



DO BEREKENING

"22KL01-35-UO-001"

Projectnaam: Hotelboten Keulse kade
Opdrachtgever: Gemeente Utrecht
Objectnaam: Afmeerpalen

Zaak/besteknummer: nvt

Publicatiedatum: 28-9-2022

Versiebeheer

Versie, versiedatum	Omschrijving	Opmerking
Rev. 1.0 dd 28-09-2022	Definitief	

Distributie

Naam	Functie	Versie 0.1	Versie 1.0	Versie 2.0	Versie 3.0	Versie 4.0
5.1.2.e	5.1.2.e	X	X			
5.1.2.e	5.1.2.e	X	X			

Ontwerpnota: 22KL01-35-UO-001_Afmeerpalen_Rev. 1.0 dd 28-09-2022

	Naam	Functie	Handtekening
Opgesteld door:	5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e
Verificatie aannemer:	5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e
Vrijgave ontwerp:	5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e
Vrijgave opdrachtnemer:			Digitaal ondertekend door 5.1.2.e Datum: 2022.09.29 09:17:16 +02'00'
Acceptatie opdrachtgever:			

UITVOERING VAN DE CONSTRUCTIE

De afmeervoorzieningen bestaat uit 2 trospalen en 3 afmeerpalen.

Een trospaal is voorzien van een armbolder en een trospaal is voorzien van een kopbolder.

De 3 afmeerpalen zijn voorzien van een kopbolder en aan de voorzijde van een Azobe wrijfstijl.

De afmeervoorzieningen bestaan uit open stalen buispalen die voldoende diep in de grond geplaatst worden om de horizontale belasting uit wind op te kunnen nemen.

De locatie van de afmeervoorzieningen zijn bepaald aan de hand van het ruimtebeslag van af te meren schip. De wal bestaat uit een grastalud en wordt voorzien van een toeloop naar een platform om veilig op het schip te kunnen komen.

De representatieve belasting welke is opgegeven door de opdrachtgever Gemeente Utrecht bedraagt $F_{rep} = 200 \text{ kN}$.

INHOUDSOPGAVE

1	UITGANGSPUNTEN.....	5
1.1	PROGRAMMA VAN EISEN	5
1.2	VOORSCHRIFTEN EN RAPPORTEN.....	5
1.3	GEVOLGKLASSE (CC) EN BETROUWBAARHEIDSKLASSE (RC)	5
1.4	UITVOERINGSKLASSE (EXC)	5
1.5	LEVENSDUUR	5
1.6	REKENWAARDEN VOOR DE GRENSTOESTANDEN (UGT EN BGT)	6
1.7	BELASTINGEN	6
1.7.1	EIGEN GEWICHTEN TOEGEPASTE MATERIALEN	6
1.7.2	BELASTING OP DE AFMEERPALen	6
1.8	MATERIALEN.....	6
1.8.1	NOMINALE WAARDEN STAAL VLOEIGRENS EN TREKSTERKTE STAAL	6
1.8.2	PARTIELE FACTOR MATERIAAL	7
1.8.3	MAXIMAAL TOEGESTANE DIKTE MATERIAAL TAAIHEID	7
1.8.4	MATERIAAL BELAST IN DIKTE RICHTING	7
1.9	CORROSIE	7
1.10	EISEN AAN DE CONSERVERING	7
1.11	MAAIVELD HOOGTE	7
1.12	GEOTECHNISCHE GEGEVENS	7
2	ONTWERP	8
3	BEREKENING TROSPALEN.....	8
3.1.1	RESULTATEN DRIE AFMEERPALen EN EEN TROSPAAL 914 x 15.....	8
3.1.2	RESULTATEN TROSPAAL 1067 x 19	8
4	DETAILBEREKENING KOPBOLDERS	9
5	DETAILBEREKENING ARMBOLDER	10
6	DETAILBEREKENING AZOBE.....	10
7	RISICO'S	11
8	VEILIGHEID	11

1 Uitgangspunten

1.1 Programma van Eisen

De representatieve belasting welke is opgegeven door de opdrachtgever bedraagt $F_{rep} = 200$ kN.

Voor de afmeervoorzieningen zijn de geldende eurocodes van toepassing en methode Blum voor bepaling van de sterkte.

1.2 Voorschriften en rapporten

Norm	Omschrijving	Ref.
NEN-1090-2:2018	Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies	[N.1]
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011, NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011	Grondslagen van het constructief ontwerp	[N.2]
NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016, NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016	Ontwerp en berekening van staalconstructies - deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	[N.3]
NEN-EN 1997-1+c1:2012/NB:2012	Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels	[N.4]

Rapporten	Omschrijving	Ref.
22KL01-31 dd01-09-2022	Inspectie bolderbelasting Keulsekade	[R.1]

1.3 Gevolgklasse (CC) en betrouwbaarheidsklasse (RC)

De gevolgklasse volgt uit NEN-EN 1990+A1+A1/C2/NB:2019, tabel NB.24-B1 en geeft voor openbare gebouwen een gevolgklasse van CC2

De betrouwbaarheidsklasse volgt uit NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019, artikel B.3.2 (2) en mogen in een verband gezien worden met de gevolgklasse van CC2. Hieruit volgt een betrouwbaarheidsklasse van RC2.

1.4 Uitvoeringsklasse (EXC)

NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016 geeft in tabel C.1 voor de gevolgklasse CC2 een uitvoeringsklasse van EXC 2.

1.5 Levensduur

Ontwerplevensduur conform NEN-EN 1990+A1+A1/C2/NB:2019.

- Ontwerplevensduur klasse 1 is 5 jaar

1.6 Rekenwaarden voor de grenstoestanden (UGT en BGT)

Voor de uiterste grenstoestand (UGT) conform de NEN-EN-1990+A1+A1/C2/NB:2019 tabel NB.4 – A1.2(B)

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belastingen	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
(Vgl. 6.10 a)	1,35 G _{k,j,sup}	0,9 G _{k,j,inf}		1,5 $\psi_{0,1}$ Q _{k,1}	1,5 $\psi_{0,i}$ Q _{k,i} (i > 1)
(Vgl. 6.10 b)	1,2 G _{k,j,sup}	0,9 G _{k,j,inf}	1,5 Q _{k,1}		1,5 $\psi_{0,i}$ Q _{k,i} (i > 1)

Voor de bruikbaarheids grenstoestand (BGT) conform NEN-EN-1990+A1+A1/C2:2019 Tabel A1.4

Combinatie	Blijvende belastingen G _d		Veranderlijke belastingen Q _d	
	Ongunstig	Gunstig	Overheersend	Andere
Karakteristiek	1,0 G _{k,j,sup}	1,0 G _{k,j,inf}	1,0 Q _{k,1}	1,0 $\psi_{0,i}$ Q _{k,i}

1.7 Belastingen

1.7.1 Eigen gewichten toegepaste materialen

Omschrijving materialen	Volumiek gewicht γ	
Eigen gewicht constructie staal	78,5 kN/m ³	NEN-EN 1991-1-1+C1 Tabel A.4

1.7.2 Belasting op de afmeerpalen

Voor de windbelasting $F_{rep} = 200$ kN.

Trosbelasting 200 kN. Deze kracht is mede gebaseerd op rapport "22KL01-31 Inspectie bolderbelasting Keulsekade; versie 1; d.d. 01-09-2022. Hieruit blijkt dat de maximale piekbelasting 130 kN bedraagt. De bestaande bolders op de kade hebben een capaciteit van 200 kN (20 ton). In overleg met opdrachtgever Gemeente Utrecht is de keuze gemaakt een maximale troskracht van 200 kN te hanteren.

Voor de trospaal waarbij 2 schepen afgemeerd liggen, doorsnede A-A in figuur 2, wordt een belasting van $2 \times F_{rep} = 2 \times 200$ kN = $F_{rep,tot} = 400$ kN aangehouden. De armbolders op deze trospaal worden op $F_{rep} = 200$ kN uitgelegd.

1.8 Materialen

1.8.1 Nominale waarden staal vloeigrens en treksterkte staal

Onderdeel	Staalsoort	t ≤ 40 mm		40mm < t < 80 mm		
		f _y (N/mm ²)	f _u (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	f _u (N/mm ²)	
Buispalen diameter 1067 x 19	S 355	355	490	335	470	NEN-EN-1993-1-1C2:2016 tabel 3.1
Buispalen diameter 914 x 15	S 355	355	490	335	470	NEN-EN-1993-1-1C2:2016 tabel 3.1
Bolders	S 355	355	490	335	470	NEN-EN-1993-1-1C2:2016 tabel 3.1

1.8.2 Partiele factor Materiaal

Staal	γ_{m0}	1.0	NEN-EN 1993-1-1 C2 2016 NL (NB) 6.1
Staal	γ_{m1}	1.0	NEN-EN 1993-1-1 C2 2016 NL (NB) 6.1
Verbindingen	γ_{m2}	1.25	NEN-EN 1993-1-1 C2 2016 NL (NB) 6.1

1.8.3 Maximaal toegestane dikte materiaal taaheid

Conform NEN-EN 1993-1-10+C2:2011 uit tabel 2.1, volgt bij toepassing van materiaal S355-J0 en $J_{min} = 27J$ kerfslagwaarde bij een omgevings temperatuur van 0 graden en een referentie temperatuur van -20 graden een maximale plaatdikte van 35 mm toegepast kan worden.

Toepassing van S355-J0 is toegestaan.

1.8.4 Materiaal belast in dikte richting

Conform NEN-EN 1993-1-10+C2:2011 uit Tabel 3.2, volgt dat met een toegepast materiaal dikte van $t \leq 20$ mm waarbij alleen hoeklassen en vrije krimp worden uitgevoerd een waarde van $Z=7$ deze is dus lager als Z15.

Geen specifieke eisen aan Z kwaliteit.

1.9 Corrosie

Conform beoogde levensduur wordt er geen corrosie in rekening gebracht.

1.10 Eisen aan de conservering

Conform beoogde levensduur worden de onderdelen niet geconserveerd.

1.11 Maaiveld hoogte

Omschrijving	Niveau
Maaiveld	NAP +1,50 m
Kanaalpeil	NAP -0.40 m
Bodem niveau	NAP -3.60 m

1.12 Geotechnische gegevens

De geotechnische gegevens uit WN-23150B van WIHA GRONDMECHANICA sondering 6 Zie bijlage 4

B.k. grondlaag [m t.o.v. NAP]	Grondsoort	γ_{sat} [kN/m ³]	$\gamma_{drained}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	$C_{u, laag}$ [kN/m ²]
-3.60	Zand los	18/19	8	30.0	
-5.50	Zand matig	20	10	32.5	
-7.50	Zand los	18/19	8	30.0	
-11.00	Zand matig	20	10	32.5	
-13.50	Zand matig	18/19	8	30.0	
-14.50	zand, vast gepakt	21	11	35.0	

In de berekening van de palen zijn voor alle lagen de parameter $\gamma_{drained}$ op 9 kN/m³ en parameter ϕ' op 30.0° gezet.

2 Ontwerp

De tros- en afmeerpalen worden met behulp van een spreadsheet gebaseerd op de methode Blum berekend. Voor de sterkte van de paal wordt de $\delta = 2/3 \varphi'$ aangehouden voor de inheidiepte om verticaal evenwicht te garanderen wordt de $\delta = 0$ aangehouden.

In een spreadsheet wordt de controle op plooi van de buispalen conform NEN-EN-1993-1-1 getoetst.

Vervolgens worden in detailberekeningen de kopbolders, haakbolders en Azobe wrijfstijl gecontroleerd.

3 Berekening trospalen

Drie afmeer palen van 914 x 15 – S355 met een maximale F_{rep} van 200,0 kN.
Bovenkant paal + 1.50 NAP en inheidiepte -13,50 NAP

Een tros paal van 1067 x 19 – S355 met een maximale F_{rep} van 400,0 kN.
Bovenkant paal + 1.50 NAP en inheidiepte -14,5 NAP

Een tros paal van 914 x 15 – S355 met een maximale F_{rep} van 200,0 kN.
Bovenkant paal + 1.50 NAP en inheidiepte -13,50 NAP

3.1.1 Resultaten drie afmeerpalen en een trospaal 914 x 15

Bijlage 3 geeft onderstaande resultaten:

- Uit de belasting van $F_{rep} = 200$ kN volgt
- Maximale moment UGT van 2073 kNm
- Moment geeft een UC van 0,62 bij controle op plooi volgens NEN-EN-1993-1-1
- Inheidiepte van – 11,56 NAP. Inheidiepte is -13,5 NAP aangehouden ivm met snelle verkrijgbaarheid.

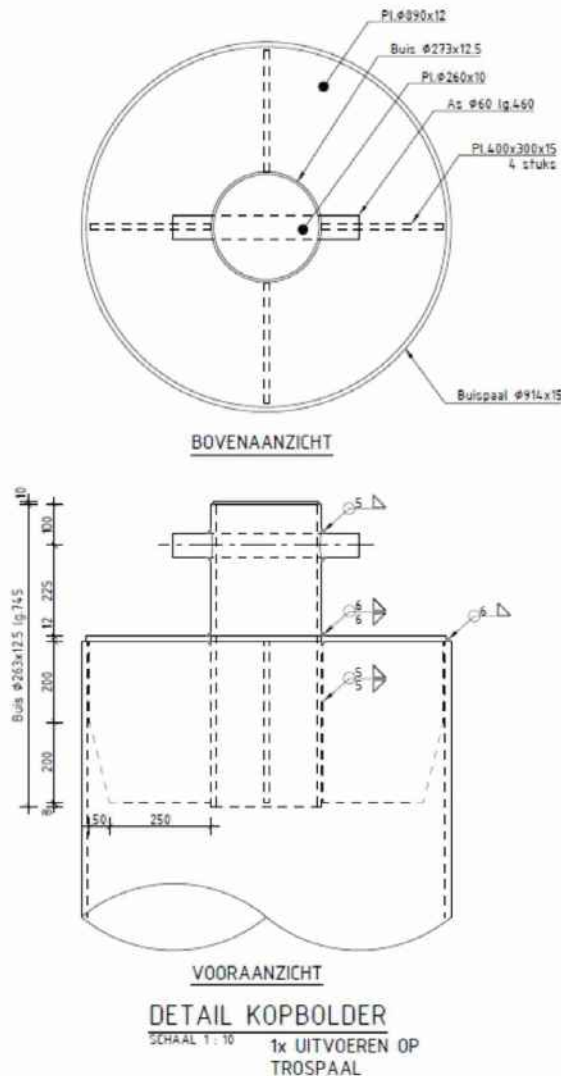
3.1.2 Resultaten trospaal 1067 x 19

Bijlage 4 geeft onderstaande resultaten:

- Uit de belasting van $F_{rep} = 400$ kN volgt
- Maximale moment UGT van 4874 kNm
- Moment geeft een UC van 0,96 bij controle op plooi volgens NEN-EN-1993-1-1
- Inheidiepte van – 13,29 NAP. Inheidiepte is -14,5 NAP aangehouden.

4 Detailberekening kopbolders

Alle bolders worden op een horizontale belasting van F_{rep} 200 kN uitgelegd.
Belastingfactor van $\gamma = 1,5$.



Figuur 3 kopbolder detail

In bijlage 5 is de detail berekening weergegeven van de in bovenstaande figuur aangegeven profielen en lassen.
Mechanica model ligger op 2 steunpunten met een verticale arm van 225 mm.

Uit de detailberekening volgt:

- Bolder buis voldoet met een UC van 0,30
- T- vormige kruis voldoet met een UC van 0,54
- De overdracht van het T-vormige kruis op dwarskracht naar de buiswand voldoet met een UC van 0,10

In bijlage 7 is de detail berekening van het Azobe weergegeven.

Mechanica model is de een ligger op 2 steunpunten met een puntlast (berghout van het schip) van F_{rep} 200 kN.

Uit de detailberekening volgt:

- Moment in Azobe geeft een UC van 0,45
- Dwarskracht geeft een UC van 0,60

7 Risico's

Onderstaande risico's zijn voorlopig geïdentificeerd en worden in een R&I verder uitgewerkt

- Werkzaamheden die vanaf het water uitgevoerd worden.
- Heiwerk ter plaatse talud.

8 Veiligheid

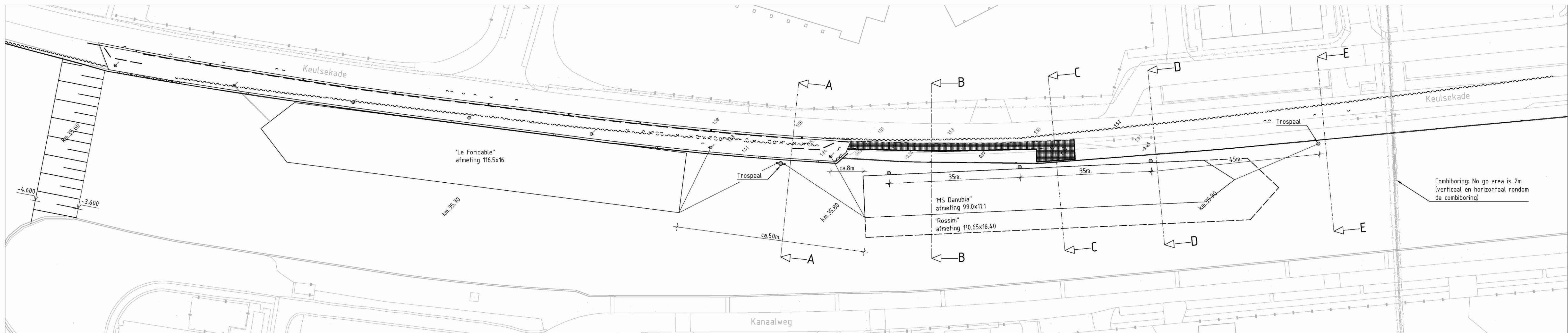
Onderstaande veiligheidsitems zijn voorlopig geïdentificeerd en worden in een R&I verder uitgewerkt.

- Veiligheidsmiddelen voor werken op het water.
- Voor de hijswerkzaamheden de benodigde voorzieningen aan te brengen en te bespreken met de uitvoerders.

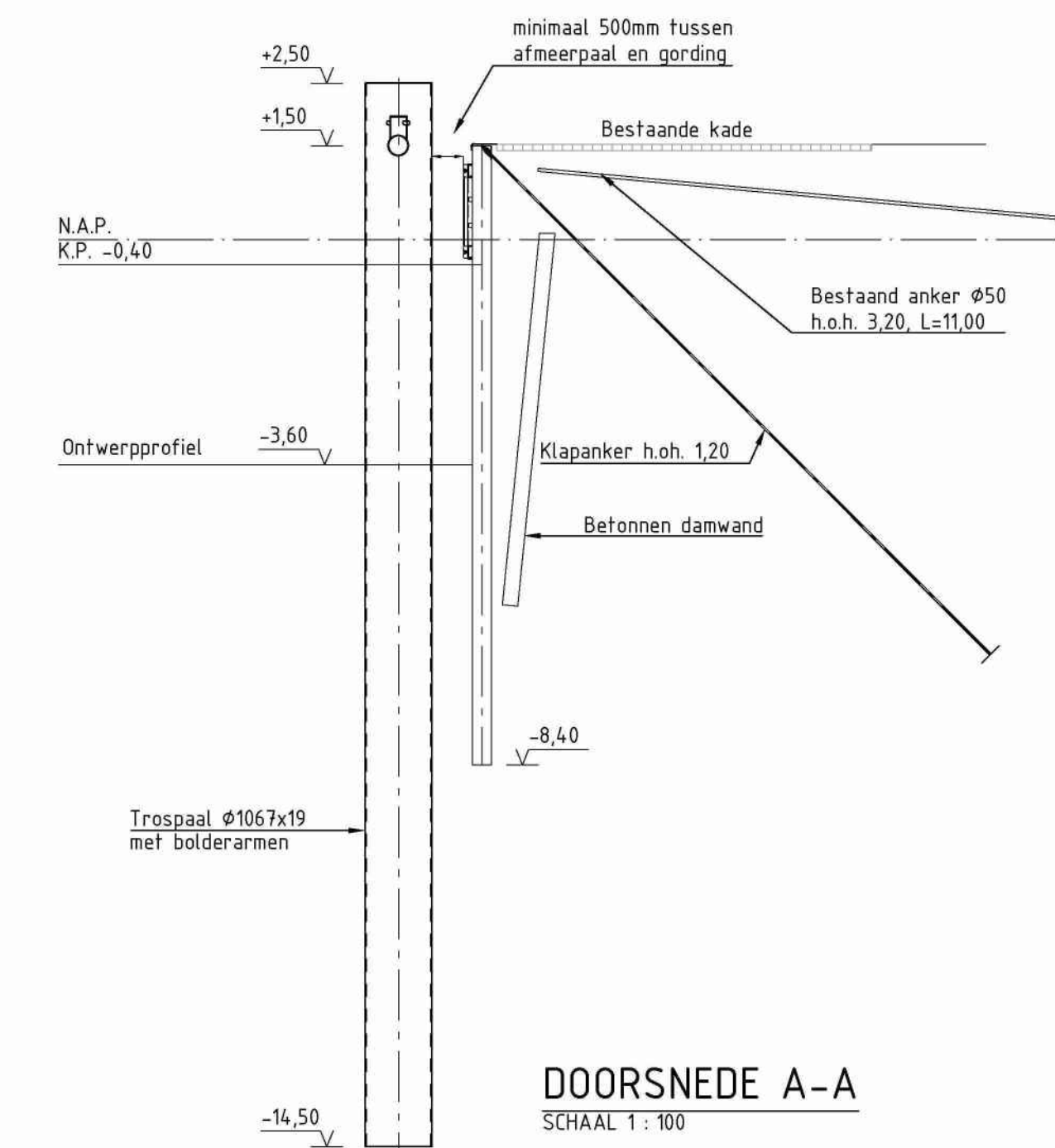
Bijlagen

- BIJLAGE 1. – TEKENING EXTRA AFMEERVOORZIENING
- BIJLAGE 2. – GEOTECHNISCHE GEGEVENS
- BIJLAGE 3. – BEREKENING AFMEERPAAL 914 X 15
- BIJLAGE 4. – BEREKENING TROS PAAL 1067 X 19
- BIJLAGE 5. – DETAILBEREKENING KOPBOLDER
- BIJLAGE 6. – DETAILBEREKENING ARMBOLDER
- BIJLAGE 7. – DETAILBEREKENING AZOBE

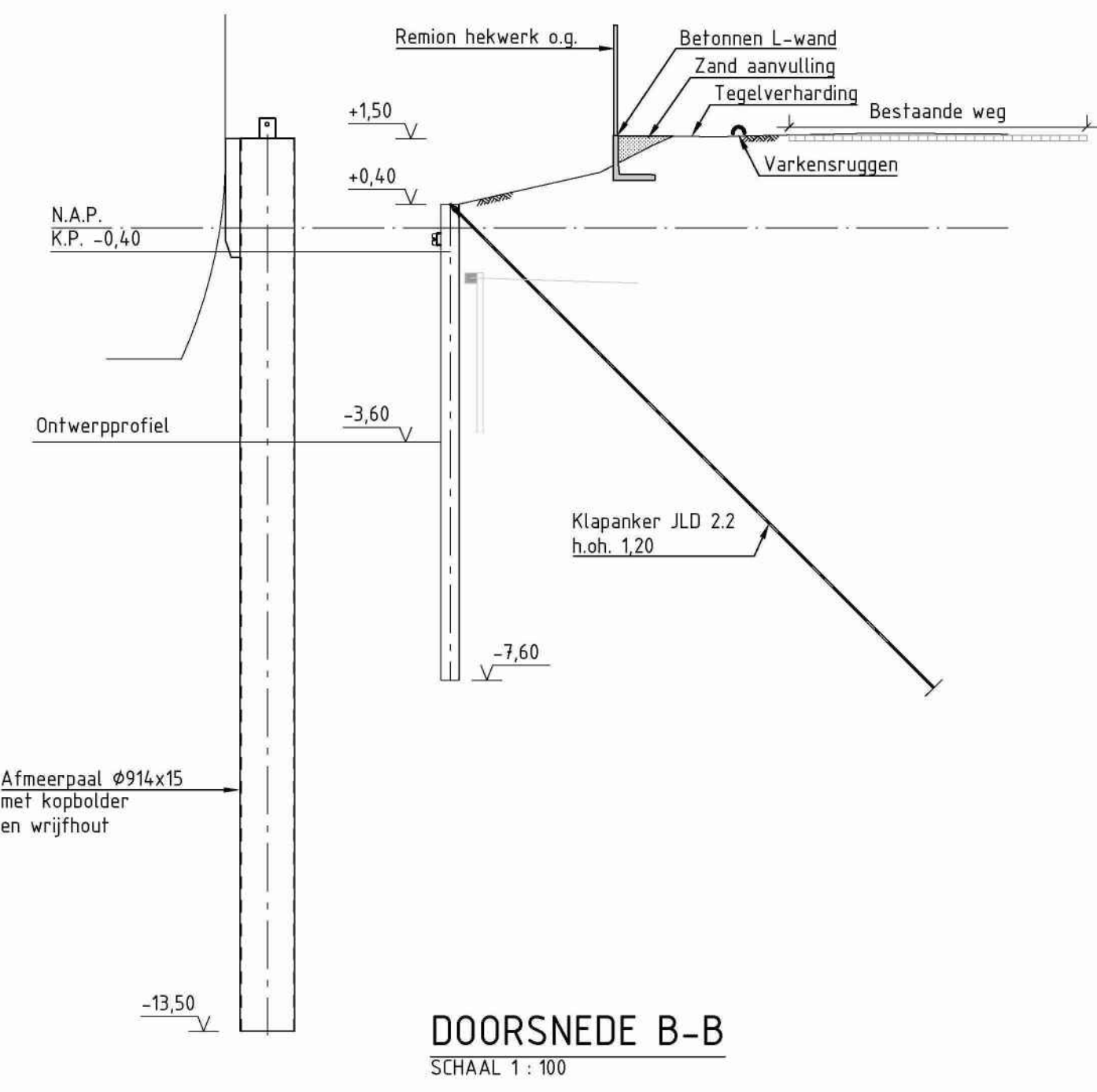
Bijlage 1. – Tekening Extra afmeervoorziening



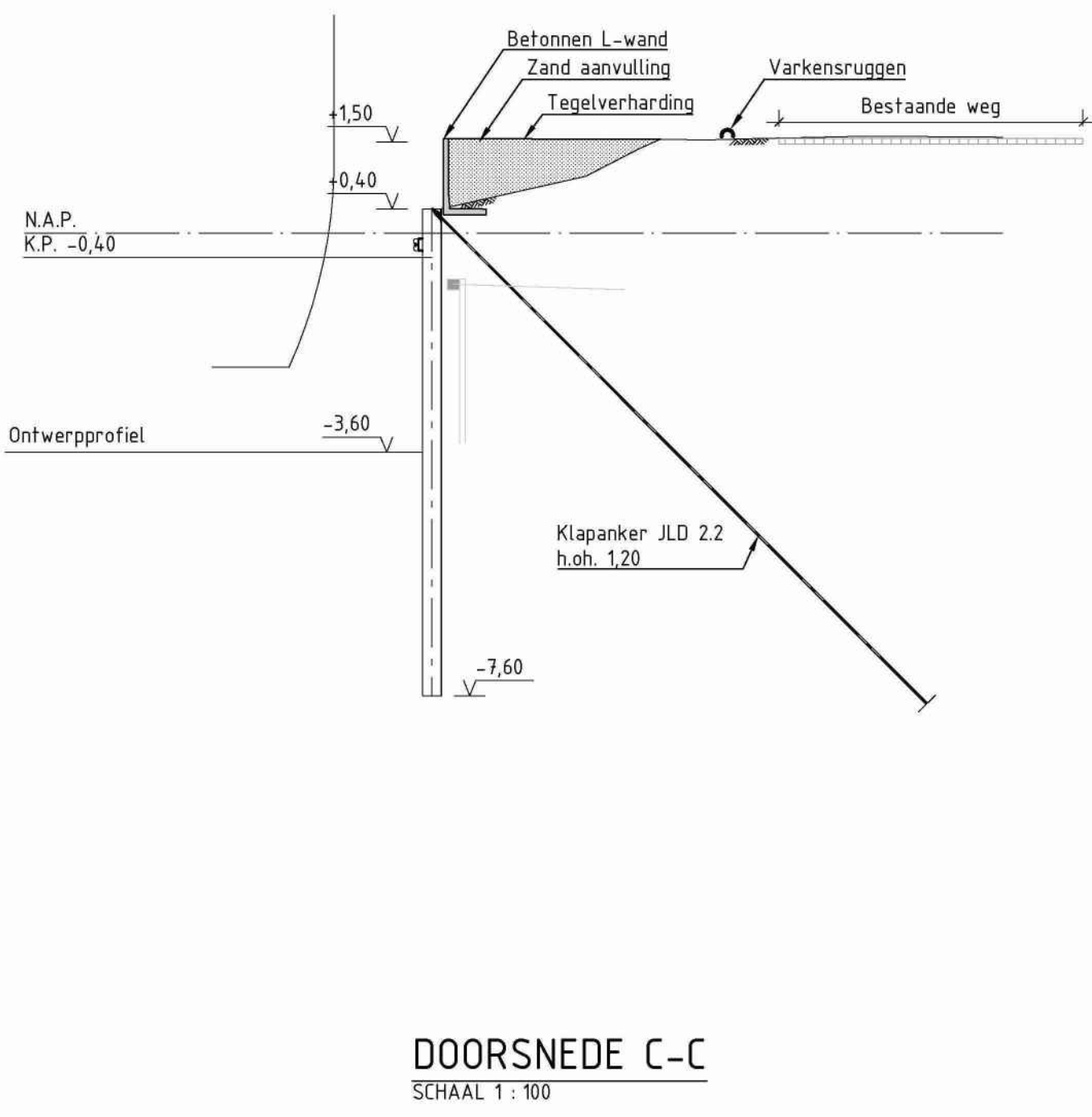
SITUATIE
SCHAAL 1 : 500



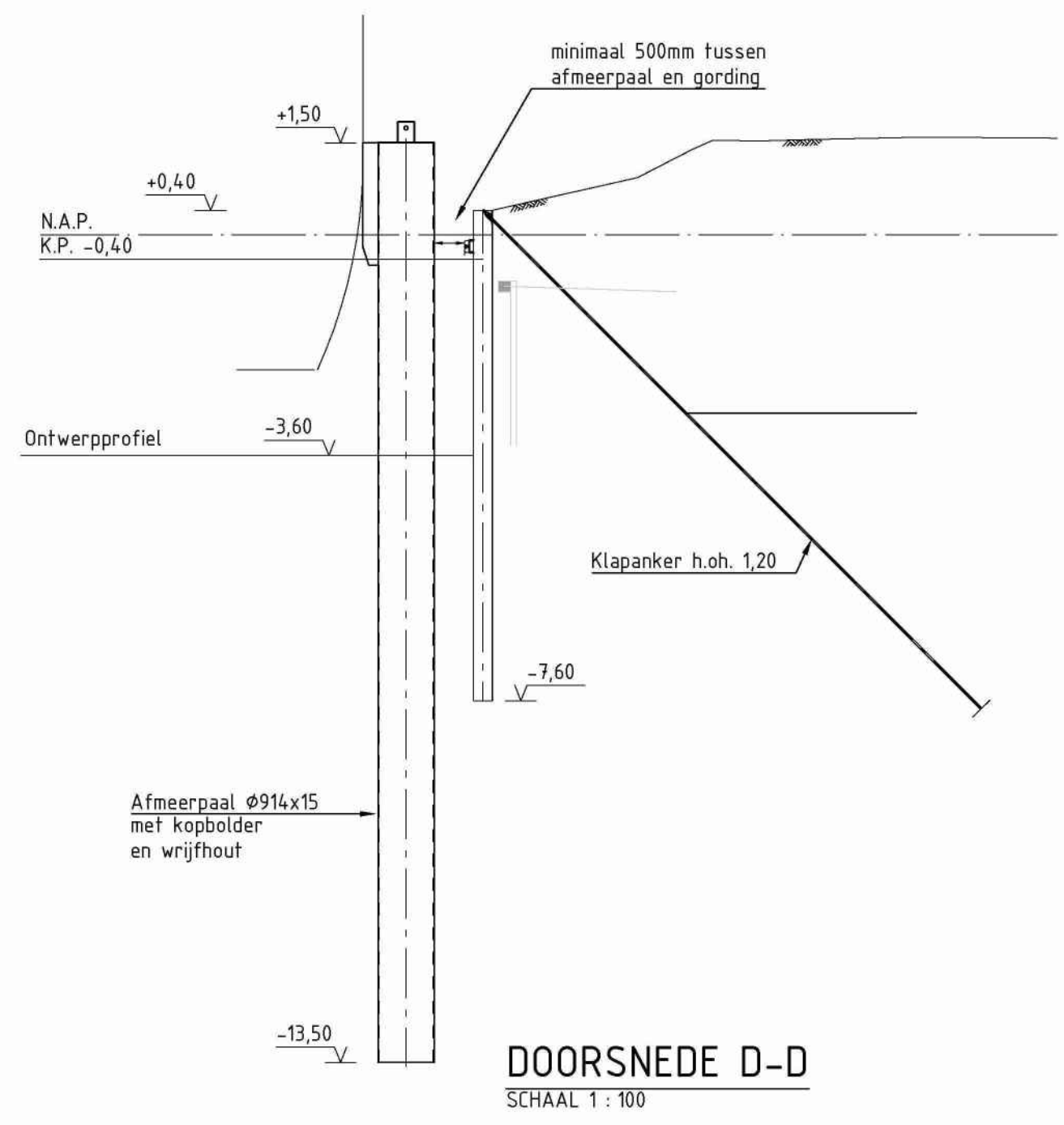
DOORSNEDE A-A
SCHAAL 1 : 100



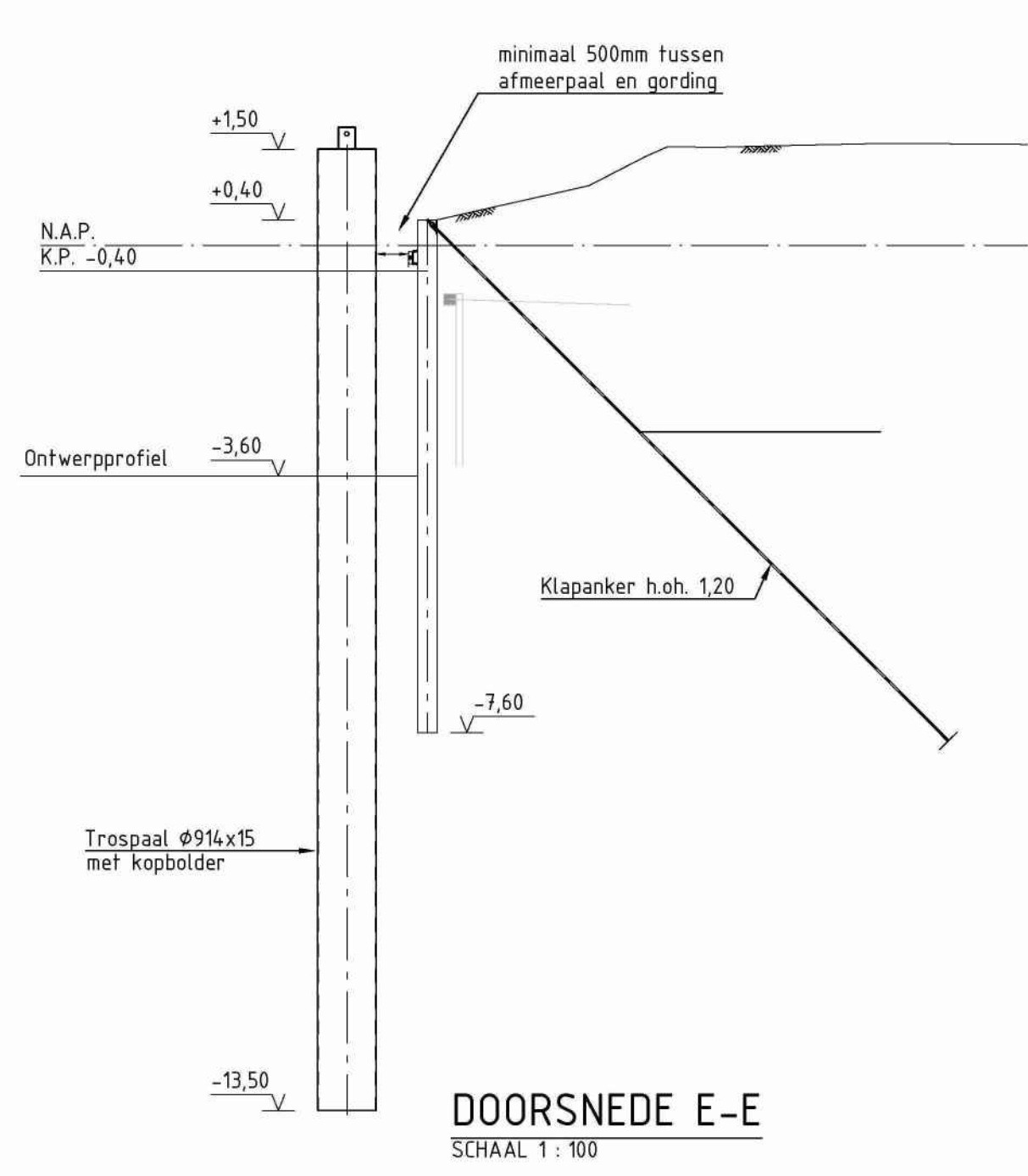
DOORSNEDE B-B
SCHAAL 1 : 100



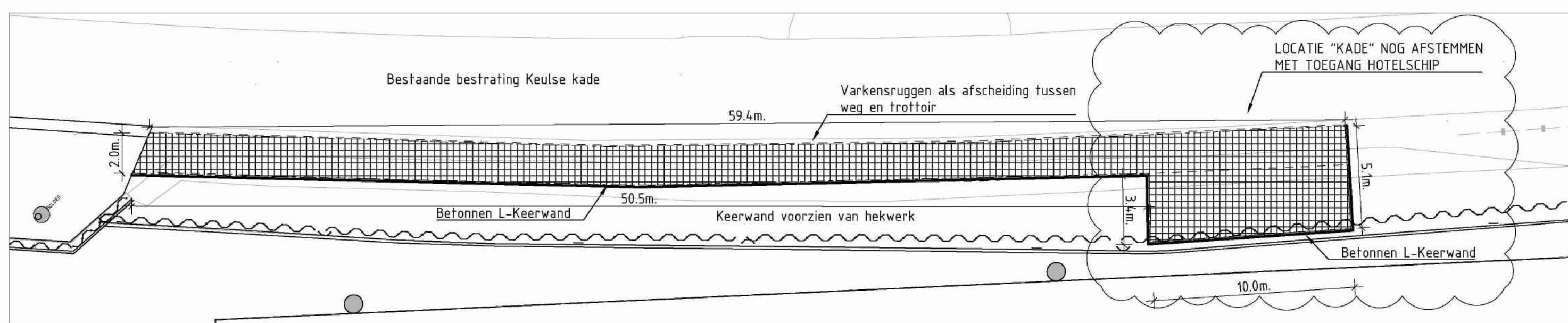
DOORSNEDE C-C
SCHAAL 1 : 100



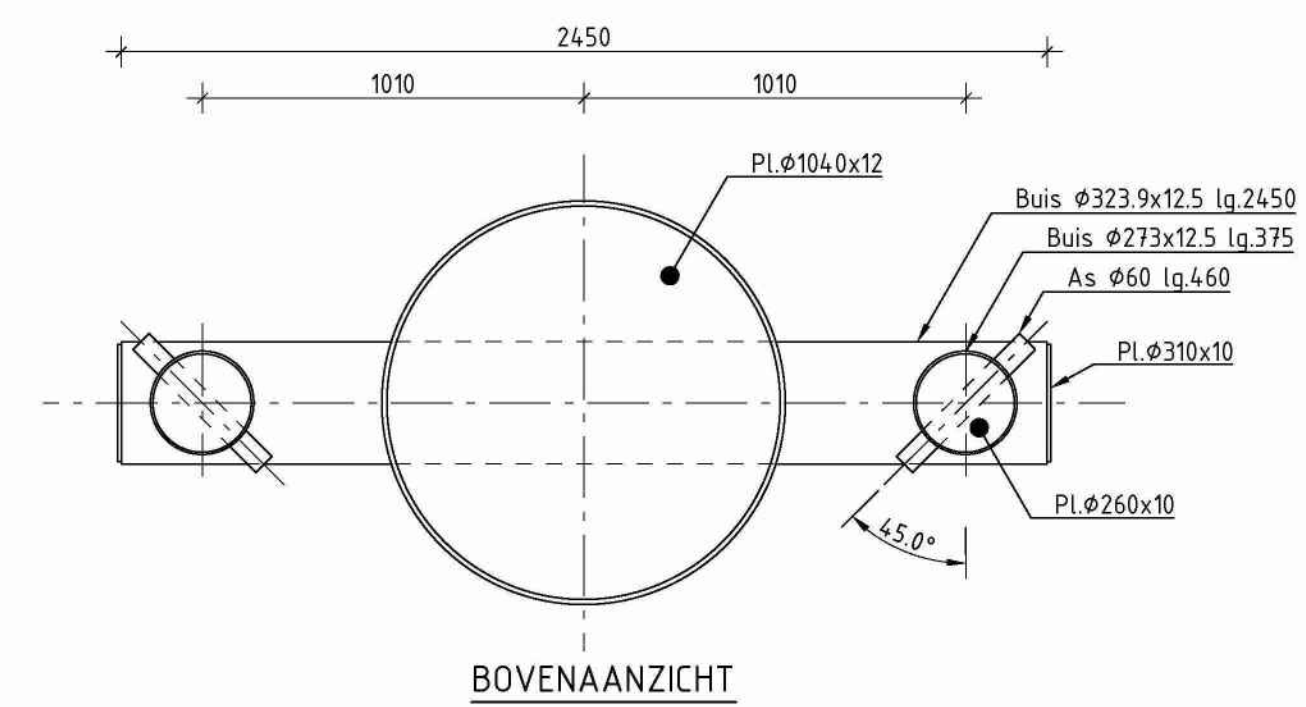
DOORSNEDE D-D
SCHAAL 1 : 100



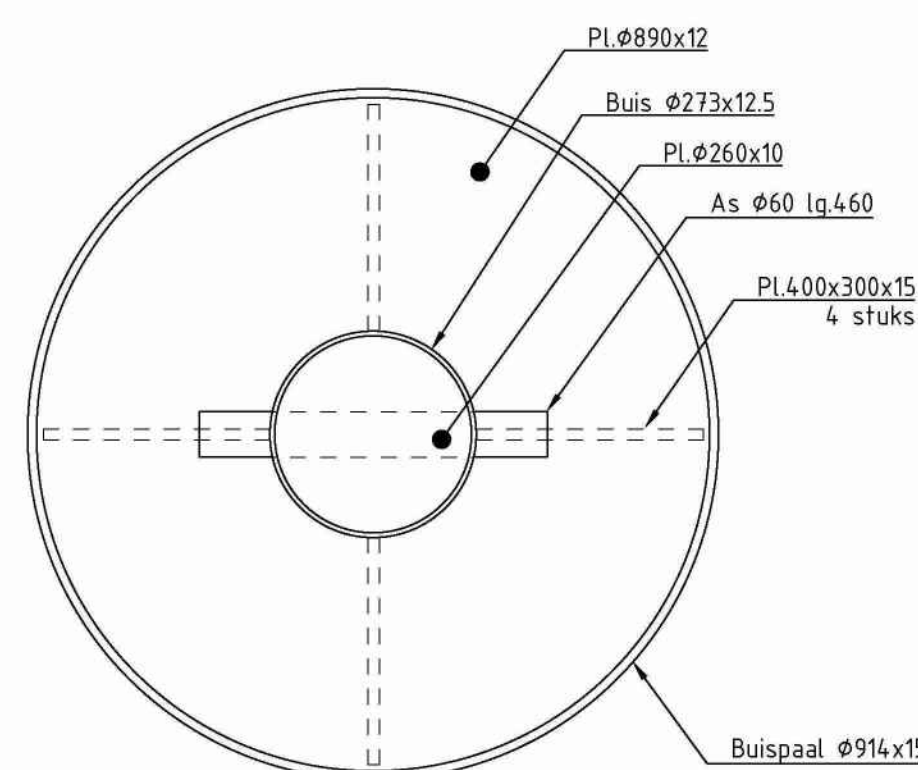
DOORSNEDE E-E
SCHAAL 1 : 100



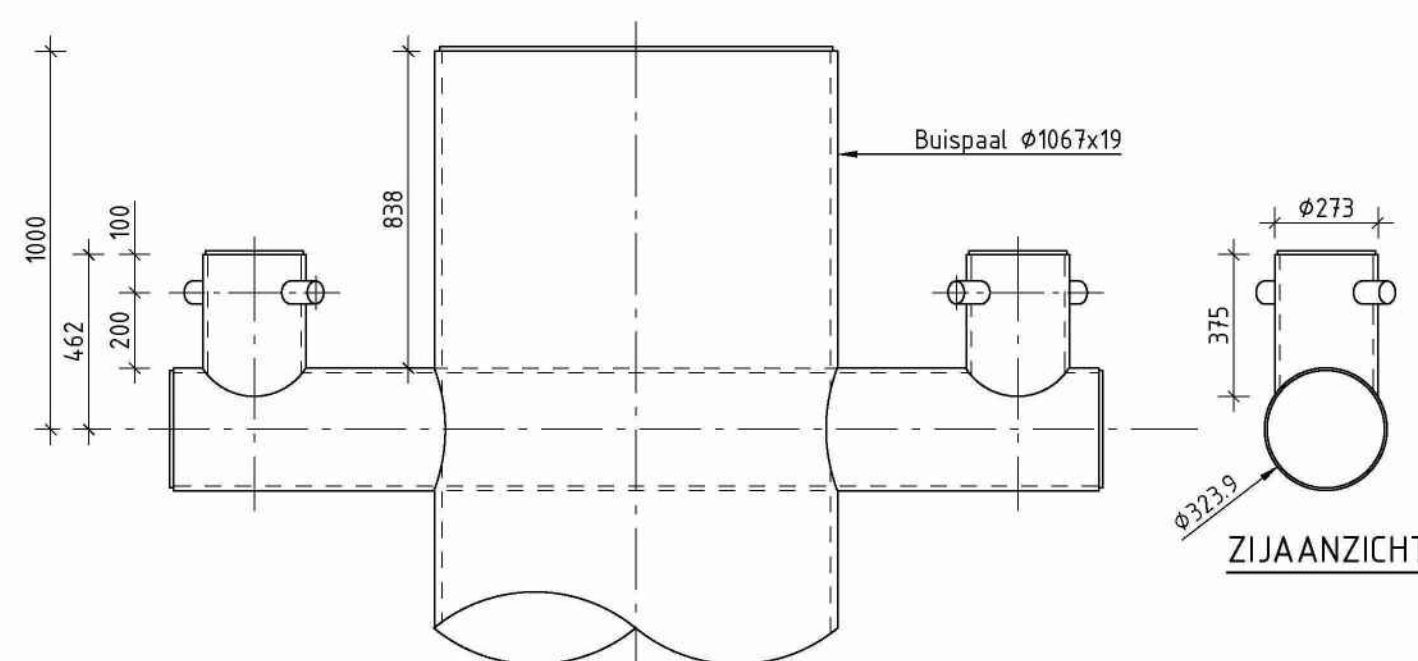
GROND- STRAATWERK
SCHAAL 1 : 200



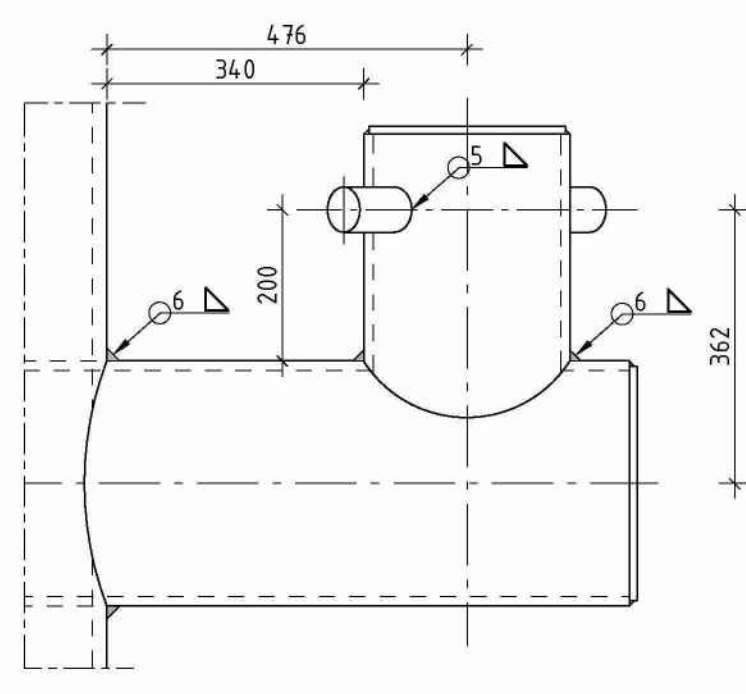
BOVENAANZICHT



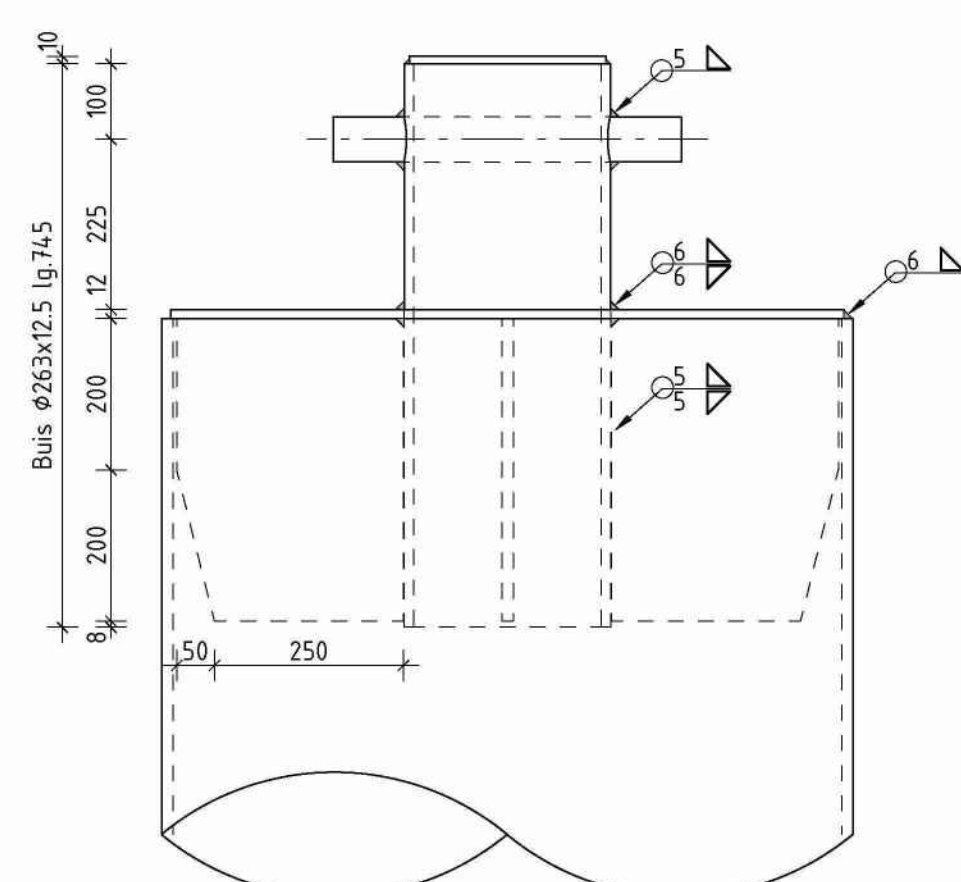
BOVENAANZICHT



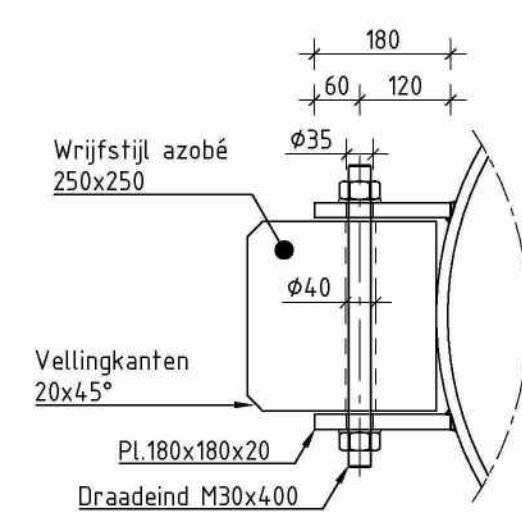
VOORAANZICHT
TROSPAAL
SCHAAL 1 : 20
1x UITVOEREN



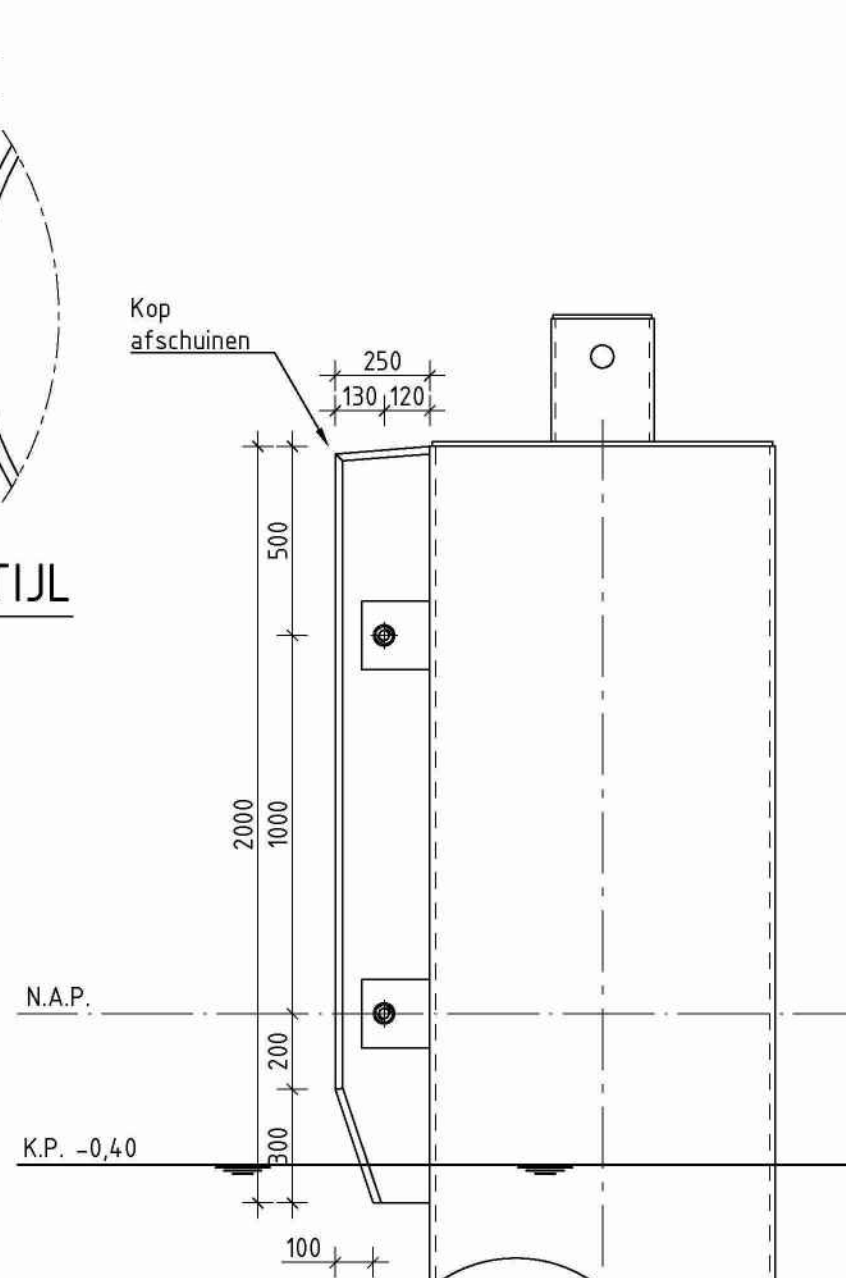
DETAIL BOLDER
SCHAAL 1 : 10



DETAIL KOPBOLDER
SCHAAL 1 : 10
1x UITVOEREN OP
TROSPAAL



DETAIL WRIJFSTIJL
SCHAAL 1 : 10



ZIJAAANZICHT
WRIJFSTIJL AZOBE
SCHAAL 1 : 20
3x UITVOEREN OP
AFMEERPAALEN

- OPMERKINGEN:
- Staal kwaliteit S355
 - Uitvoeringsklasse EXC2
 - Alle lassen a=5, tenzij anders vermeld
 - Scherpe randen dienen afgebramd/afgerond te worden
 - Bevestigingsmiddelen kwaliteit 8.8 thermisch verzinkt
 - Alle hoogtematen in meters (m) tov NAP
 - Alle maten in millimeters (mm) tenzij anders vermeld
 - Alle rd-coördinaten in meters (m)

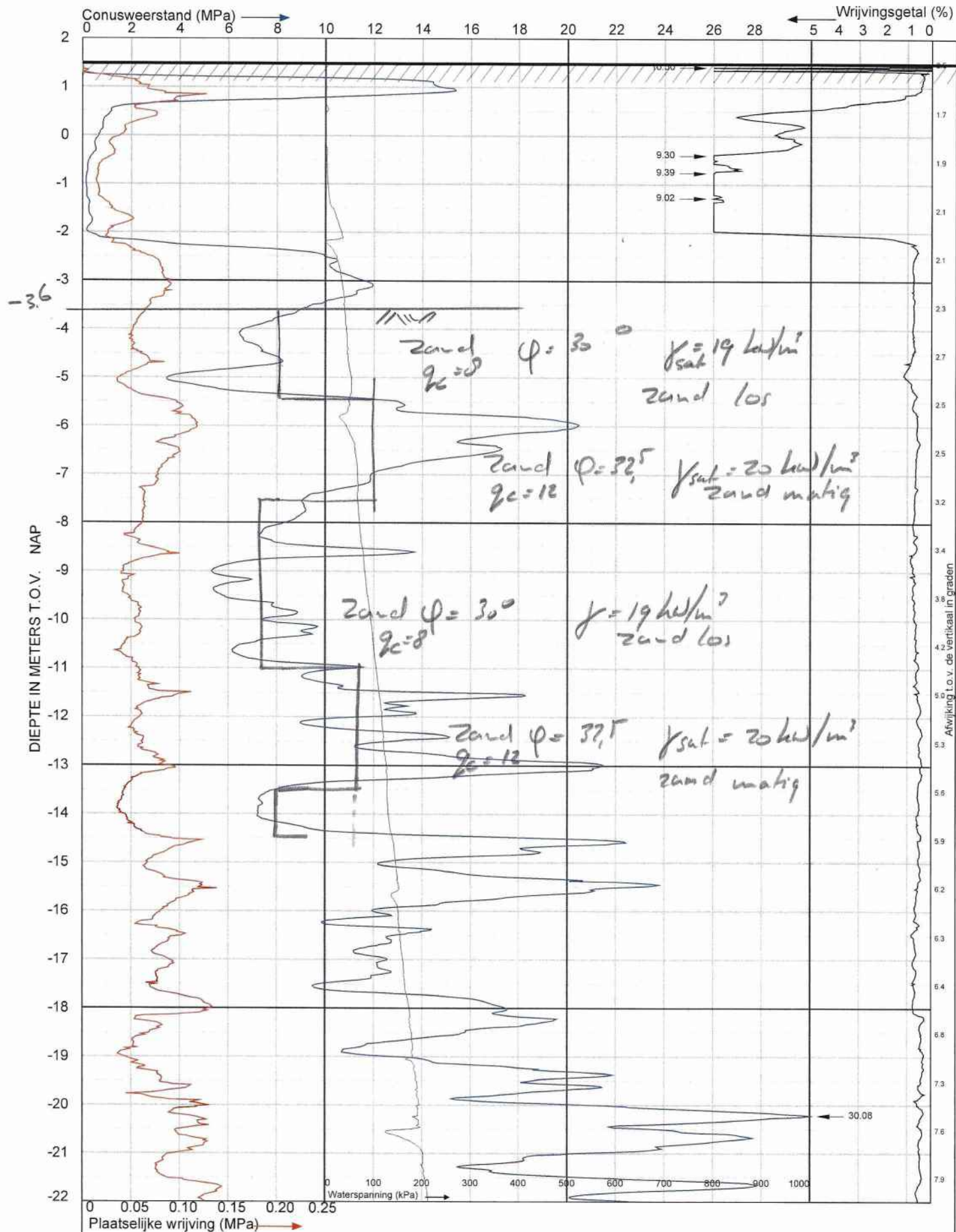
2.0	BIJL. 263 MOET ZIJN 273	27-09-2022	WIKI	WIKI
1.0	ONTWERP	22-09-2022	WIKI	WIKI
Rev	Omschrijving	Datum	Getekend	Gecontroleerd
Getekend door	WIKI	Gecontroleerd door	WIKI	Blad
Bestek-/Contractor:	Schaal	Formaat	Datum uitgifte	Documentnummer
-	ZIE TEK.	A1x1050	09-09-2022	22KL01_35-T-ALG-001

Project
HOTELBOTEN KEULSE KADE
Opdrachtgever
GEMEENTE UTRECHT
Onderdeel
EXTRA AFMEERPLAATS

Bijlage 2. – Geotechnische gegevens



0 = klaar



WIHA GRONDMECHANICA

Sondering volgens NEN 5140, klasse 2 - cilindrisch elektrisch



Keulsekade
te Utrecht

Project nr. : **WN-23150-B**
Sondeer nr. : **6**

Datum : 23-4-2014
Conusnr. : 000484
MV. is 1.51 m tov NAP

Bijlage 3. – Berekening Afmeerpaal 914 x 15

Project: Hotelboten Keulse kade
Projectnr.: 22KL01-35

Document: DUCDALF EAU04; BER
Datum: 27-09-22
Revisie: 2b
Revisiedatum: 11-3-2009

ALGEMEEN

Berekening conform EAU 2004

Paalnummer : Afmeerpalen UGT 1,5 x 200 kN = 300kN
Onderdeel 0 (Belasting: bolder = 1, stoot = 0)
Klasse berekening 0 (rekenwaarde = 1, representatief = 0)

Veiligheidsfactoren

$$\gamma_{\phi} = 1,00$$

$$\gamma_c = 1,00$$

$$\gamma_M = 1,00$$

(moment)

GRONDGEVENS

Grondprofiel 6, WN-23150B

Grondlaag	B.K.	O.K.	G _{effectief}	Talud	Phi	Delta	K _{ph}	Cohesie
nr.	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[kN/m ³]	[graden]	[graden]	[graden]	[-]	[kN/m ²]
1	-3,60	-5,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
2	-5,50	-7,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
3	-7,50	-11,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
4	-11,00	-13,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
5	-13,50	-14,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
6	-14,50	-15,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
7	-15,00	-16,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
8	-16,00	-17,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
9	-17,00	-18,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
10	-18,00	-19,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0

BELASTINGEN

Bovenbelasting op bodem = 0 [kN/m²]
Bovenkant paal = 1,50 [m tov NAP]

Bolder- / stootbelasting = 300 [kN] E = 13,7 kNm
Aangrijpingspunt belasting = 1,50 [m tov NAP]

BUISPAAL

D = 914 [mm] E = 2,1E+08 [kN/m²]
g = 78,5 [kN/m³]

Paallengte 18,00 m p.p.n. -16,50 m

sectie	l	t	f _{y,d}	I	W	EI	M _{ud}	G
[-]	[m]	[mm]	[N/mm ²]	[cm ⁴]	[cm ³]	[kNm ²]	[kNm]	[kN/m]
1	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
2	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
3	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
4	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
5	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
6	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3

BEREKENINGSRESULTATEN

Inheidiepte t₀ (M = 0) = -9,07 [m tov NAP]
X_{max} = -6,20 [m tov NAP]
M_{max} = 2073 [kNm]
C_h = 1820 [kN]
Delta t = -0,88 [m]
Inheidiepte t = -9,96 [m tov NAP]
Inheidiepte t / Inheidiepte t₀ = 1,16 [-]
Totale paallengte = 11,46 [m]
Verplaatsing t.p.v. belasting = 9,15 [cm]
Verplaatsing t.p.v. bovenkant paal = 9,15 [cm]
Gewicht stalen paal (totaal) = 60 [kN]

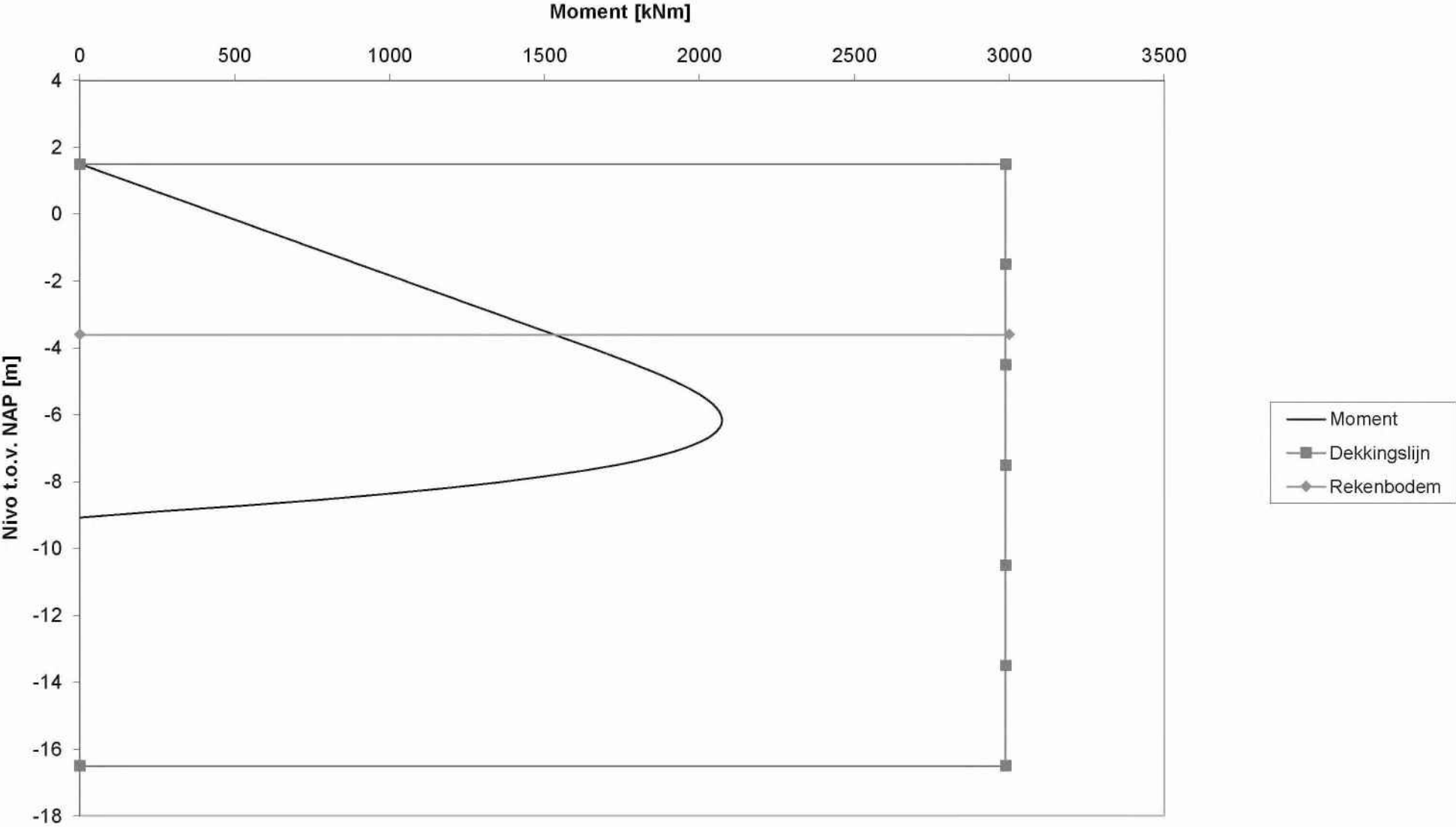
Energie E = 13,7 [kNm]

Inheidiepte (vanuit tabblad INHEI) = -11,56 [m tov NAP]

Project: Hotelboten Keulse kade
Projectnr.: 22KL01-

MOMENTENLIJN

Paalnummer : Afmeerpalen UGT 1,5 x 200 kN =300kN



Project: Hotelboten Keulse kade
Projectnr.: 22KL01-35

Document: UCDALF EAU04; INHEI
Datum: 27-09-22
Revisie: 2b
Revisiedatum: 11-3-2009

ALGEMEEN

Berekening conform EAU 2004

Paalnummer : Afmeerpalen UGT 1,5 x 200 kN = 300kN, inheidiepte
Onderdeel 0 (Belasting: bolder = 1, stoot = 0)
Klasse berekening 0 (rekenwaarde = 1, representatief = 0)

Veiligheidsfactoren

$$\gamma_{\phi} = 1,00$$

$$\gamma_c = 1,00$$

$$\gamma_M = 1,00$$

(moment)

GRONDGEVEENS

Grondprofiel 6, WN-23150B

Grondlaag	B.K.	O.K.	G _{effectief}	Talud	Phi	Delta	K _{ph}	Cohesie
nr.	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[kN/m ³]	[graden]	[graden]	[graden]	[-]	[kN/m ²]
1	-3,60	-5,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
2	-5,50	-7,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
3	-7,50	-11,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
4	-11,00	-13,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
5	-13,50	-14,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
6	-14,50	-15,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
7	-15,00	-16,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
8	-16,00	-17,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
9	-17,00	-18,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
10	-18,00	-19,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0

BELASTINGEN

Bovenbelasting op bodem = 0,0 [kN/m²]
Bovenkant paal = 1,50 [m tov NAP]

Bolder- / stootbelasting = 300 [kN] E = 19,1 kNm
Aangrijpingspunt belasting = 1,50 [m tov NAP]

BUISPAAL

D = 914 [mm] E = 2,10E+08 [kN/m²]
g = 78,5 [kN/m³]

Paallengte 18,00 m p.p.n. -16,50 m

sectie	l	t	f _{yre}	I	W	EI	M _{ud}	G
[-]	[m]	[mm]	[N/mm ²]	[cm ⁴]	[cm ³]	[kNm ²]	[kNm]	[kN/m]
1	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
2	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
3	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
4	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
5	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3
6	3,00	15,0	319	428106	9368	899022	2988	3,3

BEREKENINGSRESULTATEN

Inheidiepte t₀ (M = 0) = -10,48 [m tov NAP]
X_{max} = -6,90 [m tov NAP]
M_{max} = 2238 [kNm]
C_h = 1746 [kN]
Delta t = -1,08 [m]
Inheidiepte t = -11,56 [m tov NAP]
Inheidiepte t / Inheidiepte t₀ = 1,16 [-]
Totale paallengte = 13,06 [m]
Verplaatsing t.p.v. belasting = 12,74 [cm]
Verplaatsing t.p.v. bovenkant paal = 12,74 [cm]
Gewicht stalen paal (totaal) = 60 [kN]

Energie E = 19,1 [kNm]

Docnr.
Project:

22KL01-35
Hoteoboten Keulse Kade

Object:

Afmeerpalen 914 x 15
Versie



BUISPAAL VERGELIJK VOLGENS NEN-EN-1993-1-1

Levensduur	5	[jaar]	Corrosiesnelheid (buitenzijde)	0,02	[mm/jaar]
Plastisch toetsen?	ja		Corrosiesnelheid (binnenzijde)	0,012	[mm/jaar]

1. Eigenschappen buispaal	Sectie 1		Sectie 2		Sectie 3		
Buitendiameter	914	913,8	914	913,8	914	913,8	[mm]
Dikte	15	14,84	15	14,84	15	14,84	[mm]
Lengte buis	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	[m]
Vloeispanning f_y	355	355	355	355	355	355	[N/mm ²]
γ_{M0}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Statisch moment t.o.v. ZP	6062	5997	6062	5997	6062	5997	[cm ³]
I_x	428106	423480	428106	423480	428106	423480	[cm ⁴]
$W_{x,el}$	9368	9269	9368	9269	9368	9269	[cm ³]
$W_{x,pl}$	12124	11994	12124	11994	12124	11994	[cm ³]
$W_{wringing}$	18735	18537	18735	18537	18735	18537	[cm ³]
EI	899022	889309	899022	889309	899022	889309	[kNm ²]
Oppervlakte	424	419	424	419	424	419	[cm ²]
Gewicht per meter	333	329	333	329	333	329	[kg/m]
Totaal gewicht buis	5,32	5,26	5,32	5,26	5,32	5,26	[ton]
X	51	51	51	51	51	51	
$M_{toel,el}$	3326	3290	3326	3290	3326	3290	[kNm]
$M_{toel,pl}$	4304	4258	4304	4258	4304	4258	[kNm]

2. Maximaal optredende krachten

Moment	2073	2073	2073	2073	2073	2073	[kNm]
Dwarskracht	0	0	0	0	0	0	[kN]
Normaalkracht	0	0	0	0	0	0	[kN]
Wringend moment	0	0	0	0	0	0	[kNm]
D/t	61	62	61	62	61	62	
$\varepsilon_y = \sqrt{(235/f_y)}$	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	
D/t/ ε^2	92	93	92	93	92	93	
Klasse	klasse 4	klasse 4	klasse 4	klasse 4	klasse 4	klasse 4	
verhoging	1,27	1,26	1,27	1,26	1,27	1,26	
D/t/ ε^2 na verhoging	57	59	57	59	57	59	
Klasse na evt. verhoging	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	

4. Plooigegevens (volgens EC3 - Doorsnedeklasse 4)

Fabricagekwaliteit Q	b	b	b	b	b	b	[a,b,c]
Fabricagekwaliteit	25	25	25	25	25	25	
r	449,5	449,48	449,5	449,48	449,5	449,48	
ω	195	196	195	196	195	196	
Lengte-categorie	Long	Long	Long	Long	Long	Long	
C_x	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Case	3	3	3	3	3	3	[1,2,3]
C_{xb}	1	1	1	1	1	1	
λ_{x0}	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
β_x	0,248	0,249	0,248	0,249	0,248	0,249	
η_x	2,690	2,683	2,690	2,683	2,690	2,683	
$\sigma_{x,Rc}$	2543,826	2516,804	2543,826	2516,804	2543,826	2516,804	[N/mm ²]
Δw_k	3,285	3,267	3,285	3,267	3,285	3,267	
α_x	0,526	0,525	0,526	0,525	0,526	0,525	
$\lambda_{x,rel}$	0,374	0,376	0,374	0,376	0,374	0,376	
λ_p	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	0,836	
χ	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	
γ_{M1}	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
$\sigma_{x,Rd} = \chi f_{yk} / \gamma_{M1}$	320,30	320,19	320,30	320,19	320,30	320,19	[N/mm ²]
$M_{p,looi}$	3000,48	2967,69	3000,48	2967,69	3000,48	2967,69	[kNm]

5. Controle

Schuifspanning τ_a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	[N/mm ²]
Buigspanning σ_d	221,29	223,66	221,29	223,66	221,29	223,66	[N/mm ²]
Wringspanning τ_w	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	[N/mm ²]
Normaalspanning σ_N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	[N/mm ²]
Vergelijkspanning	221,29	223,66	221,29	223,66	221,29	223,66	[N/mm ²]
Toetsing vloeicriterium	0,62	0,63	0,62	0,63	0,62	0,63	

Bijlage 4. – Berekening Tros paal 1067 x 19

Project: Hotelboten Keulse kade
Projectnr.: 22KL01-35

Document: DUCDALF EAU04; BER
Datum: 28-09-22
Revisie: 2b
Revisiedatum: 11-3-2009

ALGEMEEN

Berekening conform EAU 2004

Paalnummer : Trospalen UGT 1,5 x 400 kN =600kN
Onderdeel 0 (Belasting: bolder = 1, stoot = 0)
Klasse berekening 0 (rekenwaarde = 1, representatief = 0)

Veiligheidsfactoren

$$\gamma_{\text{phi}} = 1,00$$

$$\gamma_c = 1,00$$

$$\gamma_M = 1,00$$

(moment)

GRONDGEVENS

Grondprofiel 6, WN-23150B

Grondlaag	B.K.	O.K.	G _{effectief}	Talud	Phi	Delta	K _{ph}	Cohesie
nr.	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[kN/m ³]	[graden]	[graden]	[graden]	[-]	[kN/m ²]
1	-3,60	-5,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
2	-5,50	-7,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
3	-7,50	-11,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
4	-11,00	-13,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
5	-13,50	-14,50	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
6	-14,50	-15,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
7	-15,00	-16,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
8	-16,00	-17,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
9	-17,00	-18,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0
10	-18,00	-19,00	9	0,0	30,0	20,00	5,74	0,0

BELASTINGEN

Bovenbelasting op bodem = 0 [kN/m²]
Bovenkant paal = 1,50 [m tov NAP]
Bolder- / stootbelasting = 600 [kN] E = 36,6 kNm
Aangrijpingspunt belasting = 1,50 [m tov NAP]

BUISPAAL

D = 1067 [mm] E = 2,1E+08 [kN/m²]
g = 78,5 [kN/m³]

Paallengte 18,00 m p.p.n. -16,50 m

sectie	l	t	f _{y,d}	I	W	EI	M _{ud}	G
[-]	[m]	[mm]	[N/mm ²]	[cm ⁴]	[cm ³]	[kNm ²]	[kNm]	[kN/m]
1	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
2	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
3	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
4	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
5	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
6	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9

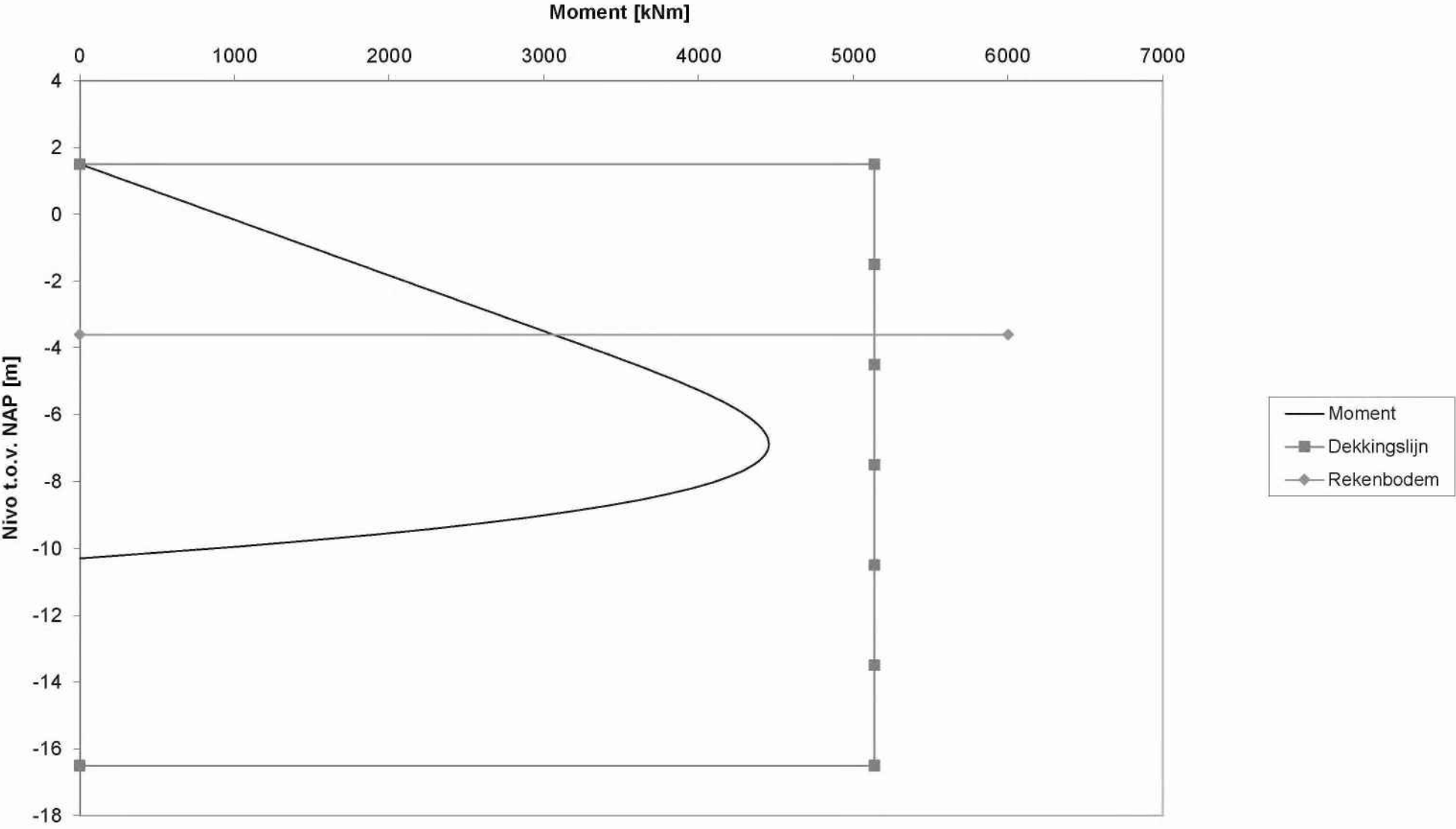
BEREKENINGSRESULTATEN

Inheidiepte t₀ (M = 0) = -10,30 [m tov NAP]
X_{max} = -6,90 [m tov NAP]
M_{max} = 4454 [kNm]
C_h = 3225 [kN]
Delta t = -1,06 [m]
Inheidiepte t = -11,36 [m tov NAP]
Inheidiepte t / Inheidiepte t₀ = 1,16 [-]
Totale paallengte = 12,86 [m]
Verplaatsing t.p.v. belasting = 12,21 [cm]
Verplaatsing t.p.v. bovenkant paal = 12,21 [cm]
Gewicht stalen paal (totaal) = 88 [kN]
Energie E = 36,6 [kNm]
Inheidiepte (vanuit tabblad INHEI) = -13,29 [m tov NAP]

Project: Hotelboten Keulse kade
Projectnr.: 22KL01-

MOMENTENLIJN

Paalnummer : Trospalen UGT 1,5 x 400 kN =600kN



Project: Hotelboten Keulse kade
Projectnr.: 22KL01-35

Document: UCDALF EAU04; INHEI
Datum: 28-09-22
Revisie: 2b
Revisiedatum: 11-3-2009

ALGEMEEN

Berekening conform EAU 2004

Paalnummer : Trospalen UGT 1,5 x 400 kN =600kN, inheidiepte
Onderdeel 0 (Belasting: bolder = 1, stoot = 0)
Klasse berekening 0 (rekenwaarde = 1, representatief = 0)

Veiligheidsfactoren

$$\gamma_{\phi} = 1,00$$

$$\gamma_c = 1,00$$

$$\gamma_M = 1,00$$

(moment)

GRONDGEVENS

Grondprofiel 6, WN-23150B

Grondlaag	B.K.	O.K.	G _{effectief}	Talud	Phi	Delta	K _{ph}	Cohesie
nr.	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[kN/m ³]	[graden]	[graden]	[graden]	[-]	[kN/m ²]
1	-3,60	-5,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
2	-5,50	-7,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
3	-7,50	-11,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
4	-11,00	-13,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
5	-13,50	-14,50	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
6	-14,50	-15,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
7	-15,00	-16,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
8	-16,00	-17,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
9	-17,00	-18,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0
10	-18,00	-19,00	9	0,0	30,0	0,0	3,00	0,0

BELASTINGEN

Bovenbelasting op bodem = 0,0 [kN/m²]
Bovenkant paal = 1,50 [m tov NAP]

Bolder- / stootbelasting = 600 [kN] E = 52,6 kNm
Aangrijpingspunt belasting = 1,50 [m tov NAP]

BUISPAAL

D = 1067 [mm] E = 2,10E+08 [kN/m²]
g = 78,5 [kN/m³]

Paallengte 18,00 m p.p.n. -16,50 m

sectie	l	t	f _{yreep}	I	W	EI	M _{ud}	G
[-]	[m]	[mm]	[N/mm ²]	[cm ⁴]	[cm ³]	[kNm ²]	[kNm]	[kN/m]
1	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
2	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
3	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
4	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
5	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9
6	3,00	19,0	319	859093	16103	1804095	5137	4,9

BEREKENINGSRESULTATEN

Inheidiepte t₀ (M = 0) = -12,00 [m tov NAP]
X_{max} = -7,85 [m tov NAP]
M_{max} = 4874 [kNm]
C_h = 3084 [kN]
Delta t = -1,29 [m]
Inheidiepte t = -13,29 [m tov NAP]
Inheidiepte t / Inheidiepte t₀ = 1,15 [-]
Totale paallengte = 14,79 [m]
Verplaatsing t.p.v. belasting = 17,54 [cm]
Verplaatsing t.p.v. bovenkant paal = 17,54 [cm]
Gewicht stalen paal (totaal) = 88 [kN]

Energie E = 52,6 [kNm]

Docnr.
Project:

22KL01-35
Hoteoboten Keulse Kade

Object:

Afmeerpalen 1067 x 19

Versie

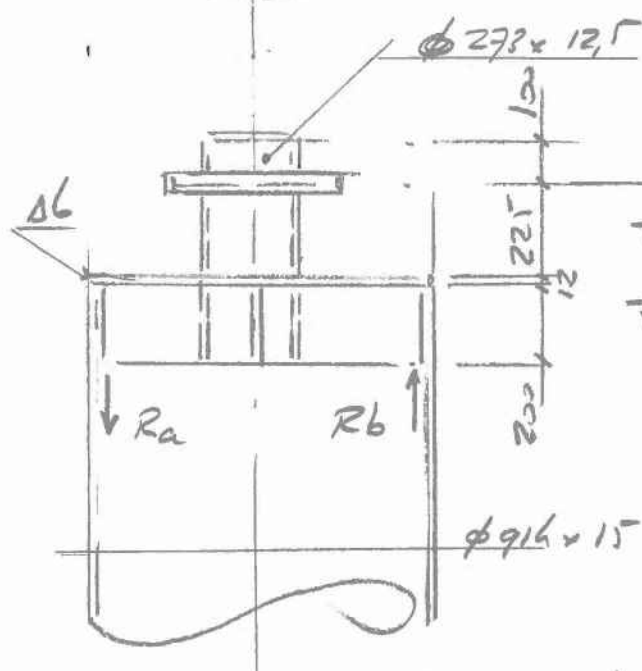
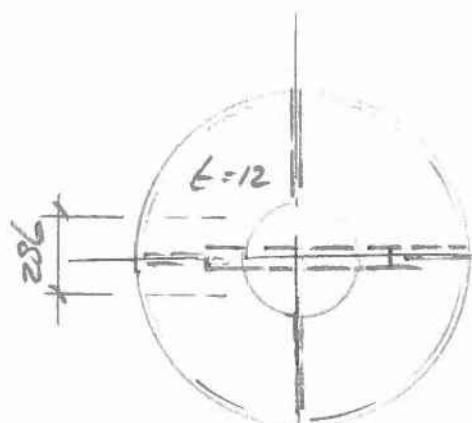
-



BUISPAAL VERGELIJK VOLGENS NEN-EN-1993-1-1

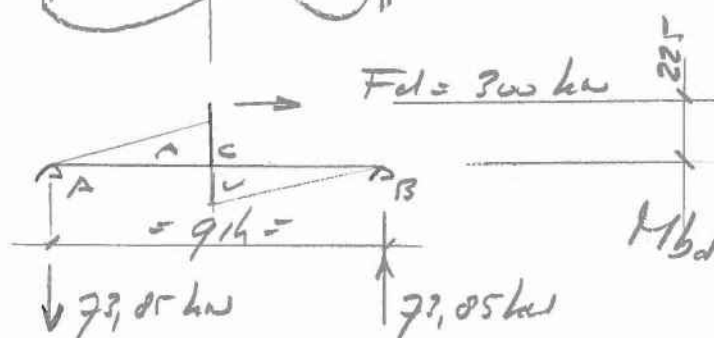
Levensduur	5	[jaar]	Corrosiesnelheid (buitenzijde)	0,02	[mm/jaar]		
Plastisch toetsen?	ja		Corrosiesnelheid (binnenzijde)	0,012	[mm/jaar]		
1. Eigenschappen buispaal	Sectie 1		Sectie 2		Sectie 3		
Buitendiameter	1067	1066,8	1067	1066,8	1067	1066,8	[mm]
Dikte	19	18,84	19	18,84	19	18,84	[mm]
Lengte buis	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	[m]
Vloeispanning f_y	319	319	319	319	319	319	[N/mm ²]
γ_{M0}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Statisch moment t.o.v. ZP	10435	10346	10435	10346	10435	10346	[cm ³]
I_x	859093	851756	859093	851756	859093	851756	[cm ⁴]
$W_{x,el}$	16103	15968	16103	15968	16103	15968	[cm ³]
$W_{x,pl}$	20870	20693	20870	20693	20870	20693	[cm ³]
$W_{wringing}$	32206	31937	32206	31937	32206	31937	[cm ³]
EI	1804095	1788688	1804095	1788688	1804095	1788688	[kNm ²]
Oppervlakte	626	620	626	620	626	620	[cm ²]
Gewicht per meter	491	487	491	487	491	487	[kg/m]
Totaal gewicht buis	7,86	7,79	7,86	7,79	7,86	7,79	[ton]
X	46	46	46	46	46	46	
$M_{toel,el}$	5137	5094	5137	5094	5137	5094	[kNm]
$M_{toel,pl}$	6658	6601	6658	6601	6658	6601	[kNm]
2. Maximaal optredende krachten							
Moment	4874	4874	4874	4874	4874	4874	[kNm]
Dwarskracht	0	0	0	0	0	0	[kN]
Normaalkracht	0	0	0	0	0	0	[kN]
Wringend moment	0	0	0	0	0	0	[kNm]
D/t	56	57	56	57	56	57	
$\epsilon_y = \sqrt{(235/f_y)}$	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	
D/t/ε ²	76	77	76	77	76	77	
Klasse	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	
verhoging	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
D/t/ε ² na verhoging	76	77	76	77	76	77	
Klasse na evt. verhoging	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	klasse 3	
4. Plooigegevens (volgens EC3 - Doorsnedeklasse 4)							
Fabricagekwaliteit Q	b	b	b	b	b	b	[a,b,c]
Fabricagekwaliteit	25	25	25	25	25	25	
r	524	523,98	524	523,98	524	523,98	
ω	160	161	160	161	160	161	
Lengte-categorie	Long	Long	Long	Long	Long	Long	
C _x	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Case	3	3	3	3	3	3	[1,2,3]
C _{xb}	1	1	1	1	1	1	
λ _{x0}	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
β _x	0,241	0,242	0,241	0,242	0,241	0,242	
η _x	2,746	2,741	2,746	2,741	2,746	2,741	
σ _{x,Rc}	2764,065	2740,893	2764,065	2740,893	2764,065	2740,893	[N/mm ²]
Δw _k	3,991	3,974	3,991	3,974	3,991	3,974	
α _x	0,533	0,532	0,533	0,532	0,533	0,532	
λ _{x,rel}	0,340	0,341	0,340	0,341	0,340	0,341	
λ _p	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838	
χ	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	
γ _{M1}	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
σ _{x,Rd} = χ _{fyk} / γ _{M1}	288,92	288,88	288,92	288,88	288,92	288,88	[N/mm ²]
M _{p,looi}	4652,47	4612,90	4652,47	4612,90	4652,47	4612,90	[kNm]
5. Controle							
Schuifspanning τ _a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	[N/mm ²]
Buigspanning σ _d	302,68	305,23	302,68	305,23	302,68	305,23	[N/mm ²]
Wringspanning τ _w	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	[N/mm ²]
Normaalspanning σ _N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	[N/mm ²]
Vergelijkspanning	302,68	305,23	302,68	305,23	302,68	305,23	[N/mm ²]
Toetsing vloeicriterium	0,95	0,96	0,95	0,96	0,95	0,96	

Bijlage 5. – Detailberekening kopbolder

Hotel baten Keulse laadeKop bolder op Afmeetsalen en Truipaal 914x15

$$F_{top} = 200 \text{ kN}$$

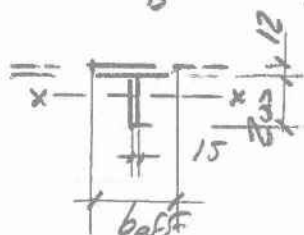
$$F_d = 200 \times 1,5 = 300 \text{ kN}$$



$$M_{b,d} = 300 \times 0,225 = 67,5 \text{ kNm}$$

$$\phi 273 \times 12,5 \Rightarrow W_{xx} = 637,2 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_B = 67,5 \times 10^6 / 637,2 \times 10^3 = 105,9 \text{ N/mm}^2 < 355 \Rightarrow \sigma_c = 930$$



beff uit. Euro code 1993-1-1 tabel 5.2

klasse 2 $c/t \leq 14 \epsilon = 14 \times 981 = 11,3$

$$b_{eff} = 2 \times 12 \times 11,3 + 15 = 286 \text{ mm}$$

$$W_{xx,OL} = 179,02 \text{ cm}^3$$

B12 1/3

Hotel boten Kentsse kade

$$\sigma_B = \frac{67,5 \times 10^6 / 2}{179,02 \times 10^3} = 188,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{73,85 \times 10^3}{220 \times 15} = 22,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_p = \sqrt{188,5^2 + 3 \times 22,6^2} = 193,7 < 355 \Rightarrow u_c = 0,54$$

Druis kracht overdraacht plaat 12 mm naar plaat

$$\tau = \frac{73,85 \times 10^3}{286 \times 12} = 21,5 \text{ N/mm}^2 < \frac{355}{\sqrt{3}} \Rightarrow u_c = 0,10$$

Projectomschrijving: Hotelboten Keulse Kade
 Project nummer: 22KL01-35
 Betreft: Kopbolders

Opgesteld: 5.1.2.e
 Datum: 27-9-2022
 Revisie: 0

Bepaling statische gegevens profiel samengesteld uit afzonderlijk opgebouwde rechthoeken

	b [mm]	h [mm]	e [mm]	A [mm ²]	A x e [mm ³]	I _{zp} [mm ⁴]	A x I _{zp} ² [mm ⁴]	I [mm ⁴]	I _{uv} [mm ⁴]
1	286	12	6,0	3432,0	20592	-49,4	8388986	41184	55,4
2	15	200	112,0	3000,0	336000	56,6	9596999	10000000	156,6
3	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0,0
4	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0,0
5	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0,0
6	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0,0
7	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0,0
8	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0,0
	286	212		6432,0	356592		17985985	10041184	

Zwaartelij $y_{zp} = 55,4 \text{ mm}$

Z1 = 156,6 mm

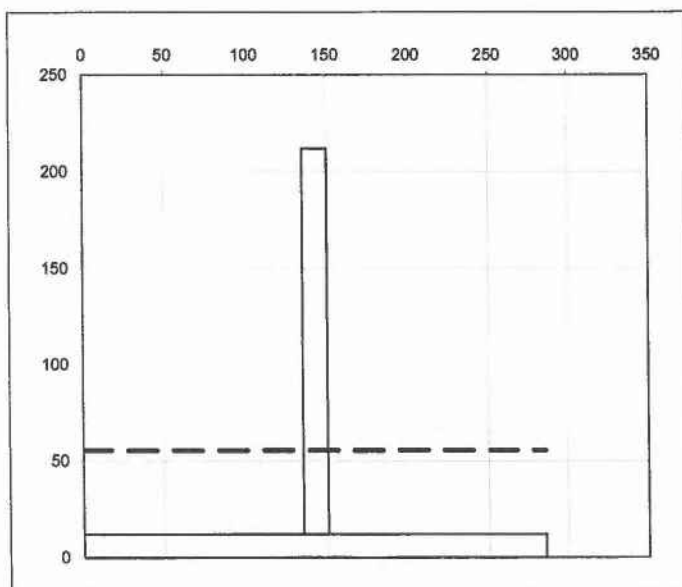
Z2 = 55,4 mm

I_{totaal} = 28027169 mm⁴

I = 66,0 mm

W_{min} = 179019 mm³

W_{max} = 505538 mm³



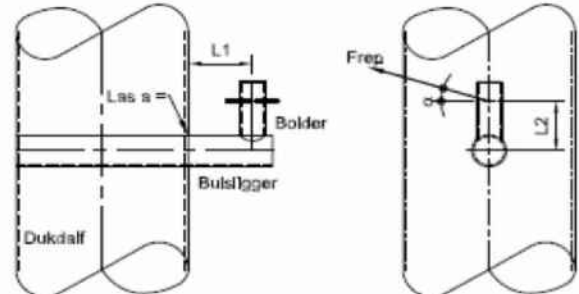
Bijlage 6. – Detailberekening armbolder

Project : Hotelboten Keulse kade
 Projectnr. : 22KL01-35
 Betreft : Bolders Trosiaal

Document: Bolder_wr.[Haakbolder (r)]
 Datum: 28-09-22
 Revisie: 1d
 Revisiedatum: 7-3-2011

Controle haakbolder met doorgestoken buisligger door dukdalf
(Lasverbinding bolder: recht)

L1 lengte haak = 477,0 mm
 L2 hoogte bolder = 360,0 mm
 F_{rep} = 200,0 kN
 γ = 1,5
 Hoek van F_{rep} (α) = 0,0 °
 Las buisligger-dukdalf a = 6,0 mm
 $f_{w,u;d}$ las ligger-dukdalf = 260,7 N/mm²



Beschrijving	D	t	σ_e	A	gew	Wel y-y	W torsie
	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[mm ²]	[kg/m]	[cm ³]	[cm ³]
Buisligger	323,90	12,50	355,00	12228,65	95,99	916,74	1833,47
Bolder	273,00	12,50	355,00	10229,81	80,30	637,18	
Dukdalf	1067,00	19,00	355,00	62555,39	491,06		

Controle buisligger

$M_{buig;u;d}$ = $L1 \times F_{rep} \times \gamma$ = 143,10 kNm
 $M_{torsie;u;d}$ = $L2 \times \cos\alpha \times F_{rep} \times \gamma$ = 108,00 kNm
 $V_{u;d}$ = $F_{rep} \times \gamma$ = 300,00 kN
 $\sigma_{buig;u;d}$ = $M_{buig;u;d} / W_{el y-y}$ = 156,10 N/mm²
 $\tau_{torsie;u;d}$ = M_{torsie} / W_{torsie} = 58,90 N/mm²
 $\tau_{V u;d}$ = $V_{u;d} \times 2 / A$ = 49,07 N/mm²
 $\sigma_{comb;u;d}$ = $(\sigma_{buig;u;d}^2 + 3 \tau_{torsie;u;d}^2)^{0,5}$ = 186,48 N/mm² voldoet uc = 0,53
 $\tau_{comb;u;d}$ = $\tau_{torsie;u;d} + \tau_{V u;d}$ = 107,97 N/mm² voldoet uc = 0,53

Controle bolder

$M_{buig;u;d}$ = $(L2 - 0,5 \times D_{horiz}) \times \cos\alpha \times F_{rep} \times \gamma$ = 59,42 kNm
 $N_{trek;u;d}$ = $\sin\alpha \times F_{rep} \times \gamma$ = 0,00 kN
 $V_{u;d}$ = $\cos\alpha \times F_{rep} \times \gamma$ = 300,00 kN
 $\sigma_{buig;u;d}$ = $M_{buig;u;d} / W_{el y-y}$ = 93,25 N/mm²
 $\sigma_{trek;u;d}$ = $N_{trek;u;d} / A$ = 0,00 N/mm²
 $\tau_{V u;d}$ = $V_{u;d} \times 2 / A$ = 58,65 N/mm²
 $\sigma_{comb;u;d}$ = $\sigma_{buig;u;d} + \sigma_{trek;u;d}$ = 93,25 N/mm² voldoet uc = 0,26
 $\sigma_{comb;u;d}$ = $(\sigma_{trek;u;d}^2 + 3 \tau_{V u;d}^2)^{0,5}$ = 101,59 N/mm² voldoet uc = 0,29

Controle wand dukdalf

$M_{torsie;u;d}$ = $L2 \times \cos\alpha \times F_{rep} \times \gamma$ = 108,00 kNm
 $V_{wand;u;d}$ = $F_{rep} \times \gamma \times (D_{dukd} + L1) / D_{dukd}$ = 434,11 kN
 $\tau_{torsie;u;d}$ = $M_{torsie} / (0,5 D_{horiz}^2 \times \pi \times t_{dukdalf})$ = 34,49 N/mm²
 $\sigma_{0;u;d}$ = $V_{wand;u;d} / (2 \times D_{horiz} \times t_{dukdalf})$ = 35,27 N/mm²
 $\sigma_{comb;u;d}$ = $(\sigma_{0;u;d}^2 + 3 \tau_{torsie;u;d}^2)^{0,5}$ = 69,38 N/mm² voldoet uc = 0,20

Project : Hotelboten Keulse kade
 Projectnr. : 22KL01-35
 Betreft : Bolders Trospaal

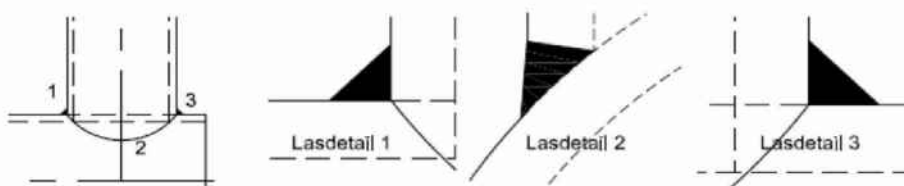
Document: 3older_wr.[Haakbolder (r)]
 Datum: 28-09-22
 Revisie: 1d
 Revisiedatum: 7-3-2011

Lasverbinding dukdalf-buisligger volgens NEN-6772

Hoeklas tussen dukdalf-buisligger	=	6,0 mm	
$M_{\text{torsie};u;d} = L2 \times \cos\alpha \times F_{\text{rep}} \times \gamma$	=	108,00 kNm	
$V_{\text{wand};u;d} = F_{\text{rep}} \times \gamma \times (D_{\text{duk}} + L1) / D_{\text{duk}}$	=	434,11 kN	
$\tau_{\text{torsie};u;d;\text{las}} = M_{\text{torsie}} / (0,5 D_{\text{horiz}}^2 \times \pi \times t_{\text{las}})$	=	109,23 N/mm ²	
$\tau_{V;u;d} = \sigma_{V;u;d} = V_{\text{wand};u;d} \times 0,5\sqrt{2} / (2 \times D_{\text{horiz}} \times t_{\text{dukalf}})$	=	24,94 N/mm ²	
$\sigma_{\text{comb};u;d} = (\sigma_{V;u;d}^2 + 3 \tau_{\text{torsie};u;d}^2 + 3 \tau_{V;u;d}^2)^{0,5} / \sqrt{3}$	=	112,96 N/mm ²	voldoet uc = 0,43

Lasverbinding buisligger-bolder

Lasverbinding volgens onderstaand detail



Bijlage 7. – Detailberekening Azobe

Project : Hotelboten Keulse kade
 Projectnr. : 22KL01-35
 Betreft : Houten op afmeerpalen

Document: wr.[houten paalkop]
 Datum: 27-09-22
 Revisie: 1c
 Revisiedatum: 8-3-2004

Controle houten op paalkop

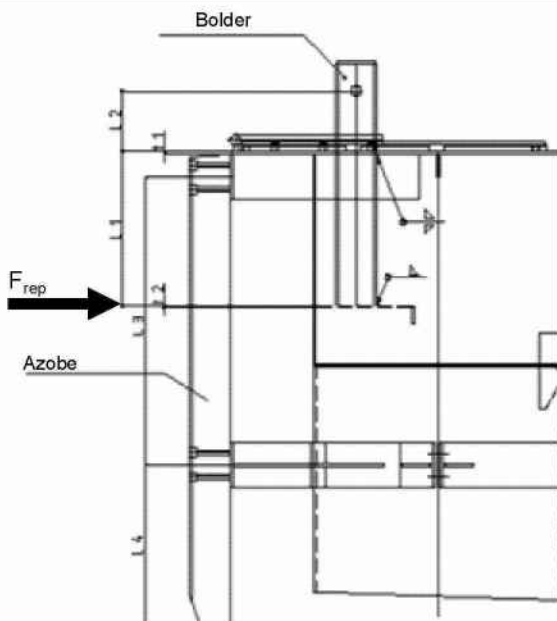
L3 = 1000,0 mm

F_{rep} uit stoot = 200,0 kN

γ = 1,5

Azobe aantal: 1,00 st
 H: 250,00 mm
 B: 250,00 mm

A / per hout 62500,00 [mm²]
 Wel γ -y / per hout 2604,17 [cm³]



Toelaatbare spanningen volgens NEN6760 voor Azobe, D70
 Klimaatklasse : IIIa vochtige en niet overdekte constructies
 Belastingduurklasse : IV zeer kort, < 5 sec.
 Klasse I : zeer duurzaam

$$f_{u;d} = f_{rep} / \gamma_m \times k_{mod} \times k_h$$

$$= 70 / 1,2 \times 1,1 \times 1 = 64,17 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v;o;rep} = 6,00 \text{ N/mm}^2$$

Deel L3

$$M_{buig;u;d} = 0,25 \times L3 \times F_{rep} \times \gamma = 75,00 \text{ kNm}$$

$$V_{u;d} = 0,5 \times F_{rep} \times \gamma = 150,00 \text{ kN}$$

$$\sigma_{buig;u;d} = M_{buig;u;d} / \text{aantal} \times W_{el \gamma-y} = 28,80 \text{ N/mm}^2 \quad \text{voldoet uc} = 0,45$$

$$\tau_{V u;d} = V_{u;d} \times 3 / 2 \times \text{aantal} \times A = 3,60 \text{ N/mm}^2 \quad \text{voldoet uc} = 0,60$$