top [kN]	Force at surface level, left side [kN]	Force at surface level, right side [kN]	Force at sheet pile toe [kN]
UGT	137,10	137,10	137,10	0,00

2.5 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
UGT	0,25	75,00

2.6 Moments

Name	Level [m]	Moment [kNm]
UGT	0,25	-1656,20

2.7 Water Level

Water level: -1,00 [m]

2.8 Surface

Surface level: 0,00 [m]

2.9 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
zand 1	0,00	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
zand 2	-0,75	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
zand 3	-4,00	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
zand 4	-5,50	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
zand 1	0,00	0,00	0,00	5,11	0,00	0,00
zand 2	-0,75	0,00	0,00	6,70	0,00	0,00
zand 3	-4,00	0,00	0,00	8,14	0,00	0,00
zand 4	-5,50	0,00	0,00	8,81	0,00	0,00

2.10 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m ²]
zand 1	0,00	0,00
zand 2	-0,75	0,00
zand 3	-4,00	0,00
zand 4	-5,50	0,00

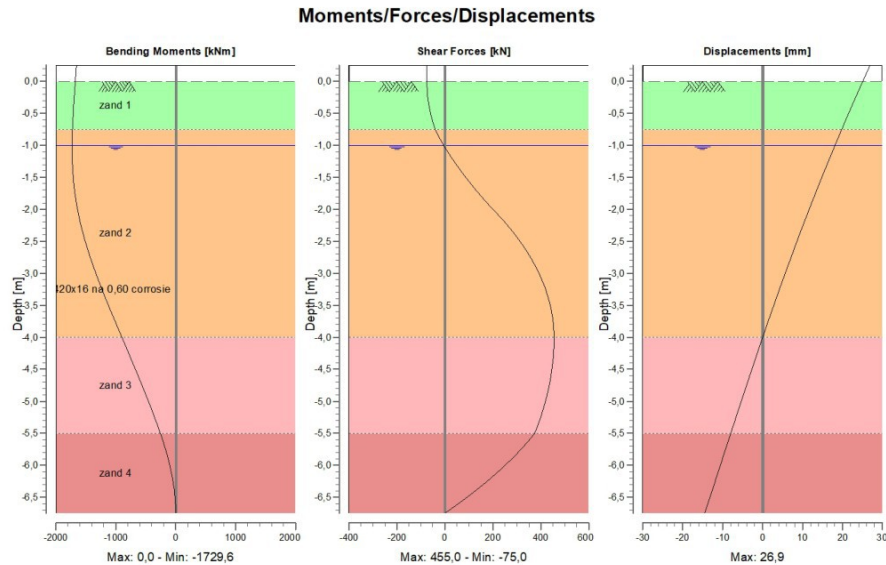
2.11 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m ²]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
zand 1	0,00	Yes	2000,00	Sand	6276,93	6276,93
zand 2	-0,75	Yes	5000,00	Sand	15692,31	15692,31
zand 3	-4,00	Yes	3000,00	Sand	9415,39	9415,39
zand 4	-5,50	Yes	6000,00	Sand	18830,78	18830,78

3 Calculation Results

Number of iterations: 5

3.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

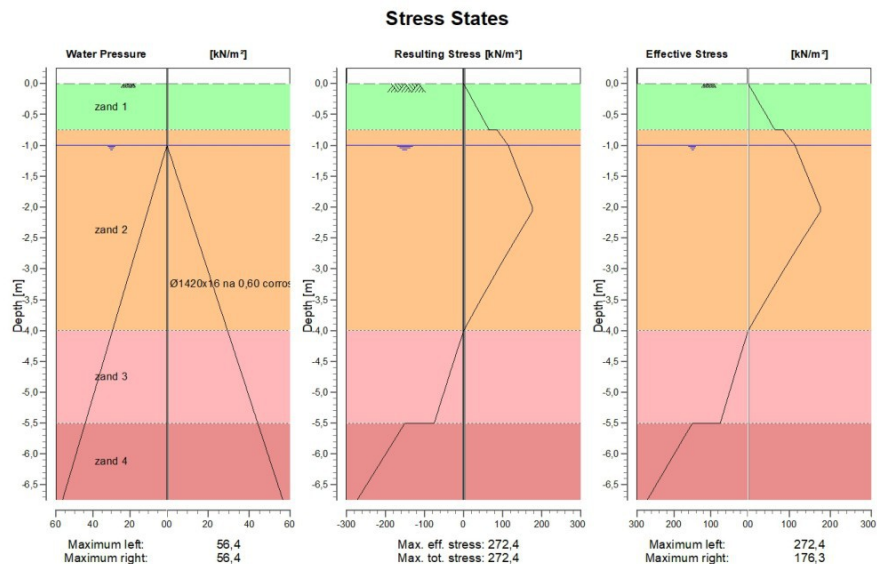


3.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,25	-1656,20	-75,00	26,9
1	0,00	-1675,20	-75,00	25,1
2	0,00	-1675,20	-75,00	25,1
2	-0,25	-1693,87	-71,15	23,3
3	-0,25	-1693,87	-71,15	23,3
3	-0,50	-1710,60	-59,59	21,5
4	-0,50	-1710,60	-59,59	21,5
4	-0,75	-1723,47	-40,34	19,8
5	-0,75	-1723,47	-40,34	19,8
5	-1,00	-1729,54	-4,94	18,1
6	-1,00	-1729,54	-4,94	18,1
6	-1,33	-1721,91	53,85	15,9
7	-1,33	-1721,91	53,85	15,9
7	-1,67	-1693,04	122,36	13,7
8	-1,67	-1693,04	122,36	13,7
8	-2,00	-1639,70	200,59	11,6
9	-2,00	-1639,70	200,68	11,6
9	-2,33	-1559,53	279,23	9,6
10	-2,33	-1559,53	279,23	9,6
10	-2,67	-1455,57	343,10	7,6
11	-2,67	-1455,57	343,10	7,6
11	-3,00	-1332,76	392,30	5,7
12	-3,00	-1332,76	392,30	5,7
12	-3,33	-1195,92	427,17	3,7
13	-3,33	-1195,92	427,16	3,7
13	-3,67	-1049,80	447,98	1,9

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
14	-3,67	-1049,80	447,98	1,9
14	-4,00	-899,03	455,03	0,0
15	-4,00	-899,03	455,03	0,0
15	-4,30	-762,92	451,87	-1,6
16	-4,30	-762,92	451,87	-1,6
16	-4,60	-628,72	442,22	-3,2
17	-4,60	-628,72	442,22	-3,2
17	-4,90	-498,37	426,14	-4,8
18	-4,90	-498,37	426,14	-4,8
18	-5,20	-373,79	403,69	-6,4
19	-5,20	-373,79	403,69	-6,4
19	-5,50	-256,89	374,91	-8,0
20	-5,50	-256,89	374,91	-8,0
20	-5,81	-150,87	301,58	-9,6
21	-5,81	-150,87	301,58	-9,6
21	-6,13	-69,88	214,63	-11,2
22	-6,13	-69,88	214,63	-11,2
22	-6,44	-18,18	114,10	-12,8
23	-6,44	-18,18	114,10	-12,8
23	-6,75	0,00	0,00	-14,5
Max		-1729,54	455,03	26,9
Max, minor nodes incl.		-1729,56	455,03	26,9

3.3 Charts of Stresses



3.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
1	0,25	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,00	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,00	0,00	0,00	A		0,00	0,00	P	
2	-0,25	0,00	0,00	A		21,70	0,00	P	
3	-0,25	0,00	0,00	A		21,70	0,00	P	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
3	-0,50	0,00	0,00	A		43,40	0,00	P	
4	-0,50	0,00	0,00	A		43,40	0,00	P	
4	-0,75	0,00	0,00	A		65,10	0,00	P	
5	-0,75	0,00	0,00	A		85,46	0,00	P	
5	-1,00	0,00	0,00	A		113,94	0,00	P	
6	-1,00	0,00	0,00	A		113,94	0,00	P	
6	-1,33	0,00	3,27	A		134,47	3,27	P	
7	-1,33	0,00	3,27	A		134,47	3,27	P	
7	-1,67	0,00	6,54	A		155,00	6,54	P	
8	-1,67	0,00	6,54	A		155,00	6,54	P	
8	-2,00	0,00	9,81	A		175,54	9,81	P	
9	-2,00	0,00	9,81	A		175,54	9,81	P	
9	-2,33	0,00	13,08	A		150,67	13,08	-	77
10	-2,33	0,00	13,08	A		150,67	13,08	-	77
10	-2,67	0,00	16,35	A		119,32	16,35	-	55
11	-2,67	0,00	16,35	A		119,32	16,35	-	55
11	-3,00	0,00	19,62	A		88,69	19,62	-	37
12	-3,00	0,00	19,62	A		88,69	19,62	-	37
12	-3,33	0,00	22,89	A		58,72	22,89	-	23
13	-3,33	0,00	22,89	A		58,72	22,89	-	23
13	-3,67	0,00	26,16	A		29,34	26,16	-	11
14	-3,67	0,00	26,16	A		29,34	26,16	-	11
14	-4,00	0,00	29,43	A		0,49	29,43	-	
15	-4,00	0,00	29,43	A		0,29	29,43	-	
15	-4,30	15,06	32,37	-	4	0,00	32,37	A	
16	-4,30	15,06	32,37	-	4	0,00	32,37	A	
16	-4,60	30,23	35,32	-	7	0,00	35,32	A	
17	-4,60	30,23	35,32	-	7	0,00	35,32	A	
17	-4,90	45,24	38,26	-	11	0,00	38,26	A	
18	-4,90	45,24	38,26	-	11	0,00	38,26	A	
18	-5,20	60,14	41,20	-	13	0,00	41,20	A	
19	-5,20	60,14	41,20	-	13	0,00	41,20	A	
19	-5,50	74,95	44,15	-	16	0,00	44,15	A	
20	-5,50	149,90	44,15	-	29	0,00	44,15	A	
20	-5,81	180,61	47,21	-	33	0,00	47,21	A	
21	-5,81	180,61	47,21	-	33	0,00	47,21	A	
21	-6,13	211,24	50,28	-	37	0,00	50,28	A	
22	-6,13	211,24	50,28	-	37	0,00	50,28	A	
22	-6,44	241,84	53,34	-	41	0,00	53,34	A	
23	-6,44	241,84	53,34	-	41	0,00	53,34	A	
23	-6,75	272,43	56,41	-	44	0,00	56,41	A	

Stat*
Mob**

Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Percentage passive mobilized

End of Report