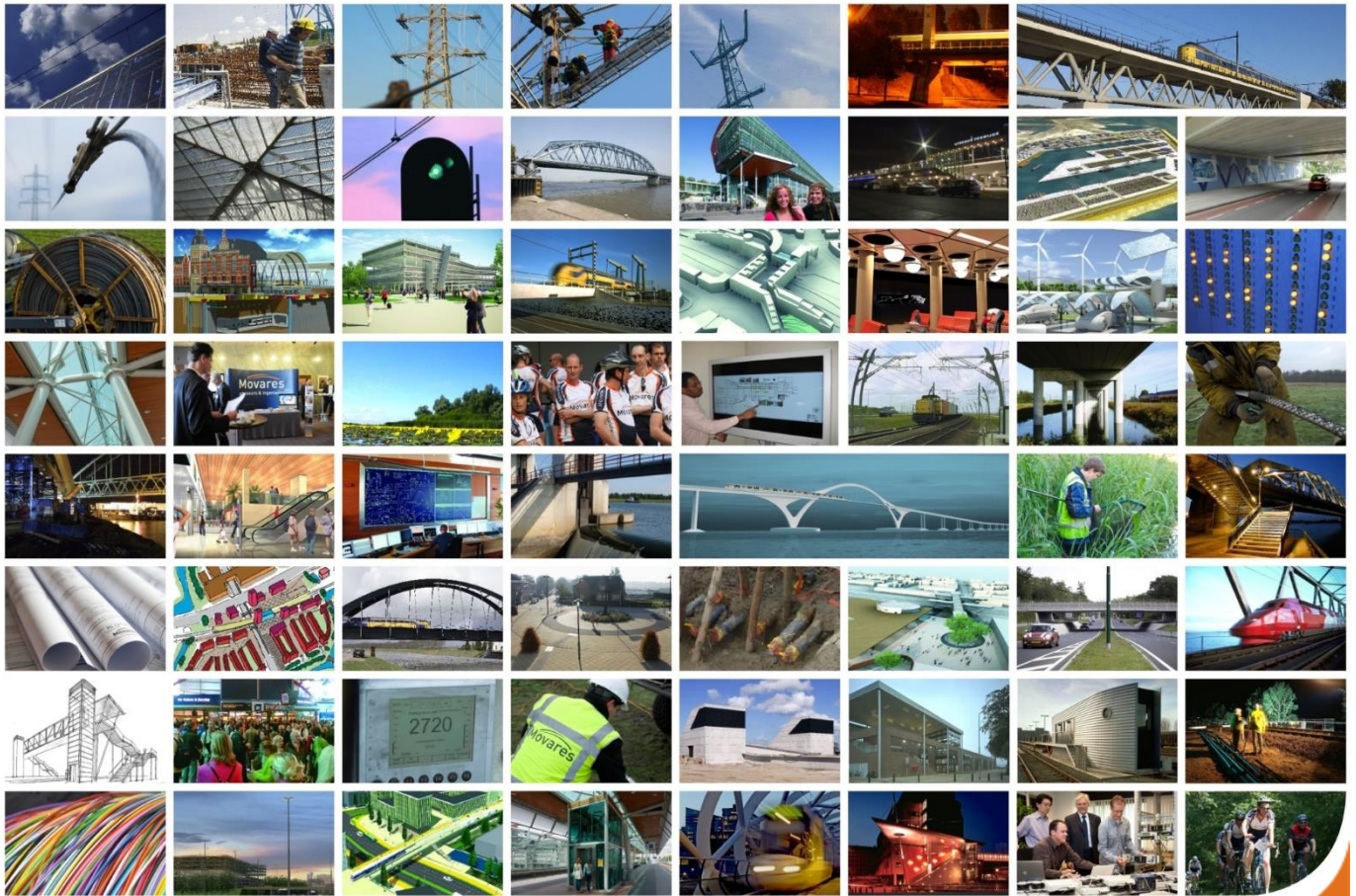




3 juni 2020 - Versie 1.0

Autorisatieblad

DO Geluidsscherm A12 Waddinxveen

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Koopmans LWJ (Léon)	✓	25-05-2020
Gecontroleerd door	Heijde, MRC van der	✓	3-06-2020
Vrijgegeven door	Spoon, M	✓	3-06-2020

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Versie historie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
1.0	Léon Koopmans	3-2-2020	Eerste uitgave

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Algemene gegevens geluidsschermb	5
2.1.1.	Beschrijving geluidsschermb	5
2.1.2.	<i>Doel rapport</i>	5
2.1.3.	Principe opbouw geluidsschermb	5
3	Constructieve uitgangspunten	6
3.1	Statisch systeem/ aanpak berekening	6
3.2	Normen en richtlijnen	7
3.3	Ontwerpclassificering	7
3.4	Toegepaste software	7
3.5	Materiaal-eigenschappen	8
3.5.1.	Staal	8
3.5.2.	In situ gestort beton	8
3.5.3.	Prefab beton	8
3.5.4.	Glas	8
3.5.5.	Soortelijk gewicht materialen	8
4	Belastinggevallen en belastingcombinaties	9
4.1	Permanente belasting	9
4.2	Veranderlijke belasting scherm aardebaan	10
4.3	Veranderlijke belasting scherm op het kunstwerk	12
4.4	Belastingcombinaties scherm in aardebaan	12
4.5	Belastingcombinaties scherm op het kunstwerk	13
5	Geluidsschermb bovenbouw aardebaan	14
5.1	Snedekrachten	14
5.2	Sterkte toetsing stijl	15
5.3	Kipinstabiliteit stijl	15
5.4	Vervorming stijlen	15
5.5	Vermoeiing stijlen	16
5.6	Lassen stijl- voetplaat	17
5.7	Voetplaat en ankerbouten	19
5.7.1.	Voetplaat	21
5.7.2.	Ankerbouten	22
5.7.3.	Ondersabeling voetplaat-betonprop	23
5.8	Betonnen vakvulling	24
5.8.1.	Belasting	24
5.8.2.	Snedekrachten	25
5.8.3.	Wapening	26
5.8.4.	Vervorming	27
5.8.5.	Kikkerplaten	28
5.9	Glazen vakvulling	31
5.9.1.	Belastinggevallen	31
5.9.2.	Combinaties	31

5.9.3.	Snedekrachten	31
5.9.4.	Sterkte glas	32
5.9.5.	Vervorming glas	35
5.9.6.	Aluminium frame transparante vakvulling	35
6	Geluidsscherm bovenbouw op het kunstwerk	36
6.1	Snedekrachten	36
6.2	Sterkte toetsing stijl	36
6.3	Vervorming stijlen	36
6.4	Vermoeiing stijlen	37
6.5	Lassen stijl- voetplaat	38
6.6	Voetplaat en verankering op kunstwerk	40
7	Geluidsscherm onderbouw aardebaan	41
7.1	Verankering ankerbouten betonprop	41
7.1.1.	Pons ankerbouten	41
7.1.2.	Oplegspanning ankerplaat	42
7.1.3.	Dikte ankerplaat	42
7.1.4.	Krachtswerking betonprop	42
7.1.5.	Wapening betonprop	43
7.1.6.	Ophangwapening	43
7.2	Toetsing buispalen	44
7.2.1.	Sterkte buispalen	44
7.2.2.	Totale vervorming	45
7.2.3.	Draagvermogen en stabiliteit buispalen	45
8	Conclusie	46
8.1	Geluidsscherm in de aardebaan	46
8.1.1.	Betonnen vakvulling geluidsscherm in de aardebaan	46
8.1.2.	Transparante vakvulling geluidsscherm in de aardebaan	47
8.2	Geluidsscherm op het kunstwerk	47
8.2.1.	Betonnen vakvulling geluidsscherm op het kunstwerk	48
8.2.2.	Transparante vakvulling geluidsscherm op het kunstwerk	48
9	Bijlagen	49
	Bijlage A-1 t/m A-5: Uitvoer instortvoorziening DEMU 1988 A4-50	
	Bijlage B-1 t/m B-12: Memo D90-LST-KA-2000005, versie 1.0, dd. 13-02-2020	
	Bijlage C-1 t/m C-4: Informatie glazen cassettes	
	Bijlage D-1 t/m D-51: Memo geotechniek, D90-HHO-KA-2000017, dd. 25-05-2020, versie 1.0	
	Colofon	54

1 Inleiding

In de nieuwe woonwijk “Park Triangel” van Waddinxveen worden woningen in de nabijheid van de A12 gebouwd. Dit betekent dat de toekomstige bewoners "beschermd" moeten worden tegen het aanwezige en het toekomstige weggeluid. Hiertoe is de aanleg van een geluidsscherm langs de A12 noodzakelijk om zo de geluidsoverlast voor de toekomstige bewoners te beperken tot een aanvaardbaar niveau. In het akoestisch rapport is de hoogte van het geluidsscherm bepaald op 2,5 meter (t.o.v. hoogte kantstreep) met een lengte van 595 meter.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemene gegevens geluidsschermb

2.1.1. Beschrijving geluidsschermb

De hoogte van het geluidsschermb bedraagt 2,5 meter met een totale lengte van 595 meter. De vormgeving van het geluidsschermb moet overeenkomen met de visie Regenboogroute. Het geluidsschermb loopt deels over een kunstwerk heen, het merendeel van het geluidsschermb staat in de aardebaan. In onderstaande figuur is dit verduidelijkt.



De vakvulling van het geluidsschermb zal in de aardebaan voor een groot deel worden vervaardigd uit betonnen elementen. De vakvulling op het kunstwerk (lengte is 60 meter) en het overgangsgebied van kunstwerk-aardebaan aan de oostzijde (lengte is 40 meter) bestaat uit een, aan de onderzijde, aangebrachte betonnen plint van 1 meter hoog. Hierboven op komt een glazen cassette met een aluminium frame, de hoogte van het glazen transparante gedeelte bedraagt 1,5 meter. De vakvulling wordt in 1 vlak aangebracht. Het geluidsschermb zal 10 graden achterover worden gezet. In de aardebaan worden de stalen stijlen HOH 6 meter geplaatst, op het kunstwerk komen de stijlen HOH 2 meter te staan.

2.1.2. Doel rapport

Het doel van dit rapport is het dimensioneren van het geluidsschermb op UO-niveau.

2.1.3. Principe opbouw geluidsschermb

Het geluidsschermb wordt gebouwd door het installeren van holle stalen buispalen op een benodigde diepte onder maaiveld. Over een bepaalde hoogte wordt de bovenste grond in de buispaal uitgeboord. Vervolgens wordt over deze hoogte een betonpop gestort in buispaal waarin ankerbouten zijn opgenomen. Op deze ankerbouten wordt de voetplaat met hierop de vast gelaste stalen stijl gesteld en wordt een ondersabeling tussen onderkant voetplaat en bovenkant betonprop aangebracht. Hierna wordt de vakvulling aangebracht tussen de stijlen.

3 Constructieve uitgangspunten

3.1 Statisch systeem/ aanpak berekening

Het geluidsschermbord wordt geschematiseerd als uitkraging. Met de gevonden snedekrachten ter plaatse van de inklemming zal de onderbouw worden gedimensioneerd. De belasting welke zal aangrijpen op de vakvulling wordt overgedragen op de aanliggende stijlen. Omdat de vakvulling niet door loopt over de stijlen ontstaat er bij elke stijl een scharnierende verbinding.

De belasting op de stijlen wordt via de lassen en de voetplaat de ankerbouten ingeleid. Vanuit de ankerbouten wordt de belasting, door het aanliggen van de betonprop tegen de binnenzijde van de buispaal overgedragen op de stalen doorsnede van de buispaal. De buispaal draagt de belasting over op de ondergrond. Omdat geluidsschermen onderhevig zijn aan dynamische belasting zullen voor alle stalen onderdelen een beschouwing op vermoeiing worden gedaan.

3.2 Normen en richtlijnen

De volgende opsomming van normen en richtlijnen worden gehanteerd inclusief de bijbehorende Nederlandse Nationale Bijlage (NB).

Norm/richtlijn	Omschrijving
NEN-EN 1990-1-1	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1	Algemene belastingen
NEN-EN 1991-1-4	Windbelasting
NEN-EN 1992-1-1	Ontwerp en berekening van betonconstructies
NEN-EN 1993-1-1	Ontwerp en berekening van staalconstructies
NEN-EN-1993-1-8	Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1993-1-9	Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: Vermoeiing
NEN 2608-1	Vlakglas voor gebouwen - Weerstand tegen windbelasting - Eisen en bepalingsmethode
NEN 8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen
NEN-EN-9997-1	Geotechnisch ontwerp van constructies- Deel 1: Algemene regels
GCW 2012, CROW-publicatie 298	Richtlijnen geluid beperkende constructies langs wegen

3.3 Ontwerpclassificering

In onderstaande opsomming de ontwerpclassificering van het geluidsscherm:

- Ontwerplevensduurklasse 4
- Ontwerplevensduur 50 jaar
- Gevolgklasse geluidsscherm in de aardebaan CC2
- Gevolgklasse geluidsscherm op het kunstwerk CC3
- Betrouwbaarheidsklasse $\beta = 3,8$ (ULS)

3.4 Toegepaste software

De volgende software en spreadsheets zijn toegepast:

- SCIA Engineer versie 19.1;
- D-serie;
- Spreadsheet vermoeiing.

3.5 Materiaal-eigenschappen

3.5.1. Staal

Staal wat wordt toegepast is S235 JR en waar noodzakelijk is S355 JR toegepast. De ankerbouten worden vervaardigd uit boutkwaliteit 8.8 of 10.9. Voor wapening wordt staalkwaliteit B500B toegepast.

3.5.2. In situ gestort beton

Voor in situ gestort wordt minimaal betonsterkteklasse C30/37 gehanteerd. In onderstaande tabel zijn materiaaleigenschappen gepresenteerd.

Sterkte klasse	f_{ck} [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	E [N/mm ²]	E gescheurd [N/mm ²]	γ_M [-]
C30/37	30	20	2,9	1,35	32800	10900	1,5

3.5.3. Prefab beton

De betonsterkteklassen te bepalen door leverancier maar minimaal betonsterkteklasse C35/45. In onderstaande tabel zijn materiaaleigenschappen gepresenteerd.

Sterkte klasse	f_{ck} [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	E [N/mm ²]	E gescheurd [N/mm ²]	γ_M [-]
C35/45	35	23,3	3,21	1,5	34100	11300	1,5

3.5.4. Glas

Voor de transparante vakvulling wordt glas toegepast. Voor dit glas wordt een laminaat van 1 laag thermisch versterkt en 1 laag voorgespannen floatglas (wegzijde) 8.8.2 toegepast. Het thermische versterkte floatglas beschikt over een karakteristieke buigtreksterkte van $f_{g,k} = 45 \text{ N/mm}^2$ conform tabel 2 in NEN 2608, waarbij het voorspannen nog niet is verdisconteerd.

3.5.5. Soortelijk gewicht materialen

In het rapport worden voor onderstaande materialen de volgende soortelijke gewichten gehanteerd:

- Staal $\rho = 78,5 \text{ kN/m}^3$
- Beton $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
- Glas $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$

4 Belastinggevallen en belastingcombinaties

4.1 Permanente belasting

Vakvulling aardebaan

Voor het aardebaan deel bestaat de vakvulling uit beton en een overgangsgebied tussen de aardebaan en het kunstwerk gedeeltelijk uit glas. Omdat glas en beton over dezelfde volumieke massa beschikken en het beton dikker is dan het glas, zijn de stijlen met volledige betonnen vakvulling maatgevend te aanzien van het eigen gewicht. Voor de betonnen elementen wordt een dikte van 150 mm aangehouden (later te verifiëren).

De in horizontaal richting werkende belasting van de betonnen vakvulling op de stijl:

$$q_{vk,beton} = \rho * b * d * \sin 10 = 25 * 6 * 0,15 * \sin 10 = 3,9 \text{ kN/m}$$

De in verticaal richting werkende belasting van de betonnen vakvulling op de stijl:

$$F_{vk} = \rho * b * d * h = 25 * 6 * 0,15 * 2,54 = 57,2 \text{ kN}$$

Vakvulling op het kunstwerk

Op het kunstwerk wordt de bovenste 1,5 meter vakvulling uitgevoerd in glas. De onderste meter is een betonnen plint aanwezig. Voor de dikte van het glas wordt een dikte 20 mm (conservatief incl. aluminium raamwerk) gehanteerd. Op het kunstwerk bedraagt de HOH-afstand van de stijlen 2 meter.

Voor het glas:

$$F_{vk,glas} = \rho * b * d * h = 25 * 2 * 0,02 * 1,52 = 1,52 \text{ kN}$$

$$q_{vk,glas} = \rho * b * d * \sin 10 = 25 * 2 * 0,02 * \sin 10 = 0,174 \text{ kN/m}$$

Betonnen plint:

$$F_{vk,beton} = \rho * b * d * h = 25 * 2 * 0,15 * 1,02 = 7,7 \text{ kN}$$

$$q_{vk,beton} = \rho * b * d * \sin 10 = 25 * 2 * 0,15 * \sin 10 = 1,3 \text{ kN/m}$$

Stalen stijlen

De stalen stijlen worden uitgevoerd in een I-profiel, aanname is een HEA 180 profiel (dit later te verifiëren), hierdoor:

$$q_{vk,stijl} = g_{HEA 180} * \sin 10 = 0,355 * \sin 10 = 0,07 \text{ kN/m}$$

$$F_{vk,stijl} = g_{HEA180} * h = 0,355 * 2,54 = 1 \text{ kN}$$

Voor het scherm in de aardebaan is de permanente belasting:

$$\sum q_{vk} = 3,9 + 0,07 = 4 \text{ kN/m}$$

$$\sum F_{vk} = 57,2 + 1 = 58,2 \text{ kN}$$

Voor het scherm op het kunstwerk is de permanente belasting:

$$\sum q_{vk,beton} = 1,3 + 0,07 = 1,4 \text{ kN/m}$$

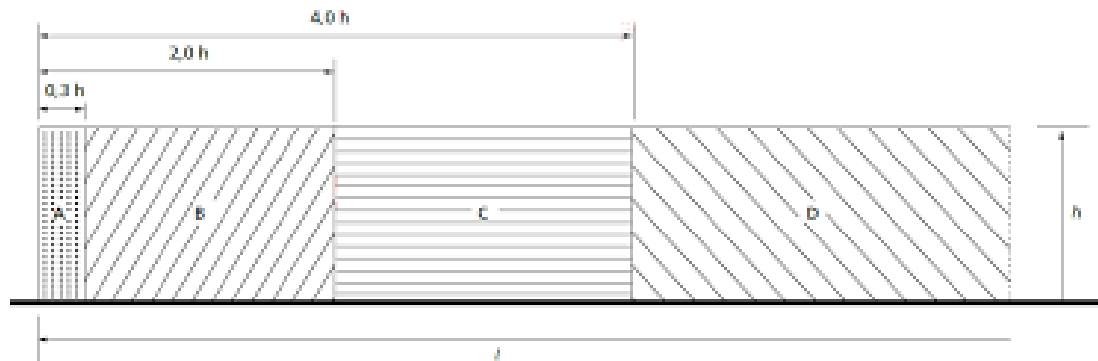
$$\sum q_{vk,glas} = 0,174 + 0,07 = 0,25 \text{ kN/m}$$

$$\sum F_{vk} = 1,52 + 7,7 + 1 = 10,2 \text{ kN}$$

4.2 Veranderlijke belasting scherm aardebaan

Voor de windbelasting wordt de stijl waarop de grootste windbelasting werkt bepaald. Er wordt onderzocht of de windbelasting in het lagergelegen eindgebied, groter is dan in het hoger gelegen middengebied en het hoger gelegen eindgebied met plaatselijk, een kleinere HOH-afstand van de stijlen.

Omdat het scherm een recht eindgebied kent, moet conform de GCW 2012 het eindgebied van het scherm conform onderstaande figuur worden beschouwd.



Figuur 23. Randzones conform NEN-EN-1991-1-4

Het scherm is 2,5 meter hoog, waardoor:

- Windvak A: $b = 0,3 * 2,5 = 0,75$ m
- Windvak B: $b = (2 - 0,3) * 2,5 = 4,25$ m
- Windvak C: $b = (4 - 2) * 2,5 = 5$ m
- Windvak D: middengebied, is $595 - 2 * 10 = 575$ m

Aan het einde van het scherm bedraagt de hoogte maaiveld tot de aardebaan A12, 3,5 meter, het scherm is 2,5 meter hoog, de bouwwerkhogte bedraagt 6 meter, voor onbebouwd gebied, windgebied II, bedraagt de stuwdruk conform tabel NB.5 uit NEN-EN-1991-1-4+A1+C2:2011 $p_w = 0,71$ kN/m².

De karakteristieke windbelasting per windvak bedraagt: (gebaseerd op een hellingshoek van 10 graden).

- Windvak A, $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (3,4 + 0,1) = 2,5$ kN/m²
- Windvak B, $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (2,8 + 0,1) = 2,1$ kN/m²
- Windvak C, $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (1,7 + 0,1) = 1,3$ kN/m²
- Windvak D, $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (1,2 + 0,1) = 0,93$ kN/m²

De windbelasting op de 2^e stijl is maatgevend en bedraagt bij HOH 6 meter:

$$q_{k,2-1} = \frac{2,5 * 0,75 * (0,375) + 2,1 * 4,25 * (2,875) + 1,3 * 1 * (5,5)}{6} = 5,58$$

$$q_{k,2-2} = \frac{2 * 0,93 * (1) + 4 * 1,3 * (4)}{6} = 3,776$$

$$\sum q_{k,2} = 5,58 + 3,776 = 9,36 \text{ kN/m}$$

Vlak voor het kunstwerk waar het geluidsscherm overeen loopt, bedraagt de hoogte grondlichaam-kunstwerk t.o.v. maaiveld 7 meter, het scherm is 2,5 meter hoog, de bouwwerkhoogte bedraagt 9,5 meter, voor onbebouwd gebied, windgebied II, bedraagt de stuwdruk conform tabel NB.5 uit NEN-EN-1991-1-4+A1+C2:2011 $p_w = 0,84 \text{ kN/m}^2$.

De windbelasting op een stijl in de nabijheid van het kunstwerk in de aardebaan:
 $q_{k, \text{stijl midden}} = p_w * (C_{p, \text{net}} + 0,1) * l = 0,84 * (1,2 + 0,1) * 6 = 6,55 \text{ kN/m}$

Er is ook een eindgebied aanwezig op het hoge gedeelte, hier worden 2 vakken van 5 meter aangebracht, hieruit:

- Windvak A, $q_k = p_w * (C_{p, \text{net}} + 0,1) = 0,84 * (3,4 + 0,1) = 2,96 \text{ kN/m}^2$
- Windvak B, $q_k = p_w * (C_{p, \text{net}} + 0,1) = 0,84 * (2,8 + 0,1) = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Windvak C, $q_k = p_w * (C_{p, \text{net}} + 0,1) = 0,84 * (1,7 + 0,1) = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Windvak D, $q_k = p_w * (C_{p, \text{net}} + 0,1) = 0,84 * (1,2 + 0,1) = 1,1 \text{ kN/m}^2$

De windbelasting op de 2^e stijl is maatgevend en bedraagt bij HOH 5 meter:

$$q_{k,2-1} = \frac{2,96 * 0,75 * (0,375) + 2,5 * 4,25 * (2,875)}{5} = 6,27$$

$$q_{k,2-2} = \frac{5 * 1,3 * (2,5)}{5} = 3,25$$

$$\sum q_{k,2} = 6,27 + 3,25 = 9,52 \text{ kN/m}$$

$$\text{PB (HOH 5m)} = 5 * 0,15 * 25 * \sin 10 = 3,25 \text{ kN/m}$$

$$\text{PB (HOH 6m)} = 6 * 0,15 * 25 * \sin 10 = 4 \text{ kN/m}$$

$$\sum q_{k,1l, \text{aag}} = 9,36 + 4 = 13,4 \text{ kN/m}$$

$$\sum q_{k,2, \text{hoog}} = 9,52 + 3,25 = 12,77 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq 13,4 \text{ kN/m}$$

Laaggelegen eindgebied ULS:

$$q_{d,2, \text{laag}} = 1,2 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = 1,2 * 4 + 1,5 * 9,36 = 18,84 \text{ kN/m}$$

Hooggelegen eindgebied ULS:

$$q_{d,2, \text{hoog}} = 1,2 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = 1,2 * 3,25 + 1,5 * 9,52 = 18,18 \text{ kN/m}$$

Omdat $\sum q_{k,1l, \text{aag}} > \sum q_{k,2, \text{hoog}}$ en $q_{d,2, \text{laag}} > q_{d,2, \text{hoog}}$, is het lagergelegen eindgebied met vakken van 6 meter maatgevend. (hogere permanente belasting) en zal de onder en bovenbouw op 2^e stijl in dit eindgebied worden gedimensioneerd.

4.3 Veranderlijke
belasting scherm
op het kunstwerk

Het geluidsscherm loopt 60 meter over het kunstwerk heen, de HOH-afstand van de stijlen bedraagt op het kunstwerk 2 meter en bevindt zich in het middengebied, hierdoor is de windbelasting per stijl:

$$q_{k, \text{stijl midden}} = p_w * (C_{p, \text{net}} + 0,1) * l = 0,84 * (1,2 + 0,1) * 2 = 2,2 \text{ kN/m}$$

4.4 Belastingcombinaties
scherm in aardebaan

De volgende combinaties zullen worden beschouwd:
ULS:

$$1. \quad q_{d,2} = 1,2 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = 1,2 * 4 + 1,5 * 9,36 = 18,84 \text{ kN/m}$$

$$2. \quad q_{d,2} = -0,9 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = -0,9 * 4 + 1,5 * 9,36 = 10,44 \text{ kN/m}$$

$$3. \quad q_{d,2} = 1,35 * q_{vk} = 1,35 * 4 = 5,4 \text{ kN/m}$$

SLS:

$$4. \quad q_{k,2} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 4 + 1 * 9,36 = 13,4 \text{ kN/m}$$

Ontgraving (sleuf van 0,8 meter diep t.b.v. kabels en leidingen aan wegzijde buispaal):

$$5. \quad q_{k,2} = 1,1 * q_{vk} + 1,1 * q_{k,2} = 1,1 * 4 + 1,1 * 9,36 = 14,7 \text{ kN/m}$$

De volgende combinaties zullen worden beschouwd:

ULS:

Betonnen vakvulling

$$1. \quad q_{d,2} = 1,3 * q_{vk} + 1,65 * q_{k,2} = 1,3 * 1,3 + 1,65 * 2,2 = 5,32 \text{ kN/m}$$

Glazen vakvulling:

$$2. \quad q_{d,2} = 1,3 * q_{vk} + 1,65 * q_{k,2} = 1,3 * 0,174 + 1,65 * 2,2 = 3,86 \text{ kN/m}$$

Betonnen vakvulling

$$3. \quad q_{d,2} = -0,9 * q_{vk} + 1,65 * q_{k,2} = -0,9 * 1,3 + 1,65 * 2,2 = 2,5 \text{ kN/m}$$

Glazen vakvulling:

$$4. \quad q_{d,2} = -0,9 * q_{vk} + 1,65 * q_{k,2} = -0,9 * 0,17 + 1,65 * 2,2 = 3,5 \text{ kN/m}$$

SLS:

Betonnen vakvulling

$$5. \quad q_{k,2} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 1,3 + 1 * 2,2 = 3,5 \text{ kN/m}$$

Glazen vakvulling:

$$6. \quad q_{k,2} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 0,174 + 1 * 2,2 = 2,4 \text{ kN/m}$$

De gemiddelde karakteristieke belasting:

$$q_{k,2} = \frac{1,02 * 3,5 + 1,52 * 2,4}{2,54} = 2,84 \text{ kN/m}$$

5 Geluidsscherm bovenbouw aardebaan

5.1 Snedekrachten

Het geluidsscherm in de aardebaan valt in CC2.

De snedekrachten in de ULS bedragen:

$$M_d = 0,5 * q_{d,2} * l^2 = 0,5 * 18,84 * 2,54^2 = 61 \text{ kNm}$$

$$V_d = q_{d,2} * l = 18,84 * 2,54 = 48 \text{ kN}$$

$$F_{vd} = \sum F_{vk} * 1,35 = 58,2 * 1,35 = 76 \text{ kN}$$

De snedekrachten in de SLS bedragen:

$$M_k = 0,5 * q_{k,2} * l^2 = 0,5 * 13,4 * 2,54^2 = 43,3 \text{ kNm}$$

$$V_k = q_{k,2} * l = 13,4 * 2,54 = 34 \text{ kN}$$

$$F_{vk} = \sum F_{vk} * 1 = 58,2 * 1 = 58,2 \text{ kN}$$

De snedekrachten bij ontgraving:

$$M_{k-1,1} = 0,5 * q_{k,2} * l^2 = 0,5 * 14,7 * 2,54^2 = 47,4 \text{ kNm}$$

$$V_{k-1,1} = q_{k,2} * l = 14,7 * 2,54 = 37,4 \text{ kN}$$

$$F_{vk-1,1} = \sum F_{vk} * 1 = 58,2 * 1,1 = 64 \text{ kN}$$

5.2 Sterkte toetsing stijl

HEA180 profiel op sterkte/buiging:

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W_{el}} = \frac{61 \cdot 10^6}{294 \cdot 10^3} = 207,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \frac{V_d}{A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f} = \frac{48 * 10^3}{4525 - 2 * 180 * 9,5 + (6 + 2 * 15) * 9,5} = \frac{48 * 10^3}{1447} = 33,2 \text{ N/mm}^2$$

Combinatie spanning:

$$\sigma_{com;d} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 * \tau_d^2} = \sqrt{207,5^2 + 3 * 33,2^2} = 215,2 \text{ N/mm}^2$$

UC:

$$\frac{\sigma_{com;d}}{f_{y;d}} \leq 1 = \frac{215,2}{235} = 0,92 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

5.3 Kipinstabiliteit stijl

Kipmoment							
Scherphoogte	2,54	m					
Profiel	HEA 180						
h =	171	mm		f _{y,d} =	235	N/mm ²	
b =	180	mm		M _{ud} =	76	kNm	(plastisch)
t _f =	9,5	mm					
t _w =	6	mm		S =	1086	mm	
r =	15	mm		I ₁ =	2915,92	ongesteunde lengte	
W _{ypl} =	324,9	cm ³		I _g =	5080	gaffelafstand	
I _t =	14,9	cm ⁴		α =	1704,29		
I _y =	2510,3	cm ⁴		h/t _w =	28,50		
I _z =	924,6	cm ⁴		k _{red} =	1,00		
Wind van links				Wind van rechts			
C ₁ =	1,68			C ₁ =	1,68		
C ₂ =	0,78			C ₂ =	-0,78		
C =	24,85			C =	8,06		
M _{ke} =	748	kNm		M _{ke} =	243	kNm	
λ _{rel} =	0,32			λ _{rel} =	0,56		
ω _{kip} =	1,000	(kromme a)		ω _{kip} =	0,904		
ω _{kip} * M _{yud}	76	kNm		ω _{kip} * M _{yud}	69	kNm	

UC:

$$\frac{M_d}{\omega_{kip} * M_{yud}} \leq 1 = \frac{61}{69} = 0,88 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

5.4 Vervorming stijlen

$$u_{optredend} = \frac{q_{k,2} * l^4}{8 * E * I_y} = \frac{13,4 * 2540^4}{8 * 2,1 * 10^5 * 2510 * 10^4} = 13,2 \text{ mm, toelaatbaar is } u_{tot} = \frac{h}{150} = \frac{2500}{150} = 16,67 \text{ mm.}$$

$$UC = \frac{u_{optredend}}{u_{tot}} \leq 1 = \frac{13,2}{16,67} = 0,8 \quad \text{Voldoet}$$

Vanuit de bovenbouw is er 3,5 mm over.

5.5 Vermoeiing stijlen

De optredende spanningsrimpel in de stijl bedraagt:

$$\Delta\sigma = \frac{M_k}{W_{y,el}} \leq 1 = \frac{43,3 * 10^6}{294 * 10^3} = 147,3 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel						
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006						
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	147,3	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar	
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	147,3	N/mm2				
Optredende spanningsrimpel	294,6	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	160	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)			
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Stijl	HEA180					
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Vermoeingsgrens staal	139,1304	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal	102,5113	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Ondergrens vermoeiing	55,2823	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr	
1	294,6	3	210667,8	1	4,75E-06	
0,85	250,41	3	343037,4	6	1,75E-05	
0,73	215,058	3	541538,8	60	0,000111	
0,6	176,76	3	975314	600	0,000615	
0,48	141,408	3	1904910	6000	0,00315	
0,26	76,596	3	11986107	60000	0,005006	
0,12	35,352	3	1,22E+08	600000	0,004921	
0,03	8,838	5	1,05E+12	6000000	5,72E-06	
tot. N/Nr				0,013831	< 1,0	(regel van Miner)

5.6 Lassen stijl-voetplaat

De lassen zijn statisch sterker dan het moedermateriaal bij S235 JR als voor de flenslassen:

$$a_f = 0,46 * t_f = 0,46 * 9,5 = 6$$

Lijflassen:

$$a_l = 0,46 * t_w = 0,46 * 6 = 3$$

De spanning in de flenslas wordt hieronder bepaald. De maximale buigspanning bovenin de flens bedraagt:

$$\sigma_{b,flens} = \frac{M_k * 85,5}{I_y} = \frac{43,3 * 10^6 * 85,5}{2510 * 10^4} = 147,5 \text{ N/mm}^2$$

De spanningsrimpel in de flenslassen:

$$\Delta\sigma_{las} = \frac{\sigma_{b,flens} * t_f}{2 * a_f} = \frac{147,5 * 9,5}{2 * 6} = 117 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel						
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006						
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	117	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar	
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	117	N/mm2				
Optredende spanningsrimpel	234	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	36	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)			
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)			
keeldoorsnede flenslas	a=6					
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Vermoeingsgrens staal	31,30435	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal	23,06504	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Ondergrens vermoeiing	12,43852	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr	
1	234	3	4788,465962	1	0,000208835	
0,85	198,9	3	7797,217117	6	0,000769505	
0,73	170,82	3	12309,14321	60	0,004874425	
0,6	140,4	3	22168,8239	600	0,027065035	
0,48	112,32	3	43298,48418	6000	0,13857298	
0,26	60,84	3	272443,4435	60000	0,220229194	
0,12	28,08	3	2771102,987	600000	0,216520282	
0,03	7,02	5	1914502032	6000000	0,003133974	
			tot. N/Nr	0,611374232	< 1,0	(regel van Miner)

De schuifspanning in het lijf:

$$\tau_{o,flens} = \frac{V_k}{(h - 2 * t_f) * t_w} = \frac{34 * 10^3}{(171 - 2 * 9,5) * 6} = 37,3 \text{ N/mm}^2$$

De spanningsrimpel in de lijfflassen:

$$\Delta\tau_{las} = \frac{\sigma_{b,flens} * t_w}{2 * a_l} = \frac{37,3 * 6}{2 * 3} = 37,3 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel						
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006						
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	37,3	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar	
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	37,3	N/mm2				
Optredende spanningsrimpel	74,6	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	80	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)			
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)			
keeldoorsnede lijflas	a=3					
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Vermoeingsgrens staal	69,56522	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal	51,25565	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Ondergrens vermoeiing	27,64115	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr	
1	74,6	5	1410251,569	1	7,09093E-07	
0,85	63,41	5	3178351,778	6	1,88777E-06	
0,73	54,458	5	6802715,224	60	8,82001E-06	
0,6	44,76	5	18135951,24	600	3,30835E-05	
0,48	35,808	5	55346530,9	6000	0,000108408	
0,26	19,396	5	1186942967	60000	5,055E-05	
0,12	8,952	5	56674847637	600000	1,05867E-05	
0,03	2,238	5	3,15049E+13	6000000	1,90446E-07	
			tot. N/Nr	0,000214235	< 1,0	(regel van Miner)

Voor de hefboomsarm wordt de afstand hart flens tot hart anker meegenomen, de maatgevende trekkracht in de voorste rij ankers bedraagt:

$$N_{td} = \frac{M_d}{z} - \frac{F_{vd} * 0,24225}{z} = \frac{61}{0,37525} - \frac{52,4 * 0,24225}{0,37525} = 130 \text{ kN}$$

De trekkracht per ankerbout:

$$N_{td} = \frac{130}{2} = 65 \text{ kN}$$

Het moment in de voetplaat bedraagt:

$$M_d = \left(\frac{M_d}{z}\right) * 0,208 - F_{vd} * 0,075 = 162,56 * 0,208 - 52,4 * 0,075 = 30 \text{ kNm}$$

De dwarskracht per ankerbout bedraagt:

$$V_d = \frac{V_d}{n} = \frac{48}{4} = 12 \text{ kN}$$

De maatgevende trekkracht in de achterste rij ankers bedraagt:

$$N_{td} = \frac{M_d}{z} = \frac{34}{0,21725} = 156 \text{ kN}$$

De trekkracht per ankerbout:

$$N_{td} = \frac{156}{2} = 78 \text{ kN}$$

Het moment in de voetplaat bedraagt:

$$M_d = N_{td} * 0,05 = 156 * 0,05 = 7,8 \text{ kNm}$$

De dwarskracht per ankerbout bedraagt:

$$V_d = \frac{V_d}{n} = \frac{27}{4} = 6,8 \text{ kN}$$

Geconcludeerd kan worden dat de achterste rij ankerbouten maatgevend zijn op trek, deze worden beschouwd.

5.7.1. Voetplaat

Het maatgevende moment in de voetplaat treedt op bij de voorste rij ankers doordat de ankers zich op een grote afstand van de stijl bevinden. Hierdoor bedraagt de dikte van de voetplaat welke vervaardigd wordt uit S355 JR:

$$t = \sqrt{\frac{4 * M_d}{f_{y,d} * b}} = \sqrt{\frac{4 * 30 * 10^6}{355 * 220}} = 40 \text{ mm}$$

Voor een M20 boutkwaliteit 8.8. bedraagt de trekkracht $F_{tud} = 141 \text{ kN}$ en de afschuifkracht $F_{vud} = 94 \text{ kN}$.

Vermoeiing voetplaat:

$$N_{tk} = \frac{M_k}{z} = \frac{43,3}{0,37525} = 116 \text{ kN}$$

$$M_k = N_{tk} * 0,208 = 116 * 0,208 = 24,2 \text{ kNm}$$

$$\Delta\sigma = \frac{6 * M_k}{b * h^2} = \frac{6 * 24,2 * 10^6}{220 * 50^2} = 264 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel						
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006						
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	264	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar	
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	264	N/mm2				
Optredende spanningsrimpel	528	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	160	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)			
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)			
voetplaat	t=50					
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Vermoeingsgrens staal	139,1304	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal	102,5113	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Ondergrens vermoeiing	55,2823	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
alfa	Q-simpel	m	Nr	N	N/Nr	
1	528	3	36592,72	1	2,73E-05	
0,85	448,8	3	59585,13	6	0,000101	
0,73	385,44	3	94064,57	60	0,000638	
0,6	316,8	3	169410,7	600	0,003542	
0,48	253,44	3	330880,3	6000	0,018133	
0,26	137,28	3	2081971	60000	0,028819	
0,12	63,36	3	21176341	600000	0,028334	
0,03	15,84	5	5,68E+10	6000000	0,000106	
			tot. N/Nr	0,079699	< 1,0	(regel van Miner)

5.7.2. Ankerbouten

Trekkracht (M20 8.8.):

$$UC = \frac{N_{td}}{F_{tud}} \leq 1 = \frac{78}{141} = 0,6 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Afschuifkracht (M20 8.8.):

$$UC = \frac{V_d}{F_{vud}} \leq 1 = \frac{7}{94} = 0,1 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Combinatie trek en afschuiving:

$$UC = \frac{V_d}{F_{vud}} + \frac{N_{td}}{1,4 \cdot F_{tud}} \leq 1 = \frac{7}{94} + \frac{78}{1,4 \cdot 141} = 0,5 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Stuiken:

$$UC = \frac{V_d}{F_{cud}} \leq 1$$

$$F_{cud} = 2 \cdot \alpha_c \cdot \alpha_{red;1} \cdot f_{t;d} \cdot d_{b;nom} \cdot t$$

α_c is de kleinste waarde van:

$$1,0 ; \frac{e_{1;min}}{3 \cdot d_{g;nom}} = \frac{50}{3 \cdot 25} = 0,66 \quad ; \quad \frac{s_{1;min}}{3 \cdot d_{g;nom}} - 0,25 = \frac{430}{3 \cdot 25} - 0,25 = 5,48 \Rightarrow \alpha_c = 0,66$$

$$\alpha_{red;1} = 1 \text{ als } e_2 \geq 1,5 \cdot d_{g;nom} = 50 \geq 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ en } s_1 \geq 3 \cdot d_{g;nom} = 430 \geq 3 \cdot 25 = 75 \Rightarrow \alpha_{red;1} = 1$$

Hieruit:

$$F_{cud} = 2 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 470 \cdot 20 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 621 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{V_d}{F_{cud}} = \frac{7}{621} = 0,01 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Gatverzwakking:

$$UC = \frac{V_d}{F_{vc,ud}} \leq 1$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{f_{t;d} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}}$$

$$A_{nt} = b \cdot t - 2 \cdot d_{g;nom} \cdot t = 220 \cdot 50 - 2 \cdot 25 \cdot 50 = 8500 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{470 \cdot 8500}{1,25} = 3196 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{2 \cdot 7}{3196} = 0,01 \leq 1$$

Voldoet

Vermoeiing achterste rij ankerbouten:

$$N_{tk} = \frac{M_k}{z} = \frac{43,3 \cdot \frac{10,44}{18,84}}{0,21725} \cdot 0,5 = 55,3 \text{ kN}$$

$$\Delta\sigma_t = \frac{N_{tk}}{A_{b;s}} = \frac{55,3 \cdot 10^3}{245} = 226 \text{ N/mm}^2$$

De helft van de drukspanning in de rimpel wordt door de ondersabeling opgenomen.

Constructieonderdeel									
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006									
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	226	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar				
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	113	N/mm2							
Optredende spanningsrimpel	339	N/mm2							
Vermoeiingsgrens staal volgens detail category	50	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)						
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)						
Ankerbouten	M20								
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)						
Vermoeiingsgrens staal	43,47826	N/mm2							
Vermoeiingsgrens staal	32,03478	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)						
Ondergrens vermoeiing	17,27572	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)						
	alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr			
	1	339	3	4219,368	1	0,000237			
	0,85	288,15	3	6870,536	6	0,000873			
	0,73	247,47	3	10846,23	60	0,005532			
	0,6	203,4	3	19534,11	600	0,030716			
	0,48	162,72	3	38152,56	6000	0,157263			
	0,26	88,14	3	240064,2	60000	0,249933			
	0,12	40,68	3	2441764	600000	0,245724			
	0,03	10,17	5	1,55E+09	6000000	0,00387			
					tot. N/Nr	0,694148	< 1,0	(regel van Miner)	

5.7.3. Ondersabeling voetplaat-betonprop

De spanning in de aansluiting op de voetplaat bedraagt maximaal

$$\sigma_{s,flens} = \frac{M_d \cdot 85,5}{I_y} + \frac{F_{vd}}{A} = \frac{61 \cdot 10^6 \cdot 85,5}{2510 \cdot 10^4} + \frac{76 \cdot 10^3}{4525} = 225 \text{ N/mm}^2$$

Conservatief wordt verondersteld dat deze spanning overall in flens aanwezig waardoor de totale drukkracht bedraagt:

$$F_{d,flens} = \sigma_{s,flens} \cdot A_{flens} = 225 \cdot 180 \cdot 9,5 = 385 \text{ kN}$$

De drukspanning in de ondersabelingsmortel: (ankerbouten worden verwaarloosd)

$$\sigma_{c,d} = \frac{F_{d,flens}}{(b_{voetplaat} \cdot (t_f + 2 \cdot t_{voetplaat}))} = \frac{385 \cdot 10^3}{(220 \cdot (9,5 + 2 \cdot 50))} = 16 \text{ N/mm}^2$$

Ondersabelingsmortel K70 (C80/95) voldoet ruimschoots.

5.8 Betonnen vakvulling

5.8.1. Belasting

In onderstaande beschouwing van de betonnen vakvulling wordt de hoeveelheid wapening bepaald in de definitieve situatie waarbij dus de vakvulling aanwezig is in het geluidsscherm.

Transportwapening, wapening t.b.v. hijsen en hijsvoorzieningen tijdens de bouwfase/transport moeten worden beschouwd door de aannemer.

De betonnen vakvulling heeft een hellinghoek van 10 graden, en overspant in de aardebaan 6 meter. Voor de dikte van de betonnen vakvulling is 150 mm aangenomen. De in horizontaal richting werkende permanente belasting in de definitieve situatie bedraagt:

$$q_{vk,beton} = \rho * b * d * \sin 10 = 25 * 1 * 0,15 * \sin 10 = 0,65 \text{ kN/m}$$

De veranderlijke windbelasting is het grootst bij het 1^e vak van het geluidsscherm, hierop werken bij een HOH-stijlen 6 meter:

- Windvak A (0,75 m), $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (3,4 + 0,1) * 1 = 2,5 \text{ kN/m}$
- Windvak B (4,25m), $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (2,8 + 0,1) * 1 = 2,1 \text{ kN/m}$
- Windvak C (1m), $q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,71 * (1,7 + 0,1) * 1 = 1,3 \text{ kN/m}$

De betonnen vakvulling valt in de aardebaan in CC2 en op het kunstwerk in CC3. Omdat de HOH-afstand in de aardebaan 6 meter is en op het kunstwerk 2 meter is de vakvulling in de aardebaan maatgevend ondanks de lagere gevolklasse.

ULS:

$$q_{dA} = 1,2 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = 1,2 * 0,65 + 1,5 * 2,5 = 4,5 \text{ kN/m}$$

$$q_{dB} = 1,2 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = 1,2 * 0,65 + 1,5 * 2,1 = 4 \text{ kN/m}$$

$$q_{dC} = 1,2 * q_{vk} + 1,5 * q_{k,2} = 1,2 * 0,65 + 1,5 * 1,3 = 3 \text{ kN/m}$$

SLS:

$$q_{kA} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 0,65 + 1 * 2,5 = 3,2 \text{ kN/m}$$

$$q_{kB} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 0,65 + 1 * 2,1 = 2,8 \text{ kN/m}$$

$$q_{kC} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 0,65 + 1 * 1,3 = 2 \text{ kN/m}$$

5.8.2. Snedekrachten

De oplegreactie bij de 1^e stijl (R_A) is:

$$R_A = \frac{3 * 1 * (0,5) + 4 * 4,25 * (3,125) + 4,5 * 0,75 * (5,625)}{6} = 12,27 \text{ kN/m}$$

De oplegreactie bij de 2^e stijl (R_B) is:

$$R_B = \frac{3 * 1 * (5,5) + 4 * 4,25 * (2,875) + 4,5 * 0,75 * (0,375)}{6} = 11,1 \text{ kN/m}$$

De gewogen gemiddelde belasting bedraagt:

$$q_d = \frac{3 * 1 + 4 * 4,25 + 4,5 * 0,75}{6} = 3,9 \text{ kN/m}$$

Moment in de plaat:

$$M_d = 0,125 * q_d * l^2 = 0,125 * 3,9 * 6^2 = 18 \text{ kNm/m}$$

$$M_k = \frac{(2 * 1 + 2,8 * 4,25 + 3,2 * 0,75)}{(3 * 1 + 4 * 4,25 + 4,5 * 0,75)} * 18 = 13 \text{ kNm/m}$$

Dwarskracht in de plaat:

$$V_d = R_{Ad} = 12,3 \text{ kN/m}$$

5.8.3. Wapening

Aangenomen een prefab betonnen vakvulling met een minimale betonsterkteklasse C35/45.

Door de plaat geometrie wordt constructieklasse S4, S3 en op basis van milieuklasse XC4/XD3 wordt $c_{\min, \text{dur}} = 35 \text{ mm}$ voor $\Delta c_{\text{dev}} = 5 \text{ mm}$,

zodat $c_{\text{nom}} = c_{\min, \text{dur}} + \Delta c_{\text{dev}} = 35 + 5 = 40 \text{ mm}$

Voor de benodigde wapening wordt $\emptyset 10 \text{ B500B}$ aangenomen.

De nuttige hoogte bedraagt: $d = 150 - 40 - 0,5 * 10 = 105 \text{ mm}$

De benodigde wapening:

$$A_s \approx \frac{M_d}{f_s * 0,9 * d} = \frac{18 * 10^6}{435 * 0,9 * 105} = 438 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \emptyset 10 - 100, A_s = 785 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Voor XC4/XD3 geldt $w_{\max} \leq 0,2 \text{ mm}$, de staalspanning in de SLS bedraagt:

$$\sigma_s = f_s * \frac{A_{s, \text{ben.}}}{A_{s, \text{toegepast}}} * \frac{M_k}{M_d} = 435 * \frac{438}{785} * \frac{13}{18} = 175 \text{ N/mm}^2$$

Conform tabel 7.3 N (NEN-EN-1992-1-1) mag bij een staafafstand van 100 mm $\sigma_s = 240 \text{ N/mm}^2$ bedragen. De staalspanning bedraagt $\sigma_s = 175 \text{ N/mm}^2$ dus er wordt voldaan op scheurvorming.

Dwarskracht

De minimale capaciteit op dwarskracht bedraagt:

$$V_{\text{Rd}, \text{c}, \text{min}} = 0,035 * k^{1,5} * f_{\text{ck}}^{0,5} * b * d$$

$$k = 1 + \sqrt{\left(\frac{200}{d}\right)} \leq 2 = 1 + \sqrt{\left(\frac{200}{105}\right)} \leq 2 = 2,38 \leq 2 \Rightarrow 2$$

$$V_{\text{Rd}, \text{c}, \text{min}} = 0,035 * 2^{1,5} * 35^{0,5} * 1000 * 105 = 61,5 \text{ kN}$$

UC:

$$\frac{V_d}{V_{\text{Rd}, \text{c}, \text{min}}} \leq 1 = \frac{12,3}{61,5} = 0,2 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Oplegspanning

De maximale neerwaartse belasting bedraagt $F_{\text{vd}} = 76 \text{ kN}$ gebaseerd op HOH 6 meter.

De hoogste oplegdruk tussen de beton vakvulling en de voetplaat bedraagt bij 3 meter

$F_{\text{vd}} = 0,5 * 76 = 38 \text{ kN}$. De maximale betondrukspanning bedraagt:

$$\sigma_{\text{cd}} = 0,3 * f_{\text{cd}} = 0,3 * 23,3 = 7 \text{ N/mm}^2.$$

Bij een oplegging van 100 mm van de betonnen vakvulling op de voetplaat:

$$\sigma_{\text{cd}, 1} = \frac{38 * 10^3}{150 * 100} = 2,53 \text{ N/mm}^2 \leq 7 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Voldoet}$$

Hoeveelheid wapening

Wapening Ø10 heeft een gewicht van 0,63 kG/m. In een vlak $1 * 1 * 0,15 = 0,15 \text{ m}^3$ zijn 20 staven Ø10 (beide richtingen) van 1 meter aanwezig, hierdoor $20 * 0,63 \frac{\text{kG}}{\text{m}} = 12,6 \text{ kG}$. Hierdoor $\frac{12,6}{0,15} \approx 85 \text{ kG/m}^3$.

5.8.4. Vervorming

De gewogen karakteristieke gemiddelde belasting bedraagt:

$$q_k = \frac{2 * 1 + 2,8 * 4,25 + 3,2 * 0,75}{6} = 2,72 \text{ kN/m}$$

Voor gescheurd beton C35/45 is $E = \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} = \frac{23,3}{1,75 * 10^{-3}} = 13314 \text{ N/mm}^2$

De vervorming bedraagt:

$$u_{optredend} = \frac{5 * q_k * l^4}{384 * E * I_y} = \frac{5 * 2,72 * 6000^4}{384 * 13314 * \frac{1}{12} * 1000 * 150^3} = 12,3 \text{ mm}$$

Conform de GCW 2012 is de maximale horizontale toelaatbare doorbuiging voor elementen:

$$u_{toelaatbaar} = \frac{l}{40} \text{ en max. } 50 \text{ mm} = \frac{6000}{40} = 150 \Rightarrow 50 \text{ mm}$$

UC:

$$\frac{u_{optredend}}{u_{toelaatbaar}} \leq 1 = \frac{12,2}{50} = 0,25 \leq 1$$

Voldoet

5.8.5. Kikkerplaten

Er worden kikkerplaten toegepast om de betonnen vakvulling tegen de flenzen van de stijlen te klemmen. Eerst zal de maximale trekkracht per zijde worden bepaald, op deze trekkracht wordt de hoeveelheid en de kikkerplaat gedimensioneerd.

Het 1^e vak van 6 meter in het eindgebied levert de grootste trekkrachten op, deze wordt dan ook beschouwd

ULS:

$$q_{dA} = 1,5 * q_{k,2} - 0,9 * q_{vk} = 1,5 * 2,5 - 0,9 * 0,65 = 3,2 \text{ kN/m}$$

$$q_{dB} = 1,5 * q_{k,2} - 0,9 * q_{vk} = 1,5 * 2,1 - 0,9 * 0,65 = 2,6 \text{ kN/m}$$

$$q_{dC} = 1,5 * q_{k,2} - 0,9 * q_{vk} = 1,5 * 1,3 - 0,9 * 0,65 = 1,4 \text{ kN/m}$$

SLS:

$$q_{kA} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 2,5 - 1 * 0,65 = 1,85 \text{ kN/m}$$

$$q_{kB} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 2,1 - 1 * 0,65 = 1,45 \text{ kN/m}$$

$$q_{kC} = 1 * q_{vk} + 1 * q_{k,2} = 1 * 1,3 - 1 * 0,65 = 0,65 \text{ kN/m}$$

De oplegreactie/trekkracht bij de 1^e stijl (R_A) is:

$$R_{Ad} = \frac{1,4 * 1 * (0,5) + 2,6 * 4,25 * (3,125) + 3,2 * 0,75 * (5,625)}{6} = 8,2 \text{ kN/m}$$

$$R_{Ak} = \frac{0,65 * 1 * (0,5) + 1,45 * 4,25 * (3,125) + 1,85 * 0,75 * (5,625)}{6} = 4,6 \text{ kN/m}$$

Bij een betonnen element met een hoogte van 1,5 meter en het toepassen van 2 kikkerplaten per zijde bedraagt de trekkracht (rekening houdend met wrikkrachten) per kikkerplaat:

$$N_{t,d} = R_{Ad} * h * 0,5 = 8,2 * 1,5 * 0,5 * 2 = 12,4 \text{ kN}$$

$$N_{t,k} = R_{Ak} * h * 0,5 = 4,6 * 1,5 * 0,5 * 2 = 7 \text{ kN}$$

Een M12 boutkwaliteit 8.8. heeft voldoende trekcapaciteit:

$$F_{t,ud} = 0,72 * f_{t,b,d} * A_{b,s} = 0,72 * 800 * 84 = 48 \text{ kN}$$

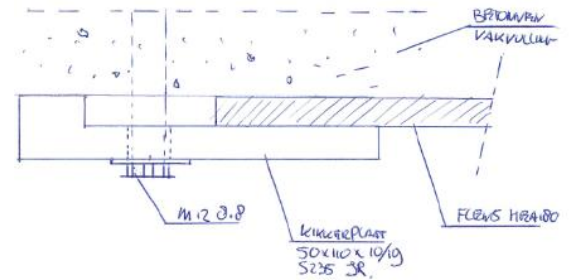
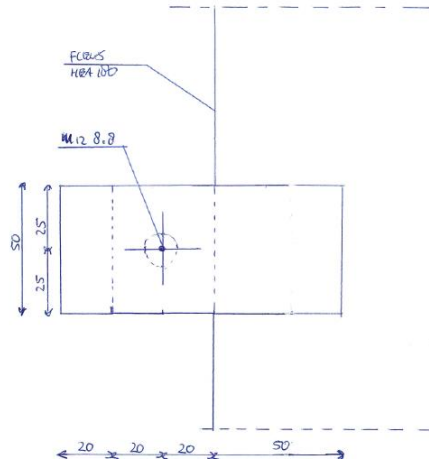
UC:

$$\frac{N_{t,d}}{F_{t,ud}} \leq 1 = \frac{12,4}{48} = 0,3 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Het M12 bout indraaien in een ingestorte DEMU 1988 A4-50 is mogelijk (constructieve beschouwing zie bijlage A). **Aan dit anker niet hijsen.**

De kikkerplaat wordt als uitkraging geschematiseerd, met een arm van 45 mm (hart boutgat-hart kikkerplaat op de flens).

Zie onderstaande figuren van het principe ter verduidelijking.



De snedekrachten op de kikkerplaat bedragen:

$$M_d = N_{t,d} * l = 12,4 * 0,045 = 0,56 \text{ kNm}$$

$$V_d = N_{t,d} = 12,4 \text{ kN}$$

$$M_k = N_{t,k} * l = 7 * 0,045 = 0,32 \text{ kNm}$$

$$V_k = N_{t,k} = 7 \text{ kN}$$

De dikte van de kikkerplaat bedraagt:

$$t = \sqrt{\frac{4 * M_d}{f_{y,d} * b}} = \sqrt{\frac{4 * 0,56 * 10^6}{235 * 50}} = 13,8 = 15 \text{ mm}$$

Vermoeiing kikkerplaat

$$\Delta\sigma_k = \frac{M_k}{\frac{1}{6} * (b - \phi_{nom}) * t^2} = \frac{0,32 * 10^6}{\frac{1}{6} * 50 * 15^2} = 171 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel																																																																	
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006																																																																	
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	171	N/mm ²	Referentie levensduur	50	jaar																																																												
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	171	N/mm ²																																																															
Optredende spanningrimpel	342	N/mm ²																																																															
Vermoeiingsgrens staal volgens detail category	160	N/mm ²	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)																																																														
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)																																																														
Kikkerplaat dikte	t=15																																																																
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)																																																														
Vermoeiingsgrens staal	139,1304	N/mm ²																																																															
Vermoeiingsgrens staal	102,5113	N/mm ²	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)																																																														
Ondergrens vermoeiing	55,2823	N/mm ²	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>alfa</th> <th>Q-srimpel</th> <th>m</th> <th>Nr</th> <th>N</th> <th>N/Nr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>342</td> <td>5</td> <td>22284,87369</td> <td>1</td> <td>4,48735E-05</td> </tr> <tr> <td>0,85</td> <td>290,7</td> <td>5</td> <td>50224,49149</td> <td>6</td> <td>0,000119464</td> </tr> <tr> <td>0,73</td> <td>249,66</td> <td>5</td> <td>107496,8842</td> <td>60</td> <td>0,000558156</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>205,2</td> <td>5</td> <td>286585,3098</td> <td>600</td> <td>0,002093617</td> </tr> <tr> <td>0,48</td> <td>164,16</td> <td>5</td> <td>874588,9582</td> <td>6000</td> <td>0,006860366</td> </tr> <tr> <td>0,26</td> <td>88,92</td> <td>5</td> <td>18756138,76</td> <td>60000</td> <td>0,003198953</td> </tr> <tr> <td>0,12</td> <td>41,04</td> <td>5</td> <td>895579093,2</td> <td>600000</td> <td>0,000669958</td> </tr> <tr> <td>0,03</td> <td>10,26</td> <td>5</td> <td>4,97843E+11</td> <td>6000000</td> <td>1,2052E-05</td> </tr> <tr> <td colspan="4">tot. N/Nr</td> <td>0,013557438</td> <td>< 1,0 (regel van Miner)</td> </tr> </tbody> </table>						alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr	1	342	5	22284,87369	1	4,48735E-05	0,85	290,7	5	50224,49149	6	0,000119464	0,73	249,66	5	107496,8842	60	0,000558156	0,6	205,2	5	286585,3098	600	0,002093617	0,48	164,16	5	874588,9582	6000	0,006860366	0,26	88,92	5	18756138,76	60000	0,003198953	0,12	41,04	5	895579093,2	600000	0,000669958	0,03	10,26	5	4,97843E+11	6000000	1,2052E-05	tot. N/Nr				0,013557438	< 1,0 (regel van Miner)
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr																																																												
1	342	5	22284,87369	1	4,48735E-05																																																												
0,85	290,7	5	50224,49149	6	0,000119464																																																												
0,73	249,66	5	107496,8842	60	0,000558156																																																												
0,6	205,2	5	286585,3098	600	0,002093617																																																												
0,48	164,16	5	874588,9582	6000	0,006860366																																																												
0,26	88,92	5	18756138,76	60000	0,003198953																																																												
0,12	41,04	5	895579093,2	600000	0,000669958																																																												
0,03	10,26	5	4,97843E+11	6000000	1,2052E-05																																																												
tot. N/Nr				0,013557438	< 1,0 (regel van Miner)																																																												

De kikker platen hebben een gewicht van 0,75 kG/plaatje.

5.9 Glazen vakvulling

Op het kunstwerk (lengte scherm is 60 meter) en de overgang van het kunstwerk naar de aardebaan (oostzijde, lengte overgang is 40 meter) wordt aan de bovenzijde, over 1,5 meter, transparant uitgevoerd. Dit transparante deel wordt bereikt door het aanbrengen van aluminium regels welke vast gezet worden op de flenzen van de stijlen. Op deze aluminium regels worden glazen platen minimaal 2-zijdig ingeklemd/opgelegd. De afmeting van alle glazen platen bedraagt $b * h = 2\text{m} * 1,5\text{m}$. Het doel is dat de glazen en betonnen vakvulling in 1 vlak komen te liggen. Het glas wordt geschematiseerd als ligger op 2 steunpunten waarbij de inklemming van het glas op de regel niet wordt meegenomen. (Dit is conservatief). Maatgevend is de glazen vakvulling in het overgangsgebied, hier is de HOH-afstand van stijlen 6 meter, dit in vergelijking tot het scherm op het kunstwerk waar de HOH-afstand van de stijlen 2 meter bedragen.

5.9.1. Belastinggevallen

De permanente belasting in horizontale richting per strekkende meter van de glazen vakvulling bedraagt:

$$q_{vk,glas} = \rho * d * \sin 10 = 25 * 0,02 * \sin 10 = 0,09 \text{ kN/m}$$

De permanente belasting per strekkende van de glazen vakvulling op een regel:

$$F_{vk,glas} = \rho * d * h = 25 * 0,02 * 1,52 = 0,76 \text{ kN/m}$$

De glazen ruiten vakvulling bevindt zich in het middengebied, hierdoor:

$$\text{Windvak D, } q_k = p_w * (C_{p,net} + 0,1) = 0,84 * (1,2 + 0,1) = 1,1 \text{ kN/m}$$

5.9.2. Combinaties

ULS:

$$q_d = 1,3 * q_{vk,glas} + 1,65 * q_k = 1,3 * 0,09 + 1,65 * 1,1 = 1,93 \text{ kN/m}$$

SLS:

$$q_k = 1 * q_{vk,glas} + 1 * q_k = 1 * 0,09 + 1 * 1,1 = 1,2 \text{ kN/m}$$

5.9.3. Snedekrachten

De glazen worden als ligger op 2 steunpunten geschematiseerd met een overspanning van 1,52 m, hierdoor bedragen de momenten per meter:

$$M_d = \frac{1}{8} * q_d * l^2 = \frac{1}{8} * 1,93 * 1,52^2 = 0,56 \text{ kNm/m}$$

$$V_d = \frac{1}{2} * q_d * l = \frac{1}{2} * 1,93 * 1,52 = 1,47 \text{ kN/m}$$

$$M_k = \frac{1}{8} * q_k * l^2 = \frac{1}{8} * 1,2 * 1,52^2 = 0,35 \text{ kNm/m}$$

$$V_k = \frac{1}{2} * q_k * l = \frac{1}{2} * 1,2 * 1,52 = 0,91 \text{ kN/m}$$

5.9.4. Sterkte glas

Voor de transparante vakvulling wordt glas toegepast. Voor dit glas wordt een laminaat van 2 lagen thermisch versterkt floatglas 8.8.2 met hier tussen in een PVB-folie toegepast. Eventueel is het toepassen van 1 laag voorgespannen floatglas met 1 laag thermische versterkte floatglas ook een optie, voor nu wordt conservatief uit gegaan dat dit niet het geval is.

Conform art. 8.2 NEN 2608 voldoet het glas als er is voldaan aan onderstaande UC:

$$\frac{\sigma_{pl;mt;i;d}}{f_{mt;u;d}} \leq 1$$

De rekenwaarde voor niet-voorgespannen glas moet worden bepaald door onderstaande vergelijking:

$$f_{mt;u;d} = \frac{k_a * k_e * k_{mod} * k_{sp} * f_{g;k}}{\gamma_{M,a}}$$

- De beschouwing wordt lineair uitgevoerd, hierdoor $k_a = 1$.
- Het glas wordt loodrecht op het vlak belast, het glas betreft thermisch versterkt glas, conform tabel 2 (NEN 2608) bedraagt $k_e = 1$.
- De overheersende veranderlijke belasting bedraagt windbelasting met een belastingduur van 5 seconde, conform tabel 5 (NEN2608) is de corrosieconstante 16, hierdoor $k_{mod} = \left(\frac{5}{t}\right)^{\frac{1}{c}} = \left(\frac{5}{5}\right)^{\frac{1}{16}} = 1$
- Conform tabel 3 (zie NEN2608) is voor floatglas $k_{sp} = 1$
- Het thermische versterkte floatglas beschikt over een karakteristieke buigtreksterkte van $f_{g;k} = 45 \text{ N/mm}^2$ conform tabel 2 in NEN 2608. Toepassen PVB-standaard folie.
- Voor situaties waar windbelasting de overheersend veranderlijke belasting is, geldt $\gamma_{M,a} = 1,6$

Hierdoor:

$$f_{mt;u;d} = \frac{45}{1,6} = 28,1 \text{ N/mm}^2$$

De equivalente dikte conform bijlage F bedraagt in de ULS:

$$t_{gg;u} = MIN(t_{gg;i;u})$$

$$t_{gg;i;u} = \sqrt[3]{\frac{(1 - \omega_{\sigma}) * \sum_{j=1}^n t_{pl;j}^3 + \omega_{\sigma} * (\sum_{j=1}^n t_{pl;j})^3}{t_{pl;i} + 2 * \omega_{\sigma} * t_{m;i}}}$$

De equivalente dikte conform bijlage F bedraagt in de SLS:

$$t_{gg;ser} = \sqrt[3]{(1 - \omega_w) * \sum_{i=1}^n t_{pl;i}^3 + \omega_w * \left(\sum_{i=1}^n t_{pl;i}\right)^3}$$

Voor 8.8.2 bedraagt voor floatglas in dit geval $t_{pl;i} = 7,7$ mm, $t_{m;i} = 3,85$ mm.

Voor koppelingsfactor ω_{σ} geldt (conform bijlage C.1) ULS:

$$\omega_{\sigma} = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{L_{\sigma}}}$$

Voor koppelingsfactor ω_w geldt (conform bijlage C.1) SLS:

$$\omega_w = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{L_w}}$$

Waarin:

$$\beta = \frac{1}{2} * \frac{\pi^2}{L_a^2} + \frac{E_g}{1 - \nu_g^2} * \frac{X}{G_{tl}}$$

De maximale waarde uit onderstaande 2 vergelijkingen

$$X = \sum_{i=1}^{n-1} (t_{pl;i} * t_{v;i}) = (7,7 * 2) = 15,4 \text{ mm}^2$$

$$X = \sum_{i=2}^n (t_{pl;i} * t_{v;i-1}) = 0 \text{ mm}^2 \Rightarrow X = 15,4 \text{ mm}^2$$

Voor een ligger op 2 steunpunt geldt conform bijlage C.4.2 uit de NEN 2608:

$$L_a^2 = l_o^2 = 1,52^2 = 2,31m$$

$$z = \frac{B_1 + H_1}{2} = \frac{1,52 + 2}{2} = 1,76$$

$$L_w = 1,002 * \left(\frac{2 * l_o}{z} \right)^{-0,04354} = 1,002 * \left(\frac{2 * 1,52}{1,76} \right)^{-0,04354} = 0,98$$

$$L_\sigma = 1,832 * \left(\frac{2 * l_o}{z} \right)^{-0,60906} = 1,832 * \left(\frac{2 * 1,52}{1,76} \right)^{-0,60906} = 1,31$$

Voor PVB folie conform bijlage C.2 en tabel C.1:

$$G_{tl} = G_\infty + (G_0 - G_\infty) * \sum_{i=1}^n \left(\frac{G_i}{G_0} \right) * e^{\frac{-t}{\tau_{T,i}}}$$

$$\tau_{T,i} = 10^{-\left(\frac{C_1 * (T_g - T_0)}{C_2 * (T_g - T_0)} \right)} * \tau_{ref,i}$$

Er is 1 standaard PVB folie aanwezig conform tabel C.1:

- $\frac{G_i}{G_0} = 1,606 * 10^{-1}$
- $\tau_{ref,i} = 3,2557 * 10^{-11} s$
- $C_1 = 20,7$ en $C_2 = 91,1$
- $T_0 = 20^\circ C$
- $T_g = 17^\circ C$
- $G_0 = 471 N/mm^2$ en $G_\infty = 0,05 N/mm^2$
- $t = 5 s$

$$\tau_{T,i} = 10^{-\left(\frac{C_1 * (T_g - T_0)}{C_2 * (T_g - T_0)} \right)} * \tau_{ref,i} = 10^{-\left(\frac{20,7 * (17 - 20)}{91,1 * (17 - 20)} \right)} * 3,2557 * 10^{-11} = 1,93 * 10^{-11} s$$

$$G_{tl} = 0,05 + (471 - 0,05) * 1,606 * 10^{-1} * e^{\frac{-5}{1,93 * 10^{-11}}} = 0,05 N/mm^2$$

Hieruit:

$$\beta = \frac{1}{2} * \frac{\pi^2}{L_a^2} * \frac{E_g}{1 - \nu_g^2} * \frac{X}{G_{tl}} = \frac{1}{2} * \frac{\pi^2}{2,31} * \frac{70000}{1 - 0,23^2} * \frac{15,4}{0,05} = 48601626$$

Hierdoor:

$$\omega_\sigma = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{L_\sigma}} = \frac{1}{1 + \frac{48601626}{1,31}} = 2,69 * 10^{-8} = 0$$

$$\omega_w = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{L_w}} = \frac{1}{1 + \frac{48601626}{0,98}} = 2,01 * 10^{-8} = 0$$

Hieruit volgt de equivalente glasdikte bij $\omega_\sigma = 0$, ULS:

$$t_{gg;i,u} = \sqrt{\frac{(1 - \omega_\sigma) * \sum_{j=1}^n t_{pl;j}^3 + \omega_\sigma * (\sum_{j=1}^n t_{pl;j})^3}{t_{pl;i} + 2 * \omega_\sigma * t_{m;i}}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n t_{pl;j}^3}{t_{pl;i}}} = \sqrt{\frac{(2 * (7,7^3))}{7,7}} = 10,9 \text{ mm}$$

De buigtrekspanning bedraagt:

$$\sigma_{pl;mt;i;d} = \frac{M_d}{W_{el}} = \frac{0,51 * 10^6}{\frac{1}{6} * 1000 * 10,9^2} = 25,8 \text{ N/mm}^2$$

UC:

$$\frac{\sigma_{pl;mt;i;d}}{f_{mt;u;d}} \leq 1 = \frac{28,3}{28,1} = 1 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

Er wordt geadviseerd 1 laag thermisch voorgespannen (wegzijde) in combinatie met 1 laag thermisch versterkt floatglas 8.8.2. toe te passen. Het advies ten aanzien van de samenstelling van Metaglas is leidend.

5.9.5. Vervorming glas

De equivalente dikte conform bijlage F bedraagt in de SLS, waarbij $\omega_w = 0$:

$$t_{gg;ser} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n t_{pl;i}^3} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n t_{pl;i}^3} = \sqrt[3]{(2 * (7,7^3))} = 9,7 \text{ mm}$$

De doorbuiging in het midden van de overspanning bedraagt:

$$u_{tot} = \frac{5 * q_k * l^4}{384 * E * I} = \frac{5 * 1,2 * 1520^4}{384 * 70000 * \frac{1}{12} * 1000 * 9,7^3} = 15,7 \text{ mm}$$

De toelaatbare doorbuiging in het midden bedraagt:

$$u_{dia;max} = \frac{(\sqrt{1,52^2 + 2^2}) * 10^3}{65} = 38,6 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm} \Rightarrow 38,6 \text{ mm}$$

UC:

$$\frac{u_{tot}}{u_{max;dia}} \leq 1 = \frac{15,7}{38,6} = 0,4 \leq 1 \quad \text{Voldoet}$$

5.9.6. Aluminium frame transparante vakvulling

Het aluminium frame is gedimensioneerd door Metaglas B.V. Voor het principe van het aluminium frame zie bijlage C.

6 Geluidsscherm bovenbouw op het kunstwerk

6.1 Snedekrachten

Het geluidsscherm op het kunstwerk valt in CC3.

De snedekrachten in de ULS bedragen:

$$\begin{aligned} M_d &= 0,5 * q_{d,wind} * l^2 + 0,5 * q_{d,beton} * l_{beton}^2 + q_{d,glas} * l_{glas} \\ &\quad * (l_{glas} * 0,5 + l_{beton}) \\ &= 0,5 * 3,63 * 2,54^2 + 0,5 * 1,69 * 1,02^2 + 0,23 * 1,52 * (1,52 * 0,5 \\ &\quad + 1,02) = 13,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$V_d = q_{d,wind+beton} * l_{beton} + q_{d,wind+glas} * l_{glas} = 5,32 * 1,02 + 3,86 * 1,52 = 12,2 \text{ kN}$$

$$F_{vd} = \sum F_{vk} * 1,35 = 10,2 * 1,35 = 13,8 \text{ kN}$$

De snedekrachten in de SLS bedragen:

$$\begin{aligned} M_k &= 0,5 * q_{k,wind} * l^2 + 0,5 * q_{k,beton} * l_{beton}^2 + q_{k,glas} * l_{glas} \\ &\quad * (l_{glas} * 0,5 + l_{beton}) \\ &= 0,5 * 2,2 * 2,54^2 + 0,5 * 1,3 * 1,02^2 + 0,174 * 1,52 * (1,52 * 0,5 \\ &\quad + 1,02) = 8,3 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$V_k = q_{k,wind+beton} * l_{beton} + q_{k,wind+glas} * l_{glas} = 3,5 * 1,02 + 2,2 * 1,52 = 7 \text{ kN}$$

$$F_{vk} = \sum F_{vk} * 1 = 10,2 * 1 = 10,2 \text{ kN}$$

6.2 Sterkte toetsing stijl

Voor de stijlen wordt een HEA 160 profiel getoetst, om zo voldoende oplegging te hebben voor de vakvulling welke rust op de flenzen van de stijl.

Op sterkte/buiging:

$$UC = \frac{M_d}{M_{el}} \leq 1 = \frac{13,2}{235 * 220 * 10^{-3}} = 0,3 \quad \text{Voldoet}$$

6.3 Vervorming stijlen

De vervorming gebaseerd op de gemiddelde karakteristieke belasting:

$$u_{\text{optredend}} = \frac{q_{k,2} * l^4}{8 * E * I_y} = \frac{2,84 * 2540^4}{8 * 2,1 * 10^5 * 1673 * 10^4} = 4,2 \text{ mm, toelaatbaar is } u_{\text{tot}} = \frac{h}{150} = \frac{2500}{150} = 16,67 \text{ mm.}$$

$$UC = \frac{u_{\text{optredend}}}{u_{\text{tot}}} \leq 1 = \frac{4,2}{16,67} = 0,3 \quad \text{Voldoet}$$

6.4 Vermoeiing stijlen

De optredende spanningsrimpel in de stijl bedraagt:

$$\Delta\sigma = \frac{M_k}{W_{y,el}} \leq 1 = \frac{8,3 * 10^6}{220 * 10^3} = 38 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel						
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006						
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	38	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar	
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	38	N/mm2				
Optredende spanningsrimpel	76	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	160	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)			
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Stijl	HEA160					
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Vermoeingsgrens staal	139,1304	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal	102,5113	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Ondergrens vermoeiing	55,2823	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr	
1	76	3	12270313	1	8,15E-08	
0,85	64,6	3	19980156	6	3E-07	
0,73	55,48	3	31541843	60	1,9E-06	
0,6	45,6	3	56807005	600	1,06E-05	
0,48	36,48	3	1,11E+08	6000	5,41E-05	
0,26	19,76	3	6,98E+08	60000	8,59E-05	
0,12	9,12	3	7,1E+09	600000	8,45E-05	
0,03	2,28	5	9,19E+14	6000000	6,53E-09	
tot. N/Nr				0,000237	< 1,0	(regel van Miner)

6.5 Lassen stijl-voetplaat

De lassen zijn statisch sterker dan het moedermateriaal bij S235 JR als voor de flenslassen:

$$a_f = 0,46 * t_f = 0,46 * 9 = 5$$

Lijflassen:

$$a_l = 0,46 * t_w = 0,46 * 6 = 3$$

De spanning in de flenslassen wordt hieronder bepaalt. De maximale buispanning bovenin de flens bedraagt:

$$\sigma_{b,flens} = \frac{M_k * 76}{I_y} = \frac{8,3 * 10^6 * 76}{1673 * 10^4} = 38 \text{ N/mm}^2$$

De spanningsrimpel in de flenslassen:

$$\Delta\sigma_{las} = \frac{\sigma_{b,flens} * t_f}{2 * a_f} = \frac{38 * 9}{2 * 5} = 34,2 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel						
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006						
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	34,2	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar	
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	34,2	N/mm2				
Optredende spanningsrimpel	68,4	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	36	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)			
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)			
keeldoorsnede flenslas	a=5					
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Vermoeingsgrens staal	31,30435	N/mm2				
Vermoeingsgrens staal	23,06504	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
Ondergrens vermoeiing	12,43852	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)			
	alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr
	1	68,4	3	191723,6426	1	5,21584E-06
	0,85	58,14	3	312189,9331	6	1,92191E-05
	0,73	49,932	3	492841,2965	60	0,000121743
	0,6	41,04	3	887609,4567	600	0,000675973
	0,48	32,832	3	1733612,22	6000	0,003460982
	0,26	17,784	3	10908263,69	60000	0,005500417
	0,12	8,208	3	110951182,1	600000	0,005407784
	0,03	2,052	5	8,97128E+11	6000000	6,68801E-06
				tot. N/Nr	0,015198021	< 1,0 (regel van Miner)

De schuifspanning in het lijf:

$$\tau_{o,flens} = \frac{V_k}{(h - 2 * t_f) * t_w} = \frac{7 * 10^3}{(152 - 2 * 9) * 6} = 9 \text{ N/mm}^2$$

De spanningsrimpel in de lijfflassen:

$$\Delta\tau_{las} = \frac{\sigma_{b,flens} * t_w}{2 * a_l} = \frac{9 * 6}{2 * 3} = 9 \text{ N/mm}^2$$

Constructieonderdeel					
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006					
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	9	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	9	N/mm2			
Optredende spanningsrimpel	18	N/mm2			
Vermoeingsgrens staal volgens detail category	80	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)		
Materiaalfactor	1,15		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)		
keeldoorsnede lijflas	a=3				
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Vermoeingsgrens staal	69,56522	N/mm2			
Vermoeingsgrens staal	51,25565	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Ondergrens vermoeiing	27,64115	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)		
	alfa	Q-srimpel	m	Nr	N
	1	18	5	1724361046	1
	0,85	15,3	5	3886275411	6
	0,73	13,14	5	8317903981	60
	0,6	10,8	5	22175424971	600
	0,48	8,64	5	67674026400	6000
	0,26	4,68	5	1,45131E+12	60000
	0,12	2,16	5	6,92982E+13	600000
	0,03	0,54	5	3,85221E+16	6000000
				tot. N/Nr	1,7521E-07
					< 1,0
					(regel van Miner)

6.6 Voetplaat en verankering op kunstwerk

De verdere beschouwing van de voetplaat en de verankering van geluidsscherm op het viaduct wordt beschouwd in memo D90-LST-KA-2000005 “Detailering verbinding geluidsscherm kunstwerk, 38A-112-01, A12 Waddinxveen, versie 1.0” (conform bijlage B). In deze memo is uit gegaan van de volgende snedekrachten op voetplaatniveau:

$$M_d = 18,4 \text{ kNm}$$

$$V_d = 13,9 \text{ kN}$$

$$M_k = 11,4 \text{ kNm}$$

$$V_k = 8,4 \text{ kN}$$

De definitieve snedekrachten op voetplaatniveau van het geluidsscherm op het kunstwerk bedragen:

$$M_d = 13,2 \text{ kNm}$$

$$V_d = 12,2 \text{ kN}$$

$$M_k = 8,3 \text{ kNm}$$

$$V_k = 7 \text{ kN}$$

Deze snedekrachten worden met elkaar vergeleken:

$$M_d = 18,4 \text{ kNm} \geq 13,2 \text{ kNm}$$

$$V_d = 13,9 \text{ kN} \geq 12,2 \text{ kN}$$

$$M_k = 11,4 \text{ kNm} \geq 8,3 \text{ kNm}$$

$$V_k = 8,4 \text{ kN} \geq 7 \text{ kN}$$

Hieruit valt de conclusie te trekken dat de beschouwde verankering van het geluidsscherm in memo D90-LST-KA-2000005 “Detailering verbinding geluidsscherm kunstwerk, 38A-112-01, A12 Waddinxveen, versie 1.0” over extra capaciteit beschikt en toegepast kan worden.

7 Geluidsscherm onderbouw aardebaan

7.1 Verankering ankerbouten betonprop

7.1.1. Pons ankerbouten

De betonprop wordt vervaardigd uit C30/37 in de aardebaan, de grootste trekkracht in M20 ankerbouten in de aardebaan is $N_{td} = 78 \text{ kN}$, bij 2 ankerbouten $N_{td} = 156 \text{ kN}$. De 2 rijen ankerbouten worden aan de onderkant voorzien van ankerplaten 70x190 mm. Enkele rij ankerbout heeft een eigen ankerplaat welke wordt ingestort in het beton. Hieronder wordt bepaald op basis de afmetingen van de buispaal $\varnothing 864 \text{ t} = 9,5 \text{ mm}$ (7,5 mm na een corrosie van $0,02 \frac{\text{mm}}{\text{jaar}}$ /zijde), S235 JR wat de lengte van de ankerbouten moeten worden.

$$c_1 = 70 \text{ mm} \quad c_2 = 190 \text{ mm}$$

Ter plaatse van de rand van de buispaal:

$$d_{\text{dwars } 1,2} = \frac{\varnothing_{\text{buispaal}} - 2 \cdot t - s_{\text{langs}}}{2} - 0,5 \cdot c_1 = \frac{864 - 19 - 120}{2} - 35 = 327,5 \text{ mm}$$
$$d_{\text{langs } 1} = \frac{\varnothing_{\text{buispaal}} - 2 \cdot t - s_{\text{langs}}}{2} - 0,5 \cdot c = \frac{864 - 19 - 430}{2} - 35 = 172,5 \text{ mm}$$
$$d_{\text{langs } 2} = h - 2 \cdot c = 250 - 2 \cdot 40 = 170 \text{ mm}$$

$$d_{\text{eff,gem}} = \frac{2 \cdot 327,5 + 172,5 + 170}{4} = 249,4 \text{ mm}$$

$$\text{Hieruit } u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2) + \pi \cdot d_{\text{eff,gem}} = 2 \cdot (70 + 190) + \pi \cdot 249,4 = 1303,5 \text{ mm}$$

$$v_{\text{Ed}} = \frac{156 \cdot 10^3}{1303,5 \cdot 249,4} = 0,48 \text{ N/mm}^2$$

De minimale capaciteit van beton op pons/ afschuiving bedraagt bij een betonsterkteklasse C30/37:

$$v_{\text{Rd,c,min}} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{\text{ck}}^{0,5}$$

$$k = 1 + \sqrt{\left(\frac{200}{d}\right)} \leq 2 = 1 + \sqrt{\left(\frac{200}{249,4}\right)} \leq 2 = 1,89 \leq 2 \Rightarrow 1,89$$
$$v_{\text{Rd,c,min}} = 0,035 \cdot 1,89^{1,5} \cdot 30^{0,5} = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

UC:

$$\frac{v_{\text{Ed}}}{v_{\text{Rd,c,min}}} \leq 1 = \frac{0,48}{0,5} = 0,96 \leq 1$$

Voldoet

Er is meer capaciteit in de praktijk door haarspelden welke de ophangwapening vormen en de kegel doorkruizen en de toename van de betonsterkteklasse in de tijd. De ankerplaten worden op een diepte van 250 mm ingestort.

7.1.2. Oplegspanning ankerplaat

De maximale oplegspanning bedraagt bij C30/37 $\sigma_{cd} = 0,3 * f_{ck} = 0,6 * 30 = 18 \text{ N/mm}^2$. De optredende oplegspanning $f_{cd} = \frac{158 * 10^3}{70 * 190 - 2 * \frac{\pi}{4} * 22^2} = 13 \text{ N/mm}^2$

UC:

$$\frac{f_{cd}}{\sigma_{cd}} \leq 1 = \frac{13}{18} = 0,73 \leq 1$$

Voldoet

Dikte ankerplaat, de ankerplaten vormen een uitkragende ligger welke een gelijkmatig verdeelde betondrukspanning ondervindt op het moment dat de ankerbouten op trek worden belast.

7.1.3. Dikte ankerplaat

Het steunpunt moment bedraagt over 1 mm breedte:

$$M_{dst} = 0,5 * f_{cd} * l^2 = 0,5 * 13 * 35^2 = 7962,5 \text{ Nmm/mm}$$

Het veldmoment bedraagt over 1 mm breedte:

$$M_{dvel} = M_{dst} - 0,125 * f_{cd} * l^2 = 7962,5 - 0,125 * 13 * 120^2 = 15437,5 \text{ Nmm/mm}$$

De dikte van de ankerplaat uitgevoerd in S235 JR bedraagt:

$$t = \sqrt{\frac{6 * M_d}{f_{y,d} * b}} = \sqrt{\frac{6 * 15437,5}{235 * 1}} = 19,8 = 20 \text{ mm}$$

7.1.4. Krachtswerking betonprop

De betonprop draagt het moment over door aan beiden zijden aan te gaan liggen, hierdoor ontstaan er 2 drukspanning figuren welke het moment inleiden inwendig in de buispaalwand. Hieruit volgt dat de dikte van de betonprop minimaal:

$$h = \sqrt{\frac{12 * M_d}{0,3 * f_{c,d} * \pi * d_{inwendig}}} = \sqrt{\frac{12 * 61 * 10^6}{0,3 * 20 * \pi * 845}} = 214 \text{ mm}$$

Om de ankerbouten in te storten wordt een betonprop van 500 mm gehanteerd.

7.1.5. Wapening betonprop

Het scheurmoment van de betonprop bedraagt:

$$M_{ud} = f_{ctm} * \frac{\pi}{32} * d_{inw.}^3 = 2,9 * \frac{\pi}{32} * (864 - 19)^3 = 172 \text{ kNm} > 61 \text{ kNm}$$

$\Rightarrow \text{min. wap.}$

De dekking $c_{nom} = 40 \text{ mm}$

Aangenomen wapening is Ø12 B500B, hierdoor:

$$d = 845 - 40 - 0,5 * 12 = 799 \text{ mm}$$

De minimale wapening bedraagt:

$$A_{s,ben} = \varpi_{min} * \frac{\pi}{4} * d^2 = \frac{0,15}{100} * \frac{\pi}{4} * 799^2 = 752 \text{ mm}^2$$

Wapeningskorf toepassen 8Ø12, $A_s = 905 \text{ mm}^2$

7.1.6. Ophangwapening

Om de neerwaartse belasting vanuit de betonprop in te kunnen leiden in de holle stalen buispaal worden doorsteekstaven met over de doorsteekstaven heen haarspelden toegepast.

Er lopen dwars op de betonprop wapeningsstaven waarbij de uitende zijn opgelegd en door steken door de buispaalwand heen. Deze wapeningsstaven worden door gebrande gaten, welke aan beiden zijden van de stalen buispaalwand zijn aangebrand gestoken.

Over deze doorsteekstaven worden haarspelen aangebracht.

De totale neerwaartse belasting incl. betonprop:

$$F_{vd} = 76 + \left(\frac{\pi}{4} * 0,845^2 * 0,5 * 25 * 1,35 \right) = 85,5 \text{ kN}$$

De benodigde staaloppervlakte van de doorsteekstaven moet bedragen (incl. corrosie):

$$A_s = \frac{4}{3} * \frac{F_{vd}}{\tau_{ud}} = \frac{4}{3} * \frac{85,5 * 10^3}{\left(\frac{435}{\sqrt{3}} \right)} = 455 \text{ mm}^2 \Rightarrow 2\text{Ø}20 (A_s = 628 \text{ mm}^2)$$

Er worden 2 doorsteekstaven, in totaal 2Ø20 ($A_s = 628 \text{ mm}^2$) toegepast.

De oplegreactie bij 1 oplegging bedraagt:

$$R_{1d} = \frac{F_{vd}}{4} = \frac{85,5}{4} = 21,4 \text{ kN}$$

De staalspanning bedraagt (waarbij de corrosie van de buispaal heeft plaats gevonden):

$$\sigma_s = \frac{R_{1d}}{0,5 * \pi * d * t} = \frac{21,4 * 10^3}{0,5 * \pi * 20 * 7,5} = 91 \text{ N/mm}^2$$

UC:

$$\frac{\sigma_s}{f_{y,d}} \leq 1 = \frac{91}{235} = 0,38 \leq 1$$

Voldoet

Er wordt per doorsteekstaaf 1 haarspeld aangebracht, hierdoor worden er in totaal 2 haarspelden per buispaal toegepast. De benodigde staaloppervlakte:

$$A_s = \frac{F_{vd}}{f_s} = \frac{85,5 * 10^3}{435} = 197 \text{ mm}^2 \Rightarrow 2\emptyset 12 (A_s = 226 \text{ mm}^2)$$

Er worden 2 haarspelden, in totaal 2 $\emptyset$ 12 ($A_s = 226 \text{ mm}^2$) toegepast.

De staalspanning in 1 enkele haarspeld bedraagt:

$$\sigma_s = \frac{197}{226} * 435 = 378,4 \text{ N/mm}^2$$

De benodigde verankeringslengte (bij betonsterkteklasse C30/37, waarbij conservatief veronderstelt is dat α_1 t/m α_5 1 is) bedraagt:

$$l_{b,rqd} = l_{bd} = 36 * \emptyset * \frac{\sigma_s}{f_s} = 36 * 12 * \frac{378,4}{435} = 376 \text{ mm} \approx 380 \text{ mm}$$

Minimaal toe te passen doorndiameter voor ombuigen haarspelden $\phi_{m,min} \geq 4 * \emptyset = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$.

7.2 Toetsing buispalen

7.2.1 Sterkte buispalen

In de buispalen werken onderstaande snedekrachten (conform bijlage D):

$$M_d = 103,3 \text{ kNm}$$

$$V_d = 48 \text{ kN}$$

$$N_d = 85,5 \text{ kN}$$

Gerekend wordt in de situatie dat corrosie heeft plaats gevonden:

$$\sigma_s = \frac{M_d}{W_{y,el}} + \frac{N_d}{A} = \frac{101,6 * 10^6}{\frac{\pi}{32} * \frac{(862^4 - 847^4)}{862}} + \frac{85,5 * 10^3}{\frac{\pi}{4} * (862^2 - 847^2)} = 24,2 + 4,3 = 28,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \left(2 + \frac{t}{R}\right) * \frac{V_d}{A} = \left(2 + \frac{7,5}{431}\right) * \frac{48 * 10^3}{\frac{\pi}{4} * (862^2 - 847^2)} = 4,8 \text{ N/mm}^2$$

De combinatie spanning:

$$\sigma_s = \sqrt{28,1^2 + 3 * 4,8^2} = 29,3 \text{ N/mm}^2$$

UC:

$$\frac{\sigma_s}{f_{y,d}} \leq 1 = \frac{29,3}{235} = 0,12 \leq 1$$

Voldoet

7.2.2. Totale vervorming

De hoekverdraaiing (conform bijlage D) van de buispalen bedraagt $\varphi = 3,216 * 10^{-3}$., hierdoor bedraagt de vervorming aan de top $\varphi * l = 3,216 * 10^{-3} * 2500 = 8,04 \text{ mm}$. De horizontale vervorming van de buispalen (conform bijlage D) bedraagt $\delta_{buispaal} = 10,23 \text{ mm}$. De vervorming van de stijl bedraagt $u_{\text{optredend,stijl}} = 13,2 \text{ mm}$.

De totale optredende vervorming bedraagt:

$$u_{\text{optredend,tot}} = u_{\text{optredend,stijl}} + \delta_{buispaal} + (\varphi * l) = 13,2 + 10,23 + 8,04 = 31,5 \text{ mm}$$

$$\text{Toelaatbaar is } u_{\text{tot}} = \frac{h}{75} = \frac{2500}{75} = 33,3 \text{ mm.}$$

$$UC = \frac{u_{\text{optredend,tot}}}{u_{\text{tot}}} \leq 1 = \frac{31,5}{33,3} = 0,95 \leq 1$$

Voldoet

7.2.3. Draagvermogen en stabiliteit buispalen

Voor de te mobiliseren draagkracht en stabiliteit van de buispaal zie memo D90-HHO-KA-2000017 dd. 25-5-2020, versie 1.0 (zie bijlage D)

8 Conclusie

8.1 Geluidsscherm in de aardebaan

Geluidsscherm in de aardebaan (HOH-stijlen 6 meter en 2 vakken van HOH-stijlen 5 meter, dit betreffen 1^e 2 vakken van het geluidsscherm aan de oostzijde, het scherm is 2,5 meter hoog en staat 10 graden achterover).

- Stijlen HEA 180 profielen; (S235 JR)
- Lasverbinding stijl-voetplaat, minimaal bij flenzen dubbele hoeklassen a=6 en bij het lijf dubbele hoeklassen a=3 toepassen;
- Voetplaten 530mm x 220mm x 40mm (S355 JR), ondersabeling voetplaat-betonprop K70 (C80/95) gietmortel toepassen;
- Toepassen 4 ankerbouten M20 (8.8), configuratie dwars steek (haaks op scherm) = 430 mm, langs steek (evenwijdig aan het scherm) = 120 mm Ankerbouten per 2-tal (per rij) voorzien van een ankerplaat 190mm x 70mm x 20mm (staalkwaliteit S235 JR), ankerplaten met ankerbouten 250 mm instorten.
- Betonprop hoogte is 500 mm (betonsterkteklasse C30/37), wapeningskorf in betonprop toepassen 8Ø12, doorsteekstaven 2Ø20 en hier overheen 2 haarspelden Ø12 met een verankeringslengte van 380 mm toepassen. (Alle wapening in staalkwaliteit B500B)
- Holle stalen buispaal toepassen, diameter 864 mm, t= 9,5 mm (S235JR), buispaallengte 5 meter.

8.1.1. Betonnen vakvulling geluidsscherm in de aardebaan

Voor de betonnen vakvulling in het gedeelte van het geluidsscherm in de aardebaan geldt onderstaande:

- Onderste betonnen elementen afmetingen 6000 mm x 1000 mm x 150 mm, betonsterkteklasse C35/45, wapening Ø10 – 100 (B500B) op een dekking van 40 mm (milieuklasse XC4/XD3) t.o.v. achterzijde betonnen vakvulling;
- Bovenste betonnen elementen, afmetingen 6000 mm x 1500 mm x 150 mm, overige conform bovenstaand punt;
- In de betonnen elementen aan de achterzijde, 4 instortvoorzieningen nabij de kopse kanten aanbrengen, 2x2 DEMU 1988 A4-50 instorten; (2 per zijde)
- De betonnen vakvulling wordt tegen de stijl vastgezet door kikkerplaten (S235JR) vast te draaien door bouten M12 (8.8) aan te brengen in de vooraf opgenomen instortvoorzieningen DEMU 1988 A4-50;

Transportwapening, wapening t.b.v. hijsen en hijsvoorzieningen tijdens de bouwfase/transport moeten worden beschouwd door de aannemer.

8.1.2. Transparante vakvulling
geluidsscherm in de
aardebaan

Voor de transparante vakvulling in het gedeelte van het geluidsscherm in de aardebaan geldt onderstaande:

- Metaglas modulair geluidselement type MGS-1-150, afmetingen 1500 mm x 6000 mm met drie glazen panelen 1500 mm x 2000 mm in een aluminium frame;
- Het glas is opgebouwd uit 1 laag voorgespannen (wegzijde) en 1 laag thermisch versterkt floatglas 8.8.2;
- Aluminium cassette ligger boven profiel mg-207;
- Aluminium cassette ligger onderprofiel mg-150;
- Aluminium cassette staander profiel mg-55
- De onderregel van de glazen cassettes wordt tegen de stijl vastgezet door kikkerplaten; (zelfde als toegepast bij de betonnen vakvulling);
- De aluminium bovenregel komt boven het dwarsprofiel te zitten. De bovenregel wordt met kikkerplaten (zelfde als toegepast bij de betonnen vakvulling) vastgezet op stalen strippen welke aan de bovenzijde van de stijl, op de stijl zijn vast gelast. De strippen hebben dezelfde dikte als het lijf en de flenzen van de stijl en moeten worden vast gelast op de bovenzijde van de stijl met V-lassen;
- Het constructief ontwerp van de glazen cassettes zijn, na opdrachtverstrekking, op te vragen bij Metaglas.

8.2 Geluidsscherm op
het kunstwerk

Geluidsscherm op het kunstwerk (HOH-stijlen 2 meter, 2,5 meter hoog, 10 graden achterover).

- Stijlen HEA 160 profielen (S235 JR);
- Lasverbinding stijl-voetplaat, minimaal bij flenzen dubbele hoeklassen a=5 en bij het lijf dubbele hoeklassen a=3 toepassen;
- Voetplaat 400 mm x 180 mm x 35 mm (S355JR);
- 4xM20 (8.8) ankerbouten (principe zoals in aardebaan scherm) met 2 ankerplaten per ankerrij toepassen 200 mm x 75 mm x 20 mm (S355JR) Dwarssteek = 143 mm langs steek= 110 mm. Ankerplaten met ankerbouten 200 mm instorten;
- Voor het inlijmen en aanbrengen van de wapening in de nieuw te storten schampkant op het kunstwerk (waarbij eerste een bestaand deel van de schampkant moet worden geamoveerd), wordt verwezen naar memo D90-LST-KA-2000005 “Detailering verbinding geluidsscherm kunstwerk, 38A-112-01, A12 Waddinxveen”, versie 1.0, dd. 13-02-2020. (conform bijlage B).

8.2.1. Betonnen vakvulling
geluidsscherm op het
kunstwerk

Voor de betonnen vakvulling aanwezig in het gedeelte van het geluidsscherm op het kunstwerk geldt onderstaande:

- Betonnen elementen afmetingen 2000 mm x1000 mm x150 mm, betonsterkteklasse C35/45, wapeningsnet Ø10 – 100 (B500B) op een dekking van 40 mm (milieuklasse XC4/XD3) t.o.v. achterzijde betonnen vakvulling;
- In de betonnen elementen aan de achterzijde, 4 instortvoorzieningen nabij de kopse kanten aanbrengen, 2x2 DEMU 1988 A4-50 instorten; (2 per zijde);
- De betonnen vakvulling wordt tegen de stijl vastgezet door kikkerplaten (S235JR) vast te draaien door bouten M12 (8.8) aan te brengen in de vooraf opgenomen instortvoorzieningen DEMU 1988 A4-50;
- Transportwapening, wapening t.b.v. hijsen en hijsvoorzieningen tijdens de **bouwfase/transport moeten worden beschouwd door de aannemer.**

8.2.2. Transparante vakvulling
geluidsscherm op het
kunstwerk

Voor de transparante vakvulling in het gedeelte van het geluidsscherm op het kunstwerk geldt onderstaande:

- Metaglas modulair geluidselement type MGS-1-150, afmetingen 1500 mm x 2000 mm met 1 glazen panelen 1500 mm x 2000 mm in een aluminium frame;
- Het glas is opgebouwd uit 1 laag voorgespannen (wegzijde) en 1 laag thermisch versterkt floatglas 8.8.2;
- Aluminium cassette ligger onderprofiel- en boven profiel mg-150;
- Aluminium cassette staander profiel mg-55;
- De onder- en bovenregel van de glazen cassettes wordt tegen de stijl vastgezet door kikkerplaten (zelfde als toegepast bij de betonnen vakvulling);
- Het constructief ontwerp van de glazen cassettes zijn, na opdrachtverstrekking, op te vragen bij Metaglas.

9 Bijlagen

Bijlage A-1 t/m A-5: Uitvoer instortvoorziening DEMU 1988 A4-50

Bijlage B-1 t/m B-12: Memo D90-LST-KA-2000005, versie 1.0, dd. 13-02-2020

Bijlage C-1 t/m C-4: Informatie glazen cassettes

Bijlage D-1 t/m D-51: Memo geotechniek, D90-HHO-KA-2000017, dd. 25-05-2020, versie 1.0

Bijlage A

Ankerberekening volgens CEN/TS 1992-4-1/2:2009

Productspecifieke waarden (ETA 13/0401):

Ankertype: Ingestorte bevestigingsankers



DEMU 1988 A4-50

Afmeting		M12-100
Effectieve ankerlengte	h_{ef}	94.0 [mm]
Karakteristieke staalsterkte - normaaltrekkkracht	$N_{Rk/s}$	46.40 [kN]
Karakteristieke staalsterkte - afschruifkracht	$V_{Rk/s}$	23.20 [kN]
Partiele veiligheidsfactoren voor staal:		
- Partiele veiligheidsfactoren voor normaaltrekkkrachten	$\gamma_{Ms, Normaaltrekkkracht}$	3.09
- Partiele veiligheidsfactoren voor afschuifkrachten	$\gamma_{Ms, Afschuifkracht}$	2.58
Bevestigingsbout (niet meegeleverd)		M12, Kwaliteit A4-80

Betongegevens / Wapening

Betonsterkteklasse		C35/45
Betondekking	c_{nom}	40.0 [mm]
Gescheurd beton		Ja
Partiele veiligheidsfactoren voor beton	γ_c	1.50
$\gamma_{Mc} = \gamma_{Mp} = \gamma_{Msp} = \gamma_c$		
Dichte wapening		Nee
Splijtwapening is aanwezig		Ja
Randwapening		Zonder randwapening

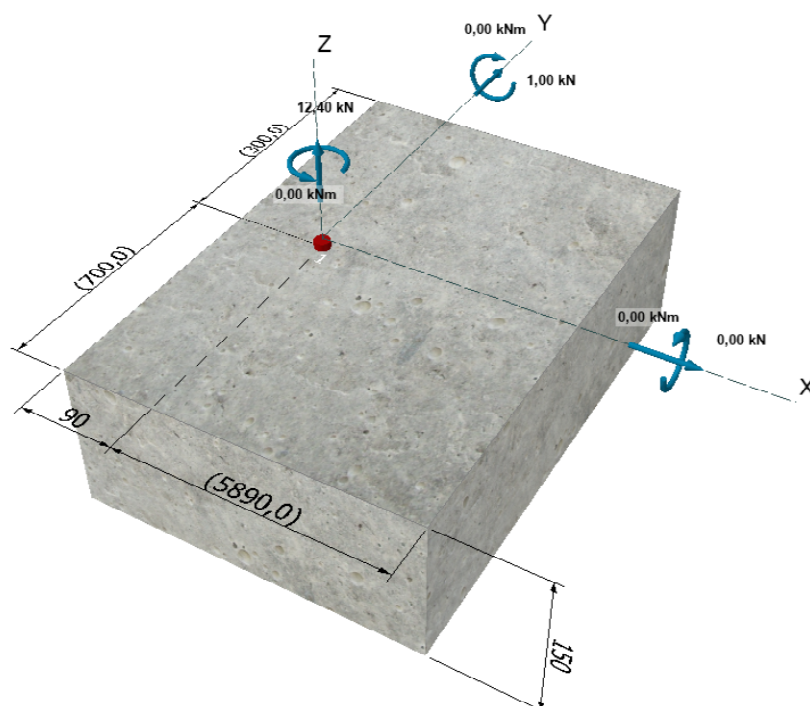
Belasting (Belastinggeval #1)

Normaaltrekkkracht	$N_{Ed/z}$	12.40 [kN]
Afschruifkracht in de richting x	$V_{Ed,x}$	0.00 [kN]
Afschruifkracht in de richting y	$V_{Ed,y}$	1.00 [kN]
Buigend moment om de x-as	$M_{Ed,x}$	0.00 [kNm]
Buigend moment om de y-as	$M_{Ed,y}$	0.00 [kNm]
Torsiemoment (om de z-as)	$M_{Ed,T}$	0.00 [kNm]
Afstandsmontage		Nee

Ankerconfiguratie en belasting

System aannames:

- Ankerplaat vervormt niet significant ten gevolgen van de ontwerpbelastingen
- Diameter van klaring gat en het onderdeel (bijv. ankerplaat) volgens goedkeuring
- De stijfheid van alle ankers zijn gelijk
- Lineaire rekverdeling langs de ankerplaat
- Elastisch materiaalgedrag
- $E_c = 30000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ (elasticiteitsmodulus beton), $E_s = 210000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ (elasticiteitsmodulus staal)



Resulterende anker krachten en interne krachten:

Anker	$N_{Ed,i} \text{ [kN]}$	$V_{Ed,i} \text{ [kN]}$	$V_{Ed,i,x} \text{ [kN]}$	$V_{Ed,i,y} \text{ [kN]}$
1	12.400	1.000	0.000	1.000

Max. Betondeformatie: $\epsilon_c = 0.000 \text{ [‰]}$
 Max. Betondrukspanning: $\sigma_c = 0.000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
 Resulterende drukkracht ($x=0.0, y=0.0$): $C_{Ed} = 0.00 \text{ [kN]}$
 Resulterende normaaltrekkkracht ($x=0.0, y=0.0$): $N_{Ed} = 12.40 \text{ [kN]}$
 Resulterende afschuifkracht ($x=0.0, y=0.0$): $V_{Ed} = 1.00 \text{ [kN]}$

Berekening rekenwaarde van de sterkte voor mogelijke bezwijkmechanismen volgens CEN/TS 1992-4-1 en CEN/TS 1992-4-2

A. Bezwijkmechnismen ten gevolge van normaaltrekkracht (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.2)

1. Staalbreuk anker (enkel anker) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.2.3)

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms} = 46.40 / 3.09 = 15.02 \text{ kN}$$

2. Uittrekken (enkel anker) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.2.4)

$$N_{Rd,p} = N_{Rk,p} * \psi_c / \gamma_{Mc} = 25.10 * 1.80 / 1.50 = 30.12 \text{ kN}$$

3. Betonkegelbreuk (ankergroep) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.2.5)

$$N_{Rd,c} = N^{\circ}_{Rk,c} * A_{c,N} / A^{\circ}_{c,N} * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N} / \gamma_{Mc} = 25.30 \text{ kN}$$

$$N^{\circ}_{Rk,c} = k_{cr} * f_{ck,cube}^{0.5} * h_{ef}^{1.5} = 8.5 * 45.0^{0.5} * 94.0^{1.5} = 51.97 \text{ kN}$$

$$h_{ef} = 94.0 \text{ mm}$$

$$s_{cr,N} = 282.0 \text{ mm}$$

$$c_{cr,N} = 141.0 \text{ mm}$$

$$A_{c,N} / A^{\circ}_{c,N} = 65142.00 / 79524.00 = 0.82$$

$$\psi_{s,N} = \min [1.0; 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N}] = \min [1.0; 0.7 + 0.3 * 90.00 / 141.00] = 0.89$$

$$\psi_{re,N} = 1.0 \text{ (Normale wapening)} = 1.00$$

$$\psi_{ec,N} = \min [1.0; 1.0 / (1.0 + 2.0 * e_N / s_{cr,N})] = \min [1.0; 1.0 / (1.0 + 2.0 * 0.0 / 282.00)] = 1.00$$

4. Splijten (ankergroep) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.2.6)

4.1 Splijten ten gevolge van plaatsen van de ankers en monteren van de verbinding

Splijten t.g.v. plaatsen van het anker en monteren van de verbinding treedt niet op. De verbinding voldoet aan de minimum eisen gesteld aan de randafstand, onderlinge afstand van ankers en elementdikte.

4.2 Splijten ten gevolge van belasten

Het controleren op splijten ten gevolge van het belasten is niet relevant. Met speciale wapening volgens CEN/TS 1992-4-2, artikel 6.2.6.2 b) kan splijten worden voorkomen.

Benodigde doorsnede A_s van de splijtwapening:

$$A_s = 0.5 * \Sigma N_{Ed} / (f_{yk} / \gamma_{Ms,rel}) = 0.5 * 12400 / (500 / 1.15) = 14 \text{ mm}^2$$

5. Zijdelingsuitbreken (ankerrij dichtst bij de rand) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.2.7)

Controle van de randen aan de criterium $c_i > 0.5 * h_{ef}$:

Rand rechts	$c_1 = 5890.0 \text{ mm}$	$> 47.0 \text{ mm}$	Voldoende
Rand onder	$c_2 = 700.0 \text{ mm}$	$> 47.0 \text{ mm}$	Voldoende
Rand links	$c_3 = 90.0 \text{ mm}$	$> 47.0 \text{ mm}$	Voldoende
Rand boven	$c_4 = 300.0 \text{ mm}$	$> 47.0 \text{ mm}$	Voldoende

In deze situatie zal zijdelingsuitbreken niet optreden omdat alle randen voldoen aan het gestelde criterium.

B. Bezwijkmechanismen ten gevolge van afschuifkracht (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.3)

1. Staalbreuk (enkel anker) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.3.3)

1.1 Staalbreuk zonder hefboomsarm (enkel anker) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.3.3.1)

$$V_{Rds} = V_{Rks} / \gamma_{Ms} = 23.20 / 2.58 = 8.99 \text{ kN}$$

1.2 Staalbreuk met hefboomsarm (enkel anker) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.3.3.2)

n/a

2. Betonrandbreuk (ankergroep) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.3.5)

Maatgevende situatie (Richting +y):

$$\begin{aligned} c_1 &= 300.0 \text{ mm} \\ c_2 &= 90.0 \text{ mm} \\ V_{Rdrc} &= V_{Rkc}^o * A_{c,V} / A_{c,V}^o * \psi_{s,V} * \psi_{h,V} * \psi_{ec,V} * \psi_{\alpha,V} * \psi_{re,V} / \gamma_{Mc} = 14.68 \text{ kN} \\ V_{Rkc}^o &= 1.6 * d_{nom}^\alpha * l_f^\beta * f_{ck,cube}^{0.5} * c_1^{1.5} = 1.6 * 16.0^{0.055} * 92.0^{0.056} * 45^{0.5} * 300.0^{1.5} = 83.63 \text{ kN} \\ \alpha &= 0.1 * (l_f / c_1)^{0.5} = 0.1 * (92.0 / 300.0)^{0.5} = 0.055 \\ \beta &= 0.1 * (d_{nom} / c_1)^{0.2} = 0.1 * (16.0 / 300.0)^{0.2} = 0.056 \\ A_{c,V} / A_{c,V}^o &= 81000.00 / 405000.00 = 0.20 \\ \psi_{s,V} &= \min [1.0; 0.7 + 0.3 * c_2 / (1.5 * c_1)] = \min [1.0; 0.7 + 0.3 * 90.0 / (1.5 * 300.0)] = 0.76 \\ \psi_{h,V} &= \max [1.0; (1.5 * c_1 / h)^{0.5}] = \max [1.0; (1.5 * 300.0 / 150.0)^{0.5}] = 1.73 \\ \psi_{ec,V} &= \min [1.0; (1 / (1 + 2 * e_v / (3 * c_1)))] = \min [1.0; (1 / (1 + 2 * 0.0 / (3 * 300.0)))] = 1.00 \\ \psi_{\alpha,V} &= \max [1.0; (1 / (\cos \alpha_v^2 + 0.4 * \sin \alpha_v^2))^{0.5}] = 1.00 \\ \psi_{re,V} &= \text{(Gescheurd beton, Zonder randwapening)} = 1.00 \end{aligned}$$

3. Betonachteruitbreken (ankergroep) (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.3.4)

$$\begin{aligned} V_{Rdrcp} &= k_3 * N_{Rkc} / \gamma_{Mc} = 2.0 * 37.95 / 1.50 = 50.60 \text{ kN} \\ N_{Rkc} &= N_{Rkc}^o * A_{c,N} / A_{c,N}^o * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N} = 37.95 \text{ kN} \\ N_{Rkc}^o &= k_{cr} * f_{ck,cube}^{0.5} * h_{ef}^{1.5} = 8.5 * 45.0^{0.5} * 94.0^{1.5} = 51.97 \text{ kN} \\ h_{ef} &= 94.0 \text{ mm} \\ s_{cr,N} &= 282.0 \text{ mm} \\ c_{cr,N} &= 141.0 \text{ mm} \\ A_{c,N} / A_{c,N}^o &= 65142.00 / 79524.00 = 0.82 \\ \psi_{s,N} &= \min [1.0; 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N}] = \min [1.0; 0.7 + 0.3 * 90.00 / 141.00] = 0.89 \\ \psi_{re,N} &= 1.0 \text{ (Normale wapening)} = 1.00 \\ \psi_{ec,N} &= \min [1.0; 1.0 / (1.0 + 2.0 * e_v / s_{cr,N})] = 1.00 \end{aligned}$$

C. Gecombineerde trek- and dwarskracht (CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.4)

Maatgevende combinatie volgens CEN/TS 1992-4-2 artikel 6.4.1.1 (staalbreuk maatgevend ten gevolge van normaaltrekkracht en afschuifkracht)

$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = (N_{Ed}/N_{Rd})^2 + (V_{Ed}/V_{Rd})^2 = 0.826^2 + 0.111^2 = 0.694$$

D. Controle bezwijkmechanismen; benutting

Normaaltrekkracht - bezwijkmechanisme	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	Benutting
Staalbreuk	12.400	15.016	82.58 %
Uittrekken	12.400	30.120	41.17 %
Betonkegelbreuk	12.400	25.299	49.01 %
Splijten	n/a	n/a	n/a
Zijdelingsuitbreken	n/a	n/a	n/a
Afschuifkracht - bezwijkmechanisme	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Benutting
Staalbreuk	1.000	8.992	11.12 %
Betonrandbreuk (Richting +y)	1.000	14.678	6.81 %
Betonachteruitbreken	1.000	50.598	1.98 %
Gecombineerde trek- and dwarskracht	β_N	β_V	Benutting
$\beta_N^2 + \beta_V^2 \leq 1$	0.826	0.111	69.43 %

* n/a = niet van toepassing

Verbinding voldoet.

Belangrijke opmerkingen

Deze berekening is alleen van toepassing op de DEMU boutankers 1988 / 1985, plaatankers 1980-P en DEMU T-FIXX.

Configuratie van de splijtwapening:

Bij plaatvormige constructies is splijtwapening vereist in beide richtingen. Bij overwegend trekbelasting dient de wapening aan beide zijden te worden geplaatst en bij overwegend buigbelasting aan de zijde van de trekspanningen. De splijtwapening dient minimaal uit drie staven te bestaan met een staafafstand van ≤ 150 en te worden verankerd volgens de nationale voorschriften. Voor lijnvormige constructies zoals bijv balken dient de splijtwapening in één richting te worden aangebracht. Bij verankeringen aan randen moet deze wapening tevens als randwapening aanwezig zijn met de benodigde ophangwapening.

Let op: voor de installatie volgens de instructies van de Montagehandleiding "INST_DEMU-FIX" (te vinden onder www.halfen.nl).

Bijlage B

Memo

Aan M. Spoon, L. Koopman
Van L. Stapper
Telefoon 06-53135261
Kenmerk D90-LST-KA-2000005
Projectnummer RM006269
Onderwerp Detaillering verbinding geluidsscherm kunstwerk, 38A-112-01, A12 Waddinxveen
Datum 13 februari 2020

Inleiding

Op het kunstwerk met de objectcode 38A-112-01, ook wel bekend als KW33, in de A12 ter hoogte van Waddinxveen is een geluidsscherm voorzien. Dit kunstwerk kruist bovenlangs de spoorlijn Gouda – Alphen aan den Rijn. In deze memo wordt de detaillering uitgewerkt van de bevestiging van het geluidsscherm op de rand van het viaduct. In een eerdere haalbaarheidsstudie is aangetoond dat de positionering van het geluidsscherm op de rand van het kunstwerk mogelijk is. Hiervoor dient wel het randelement verwijderd te worden om de constructieve voorzieningen ten behoeve van het geluidsscherm aan te kunnen brengen. Tevens dient gecheckt te worden in het werk of de schampkant niet is losgekrompen van de druklaag van het dek. In de eindsituatie dient het kunstwerk weer opgeleverd te worden conform de huidige vormgeving. Dit betekent dat de vorm van het randelement weer langs de rand van het viaduct gerealiseerd dient te worden. Onderstaand is een foto van het kunstwerk weergegeven, in de foto is schetsmatig het geluidsscherm aangegeven.



Figuur 1: Aanzicht kunstwerk 38A-112-01, inclusief schetsmatige weergave geluidsscherm.

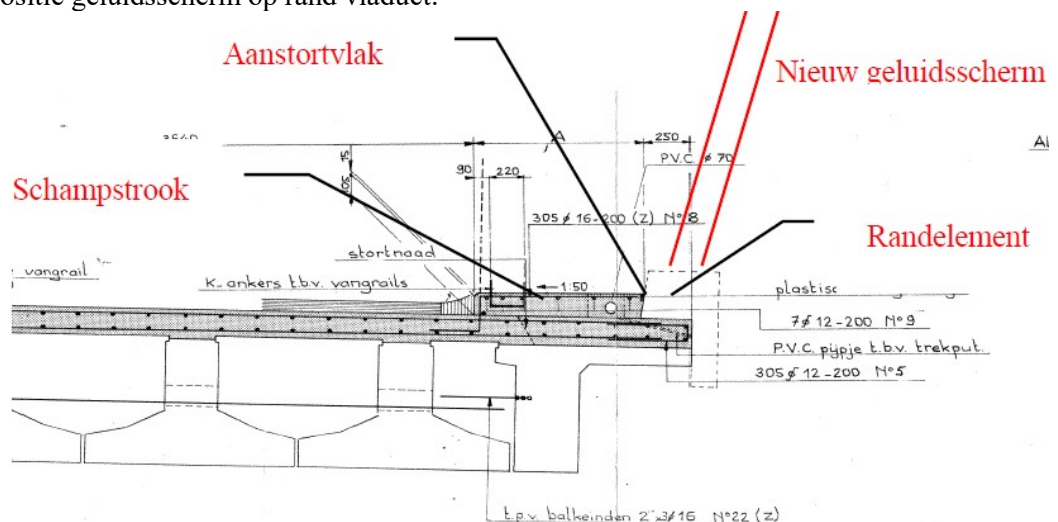
In deze memo wordt alleen de detaillering van de verbinding van het geluidsscherm met het viaduct uitgewerkt en de lokale bestaande wapening in het dek ter plaatse van het detail getoetst.

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

Uitgangspunten detaillering verbinding geluidsscherm op rand bestaand viaduct:

- Document D90-GES-KA-1900370, Haalbaarheidsstudie Geluidsscherm A12 Waddinxveen op viaduct, dd 29 april 2019;
- Bouwjaar viaduct: 1979
- Normen en richtlijnen:
 - GCW 2012, Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen;
 - NEN-EN 1993-1-8+C2;2011/NB;2011 nl Eurocode 3 Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-8; Ontwerp en berekening van verbindingen;
 - NEN-EN 1993-1-9;2006/NB;2011 nl Eurocode 3 O&B van staalconstructies Deel 1-9; Vermoeiing;
 - NEN-EN 1992-1-1+C2;2011/NB;2011 nl Eurocode 2 Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1; Algemene regels en regels voor gebouwen;
 - NEN-EN 1992-2+C1/NB;2011 nl Eurocode 2 Ontwerp en berekening van betonconstructies - Betonnen bruggen - Regels voor ontwerp, berekening en detaillering.
- Tekeningen:
 - B.32540 Bestektekening overzicht medio 1978;
 - B.36733 Wapening prefab schampkanten d.d. 1979;
 - B.3592 R.A Balk merk 02 viaduct te Moordrecht;
 - B.32783 Wapening druklaag noordelijk viaduct d.d. 1980.
- Schermhoogte is $h = 2,5$ m met een hellingshoek van 10 graden;
- De hart op hart afstand van de stijlen van het geluidsscherm op het viaduct is $l = 2,0$ m;
- Er wordt van uitgegaan dat de schampkant niet is losgekrompen van de druklaag van het viaduct. Dit dient door onderzoek aangetoond te worden;
- Positie geluidsscherm op rand viaduct:

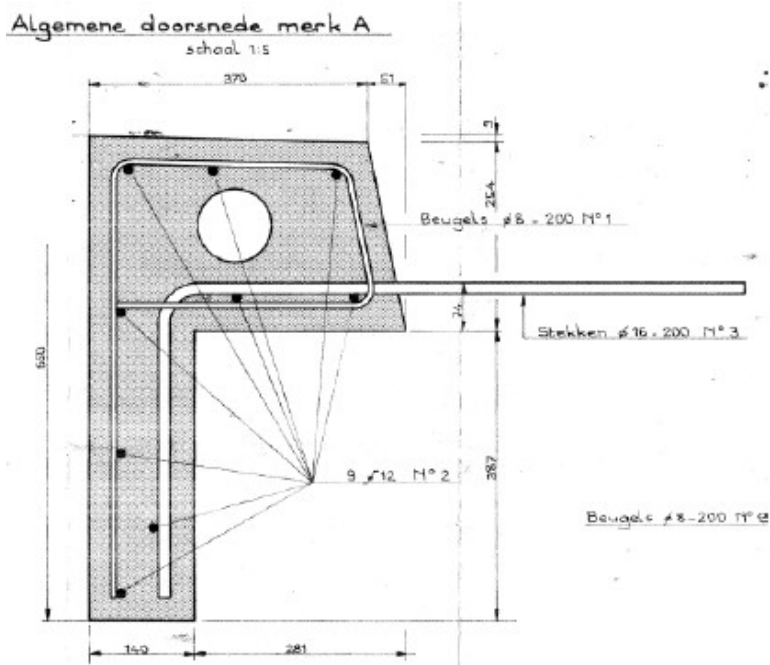


Het huidige randelement wordt verwijderd en met een gelijk aanzicht teruggebracht.

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

- Vorm randelement:



- Door de constructeur van de bovenbouw van het geluidsscherm zijn de volgende belastingen op de stijlen van het geluidsscherm op het viaduct opgegeven:
 - Gebruikssituatie / vermoeiing (SLS / FAT):
 - $N_{rep} = 4,45 \text{ kN/stijl}$
 - $V_{rep} = 8,40 \text{ kN/stijl}$
 - $M_{rep} = 11,40 \text{ kNm/stijl}$
 - Rekenwaarden (ULS):
 - $N_d = 5,73 \text{ kN/stijl}$
 - $V_d = 13,90 \text{ kN/stijl}$
 - $M_d = 18,40 \text{ kN/stijl}$
- Het Spectrum voor vermoeiingsbelasting wordt aangehouden conform GCW 2012.

Tabel 14. Lastwisselingen

Waarde α	Aantal lastwisselingen n
1,00	1
0,85	6
0,73	60
0,60	600
0,48	6.000
0,26	60.000
0,12	600.000
0,03	6.000.000

- Bestaande wapening in schampkant: $\phi 16-200$, FeB220;
- Bestaande wapening in druklaag: $2 \times \phi 12-200$, FeB220;
- Profieltype stijlen: HE160A;
- Voetplaat: pl392x180x35, S355;
- Ankerconfiguratie conform schets in bijlage 1;

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

- Toe te passen ankers: 4 x M20 (8.8) met ankerplaat per twee ankers pl200x75x20, S355;
- Inboordiepte stekken in schamkant en druklaag: $l = 250$ mm.
- De stekken dienen hamergeboord aangebracht te worden, de bestaande wapening in het brugdek dient niet beschadigd te worden tijdens boren;
- De ondersabelingsmortel dient te voldoen aan de sterkteklasse K70;
- De leverancier van de toe te passen lijm voor het aanbrengen van de in te boren stekken dient aan te tonen dat de lijmverbinding voldoet met betrekking tot de vermoeiingsbelasting conform de GCW 2012 en de berekende belastingen.

Onderstaand worden de berekeningen van de benodigde constructie-elementen weergegeven.

Controle sterkte verankering geluidscherm:**Ankers, 4 x M20 (8.8):**

In bijlage 1 is de maatgevende belastingsituatie voor de ankers weergegeven. Hierbij is de maatgevende arm tussen de ankers op trek en de gedrukte flens $e = 0,089$ m.

$$V_{d;\text{anker}} = V_d / 4 = 13,9 / 4 = 3,5 \text{ kN}$$

$$N_{d;\text{anker tgv moment}} = (M_d / e) / 2 = (18,4 / 0,089) / 2 = 103,4 \text{ kN}$$

$$u_{c1} = F_{t,d} / F_{t,u} = 103,4 / 141 = 0,74 < 1,00$$

akkoord

$$u_{c2} = F_{t,d} / (1,4 \times F_{t,u}) + V_d / V_u = 103,4 / (1,4 \times 141) + 3,5 / 94 = 0,53 + 0,04 = 0,57 < 1,00$$

akkoord**Voetplaat, pl392x180x35 mm, S355:**

Voor de berekening van de voetplaat wordt aangenomen dat de belasting vanuit de voetplaat naar de flens van het profiel wordt afgedragen. Dit is conservatief, omdat ook een deel van de belasting naar het lijf van het profiel wordt afgedragen.

$$M_{d;\text{voetplaat}} = 2 \times N_{d;\text{anker tgv moment}} \times e_{\text{ankers}} = 2 \times 103,4 \times 0,05 = 10,4 \text{ kNm}$$

$$M_{u;\text{voetplaat}} = 1/6 \times b_{\text{voetplaat}} \times t_{\text{voetplaat}}^2 \times f_{u;s} = 1/6 \times 180 \times 35^2 \times 355 = 13,0 \text{ kNm}$$

$$M_{d;\text{voetplaat}} = 10,4 \text{ kNm} < M_{u;\text{voetplaat}} = 13,0 \text{ kNm} \quad u_c = 0,80 \quad \textbf{akkoord}$$

Ankerplaat, pl200x75x20 mm, S355, C30/37:

Betondruk boven ankerplaat:

$$\sigma'_{b;d} = 2 \times N_{d;\text{anker tgv moment}} / (b_{\text{ankerplaat}} \times l_{\text{ankerplaat}}) = 2 \times 103400 / (200 \times 75) = 13,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{b;u} = 0,6 \times (f_{ck} / \gamma_c) = 0,6 \times (30 / 1,50) = 14,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{b;d} = 13,8 \text{ N/mm}^2 < \sigma'_{b;u} = 14,4 \text{ N/mm}^2 \quad u_c = 0,96 \quad \textbf{akkoord}$$

Krachtenwerking in ankerplaat, pl200x75x20 mm, S355:

$$M_{d;\text{tpv ankers}} = 0,5 \times p \times b_{\text{ankerplaat}} \times l_{\text{overstek}}^2 = 0,5 \times 13,8 \times 75 \times 45^2 = 1,05 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 1/6 \times (b_{\text{ankerplaat}} - \phi_{\text{gat};M20}) \times t_{\text{ankerplaat}}^2 \times f_{u;s} = 1/6 \times (75 - 22) \times 20^2 \times 355 = 1,25 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{d;\text{tpv ankers}} = 1,05 \times 10^6 \text{ Nmm} < M_u = 1,25 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad u_c = 0,84 \quad \textbf{akkoord}$$

$$M_{d;\text{veld}} = 1/8 \times p \times b_{\text{ankerplaat}} \times l_{\text{hoh;ankers}}^2 - M_{d;\text{tpv ankers}}$$

$$M_{d;\text{veld}} = 1/8 \times 13,8 \times 75 \times 110^2 - 1,05 \times 10^6 = 0,52 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 1/6 \times b_{\text{ankerplaat}} \times t_{\text{ankerplaat}}^2 \times f_{u;s} = 1/6 \times 75 \times 20^2 \times 355 = 1,78 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{d;\text{veld}} = 0,52 \times 10^6 \text{ Nmm} < M_u = 1,78 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad u_c = 0,30 \quad \textbf{akkoord}$$

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

Controle beugels, $\phi 12-150$, B500B:

De ankers zijn door middel van beugels en de langswapening omsloten. Doordat de ankers omsloten zijn door wapening worden ze niet uit het beton getrokken.

Aanwezige beugels: $\phi 12-150$, B500B

$$\begin{aligned}\sigma_{s;d;beugels} &= 2 \times N_{d;anker \text{ tgv moment}} / (5 \times A_{\phi 12}) \\ \sigma_{s;d;beugels} &= 2 \times 103400 / (5 \times 113) = 366 \text{ N/mm}^2 < f_{su} = 435 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Controle sterkte, scheurwijdte en verankeringslengte ingelijmde wapening, $\phi 12-150$, B500B:

De spreiding vanuit de stijl naar de ingelijmde wapening wordt aangenomen op $b_{eff} = 800 \text{ mm}$ (conservatief, stijf randelement). De stekken van de nieuwe wapening worden $h_{oh} l = 150 \text{ mm}$ ingelijmd over de gehele lengte van het viaduct. De inwendige arm tussen de ingeboorde stekken in de schampkant en de druklaag is, $z = 70 + 80 = 150 \text{ mm}$, dit is een conservatieve benadering voor de berekening van de wapening. De stekken dienen over een lengte van $l = 250 \text{ mm}$ ingelijmd te worden.

Aantal actieve ingelijmde stekken voor afdracht belasting geluidsscherm: $n = 800 / 150 = 5$ stuks

$$\begin{aligned}\sigma_{s;d} &= ((M_{ULS} / z) / (n_{staven} \times A_{\phi})) = ((18,4 \times 10^6 / 150) / (5 \times 113)) = 217 \text{ N/mm}^2 \\ f_{y;d} &= f_{y;k} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{s;d} &= 217 \text{ N/mm}^2 < f_{s;d} = 435 \text{ N/mm}^2 \quad uc = 0,50 \quad \textbf{akkoord}\end{aligned}$$

Voor de check van de scheurwijdte wordt voor de windbelasting conform de frequente belastingcombinatie een momentaanfactor van $\psi_{wind} = 0,60$ aangehouden.

$$\sigma_{s;freq} = \psi_{wind} \times ((M_{SLS} / z) / (n_{staven} \times A_{\phi})) = 0,60 \times ((11,4 \times 10^6 / 150) / (5 \times 113)) = 81 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} &= \sigma_s - k_t \times (f_{ct;eff} / \rho_{p;eff}) \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p;eff}) / E_s \geq (0,6 \times \sigma_s) / E_s \\ k_t &= 0,60 \\ f_{ct;eff} &= 2,90 \text{ N/mm}^2 \quad (C30/37) \\ \alpha_e &= E_s / E_b = 200000 / 31000 = 6,45 \\ \rho_{p;eff} &= A_s / A_{c;eff} = 565 / 128000 = 4,41 \times 10^{-3} \\ A_s &= 5 \times 113 = 565 \text{ mm}^2 \\ A_{c;eff} &= 2,5 \times c \times b_{eff} = 2,5 \times 64 \times 800 = 128000 \text{ mm}^2 \\ E_s &= 200000 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} &= (81 - (0,60 \times (2,90 / 4,41 \times 10^{-3}) \times (1 + 6,45 \times 4,41 \times 10^{-3}))) / 200000 = -1,62 \times 10^{-3} \\ &\geq (0,6 \times 81) / 200000 = 2,43 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s_{r;max} &= k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times \phi / \rho_{p;eff} \\ k_3 &= 3,4 \\ c &= 64 \text{ mm} \\ k_1 &= 0,8 \\ k_2 &= 0,5 \\ k_4 &= 0,425 \\ \phi &= 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$s_{r;max} = 3,4 \times 64 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 12 / 4,41 \times 10^{-3} = 681 \text{ mm}$$

$$w_k = 681 \times 2,43 \times 10^{-4} = 0,17 \text{ mm} < w_{k;max} = 0,20 \text{ mm} \quad \textbf{akkoord}$$

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

Controle verankeringslengte ingelijmde stekken:

$$\sigma_{s;d} = 217 \text{ N/mm}^2 \quad l_{vr} = 150 + 200 / 2 = 250 \text{ mm}$$

Project:	Geluidsscherm op bestaand viaduct A12	Versie:	2.2
Onderwerp:	Verankering ingeboorde stekken	Versiedatum:	26-1-2018
Onderdeel:	Stekken R12		
Datum:	11-2-2020		
Auteur:	L. Stapper		

Overlappings- en verankeringslengten o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1 art. 8.4 & 8.7)				
INVOER	Betonkwaliteit	C30/37		
	Betonstaaf	B500		
	Staalspanning	217	N/mm ²	
	Betondekking	64	mm	→ Zie uitvoer voor bepaling minimumbetondekking en α ₂
	H.o.h. afstand	150	mm	
	Overlappen verspringend	Nee		→ Percentage overlappende staven 100% → α ₆ = 1,5
	Drukstaaf	Nee		
	Plaatgeometrie	Ja		→ Voor staven ≥ Ø20 → lengte * 1,3 i.p.v. dwarswapening in de vorm van beugels
UITVOER	Verankeringslengte [mm]			
	Staafdiameter	C _s	α ₂	Bovenstaaf (η ₁ =1,0)
	6	64	0,70	100
	8	64	0,70	100
	10	64	0,70	125
	12	64	0,70	150
	16	64	0,70	200
	20	64	0,70	250
	25	63	0,78	346
	32	59	0,87	499
	40	55	0,94	732
	Bovenstaaf (η ₁ =0,7)			
	6			107
	8			143
	10			178
	12			214
	16			285
	20			357
	25			494
	32			712
	40			1046
	Overlappingslengte [mm]			
	Staafdiameter	Algemeen (η ₁ =1,0)	Bovenstaaf (η ₁ =0,7)	
	6	200	200	
	8	200	214	
	10	200	268	
	12	225	321	
	16	300	428	
	20	487	696	
	25	674	963	
	32	972	1389	
	40	1427	2039	

Exclusief reductie voor gebogen staven → α ₁ = 1,0 Inclusief reductie t.b.v. invloed minimumbetondekking (α ₂) voor een trekstaaf Exclusief reductie voor opsluiting door dwarswapening/dwarsdruk → α ₃ , α ₄ , α ₅ = 1,0 Voor betonkwaliteiten > C60/75 resultaten behorende bij C60/75 aanhouden Voor wapeningsrenvooi overlappingslengte bepalen bij h.o.h. = 150mm en 100% overlappende staven aanhouden				
--	--	--	--	--

Controle sterkte en scheurwijdte bestaande wapening druklaag, 2φ12-200, FeB220:

In de druklaag wordt de nieuwe wapening ingelijmd in het midden van de druklaag, tussen de twee in de druklaag opgenomen wapeningsnetten. Beide wapeningsnetten werken hierom mee in de opname van de trekkracht vanuit de ingelijmde wapening.

De spreiding vanuit de stijl naar de ingelijmde wapening wordt aangenomen op $b_{eff} = 800 \text{ mm}$. De staafafstand van de bestaande wapening in de druklaag is hoh $l = 200 \text{ mm}$. De inwendige arm tussen de ingeboorde stekken $z = 70 + 80 = 150 \text{ mm}$, dit is een conservatieve benadering voor de controle van de bestaande wapening.

Aantal actieve staven in bestaande druklaag voor afdracht belasting geluidsscherm:

$$n = (800 / 200) \times 2 = 8 \text{ stuks}$$

$$\sigma_{s;d} = ((M_{ULS} / z) / (n_{staven} \times A_{\phi})) = ((18,4 \times 10^6 / 150) / (8 \times 113)) = 136 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{y;d} = f_{y;k} / \gamma_s = 220 / 1,15 = 191 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s;d} = 136 \text{ N/mm}^2 < f_{s;d} = 191 \text{ N/mm}^2 \quad uc = 0,71 \quad \text{akkoord}$$

$$\sigma_{s;freq} = \psi_{wind} \times ((M_{SLS} / z) / (n_{staven} \times A_{\phi})) = 0,60 \times ((11,4 \times 10^6 / 150) / (8 \times 113)) = 51 \text{ N/mm}^2$$

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

De staalspanning in de bestaande wapening van de druklaag is lager dan de staalspanning in de nieuw ingelijmde stekken. De scheurwijdtecontrole van de bestaande wapening in de druklaag is hiermee akkoord.

Controle sterkte en scheurwijdte bestaande wapening schampkant, $\phi 16-200$, FeB220:

In de schampkant wordt de nieuwe wapening ingelijmd onder de aanwezige wapening. De ingelijmde wapening draagt de belasting af naar de bestaande wapening in de schampkant.

De spreiding vanuit de stijl naar de ingelijmde wapening wordt aangenomen op $b = 800$ mm. De bestaande wapening in de schampkant is hoh $l = 200$ mm. Er wordt uitgegaan van de inwendige arm tussen de ingeboorde stekken $z = 70 + 80 = 150$ mm, dit is een conservatieve benadering voor de bestaande wapening in de schampkant.

Aantal actieve stekken voor afdracht belasting geluidsscherm: $n = (800 / 200) = 4$ stuks

$$\sigma_{s;d} = ((M_{ULS} / z) / (n_{staven} \times A_{\phi})) = ((18,4 \times 10^6 / 150) / (4 \times 201)) = 153 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{s;d} = f_{y;k} / \gamma_s = 220 / 1,15 = 191 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s;d} = 153 \text{ N/mm}^2 < f_{s;d} = 191 \text{ N/mm}^2 \quad uc = 0,80 \quad \textbf{akkoord}$$

$$\sigma_{s;freq} = \psi_{wind} \times ((M_{SLS} / z) / (n_{staven} \times A_{\phi})) = 0,6 \times ((11,4 \times 10^6 / 150) / (4 \times 201)) = 57 \text{ N/mm}^2$$

De staalspanning in de bestaande wapening van de schampkant is lager dan de staalspanning in de nieuw ingelijmde stekken. De scheurwijdtecontrole van de bestaande wapening in de schampkant is hiermee akkoord.

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

Controle vermoeiing verankering geluidscherm:**Vermoeiing ankers, M20 (8.8):**

$$\begin{aligned}
 N_{FAT; \text{anker tgv moment}} &= (M_{FAT} / e) / 2 &= (11,4 / 0,089) / 2 &= 64,0 \text{ kN} \\
 A_{b;s; M20} &= & &= 245 \text{ mm}^2 \\
 \sigma_s, FAT &= N_{FAT; \text{anker tgv moment}} / A_{b;s; M20} &= 64000 / 245 &= 261 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

De ankers worden enkel op trek belast. De drukbelasting bij wind van de andere zijde wordt afgedragen naar de ondersabelingsmortel ter plaatse van de flens van het staalprofiel.

Constructieonderdeel: Ankers M20 (8.8)					
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006					
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	0	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	261	N/mm2			
Optredende spanningsrimpel	261	N/mm2			
Vermoeiingsgrens staal volgens detail category	50	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)		
Materiaalfactor	1,35		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Reductiefactor	1		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Vermoeiingsgrens staal	37,03704	N/mm2			
Vermoeiingsgrens staal	27,28889	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Ondergrens vermoeiing	14,71635	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)		
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr
1	261	3	5715,012454	1	0,000174978
0,85	221,85	3	9305,943341	6	0,000644749
0,73	190,53	3	14690,90671	60	0,004084159
0,6	156,6	3	26458,39099	600	0,022677116
0,48	125,28	3	51676,54491	6000	0,116106834
0,26	67,86	3	325160,0168	60000	0,184524532
0,12	31,32	3	3307298,874	600000	0,181416927
0,03	7,83	5	2570931226	6000000	0,002333785
			tot. N/Nr	0,51196308	< 1,0 (regel van Miner)

Vermoeiing voetplaat, pl392x180x35, S355:

$$\begin{aligned}
 M_{FAT; \text{voetplaat}} &= 2 \times N_{FAT; \text{anker tgv moment}} \times C_{ankers} &= 2 \times 64,0 \times 0,05 &= 6,4 \text{ kNm} \\
 \sigma_s, FAT &= 6 \times M_{d; \text{voetplaat}} / (b_{\text{voetplaat}} \times t_{\text{voetplaat}}^2) &= 6 \times 6,4 \times 10^6 / (180 \times 35^2) &= 174,0 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Constructieonderdeel: Voetplaat pl392x180x35, S355					
Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies- Deel 1-9: vermoeiing NEN-EN 1993-1-9 januari 2006					
Maximaal optredende trekspanning t.g.v. wind	174	N/mm2	Referentie levensduur	50	jaar
Maximaal optredende drukspanning t.g.v. wind	174	N/mm2			
Optredende spanningsrimpel	348	N/mm2			
Vermoeiingsgrens staal volgens detail category	140	N/mm2	(volgens tabel 8.1 t/m 8.10 EN 1993-1-9: 2005)		
Materiaalfactor	1,35		(volgens tabel 3.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Reductiefactor	1,00		(volgens tabel 8.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Vermoeiingsgrens staal	103,70	N/mm2			
Vermoeiingsgrens staal	76,43	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)		
Ondergrens vermoeiing	41,22	N/mm2	(volgens tabel 7.1 EN 1993-1-9: 2005)		
alfa	Q-srimpel	m	Nr	N	N/Nr
1	348	3	52926,73034	1	1,8894E-05
0,85	295,8	3	86182,34128	6	6,96198E-05
0,73	254,04	3	136052,487	60	0,000441006
0,6	208,8	3	245031,159	600	0,002448668
0,48	167,04	3	478576,4824	6000	0,012537181
0,26	90,48	3	3011306,915	60000	0,019924904
0,12	41,76	3	30628894,87	600000	0,019589345
0,03	10,44	5	4,83547E+11	6000000	1,24083E-05
			tot. N/Nr	0,055042027	< 1,0 (regel van Miner)

Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005

Conclusie

Wanneer is geverifieerd dat de schampkant niet is losgekrompen van de druklaag voldoet de verbinding van het geluidsscherm op het bestaande viaduct op sterkte, scheurwijdte en vermoeiing als deze conform de schetsen van bijlage 1 wordt uitgevoerd.

Toe te passen constructie onderdelen verbinding geluidsscherm op bestaand viaduct:

- Voetplaat: p1392x180x35, S355 (zie bijlage 1);
- Ankers: 4 x M20 (8.8) met 2 x ankerplaat per twee ankers p1200x75x20, S355 (zie bijlage 1);
- Ankerconfiguratie conform schetsen bijlage 1;
- In te boren stekken in druklaag en schampkant: $\phi 12-150$, B500B over gehele lengte viaduct, inboordiepte $l = 250$ mm;
- Betonkwaliteit: C30/37;
- Wapening: B500B;
- Milieuklasse: XD3;
- Dekking beton op wapening buitenzijde constructie: $c = 60$ mm;
- Buitenrand viaduct afwerken met prefab element.

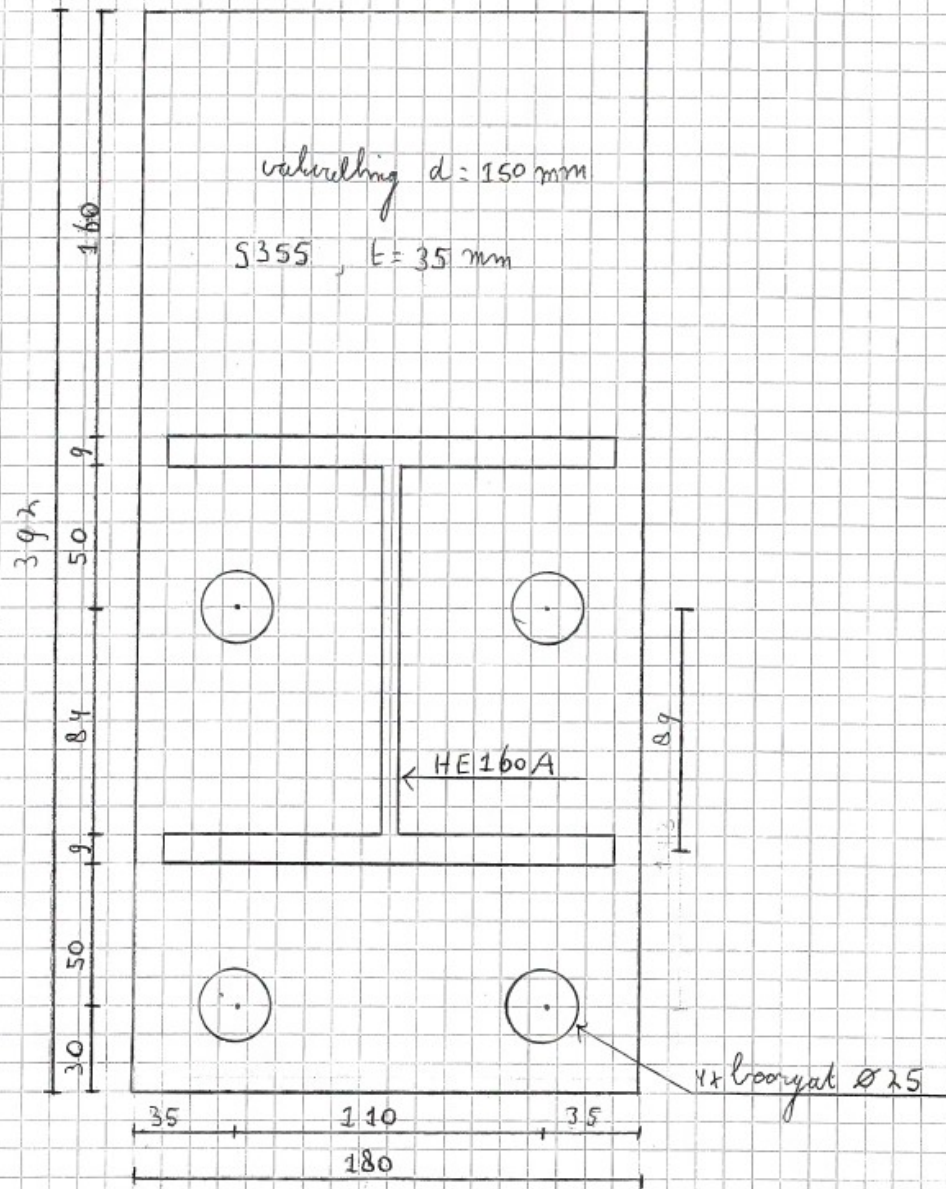
Bijlage 1: Schetsen verbinding geluidsscherm op bestaand viaduct

Betonqualität : C30/37
 Stahlqualität : B500B
 deckung : c = 60 mm
 mehrschicht x D3

Memo

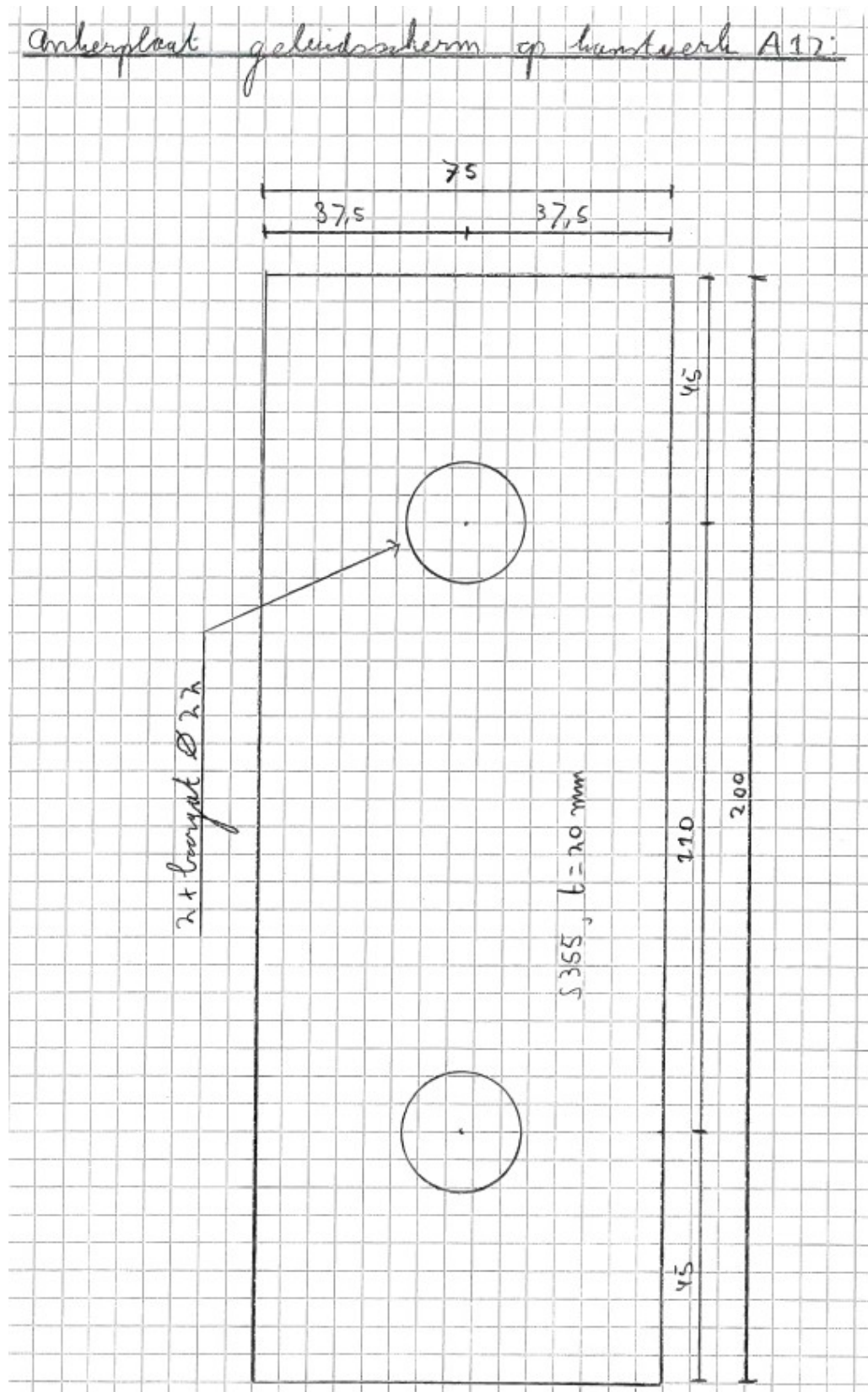
Kenmerk D90-LST-KA-2000005

Voetplaat + andere configuratie geluidsscherm op handwerk A12:



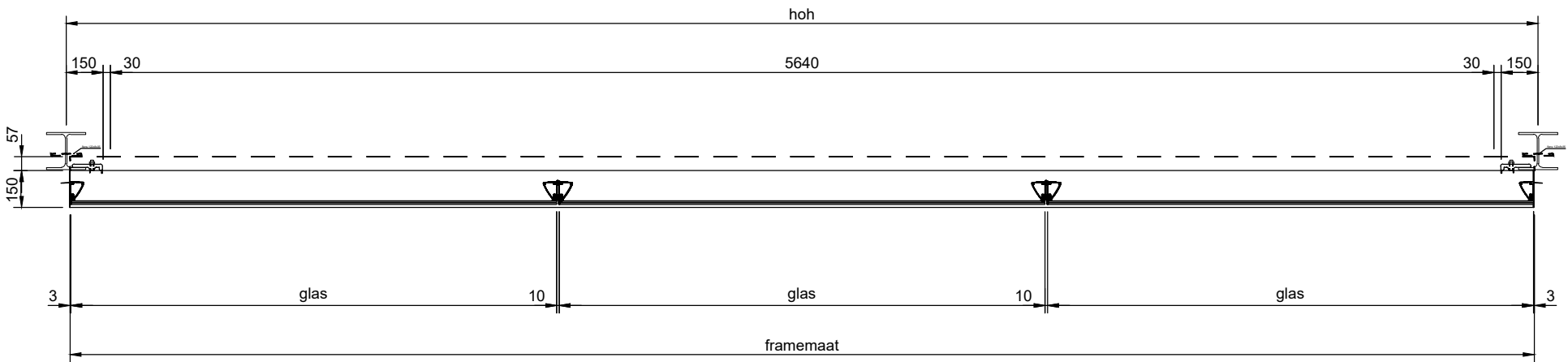
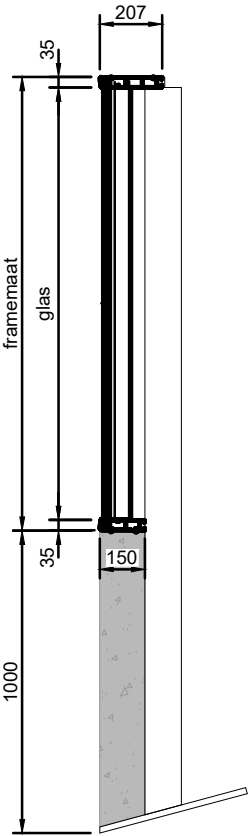
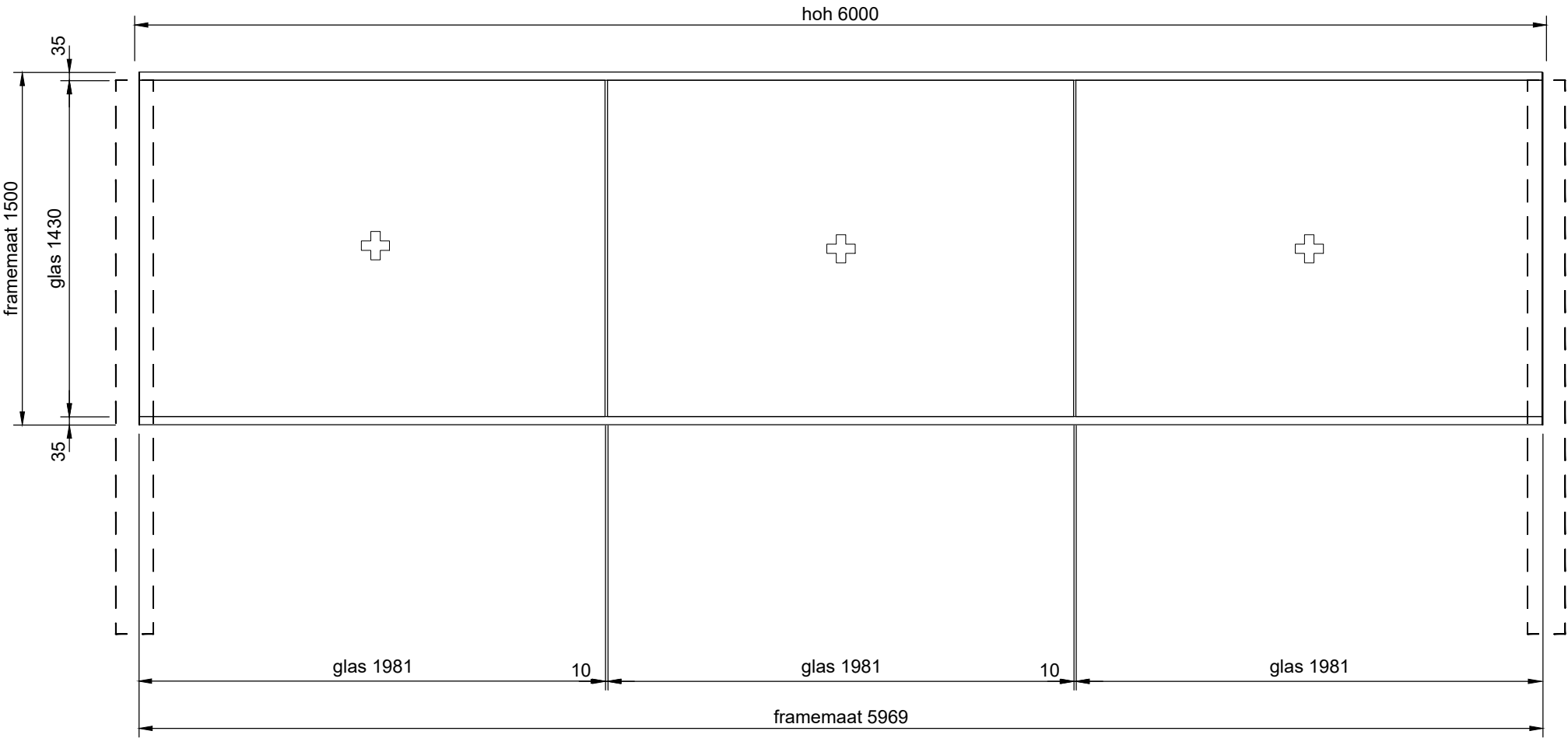
Memo

Kenmerk D90-LST-KA-2000005



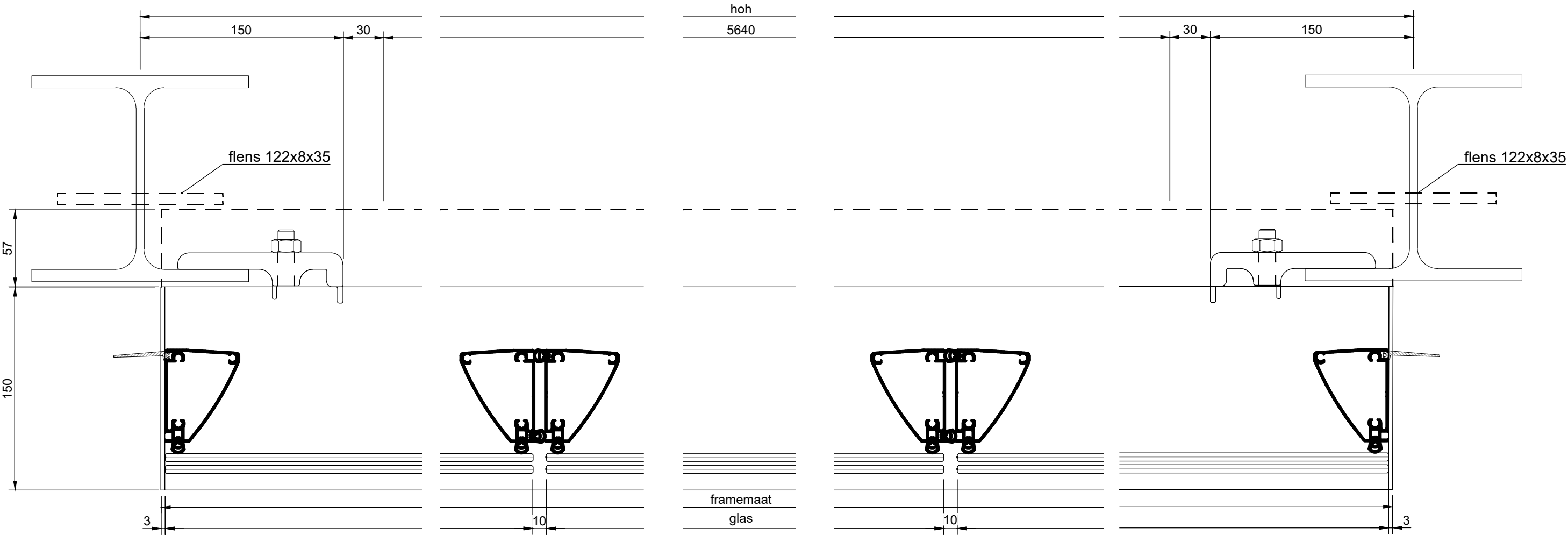
Bijlage C

BUITENAANZICHT



Metaglas Metaglas BV
transparante oplossingen in glas en metaal.
Het Eek 5, 4004 LM Tiel.
Postbus 270, 4000 AG Tiel.
T. (0344) 750 400
E. info@metaglas.nl I. www.metaglas.nl

Producttype:			
Architect:	----		
Opdrachtgever:	----		
Werk:	----		
Schaal: 1:30	Gew: GET-A	Opdrachtnr: ----	
Datum: ----	Gew: GET-B	Bladnr: 01	
Get.: ----	Gew: GET-C	AUTEURSRECHTEN VOORBEHOUDEN	



Metaglas

transparante oplossingen in glas en metaal.

Het Eek 5, 4004 LM Tiel.

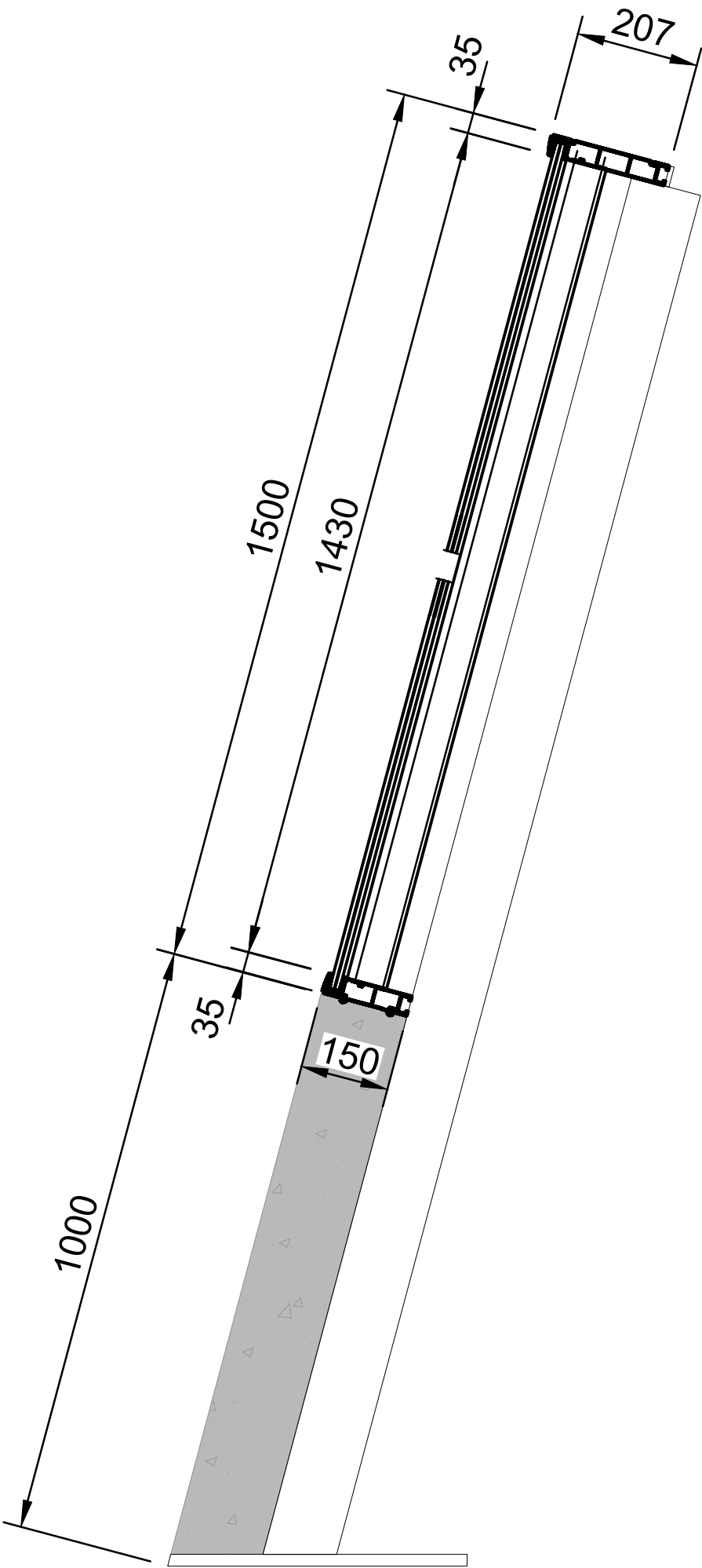
Postbus 270, 4000 AG Tiel.

T. (0344) 750 400

E. info@metaglas.nl | www.metaglas.nl

Metaglas BV

Producttype:		
Architect:	----	
Opdrachtgever:	----	
Werk:	----	
Schaal: 1:30	Gew: GET-A	Opdrachtnr: ----
Datum: ----	Gew: GET-B	Bladnr: 02
Get.: ----	Gew: GET-C	AUTEURSRECHTEN VOORBEHOUDEN

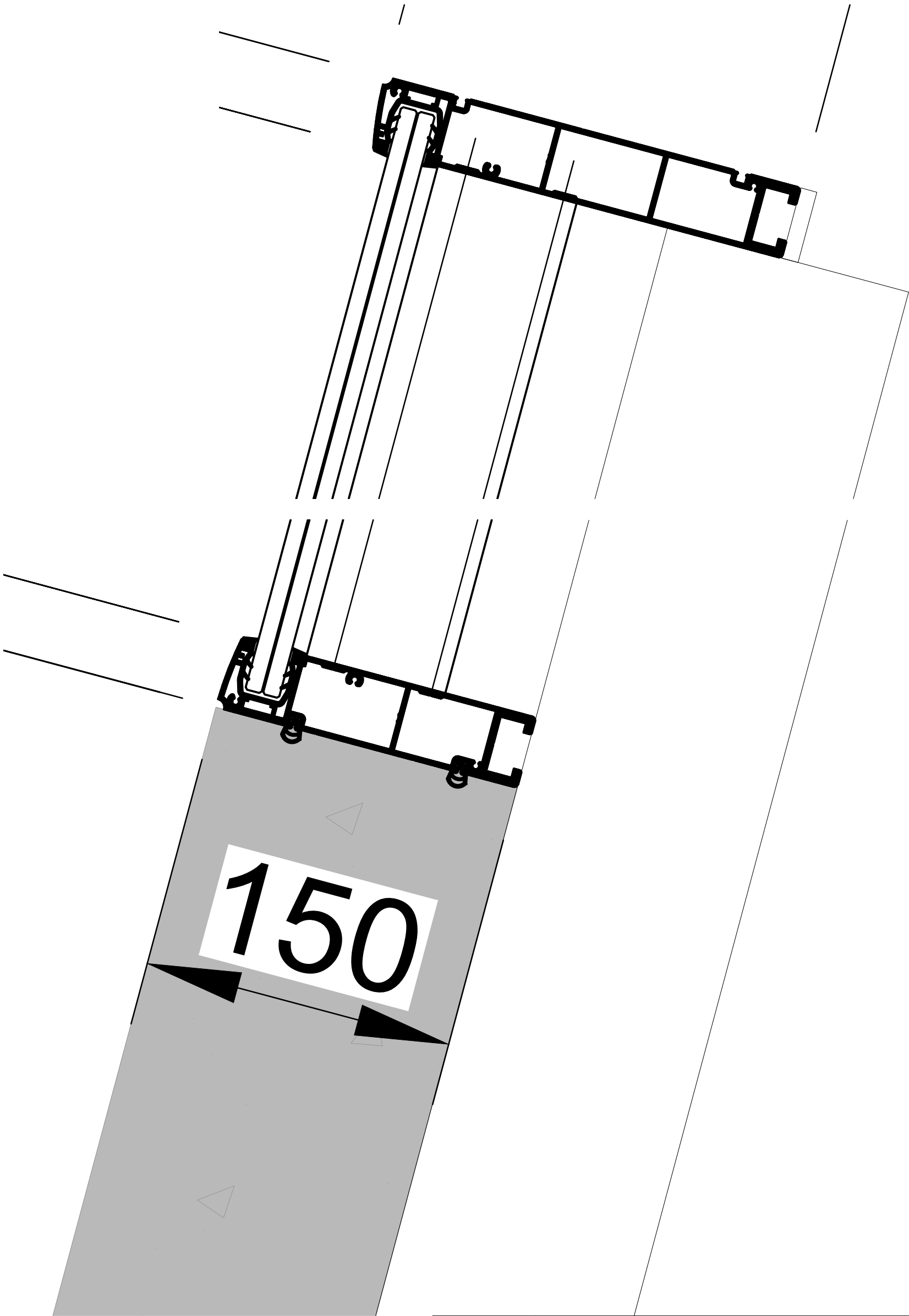




Metaglas BV
 transparante oplossingen in glas en metaal.
 Het Eek 5, 4004 LM Tiel.
 Postbus 270, 4000 AG Tiel.
 T. (0344) 750 400
 E. info@metaglas.nl | www.metaglas.nl




Producttype:		
Architect: ----		
Opdrachtgever: ----		
Werk: ----		
Schaal: 1:10	Gew: GET-A	Opdrachtnr: ---- Bladnr: 03 AUTEURSRECHTEN VOORBEHOUDEN
Datum: ----	Gew: GET-B	
Get.: ----	Gew: GET-C	



Metaglas

transparante oplossingen in glas en metaal.

Het Eek 5, 4004 LM Tiel.

Postbus 270, 4000 AG Tiel.

T. (0344) 750 400

E. info@metaglas.nl | www.metaglas.nl

Producttype:			
Architect:	----		
Opdrachtgever:	----		
Werk:	----		
Schaal: 1:2		Gew: GET-A	Opdrachtnr: ---- Bladnr: 04
Datum: ----		Gew: GET-B	
Get.: ----		Gew: GET-C	
AUTEURSRECHTEN VOORBEHOUDEN			

Bijlage D

Memo

Aan L. Koopmans
Van Hessel Hooijmaaijer
Telefoon 0639834272
Kenmerk D90-HHO-KA-2000017
Projectnummer RM006269
Onderwerp Memo geotechniek Geluidsscherm A12 Waddinxveen
Datum 25 mei 2020

In het kader van het project “Geluidsscherm A12 Waddinxveen, Park Triangel” wordt aan de noordzijde van de A12 een geluidsscherm geplaatst met een lengte van 595 m en een hoogte van 2,5 m t.o.v. hoogte kantstreep.

Dit memo heeft betrekking op het geotechnisch advies van de fundering van de geluidsschermen. Daarbij wordt de vervorming en sterkte van de fundering ten gevolge van de horizontale optredende belastingen aan de gestelde eisen getoetst. De verticale belasting op de funderingspalen is gering, derhalve wordt de verticale draagkracht van de palen rekentechnisch niet verder getoetst.

De locatie van het betreffende geluidsscherm is hieronder in figuur 1 indicatief aangegeven.



Figuur 1: Situatietekening geluidsscherm.

Bodemonderzoek

Ten behoeve van dit project zijn er 13 sonderingen in de aardebaan uitgevoerd. De sonderingen zijn tot ca. 25 meter beneden maaiveld doorgezet. De sonderingen zijn met het nummer S01 t/m S13 aangeduid.

De situatietekening alsmede de sonderingen zijn in bijlage 1 te vinden

Door de constructeur is aangegeven dat de westelijke zijde belastingtechnisch als maatgevend wordt beschouwd. Dit is tevens de laagst gelegen zijde met de minst dikke laag aardebaan. Er is een voorkeur uitgesproken om het geluidsscherm in de aardebaan te funderen, hierdoor wordt het punt met de dunste laag aardebaan als maatgevend genomen,

Memo

Kenmerk D90-HHO-KA-2000017

Bodembeschrijving

In de sonderingen is te zien dat bij sondering S13 de aardebaan het minst dik is; 5,47 m. sondering S13 wordt derhalve als maatgevend beschouwd
Op basis van sondering S13 kan de grondopbouw als volgt worden beschreven.

Tabel 1 – Grondopbouw sondering S13

Diepte t.o.v. m NAP		Grondsoort
Van	Tot	
-2,03	-7,50	Ophoogzand
-7,50	-12,70	Klei, slap
-12,70	-27,00	Zand, matig

De omliggende maaiveldhoogte is, op basis van AHN3 (Actuele Hoogtebestand Nederland), op ca. NAP -5,50 m vastgesteld. De hoogte van de kant aardebaan op locatie S13 is NAP -2,03 m. Deze hoogte is ook als bovenkant paal gehanteerd.

Grondwaterstand

In het peilbesluit van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard is het peil van zuidplaspolder vastgesteld op zomerpeil: NAP - 6,32 m en winterpeil: NAP -6,42 m. Voor de berekening van de fundering is het zomerpeil gehanteerd.

Uitgangspunten berekeningen

Gelet op de hoogte van de geluidsschermen (2,5 meter t.o.v. hoogte kantstreep) wordt er van uitgegaan dat het geluidsscherm op open stalen buispalen gefundeerd kan worden.

De funderingspalen van het geluidsscherm wordt met name horizontaal belast. De verticale opgelegde belasting is zeer beperkt en is daardoor voor het dimensioneren van de fundering niet maatgevend (de verticale draagkracht van de paal is ruim voldoende om deze verticale belasting op te vangen).

De voorgestelde paalafmeting is: 864 mm/9,5 mm ($\varnothing_{\text{schacht}}$, wanddikte), dit is tevens de dunste wanddikte beschikbaar. Elke stijl van het geluidsscherm wordt op 1 paal gefundeerd en de hart op hart afstand tussen de palen bedraagt 6 meter op de locatie van sondering S13.

Normen en richtlijnen

Er is gebruik gemaakt van de volgende normen en voorschriften:

- o NEN-EN 1997-1 +C1+A1/NB Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels - juli 2019;
- o GCW-2012 van de CROW;

Memo

Kenmerk D90-HHO-KA-2000017

Belastingen

Door de constructeur zijn de maximaal optredende belastingen per paal opgegeven. De belastingen zijn in tabel 2 hieronder weergegeven.

Tabel 2 - Waarden dwars- horizontaal- en verticale belastingen (BGT/UGT)

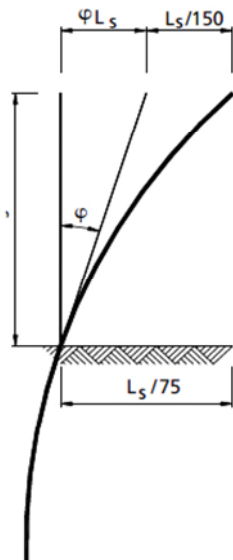
Paal	$M_{dwars;d}$ (kNm)	$F_{hor;d}$ (kN)	$F_{v., totaal}$ (kN)
864/9,5 mm	43,3 / 61,0	34,0 / 48,0	58,2 / 76,0

In GCW-2012 tabel 5 staat dat de maximale ontwateringsspleet 0,20 m mag zijn. Hierom is er in de berekeningen aangehouden dat de belastingen op 20 cm boven bovenkant van de paal aangrijpen.

Verplaatsingen

De maximale toelaatbare horizontale vervormingen van de geluidsschermen zijn in de GCW-2012 als volgt bepaald:

- maximale verplaatsing stijl en paal; $u = h/150 \Rightarrow 2500/150 = 16,67$ mm
- maximale verplaatsing stijl + rotatie fundering; $u = h/75 \Rightarrow 2500/75 = 33,33$ mm



Figuur3: Toelaatbare vervormingen geluidsscherm (GCW-2012)

Maximale verplaatsing opgegeven door de constructeur is 13,2 mm. $33,33$ mm - $13,2$ mm = $20,1$ mm. De maximale horizontale verplaatsing en hoekverdraaiing van de buispaal mag totaal $20,1$ mm bedragen.

Grondparameters

De gehanteerde grondparameters zijn in tabel 3 hieronder aangegeven. De grondparameters zijn bepaald volgens tabel 2b van de NEN9997-1, CUR 166 tabel 3.3 en ervaringsgetallen. De aardebaan is verdeeld in verschillende q_c waarden waarbij verschillende waarden voor de beddingsconstante horen.

Memo

Kenmerk D90-HHO-KA-2000017

Tabel 3 - Bodemopbouw en grondparameters

Diepte t.o.v. m NAP		Grondsoort	Grondparameters t.b.v. single paalberekening				
Van	Tot		γ_{dr}	γ_{sat}	ϕ'_{rep}	c'_{rep}	$k_{h,lage\ rep}$
			[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]
-2,03	-3,5	Ophoog zand	17	19	30	0	25000
-3,5	-3,8	Ophoog zand	17	19	30	0	6500
-3,8	-5,0	Ophoog zand	17	19	30	0	13000
-5,0	-7,5	Ophoog zand	17	19	30	0	16000
-7,5	-9,8	Klei, slap	14	14	17,5	3	2000
-12,7	-27	Zand, matig	19	21	32,5	0	20000

- γ_{dr} : Volumegewicht van grond boven de grondwaterstand;
- γ_{sat} : Volumegewicht van grond beneden de grondwaterstand;
- ϕ'_{rep} : Representatieve effectieve hoek van inwendige wrijving;
- c'_{rep} : Representatieve effectieve cohesie;
- $k_{h,lage\ rep}$: Beddingsconstante

Overige berekeningsuitgangspunten:

- De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma D-Sheet Piling v19.2 van Deltares Model; Single Pile
- Hoogte geluidsscherm is 2,5 m t.o.v. hoogte kantstreep.
- H.o.h. palen 6,0 meter (1 paal per schermstijl)
- Paalsysteem: holle buispalen zonder voetplaat.
- Funderingspaal = 864 mm, 9,5 mm ($\phi_{schacht}$, wanddikte),
- De paallengte onder maaiveld moet minimaal vijf keer de diameter van de buispaal zijn. (NEN 1997-1:), hiermee is de minimale paallengte 4,32m onder maaiveld.
- Wandwrijving: $\Delta = 2/3 \phi$. (NEN1997-1, paragraaf 9.5.1, tabel 9.b, ruw wandoppervlak)
- Horizontale beddingsgetallen: volgens CUR 166, 6^e druk, tabel 3.3
- Schelffactor: 2,5, horende bij matig gepakt zand.
- Veiligheidsfactor RC2 (EC7 NL) (conform GCW-2012)
- Wanddikte:
 - o Levensduur van de constructie is 50 jaar.
 - o Corrosiereductie wanddikte = 0,02 mm/jaar/zijde, total 2,0 mm (GCW tabel 12)
 - o Wanddikte wordt uitgegaan van 9,5 mm - reductie 2,0 mm = 7,5 mm
 - Buitendiameter wordt daarmee 864 mm - 2,0 mm = 862 mm
 - Binnendiameter wordt daarmee 845 mm + 2,0 mm = 847 mm
- Er is rekening gehouden met een ontgraving tot 0,8 m onder maaiveld aan de wegzijde van het geluidsscherm.
- De onderstaande waarden zijn voor de paal aangehouden:

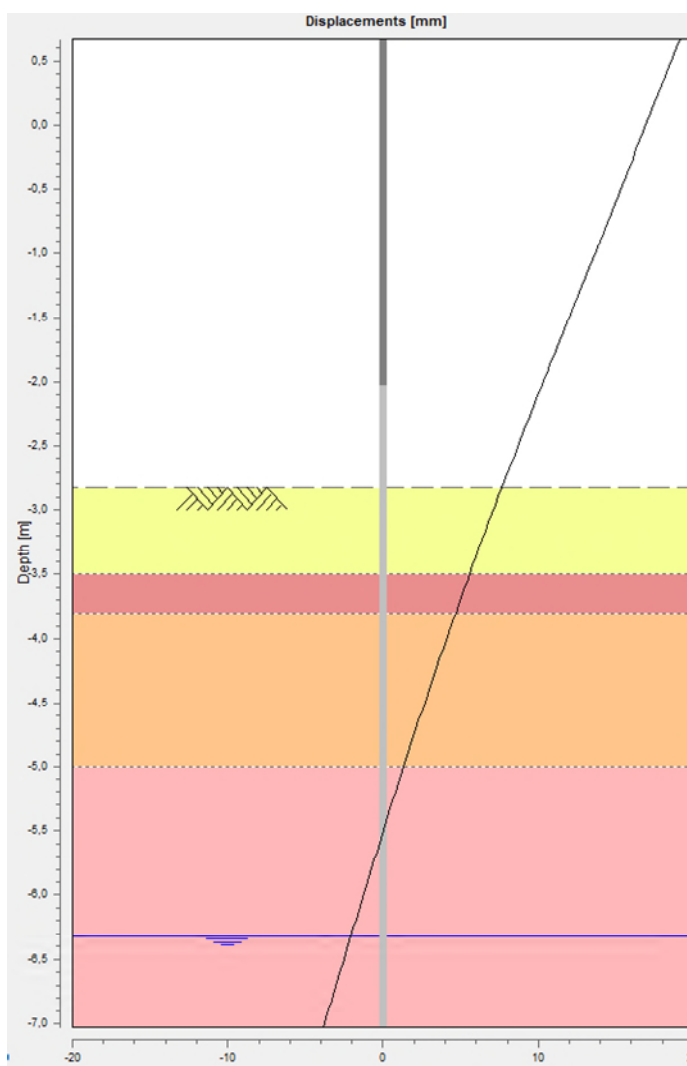
Memo

Kenmerk D90-HHO-KA-2000017

Parameter	Staalbuis 864/9,5 mm
W	4263,964 cm ³
I	1837770 cm ⁴

Berekeningsresultaten

In figuur 3 en tabel 4 zijn de D-Sheet berekeningsresultaten van de vervorming samengevat. In figuur 4 en tabel 5 zijn de D-Sheet berekeningsresultaten van de sterkte samengevat. De volledige D-Sheet berekeningsresultaten zijn bijgevoegd als bijlage 2 en 3.



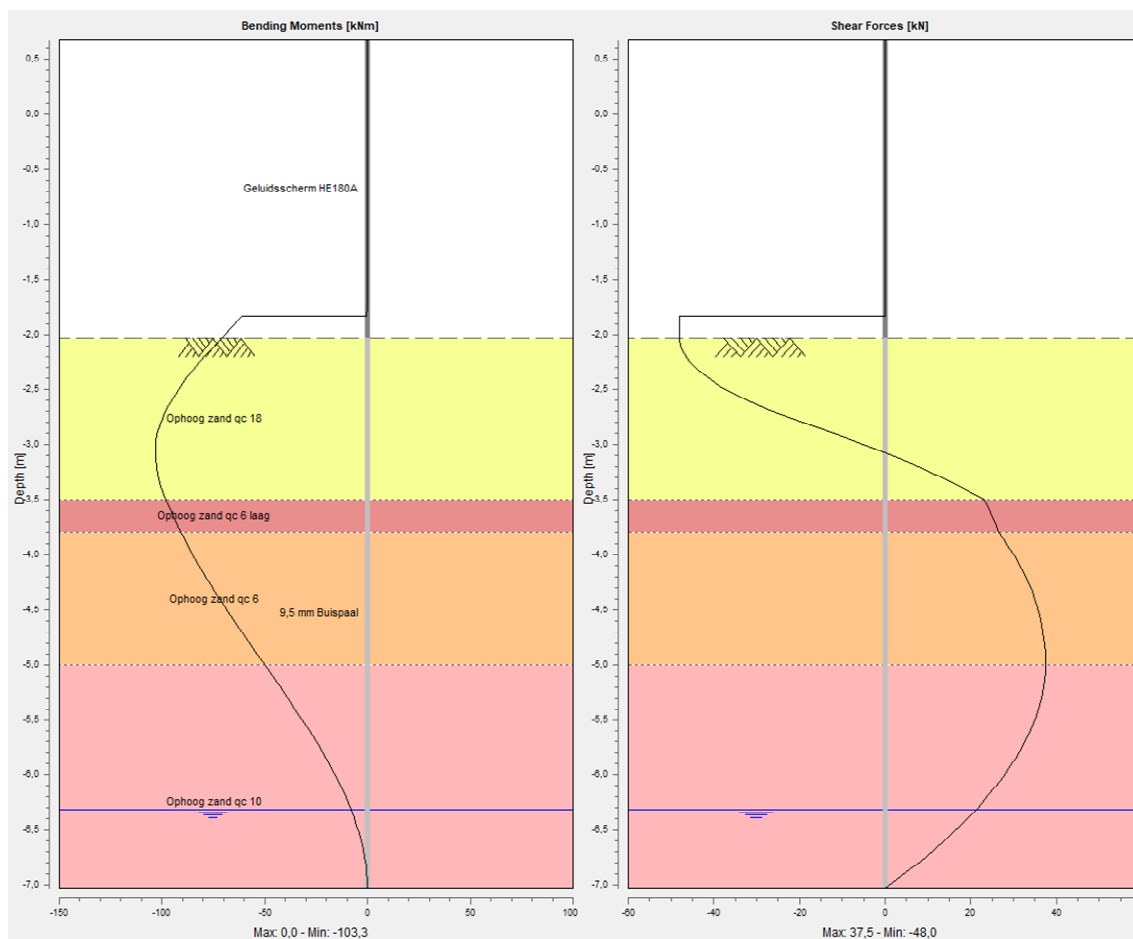
Figuur 3: D-Sheet grafiek, vervorming bij ontgraving van 0,80 m

Memo

Kenmerk D90-HHO-KA-2000017

Tabel 4 - Resultaten vervormingen (reguliere situatie in BGT)

Paal	ppn [m/NAP]	Vervorming bovenkant buispaal [mm]	Hoekverdraaiing [mm]	Vervormingseis [mm]	Beoordeling vervorming
864/9,5 mm	-7,03	10,23	8,04	20,01	Voldoet



Figuur 4: D-Sheet grafiek, sterkte

Tabel 5 - Resultaten sterkte (UGT)

Paal	Max moment [kNm]	Max. dwarskracht [kN]	Max. toelaatbaar moment [kNm]	Beoordeling sterkte
864/9,5 mm	103,3	48	1002	Voldoet

De maximale vervormingen zijn beperkt en voldoen aan de gestelde vervormingseis. De hoekverdraaiing is $3,216 \cdot 10^{-3}$ rad;

Het maximaal opneembaar moment is 1002 kNm.

Unitycheck sterkte: $103,3 / 1002 = 0,1 < 1,0$ is voldoende

Unitycheck vervorming: $16,65 / 20,1 = 0,91 < 1,0$ is voldoende

Memo

Kenmerk D90-HHO-KA-2000017

Opmerking:

Kanttekening is dat de buispaal in de aardebaan gefundeerd dient te worden. Hierbij beweegt de onderkant van de paal ca. 4 mm (zie figuur 3) waar het eigenlijk ingeklemd zou moeten zijn.

Verticale draagkracht

De verticale belasting op de funderingspalen is gering. Gezien de grondslag en de toegepaste fundering wordt de verticale draagkracht ruim voldoende geacht en wordt verder niet rekentechnisch getoetst.

Conclusie

De geluidsschermen worden op open stalen buispalen gefundeerd. De voorgestelde paalafmeting is 864/9,5 mm ($\varnothing_{\text{schacht}}$, wanddikte) is voldoende bevonden bij de paallengte van 5,0 m vanaf maaiveld.

Hessel Hooijmaaijer
Adviseur geotechniek

Bijlage 1: Bodemonderzoek

Bijlage 2: D-Sheet Piling berekening BGT met ontgraving -0,8 m

Bijlage 3: D-Sheet Piling berekening UGT

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Project : Geluidsschermer A12

bijlage D

Betreft : Geluidsschermer A12
te
WADDINXVEEN

Opdrachtgever : CV Park Triangel
T.a.v. Dhr. A. Mies
Tweede Bloksweg 38a
2742 KK WADDINXVEEN
NL

Behandeld door : R. Smit - van den Bos (0885130235)

Kenmerk : R2000636-01

Datum : 20 april 2020

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Correspondentieadres:	Albert Plesmanweg 47 3088 GB Rotterdam	Telefoonnummer: +31(0)88-5130200
Hoofdkantoor Rotterdam	Albert Plesmanweg 47 3088 GB Rotterdam	
Vestiging Helmond	Vossenbeemd 90B 5705 CL Helmond	
Vestiging Almelo	Het Wendelgoor 13 7604 PJ Almelo	
Vestiging Amsterdam	Pleimuiden 8B 1046 AG Amsterdam	
Vestiging Suriname	Ds Martin Luther Kingweg 150 District Wanica Suriname	Tel. +597-488188

1. ONDERZOEKSOPDRACHT

Ten behoeve van bovengenoemd project hebben wij in uw opdracht een grondonderzoek uitgevoerd. De opdracht omvatte de volgende werkzaamheden:

- Bureauwerkzaamheden waaronder KLIC-melding en interpretatie.
- 13 locaties uitzetten en waterpassen t.o.v. RD en NAP.
- 13 sonderingen tot een diepte van maaiveld -25 meter, inclusief meting van de plaatselijke wrijving, uitgevoerd in de nacht.
- 13 kernboringen tot een diepte van maximaal maaiveld -0,30 meter
- Het organiseren van verkeersmaatregelen, en overleg met bevoegd gezag omtrent werkzaamheden op de vluchtstrook.

2. UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

Landmeten

Voor de uitvoering van dit onderzoek heeft de opdrachtgever ons een tekening ter beschikking gesteld.

Aan de hand van de verstrekte tekening heeft Mos Grondmechanica een KLIC-melding gedaan. De onderzoekslocaties zijn met behulp van GPS-RTK apparatuur in het veld uitgezet en gewaterpast. De onderzoekslocaties zijn op tekening weergegeven en in dit rapport opgenomen.

Sonderen

In de nachten van 14 april 2020 op 15 april 2020 en 15 april 2020 op 16 april 2020 zijn de sonderingen met de nummers 1 t/m 13 uitgevoerd tot een dieptes variërend van circa maaiveld -24 meter tot circa maaiveld -27 meter. De sonderingen zijn met een sondeerunit met een drukcapaciteit van 200 kN uitgevoerd. Bij elke sondering is per 20 mm de tijd, de diepte, de conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijving (f_s) en de helling (i) gemeten en als data opgeslagen. Tevens is het berekende wrijvingsgetal gepresenteerd.

Het wrijvingsgetal geeft nader inzicht in de aanwezige grondsoorten. Voor de in Nederland meest voorkomende, normaal geconsolideerde, grondsoorten kunnen indicatief de volgende wrijvingsgetallen worden aangehouden:

Zand: 0,5 % - 1,5 % Klei / Leem: 2% - 4% Veenvormig: 8% - 10 %

De sonderingen zijn conform klasse 3, type TE1 van de NEN-EN-ISO 22476-1 uitgevoerd.

Kernboringen

In verband met de gesloten verharding zijn in totaal 13 kernboringen met een diameter van 120 mm tot een diepte van verharding -0,65 meter uitgevoerd. Onder de asfaltlaag is een laag repac aangetroffen met van een dikte van 0,35 meter.

Verkeersmaatregelen

Ten behoeve van de uitvoering zijn conform CROW 96a (snelwegen) verkeersmaatregelen getroffen.
Dit alles in overeenstemming met Rijkswaterstaat.

Opgesteld door:

R. Smit - van den Bos (0885130235)



Gecontroleerd door:

A. de Ronde



Rotterdam, 20 april 2020

Mos Grondmechanica B.V.

Inhoud:

- **Sonderingen**
- **Coördinatenlijst**
- **Situatietekening**

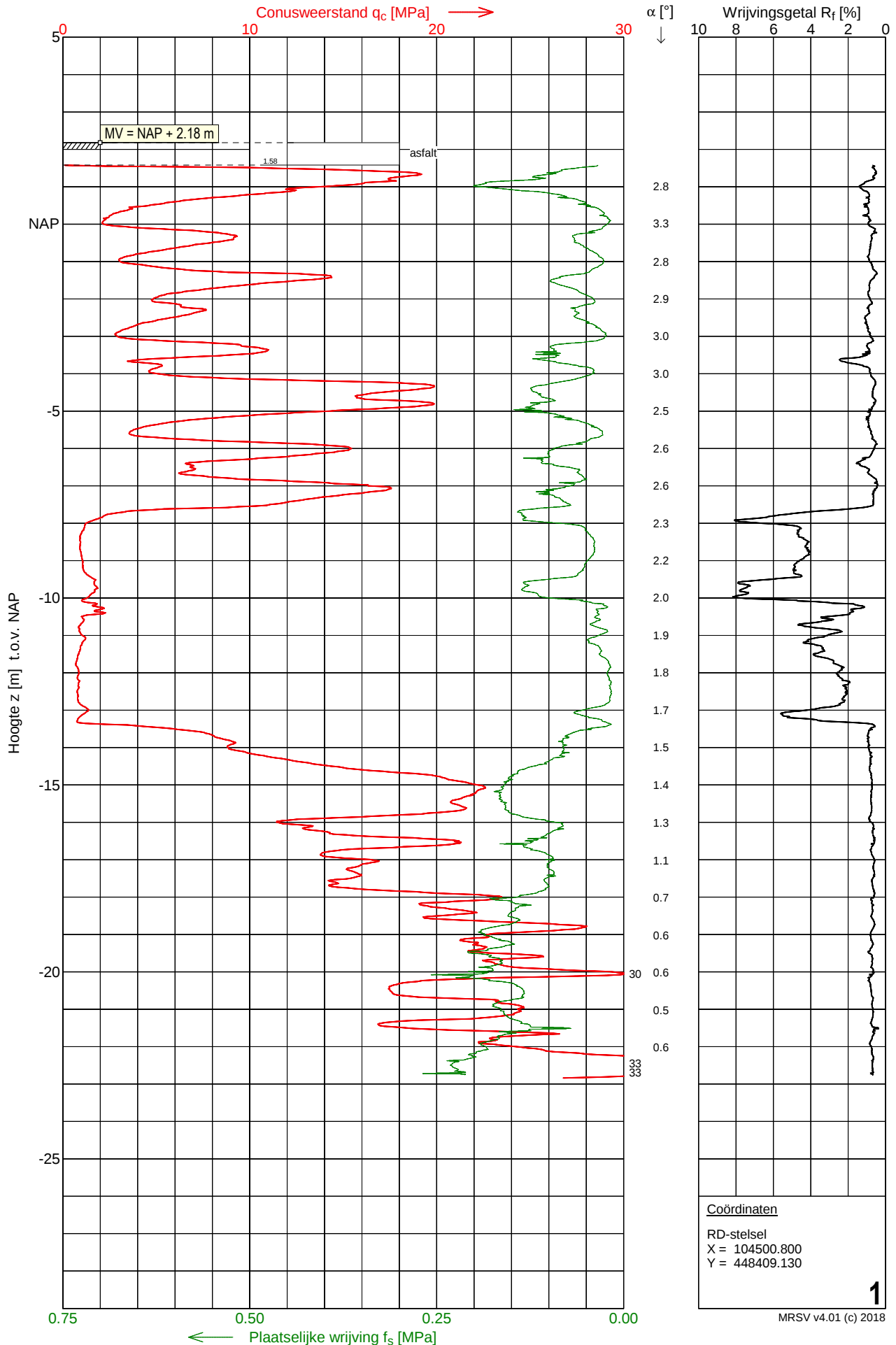
Sondering 1

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

bijlage D

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-12

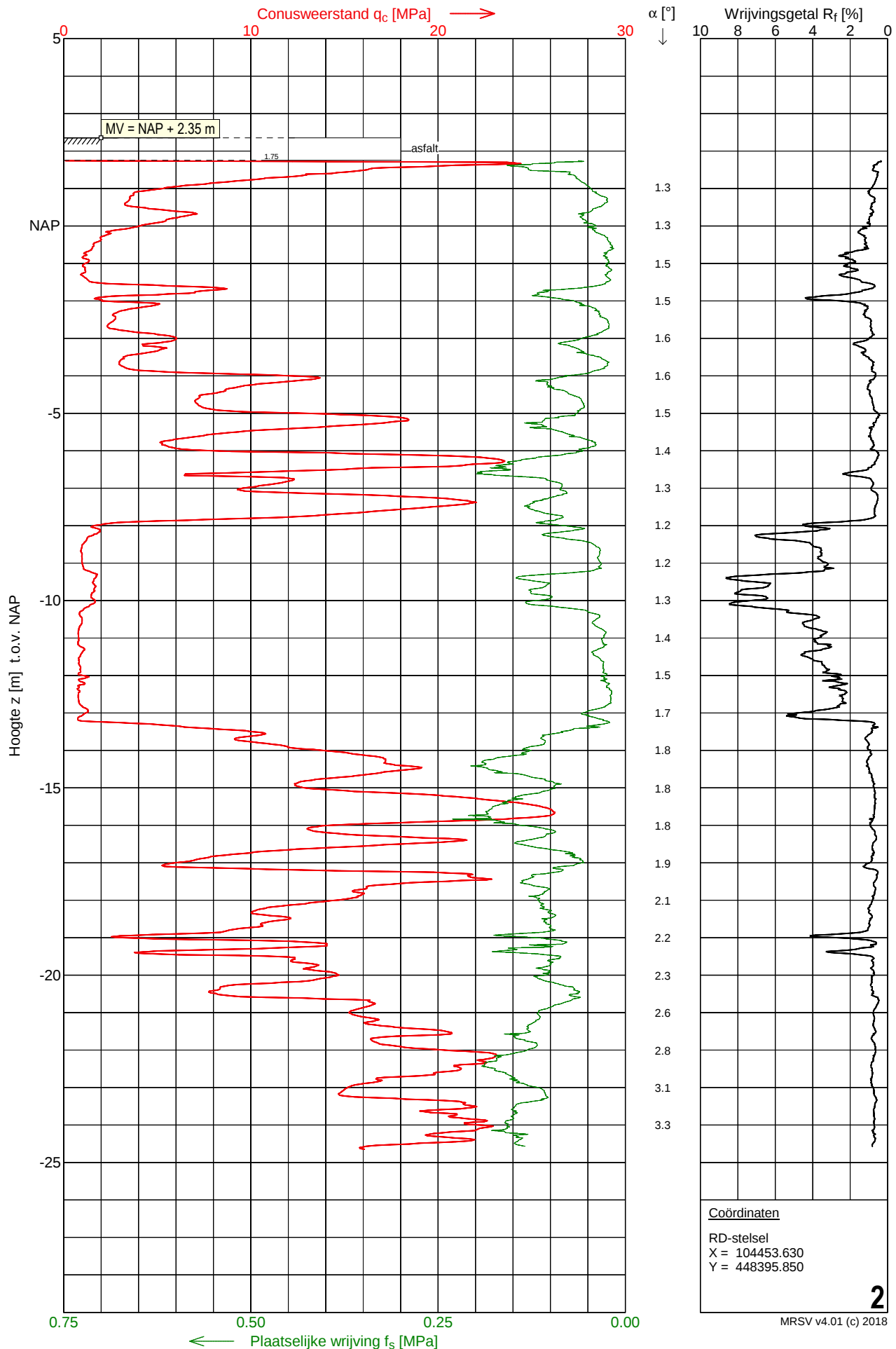
Sondering 2

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

bijlage D

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-13

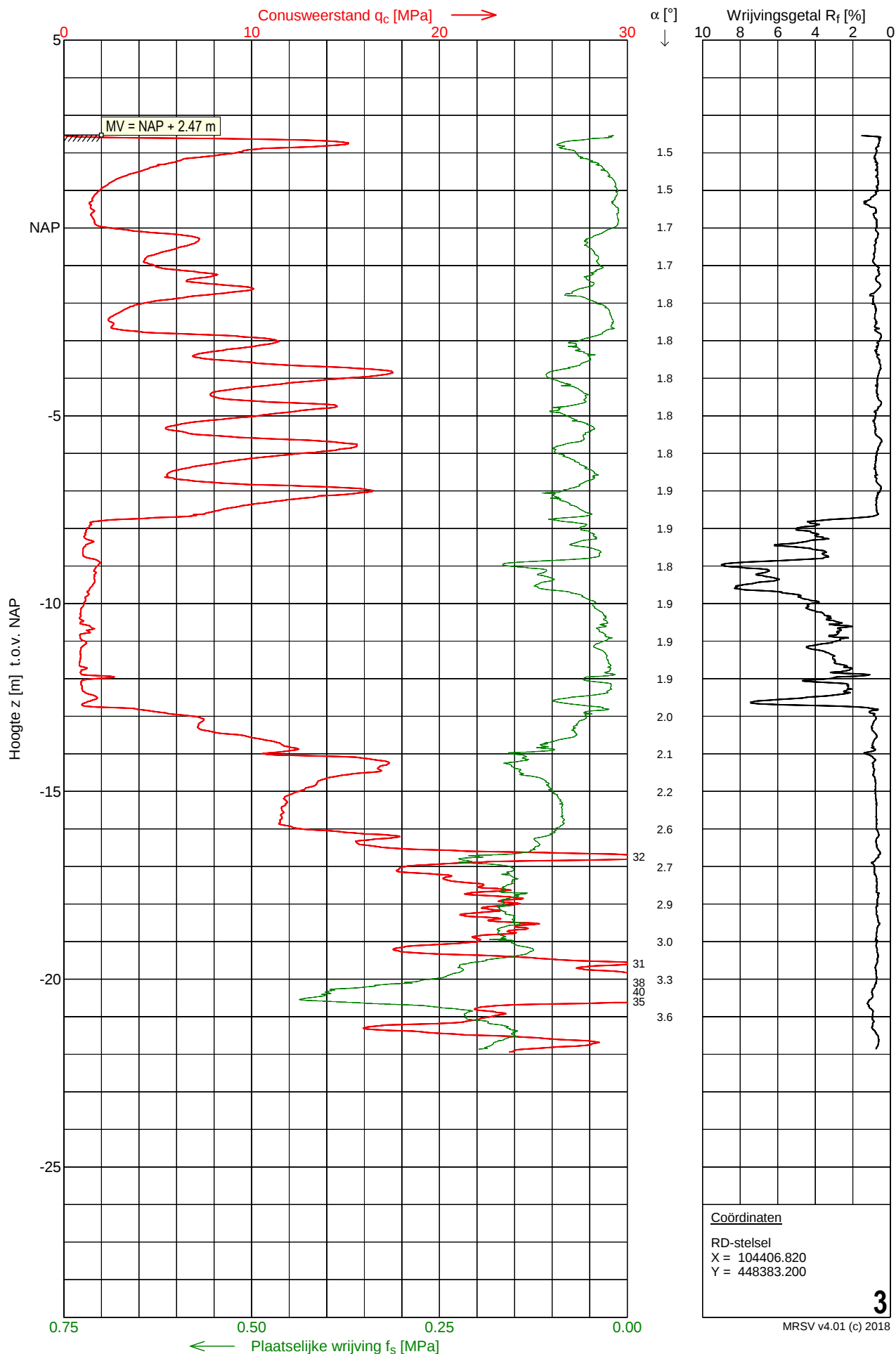
Sondering 3

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

bijlage D

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-14

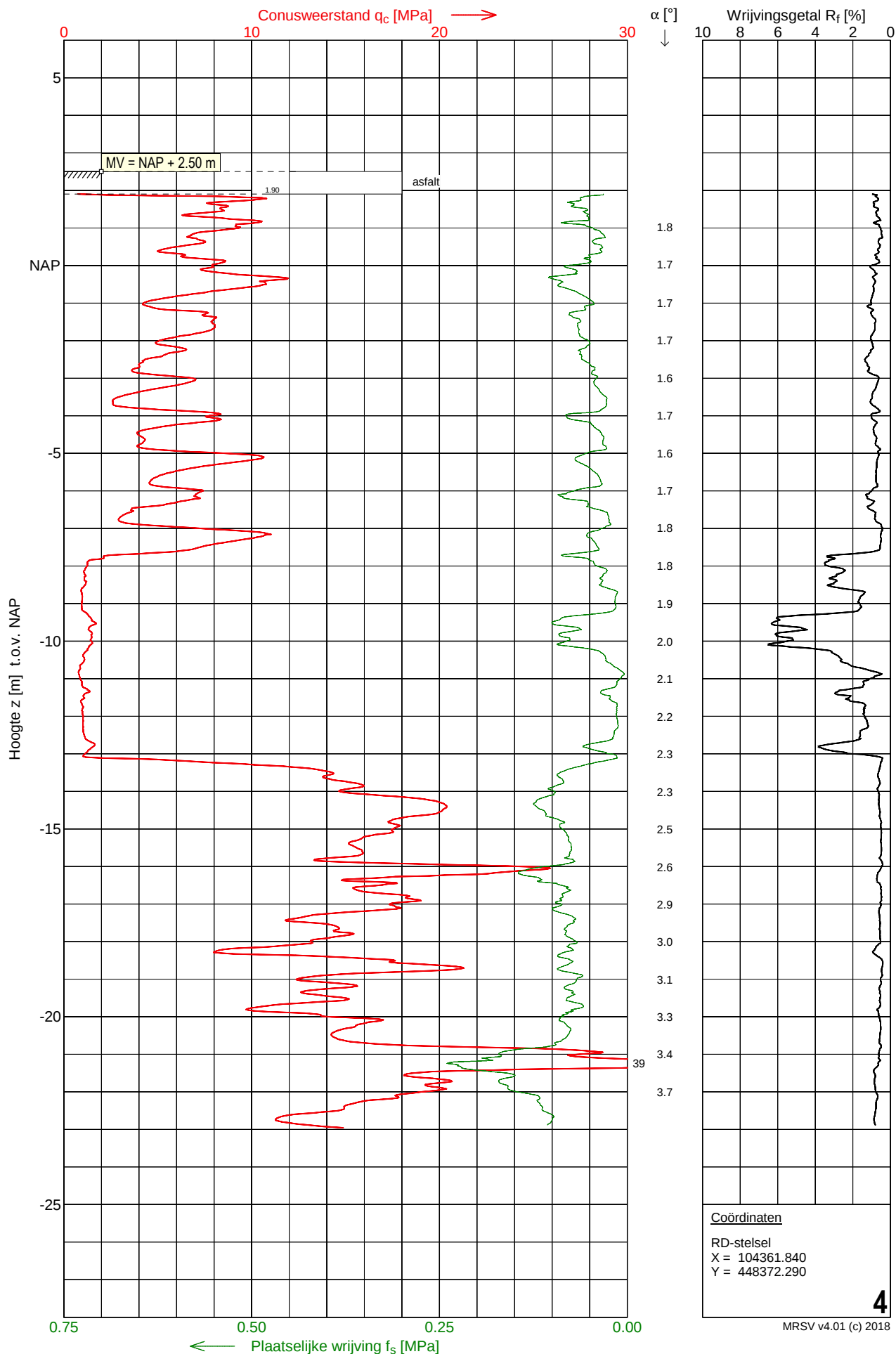
Sondering 4

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

bijlage D

Conus nummer : I-CFY-15/181122
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : 65
Blad : 1 van 1



bijlage D-15

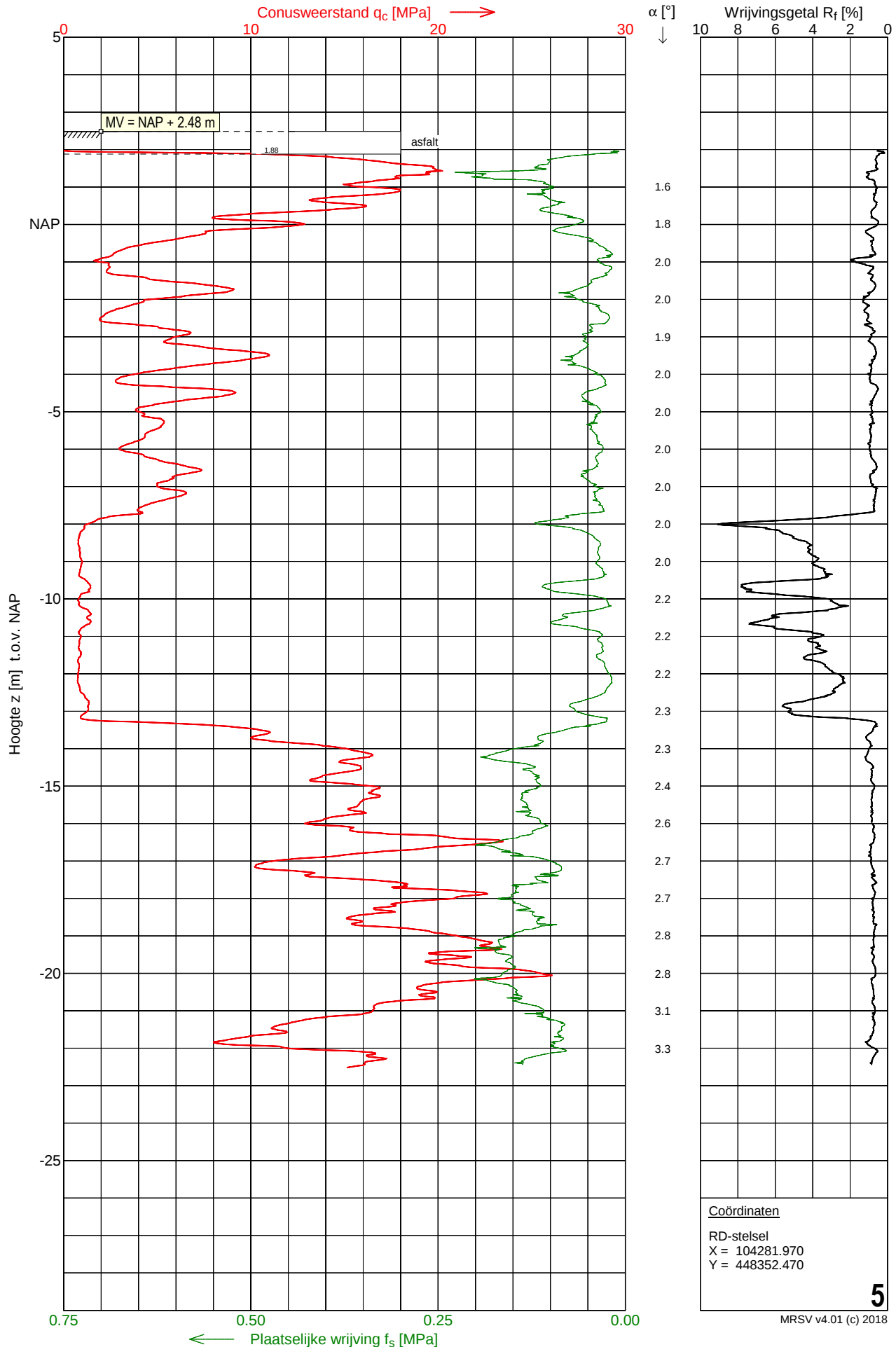
Sondering 5

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-16

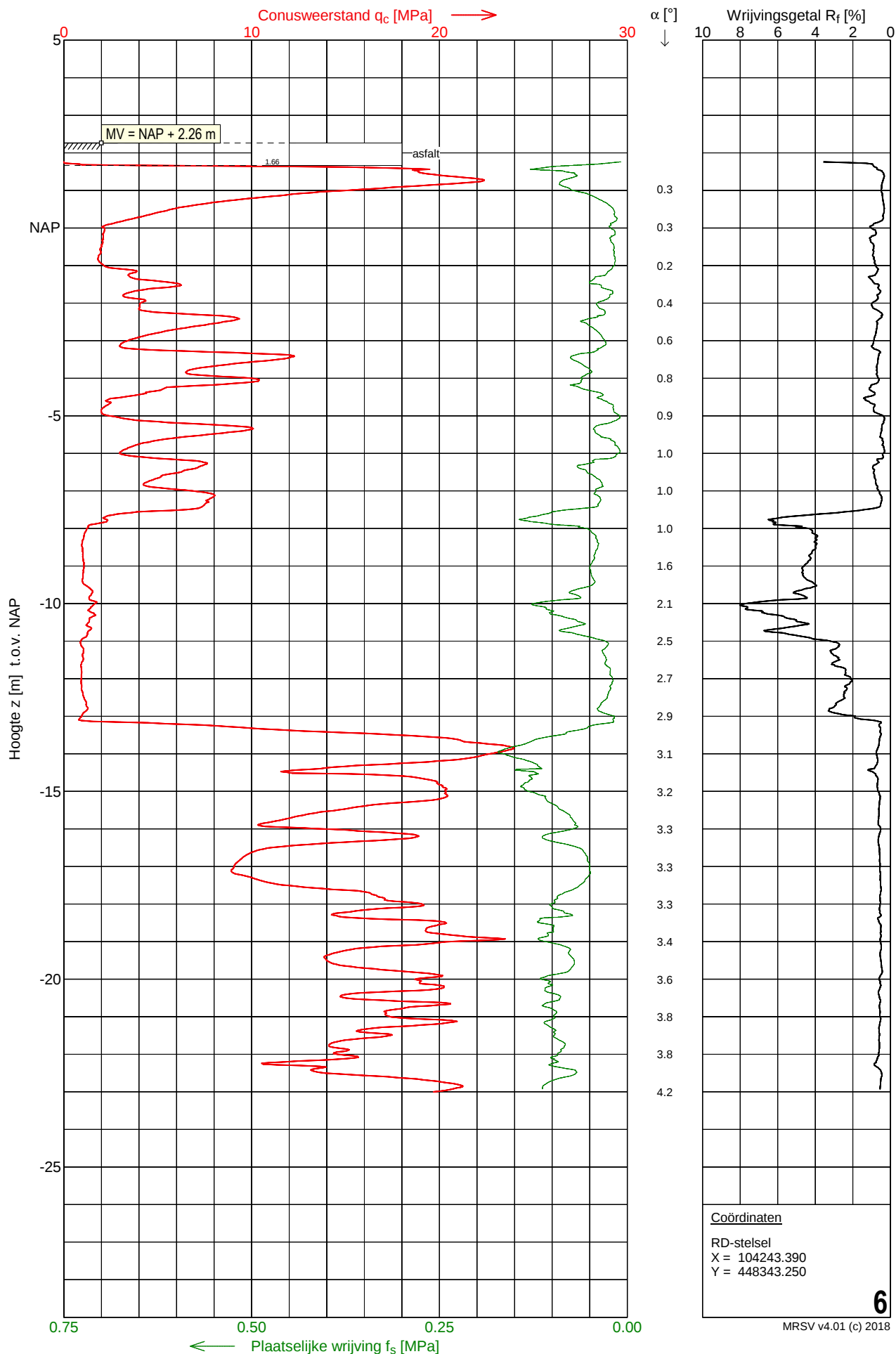
Sondering 6

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherp A12

Conus nummer : I-CFXY-15/181122
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : 65
Blad : 1 van 1



bijlage D-17

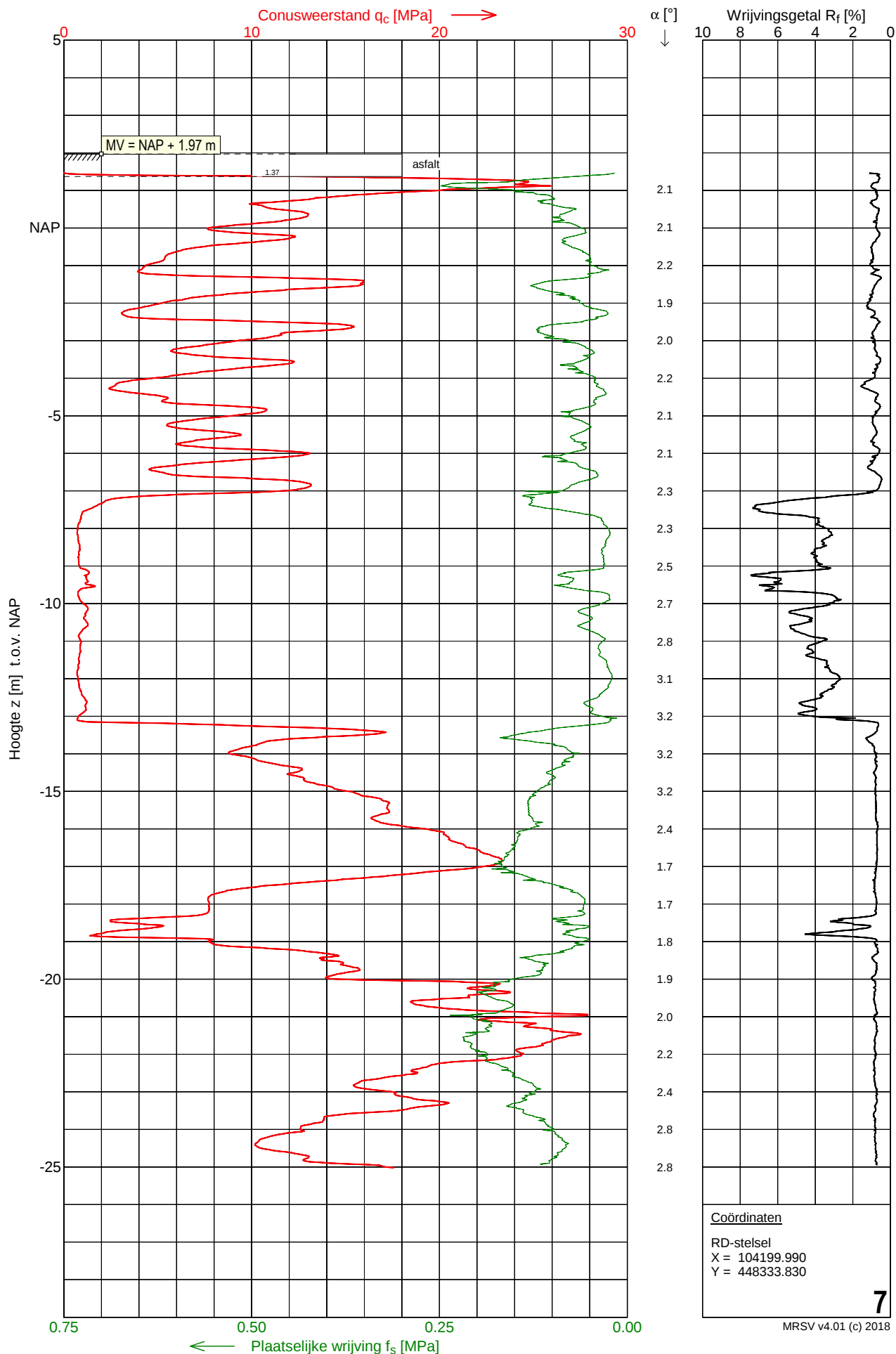
Sondering 7

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherp A12

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-18

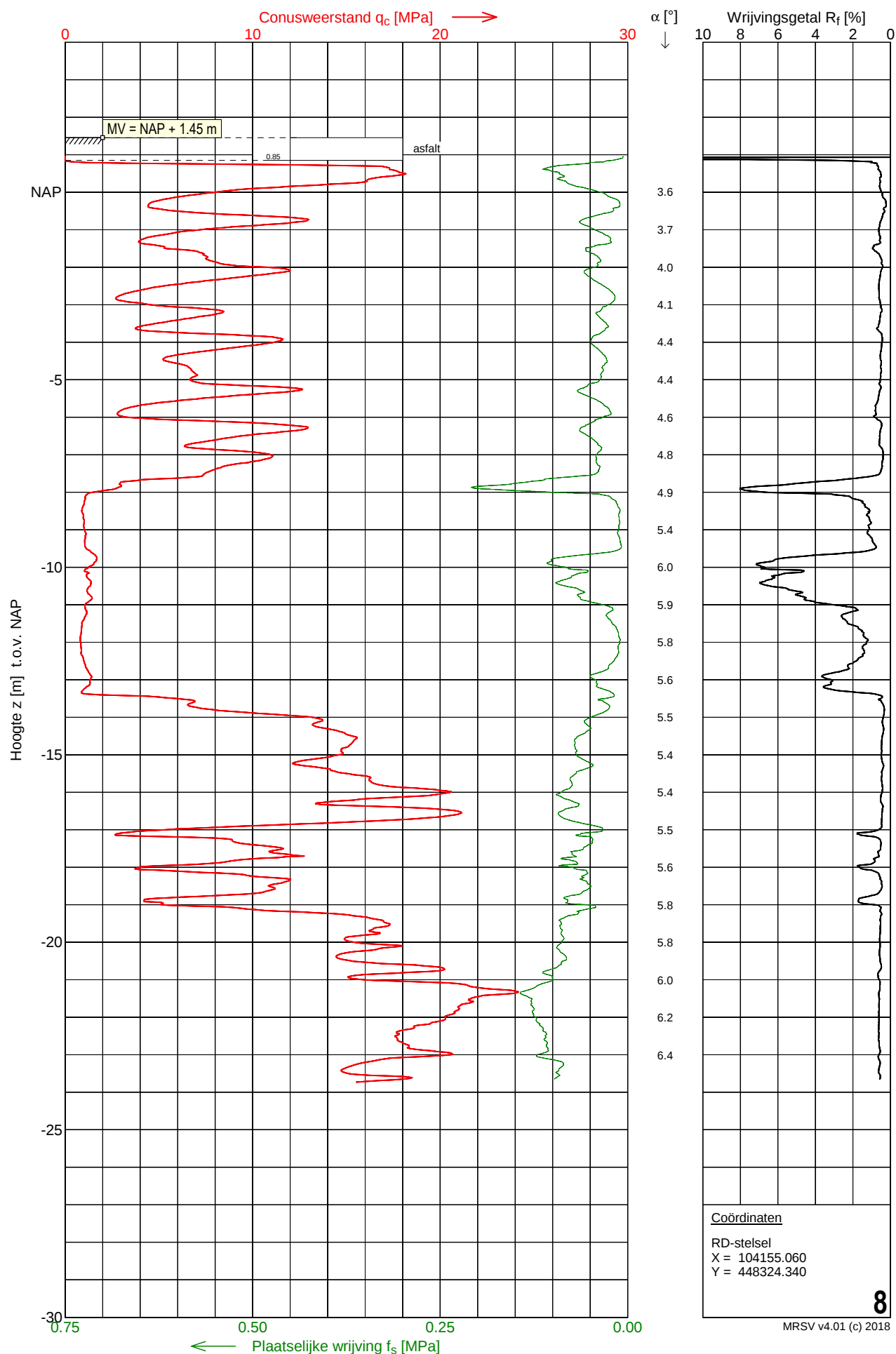
Sondering 8

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 15-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

Conus nummer : I-CFXY-15/181122
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : 65
Blad : 1 van 1



bijlage D-19

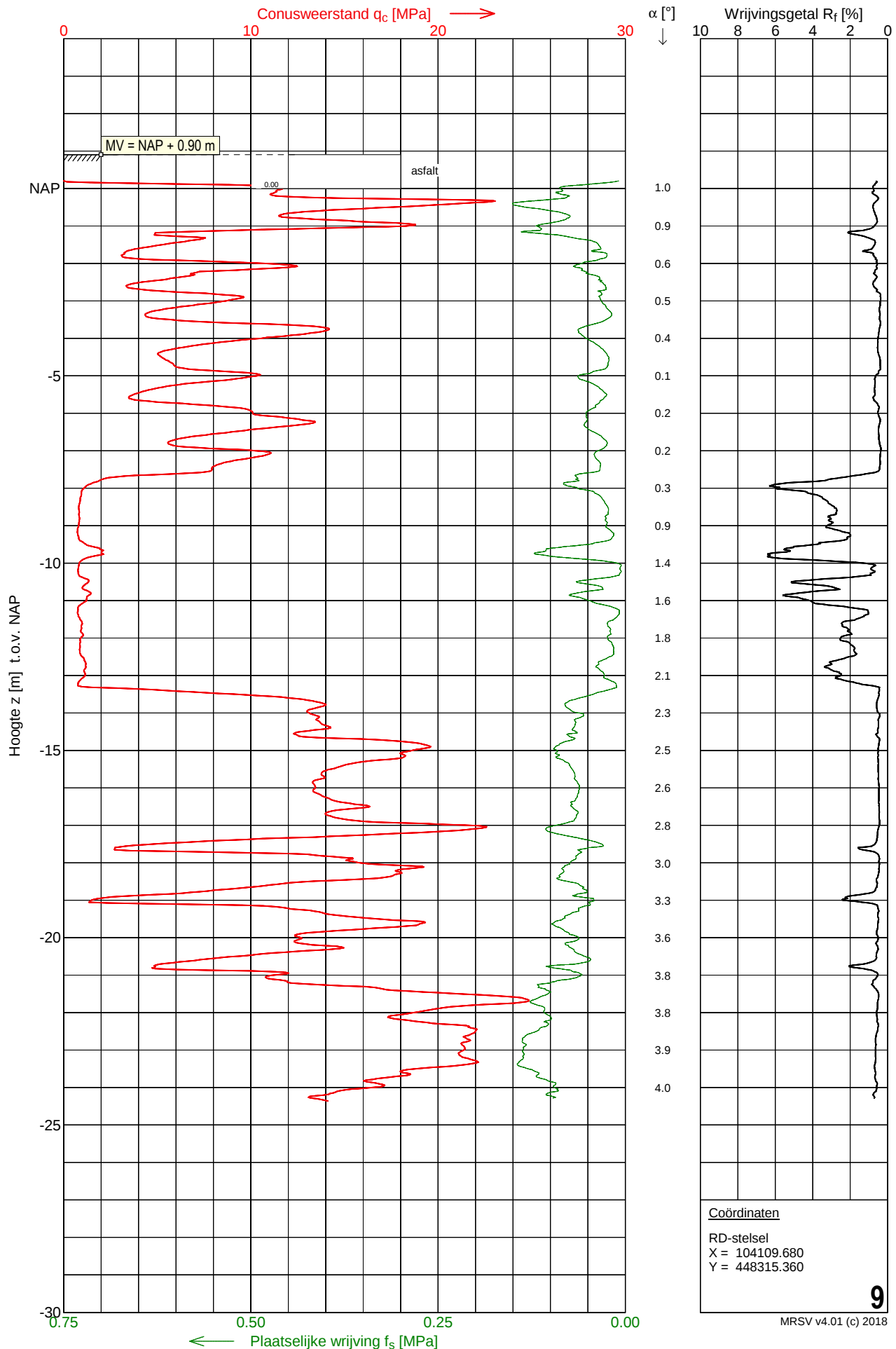
Sondering 9

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 16-04-2020
Project : Geluidsscherp A12

Conus nummer : I-CFXY-15/181122
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : 65
Blad : 1 van 1



bijlage D-20

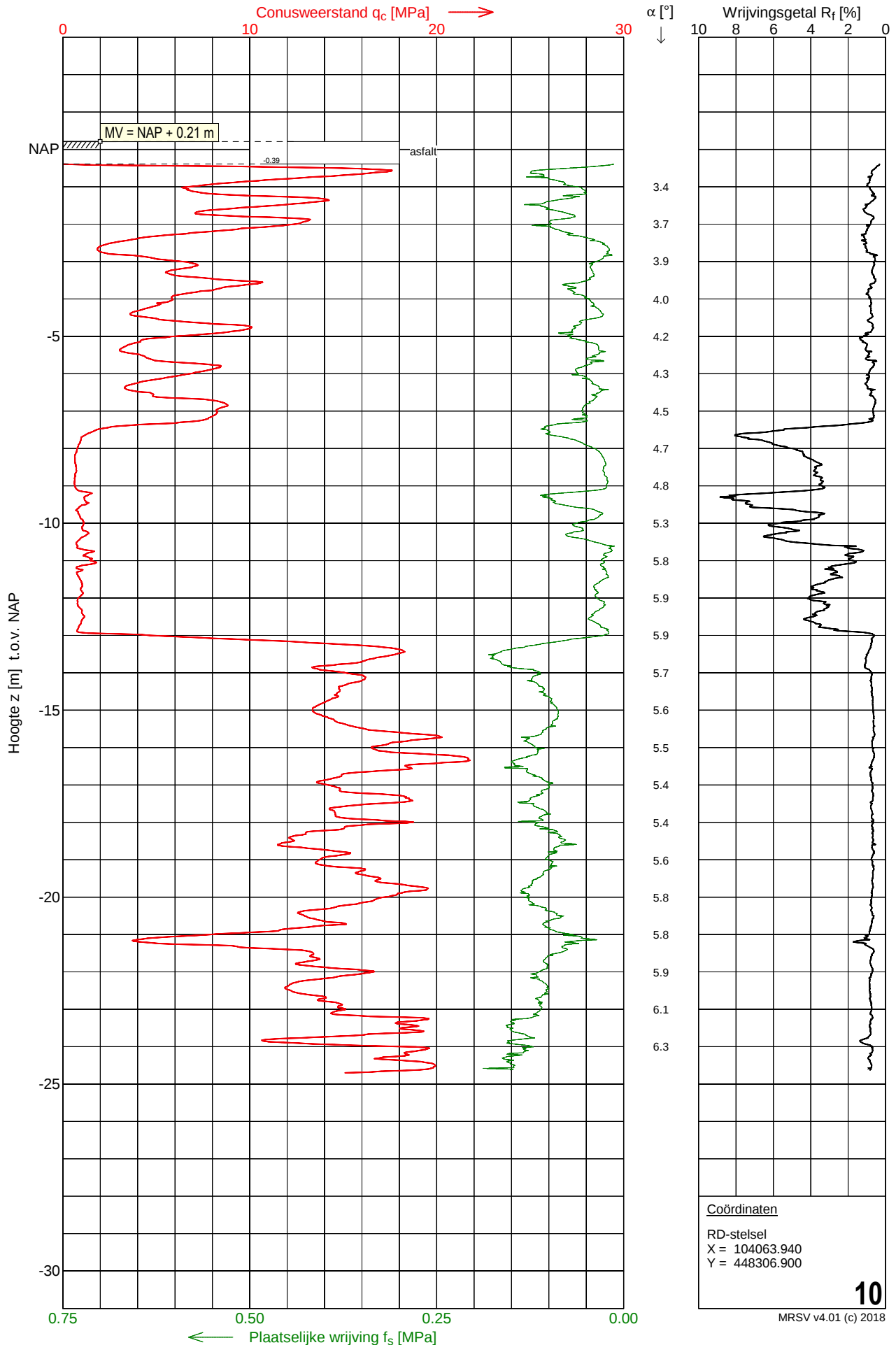
Sondering 10

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 16-04-2020
Project : Geluidsscherp A12

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-21

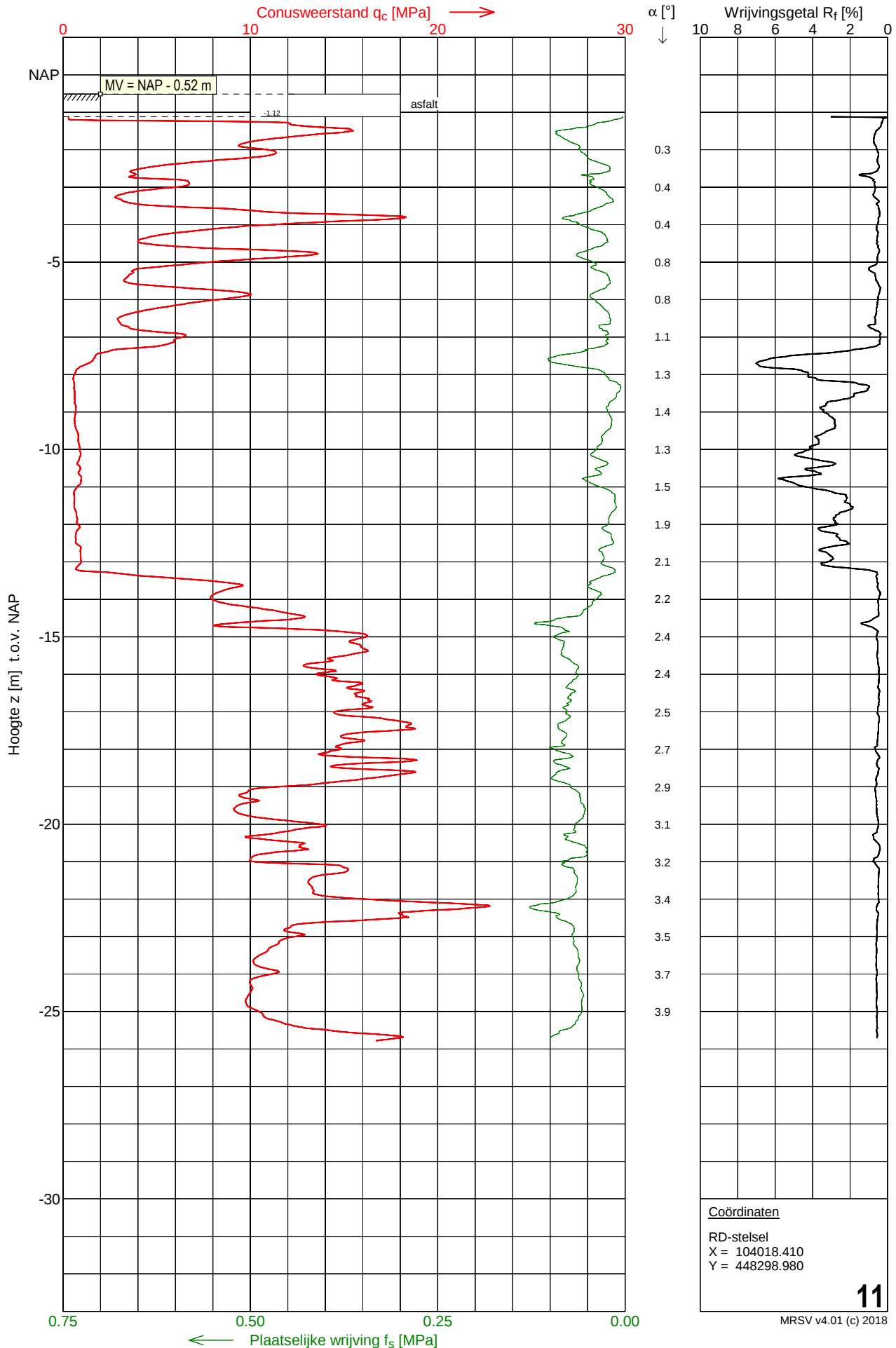
Sondering 11

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 16-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

Conus nummer : I-CFY-15/181122
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : 65
Blad : 1 van 1



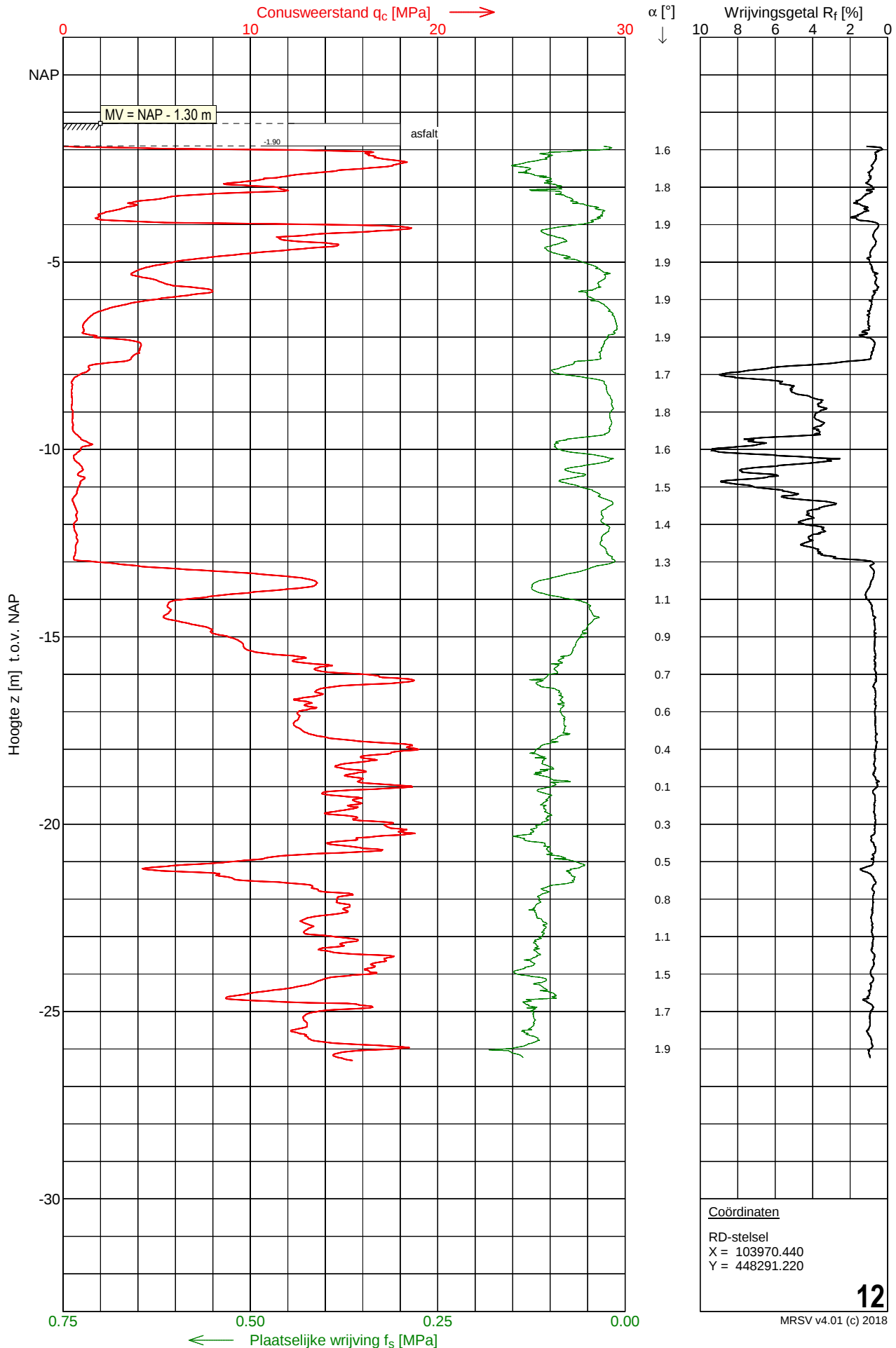
Sondering 12

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 16-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



bijlage D-23

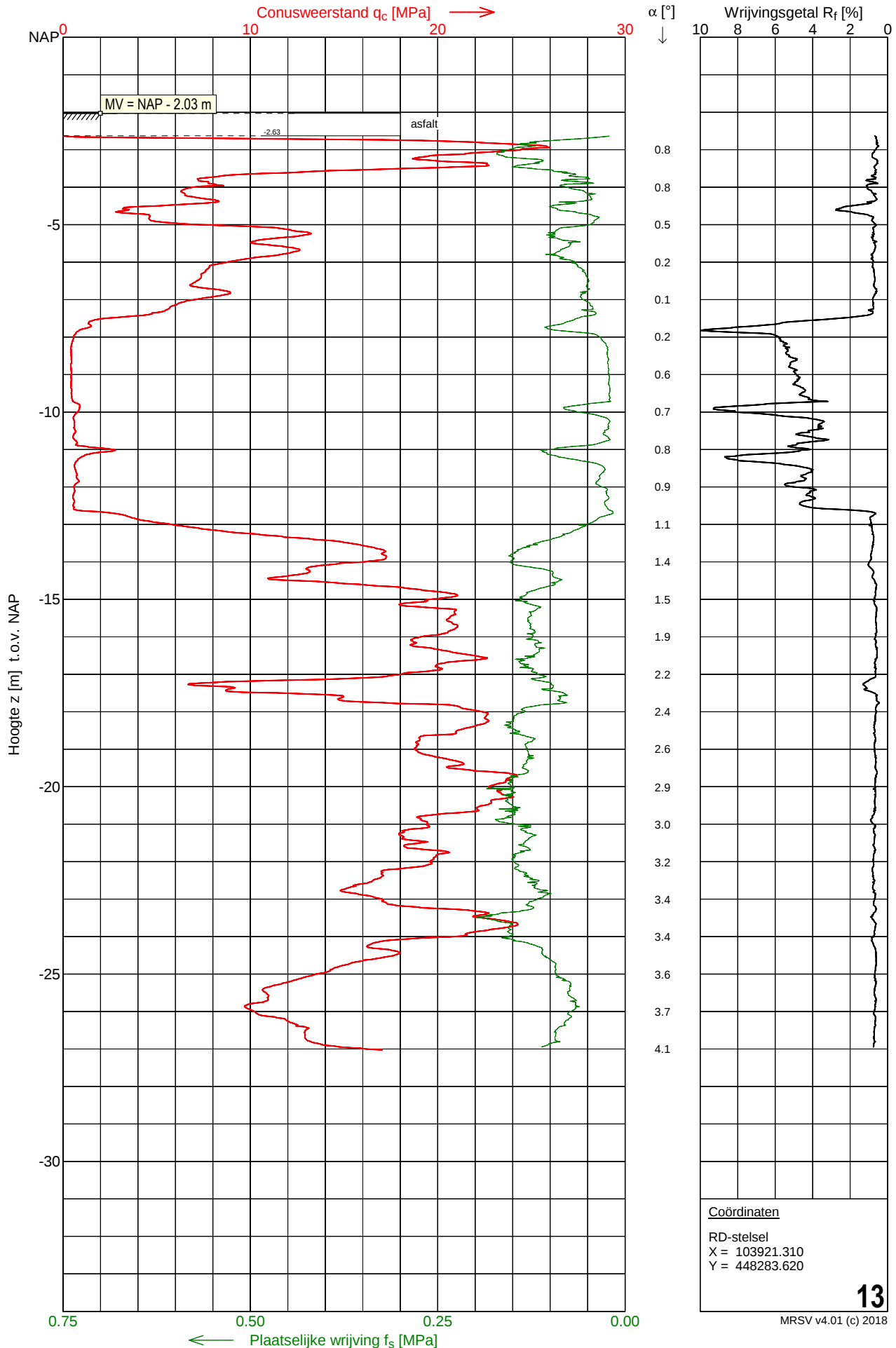
Sondering 13

bijlage D

Opdracht : 2000636
Plaats : Waddinxveen
Datum : 16-04-2020
Project : Geluidsscherm A12

Conus nummer : S15-CFII.1628
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW11
Blad : 1 van 1



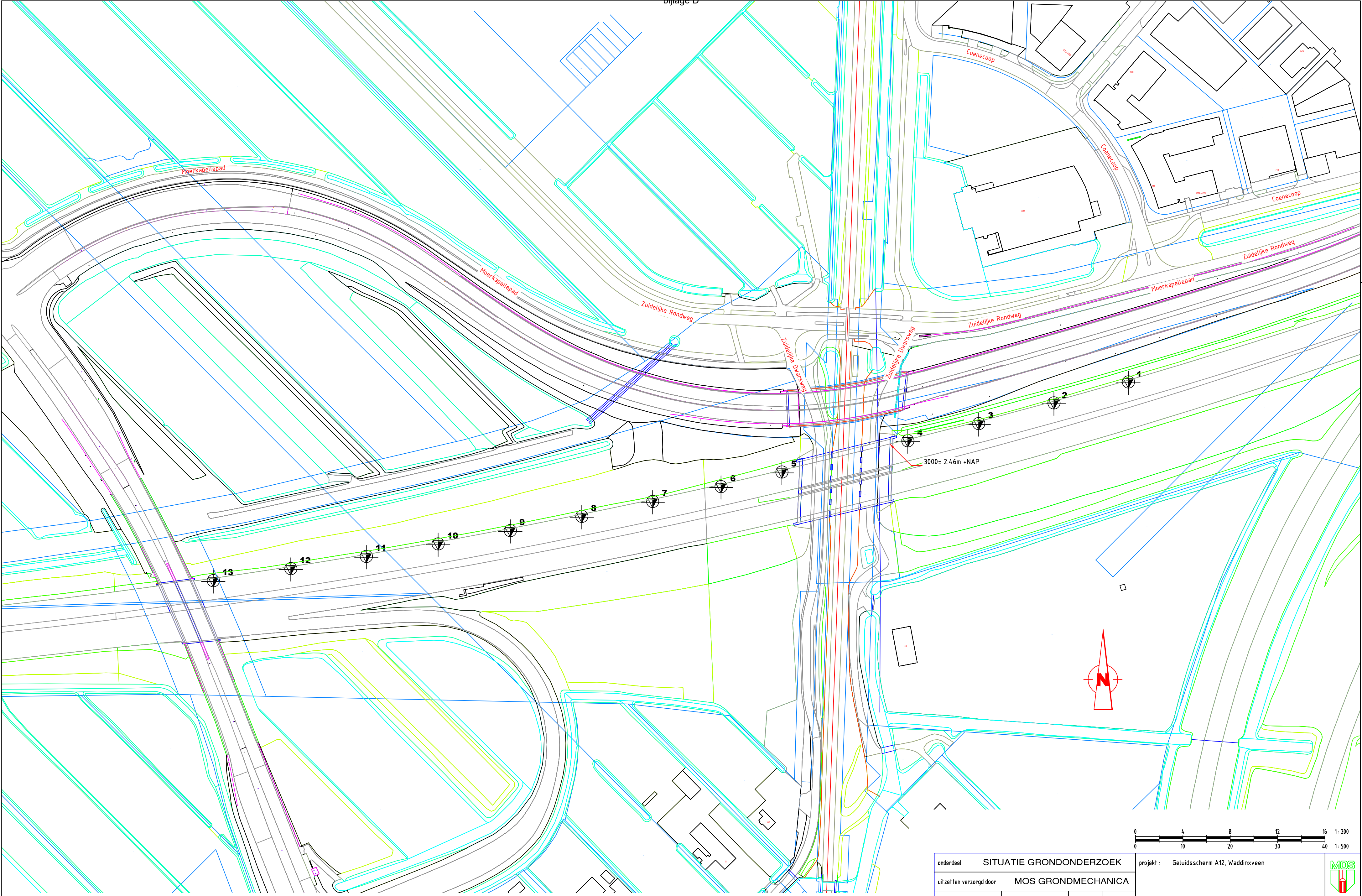
Opdr.nr. 2000636
 Plaats Waddinxveen
 Datum 14-04-2020
 Projekt Geluidsscherm A12

Meting uitgevoerd in RD stelsel

Sondeer nummer	X [m] Opgegeven	Y [m] Opgegeven	Sondeer nummer	X [m] Uitgezet	Y [m] Uitgezet	Z [m] TOV NAP	Verplaatsing sondering
1	104500.81	448414.09	1	104500.80	448409.13	2.18	4.96
2	104452.73	448400.35	2	104453.63	448395.85	2.35	4.59
3	104404.54	448387.50	3	104406.82	448383.20	2.47	4.87
4	104357.57	448376.09	4	104361.84	448372.29	2.50	5.71
5	104286.38	448358.63	5	104281.97	448352.47	2.48	7.58
6	104244.64	448348.08	6	104243.39	448343.25	2.26	4.99
7	104199.35	448338.10	7	104199.99	448333.83	1.97	4.32
8	104153.97	448328.54	8	104155.06	448324.34	1.45	4.34
9	104108.48	448319.59	9	104109.68	448315.36	0.90	4.40
10	104062.89	448311.12	10	104063.94	448306.90	0.21	4.34
11	104017.21	448303.12	11	104018.41	448298.98	-0.52	4.31
12	103971.45	448295.67	12	103970.44	448291.22	-1.30	4.57
13	103931.31	448289.61	13	103921.31	448283.62	-2.03	11.66

Meetpunt nummer	X [m] Opgemeten	Y [m] Opgemeten	Z [m] TOV NAP	Opmerking
3000	104349.80	448370.20	2.46	hoek viaduct

Naam vast punt -
 Hoogte vast punt -
 Opgegeven door Rijkswaterstaat
 Gewaterpast door M. Blaak
 Datum waterpassing 14-04-2020
 Omschrijving vast punt Meting uitgevoerd met Leica RTK GPS systeem



- Sondering
- Sondering met pl.wrijving
- Boring
- Peilbuis

onderdeel SITUATIE GRONDONDERZOEK				 MOS GRONDMECHANICA Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam - Telefoon (088) 5130200
uitgevoerd door MOS GRONDMECHANICA				
schaal 1: 1500	maten in meters	get. c.s.		
datum 16-04-20	opdr.nr.: 2000636			
wijz.	Formaat : A2			

project : Geluidsscherp A12, Waddinxveen
 0 4 8 12 16 1:200
 0 10 20 30 40 1:500

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Hieronder treft u de dienstverlening van Mos Grondmechanica b.v. aan. Voor specifieke diensten die niet direct in het overzicht terug zijn te vinden kunt u uiteraard vrijblijvend contact met ons opnemen.



VELDWERK

Sonderen op land, water en in beperkte ruimte, elektrisch, waterspanning, dissipatie, seismisch, magnetisch, geleidbaarheid, Bolconus, T-bar en slagsonderen

Geotechnisch boren en (on)geroerde monsternamen
Peilbuizen en waterspanningsmeters plaatsen
X, Y en Z metingen en Lintvoegmetingen
Plaattedruk-, CBR- en CPM proeven
In situ doorlatenheidspoeven

LABORATORIUM

Classificatie proeven (o.a. vol. gewicht, KVD, PI)
Samendrukkingsproeven (Oedometer en CRS)
Triaxiaalproeven
DS en DSS-proeven
Doorlatenheidspoeven
Dichtheidsbepaling (Proctor en CBR)
Cementbentoniet onderzoek

GEOMONITORING

Deformatiemeting (inclino- en extensometing)
(Grond)waterspanningsmeting
Zettingsmonitoring
Trillingsmonitoring (SBR)
Akoestisch doormeten van palen (CUR 109)
Online meetgegevens via portal

MILIEU (MOS MILIEU B.V.)

Verkennd-, nader- en saneringsonderzoek
Partijkeuringen besluit bodemkwaliteit (Bbk)
Saneringsbegeleiding. Waterbodemonderzoek.
Vergunning aanvragen.
2nd Opinion / Contra-Expertise Bodemonderzoeken.

GEOTECHNISCH ADVIES

Paalfundering
Fundering op staal
Grondkerende constructies
Bouwputontwerp
Omgevingsbeïnvloeding (Plaxis)
Zettingsanalyse (bouwrijp maken, opslagtanks)
Taludstabiliteit
Tankbouwadvies
Trillingsprognose
Schade expertise
Review en 2nd Opinion

GEOHYDROLOGISCH ADVIES

Bemalingen (incl. retourbemalingen)
Vergunningsaanvragen
Pompproeven
Omgekeerde Osmose
Barrièrewerking
Drainage
Infiltratie hemelwater

BEMALINGEN (MOS GRONDWATERTECHNIEK)

Bronbemaling
Ondergrondse energie-opslag
Pomp- en leidingsystemen
Brandputten

OVERIG

Uitvoeringsbegeleiding

Meer weten? Bezoek onze website www.mosgeo.com
Vragen? Mail ons op info@mosgeo.com
Offerte aanvragen? Mail ons op offerte@mosgeo.com

Mos Grondmechanica opereert structureel vanuit 5 vestigingen in Nederland en in Suriname. Via het zusterbedrijf Mosgeo b.v. worden wereldwijd projecten uitgevoerd, daar waar onze specifieke kennis en ervaring wordt gevraagd.

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Correspondentieadres :	Albert Plesmanweg 47, 3088 GB, Rotterdam	Centraal telefoonnummer :	+31(0)88-5130200
Hoofdkantoor	Albert Plesmanweg 47	3088 GB	Rotterdam
Vestiging Helmond	Vossenbeemd 90B	5705 CL	Helmond
Vestiging Almelo	Het Wendelgoor 13	7604 PJ	Almelo
Vestiging Amsterdam	Pleimuiden 8B	1046 AG	Amsterdam
Mosgeo B.V.	Albert Plesmanweg 47	3088 GB	Rotterdam
Vestiging Suriname	Ds Martin Luther Kingweg 150	District Wanica	Suriname



Report for D-Sheet Piling 19.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 5/22/2020
Time of report: 11:01:24 AM
Report with version: 19.2.2.25348

Date of calculation: 5/22/2020
Time of calculation: 10:35:53 AM
Calculated with version: 19.2.2.25348

File name: C:\.\Dsheets\A12 - S13 - paal-7,03-9,5mm BGT rechts ontgr. lagen

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview of Maxima	3
3 Input Data	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Pile Properties	4
3.2.1 General Properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum Allowable Moments	4
3.3 Outline	5
3.4 Normal Forces	5
3.5 Horizontal Forces	5
3.6 Moments	5
3.7 Water Level	5
3.8 Surface	5
3.9 Soil Material Properties	5
3.10 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen	6
3.11 Modulus of Subgrade Reaction	6
4 Calculation Results	7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	7
4.2 Moments, Forces and Displacements	7
4.3 Charts of Stresses	10
4.4 Stresses	10

2 Summary

2.1 Overview of Maxima

Displacement	Moment	Shear force	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance
[mm]	[kNm]	[kN]	[%]	[%]
19,1	-99,34	47,56	0,0	7,1

3 Input Data

3.1 General Input Data

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

3.2 Pile Properties

Length	7,70 m
Level top side	0,67 m
Number of sections	2

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
Geluidsscherf ...	-2,03	0,67	Steel	1,00
9,5 mm Buispaal	-7,03	-2,03	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

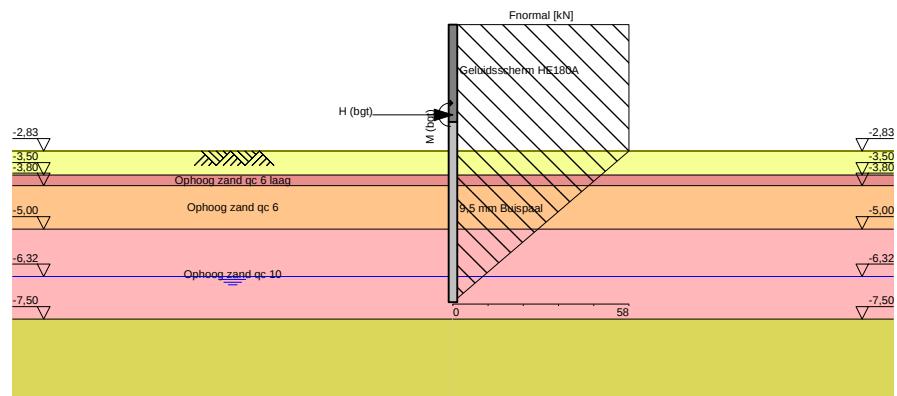
Section name	Elastic stiffness EI [kNm ²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
Geluidsscherf ...	4,3000E+07	1,00	4,3000E+07	
9,5 mm Buispaal	3,8593E+05	1,00	3,8593E+05	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
Geluidsscherf ...	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00
9,5 mm Buispaal	1002,00	0,50	1,00	1,00	501,00

3.3 Outline

Outline



3.4 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]
N (bgt)	58,20	58,20	58,20	0,00

3.5 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
H (bgt)	-1,83	34,00

3.6 Moments

Name	Level [m]	Moment [kNm]
M (bgt)	-1,83	-43,30

3.7 Water Level

Water level: -6,32 [m]

3.8 Surface

Surface level: -2,83 [m]

3.9 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
Ophoog zand q...	-2,03	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Ophoog zand q...	-3,50	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Ophoog zand q...	-3,80	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Ophoog zand q...	-5,00	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Klei, slap	-7,50	14,00	14,00	3,00	17,50	Yes
Zand, matig	-12,70	19,00	21,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Ophoog zand q...	-2,03	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00
Ophoog zand q...	-3,50	0,00	0,00	5,79	0,00	0,00
Ophoog zand q...	-3,80	0,00	0,00	6,60	0,00	0,00
Ophoog zand q...	-5,00	0,00	0,00	8,20	0,00	0,00
Klei, slap	-7,50	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00
Zand, matig	-12,70	0,00	0,00	211,33	0,00	0,00

3.10 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m ²]
Ophoog zand q...	-2,03	0,00
Ophoog zand q...	-3,50	0,00
Ophoog zand q...	-3,80	0,00
Ophoog zand q...	-5,00	0,00
Klei, slap	-7,50	13,49
Zand, matig	-12,70	0,00

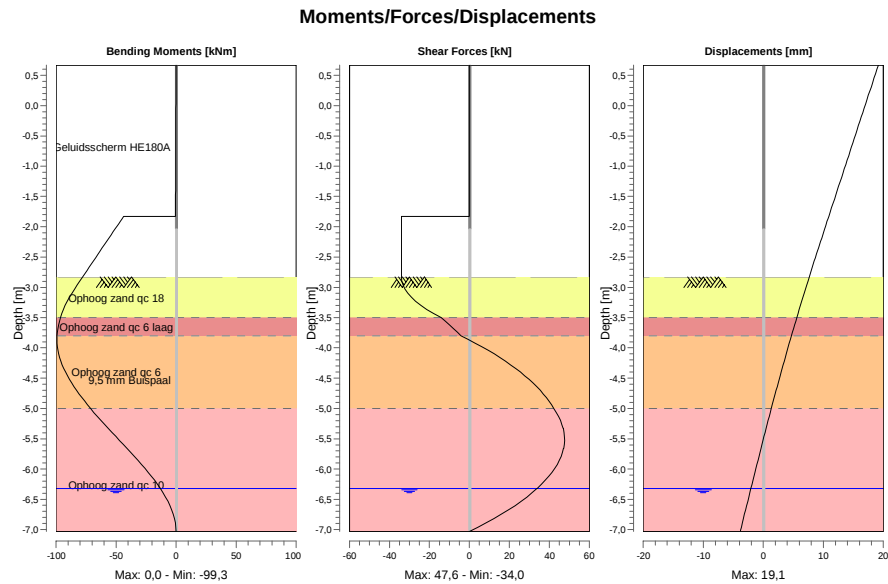
3.11 Modulus of Subgrade Reaction

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]
Ophoog zand q...	-2,03	No	n.a.	n.a.	25000,00	25000,00
Ophoog zand q...	-3,50	No	n.a.	n.a.	6500,00	6500,00
Ophoog zand q...	-3,80	No	n.a.	n.a.	13000,00	13000,00
Ophoog zand q...	-5,00	No	n.a.	n.a.	16000,00	16000,00
Klei, slap	-7,50	No	n.a.	n.a.	2000,00	2000,00
Zand, matig	-12,70	No	n.a.	n.a.	20000,00	20000,00

4 Calculation Results

Number of iterations: 4

4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



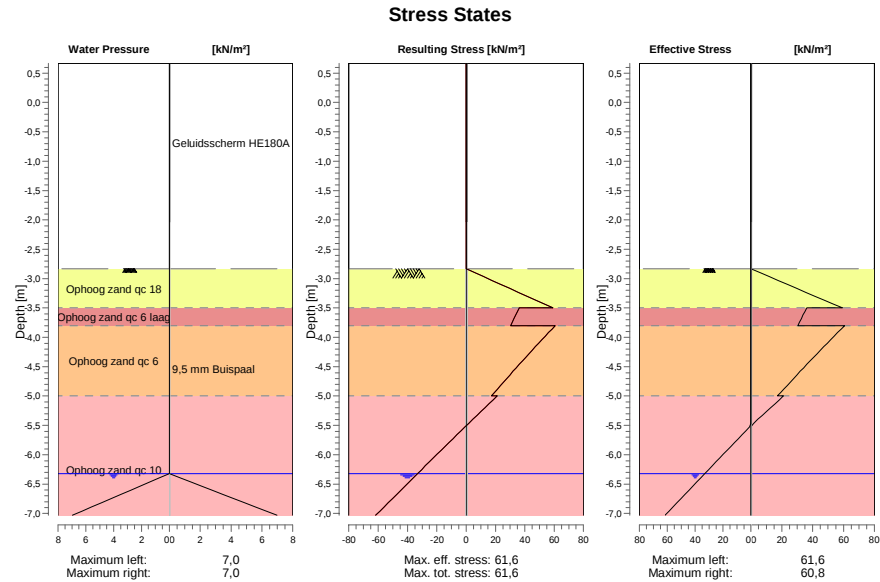
4.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,67	0,00	0,00	19,1
	0,60	-0,01	0,00	18,9
	0,53	-0,03	0,00	18,7
	0,46	-0,04	0,00	18,4
	0,38	-0,05	0,00	18,2
2	0,31	-0,07	0,00	18,0
2	0,31	-0,07	0,00	18,0
	0,24	-0,08	0,00	17,7
	0,17	-0,10	0,00	17,5
	0,10	-0,11	0,00	17,3
	0,03	-0,12	0,00	17,0
3	-0,04	-0,14	0,00	16,8
3	-0,04	-0,14	0,00	16,8
	-0,12	-0,15	0,00	16,6
	-0,19	-0,16	0,00	16,3
	-0,26	-0,18	0,00	16,1
	-0,33	-0,19	0,00	15,8
4	-0,40	-0,21	0,00	15,6
4	-0,40	-0,21	0,00	15,6
	-0,47	-0,22	0,00	15,4
	-0,54	-0,23	0,00	15,1
	-0,62	-0,25	0,00	14,9
	-0,69	-0,26	0,00	14,7
5	-0,76	-0,27	0,00	14,4
5	-0,76	-0,27	0,00	14,4
	-0,83	-0,29	0,00	14,2

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-0,90	-0,30	0,00	14,0
	-0,97	-0,32	0,00	13,7
	-1,04	-0,33	0,00	13,5
6	-1,12	-0,34	0,00	13,3
6	-1,12	-0,34	0,00	13,3
	-1,19	-0,36	0,00	13,0
	-1,26	-0,37	0,00	12,8
	-1,33	-0,38	0,00	12,5
	-1,40	-0,40	0,00	12,3
7	-1,47	-0,41	0,00	12,1
7	-1,47	-0,41	0,00	12,1
	-1,54	-0,43	0,00	11,8
	-1,62	-0,44	0,00	11,6
	-1,69	-0,45	0,00	11,4
	-1,76	-0,47	0,00	11,1
8	-1,83	-0,48	0,00	10,9
8	-1,83	-43,78	-34,00	10,9
	-1,87	-45,15	-34,00	10,8
	-1,91	-46,52	-34,00	10,6
	-1,95	-47,88	-34,00	10,5
	-1,99	-49,25	-34,00	10,4
9	-2,03	-50,62	-34,00	10,2
9	-2,03	-50,62	-34,00	10,2
	-2,08	-52,44	-34,00	10,1
	-2,14	-54,27	-34,00	9,9
	-2,19	-56,09	-34,00	9,7
	-2,24	-57,91	-34,00	9,5
10	-2,30	-59,74	-34,00	9,4
10	-2,30	-59,74	-34,00	9,4
	-2,35	-61,56	-34,00	9,2
	-2,40	-63,38	-34,00	9,0
	-2,46	-65,21	-34,00	8,8
	-2,51	-67,03	-34,00	8,7
11	-2,56	-68,85	-34,00	8,5
11	-2,56	-68,85	-34,00	8,5
	-2,62	-70,68	-34,00	8,3
	-2,67	-72,50	-34,00	8,1
	-2,72	-74,32	-34,00	8,0
	-2,78	-76,15	-34,00	7,8
12	-2,83	-77,97	-34,00	7,6
12	-2,83	-77,97	-34,00	7,6
	-2,90	-80,26	-33,80	7,4
	-2,96	-82,51	-33,21	7,2
	-3,03	-84,72	-32,22	7,0
	-3,10	-86,85	-30,83	6,8
13	-3,17	-88,87	-29,04	6,6
13	-3,17	-88,87	-29,04	6,6
	-3,23	-90,75	-26,86	6,4
	-3,30	-92,48	-24,28	6,2
	-3,37	-94,02	-21,31	6,0
	-3,43	-95,35	-17,94	5,8
14	-3,50	-96,43	-14,17	5,6
14	-3,50	-96,43	-14,17	5,6
	-3,56	-97,23	-12,03	5,4
	-3,62	-97,90	-9,97	5,2
	-3,68	-98,44	-7,97	5,0
	-3,74	-98,87	-6,05	4,9
15	-3,80	-99,19	-4,19	4,7
15	-3,80	-99,19	-4,19	4,7
	-3,86	-99,34	-0,61	4,5
	-3,92	-99,28	2,83	4,3
	-3,98	-99,02	6,13	4,1
	-4,04	-98,56	9,30	4,0
16	-4,10	-97,92	12,34	3,8
16	-4,10	-97,92	12,34	3,8

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-4,16	-97,10	15,24	3,6
	-4,22	-96,10	18,00	3,5
	-4,28	-94,95	20,64	3,3
	-4,34	-93,64	23,14	3,1
17	-4,40	-92,19	25,51	3,0
17	-4,40	-92,19	25,51	3,0
	-4,46	-90,60	27,76	2,8
	-4,52	-88,87	29,87	2,6
	-4,58	-87,03	31,85	2,5
	-4,64	-85,06	33,70	2,3
18	-4,70	-83,00	35,43	2,1
18	-4,70	-83,00	35,43	2,1
	-4,76	-80,83	37,03	2,0
	-4,82	-78,56	38,50	1,8
	-4,88	-76,22	39,85	1,6
	-4,94	-73,80	41,07	1,5
19	-5,00	-71,30	42,16	1,3
19	-5,00	-71,30	42,20	1,3
	-5,07	-68,48	43,51	1,1
	-5,13	-65,57	44,63	1,0
	-5,20	-62,60	45,57	0,8
	-5,26	-59,57	46,32	0,6
20	-5,33	-56,50	46,90	0,5
20	-5,33	-56,50	46,93	0,5
	-5,40	-53,39	47,32	0,3
	-5,46	-50,26	47,53	0,1
	-5,53	-47,13	47,56	-0,1
	-5,59	-44,00	47,42	-0,2
21	-5,66	-40,88	47,09	-0,4
21	-5,66	-40,88	47,06	-0,4
	-5,73	-37,79	46,55	-0,6
	-5,79	-34,74	45,86	-0,7
	-5,86	-31,75	45,00	-0,9
	-5,92	-28,81	43,96	-1,1
22	-5,99	-25,95	42,74	-1,2
22	-5,99	-25,95	42,65	-1,2
	-6,06	-23,19	41,25	-1,4
	-6,12	-20,52	39,68	-1,6
	-6,19	-17,96	37,93	-1,7
	-6,25	-15,52	36,01	-1,9
23	-6,32	-13,21	33,92	-2,1
23	-6,32	-13,21	33,80	-2,1
	-6,39	-10,90	31,35	-2,2
	-6,46	-8,77	28,70	-2,4
	-6,53	-6,83	25,84	-2,6
	-6,60	-5,11	22,78	-2,8
24	-6,67	-3,60	19,51	-3,0
24	-6,67	-3,60	19,41	-3,0
	-6,75	-2,35	15,95	-3,1
	-6,82	-1,35	12,28	-3,3
	-6,89	-0,61	8,41	-3,5
	-6,96	-0,16	4,34	-3,7
25	-7,03	0,00	0,06	-3,9
Max		-99,34	47,56	19,1

4.3 Charts of Stresses



4.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	0,67	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,60	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,53	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,46	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,38	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,31	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,31	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,24	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,17	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,10	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-0,04	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-0,04	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,12	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,19	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,26	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,33	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,47	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,54	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,62	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,69	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
5	-0,76	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
5	-0,76	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,90	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,97	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,04	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
6	-1,12	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
6	-1,12	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,19	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,26	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,33	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
7	-1,47	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
7	-1,47	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,54	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,62	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,69	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,76	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
8	-1,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
8	-1,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,87	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,91	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,95	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,99	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
9	-2,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
9	-2,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,08	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,14	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,19	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,24	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
10	-2,30	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
10	-2,30	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,35	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,46	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,51	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
11	-2,56	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
11	-2,56	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,62	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,67	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,72	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-2,78	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
12	-2,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
12	-2,83	0,00	0,00	A		0,00	0,00	P	
	-2,90	0,00	0,00	A		5,92	0,00	P	
	-2,96	0,00	0,00	A		11,84	0,00	P	
	-3,03	0,00	0,00	A		17,76	0,00	P	
	-3,10	0,00	0,00	A		23,68	0,00	P	
13	-3,17	0,00	0,00	A		29,60	0,00	P	
13	-3,17	0,00	0,00	A		29,60	0,00	P	
	-3,23	0,00	0,00	A		35,52	0,00	P	
	-3,30	0,00	0,00	A		41,44	0,00	P	
	-3,37	0,00	0,00	A		47,35	0,00	P	
	-3,43	0,00	0,00	A		53,27	0,00	P	
14	-3,50	0,00	0,00	A		59,19	0,00	P	
14	-3,50	0,00	0,00	A		36,19	0,00	-	55
	-3,56	0,00	0,00	A		35,01	0,00	-	49
	-3,62	0,00	0,00	A		33,85	0,00	-	44
	-3,68	0,00	0,00	A		32,69	0,00	-	39
	-3,74	0,00	0,00	A		31,53	0,00	-	35
15	-3,80	0,00	0,00	A		30,38	0,00	-	32
15	-3,80	0,00	0,00	A		60,76	0,00	-	56
	-3,86	0,00	0,00	A		58,48	0,00	-	51
	-3,92	0,00	0,00	A		56,20	0,00	-	46
	-3,98	0,00	0,00	A		53,94	0,00	-	42
	-4,04	0,00	0,00	A		51,69	0,00	-	38
16	-4,10	0,00	0,00	A		49,45	0,00	-	35
16	-4,10	0,00	0,00	A		49,45	0,00	-	35
	-4,16	0,00	0,00	A		47,23	0,00	-	32
	-4,22	0,00	0,00	A		45,01	0,00	-	29

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-4,28	0,00	0,00	A		42,81	0,00	-	26
	-4,34	0,00	0,00	A		40,62	0,00	-	24
17	-4,40	0,00	0,00	A		38,44	0,00	-	22
17	-4,40	0,00	0,00	A		38,44	0,00	-	22
	-4,46	0,00	0,00	A		36,27	0,00	-	20
	-4,52	0,00	0,00	A		34,11	0,00	-	18
	-4,58	0,00	0,00	A		31,97	0,00	-	16
	-4,64	0,00	0,00	A		29,83	0,00	-	15
18	-4,70	0,00	0,00	A		27,71	0,00	-	13
18	-4,70	0,00	0,00	A		27,71	0,00	-	13
	-4,76	0,00	0,00	A		25,59	0,00	-	12
	-4,82	0,00	0,00	A		23,48	0,00	-	11
	-4,88	0,00	0,00	A		21,39	0,00	-	9
	-4,94	0,00	0,00	A		19,30	0,00	-	8
19	-5,00	0,00	0,00	A		17,22	0,00	-	7
19	-5,00	0,00	0,00	A		21,19	0,00	-	7
	-5,07	0,00	0,00	A		18,37	0,00	-	6
	-5,13	0,00	0,00	A		15,59	0,00	-	5
	-5,20	0,00	0,00	A		12,84	0,00	-	4
	-5,26	0,00	0,00	A		10,08	0,00	-	3
20	-5,33	0,00	0,00	A		7,31	0,00	-	2
20	-5,33	0,00	0,00	A		7,31	0,00	-	2
	-5,40	0,00	0,00	A		4,54	0,00	-	1
	-5,46	0,00	0,00	A		1,81	0,00	-	
	-5,53	0,89	0,00	-		0,00	0,00	A	
	-5,59	3,60	0,00	-	1	0,00	0,00	A	
21	-5,66	6,33	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
21	-5,66	6,33	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,73	9,05	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,79	11,74	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-5,86	14,41	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-5,92	17,08	0,00	-	4	0,00	0,00	A	
22	-5,99	19,78	0,00	-	4	0,00	0,00	A	
22	-5,99	19,78	0,00	-	4	0,00	0,00	A	
	-6,06	22,47	0,00	-	5	0,00	0,00	A	
	-6,12	25,13	0,00	-	5	0,00	0,00	A	
	-6,19	27,78	0,00	-	6	0,00	0,00	A	
	-6,25	30,43	0,00	-	6	0,00	0,00	A	
23	-6,32	33,11	0,00	-	7	0,00	0,00	A	
23	-6,32	33,11	0,00	-	7	0,00	0,00	A	
	-6,39	35,98	0,70	-	7	0,00	0,70	A	
	-6,46	38,83	1,39	-	8	0,00	1,39	A	
	-6,53	41,68	2,09	-	8	0,00	2,09	A	
	-6,60	44,53	2,79	-	9	0,00	2,79	A	
24	-6,67	47,39	3,48	-	9	0,00	3,48	A	
24	-6,67	47,39	3,48	-	9	0,00	3,48	A	
	-6,75	50,25	4,18	-	10	0,00	4,18	A	
	-6,82	53,09	4,88	-	10	0,00	4,88	A	
	-6,89	55,94	5,57	-	11	0,00	5,57	A	
	-6,96	58,78	6,27	-	11	0,00	6,27	A	
25	-7,03	61,64	6,97	-	11	0,00	6,97	A	

Stat*

Mob**

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

Percentage passive mobilized

End of Report

Report for D-Sheet Piling 19.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 5/22/2020
Time of report: 11:00:56 AM
Report with version: 19.2.2.25348

Date of calculation: 5/22/2020
Time of calculation: 10:45:03 AM
Calculated with version: 19.2.2.25348

File name: C:\.\Waddinxveen\Dsheets\A12 - S13 - paal-7,03-9,5mm UGT rechts lagen

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview of Maxima	3
3 Input Data	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Pile Properties	4
3.2.1 General Properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum Allowable Moments	4
3.3 Outline	5
3.4 Normal Forces	5
3.5 Horizontal Forces	5
3.6 Moments	5
3.7 Water Level	5
3.8 Surface	5
3.9 Soil Material Properties	5
3.10 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen	6
3.11 Modulus of Subgrade Reaction	6
4 Calculation Results	7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	7
4.2 Moments, Forces and Displacements	7
4.3 Charts of Stresses	10
4.4 Stresses	10

2 Summary

2.1 Overview of Maxima

Displacement	Moment	Shear force	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance
[mm]	[kNm]	[kN]	[%]	[%]
9,2	-103,33	-48,00	0,0	5,0

3 Input Data

3.1 General Input Data

Model Single pile; Pile loaded by forces
 Unit weight of water 9,81 kN/m³
 Elastic calculation Yes

3.2 Pile Properties

Length 7,70 m
 Level top side 0,67 m
 Number of sections 2

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
Geluidsscherf ...	-2,03	0,67	Steel	1,00
9,5 mm Buispaal	-7,03	-2,03	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

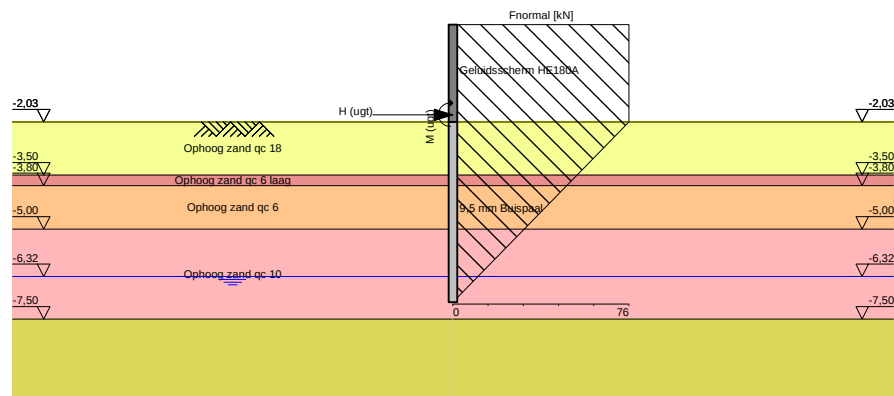
Section name	Elastic stiffness EI [kNm ²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
Geluidsscherf ...	4,3000E+07	1,00	4,3000E+07	
9,5 mm Buispaal	3,8593E+05	1,00	3,8593E+05	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
Geluidsscherf ...	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00
9,5 mm Buispaal	1002,00	0,50	1,00	1,00	501,00

3.3 Outline

Outline



3.4 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]
N (ugt)	76,00	76,00	76,00	0,00

3.5 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
H (ugt)	-1,83	48,00

3.6 Moments

Name	Level [m]	Moment [kNm]
M (ugt)	-1,83	-61,00

3.7 Water Level

Water level: -6,32 [m]

3.8 Surface

Surface level: -2,03 [m]

3.9 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
Ophoog zand q...	-2,03	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Ophoog zand q...	-3,50	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Ophoog zand q...	-3,80	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Ophoog zand q...	-5,00	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Klei, slap	-7,50	14,00	14,00	3,00	17,50	Yes
Zand, matig	-12,70	19,00	21,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Ophoog zand q...	-2,03	0,00	0,00	5,69	0,00	0,00
Ophoog zand q...	-3,50	0,00	0,00	6,65	0,00	0,00
Ophoog zand q...	-3,80	0,00	0,00	7,35	0,00	0,00
Ophoog zand q...	-5,00	0,00	0,00	8,75	0,00	0,00
Klei, slap	-7,50	0,00	0,00	3,47	0,00	0,00
Zand, matig	-12,70	0,00	0,00	211,33	0,00	0,00

3.10 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m ²]
Ophoog zand q...	-2,03	0,00
Ophoog zand q...	-3,50	0,00
Ophoog zand q...	-3,80	0,00
Ophoog zand q...	-5,00	0,00
Klei, slap	-7,50	13,61
Zand, matig	-12,70	0,00

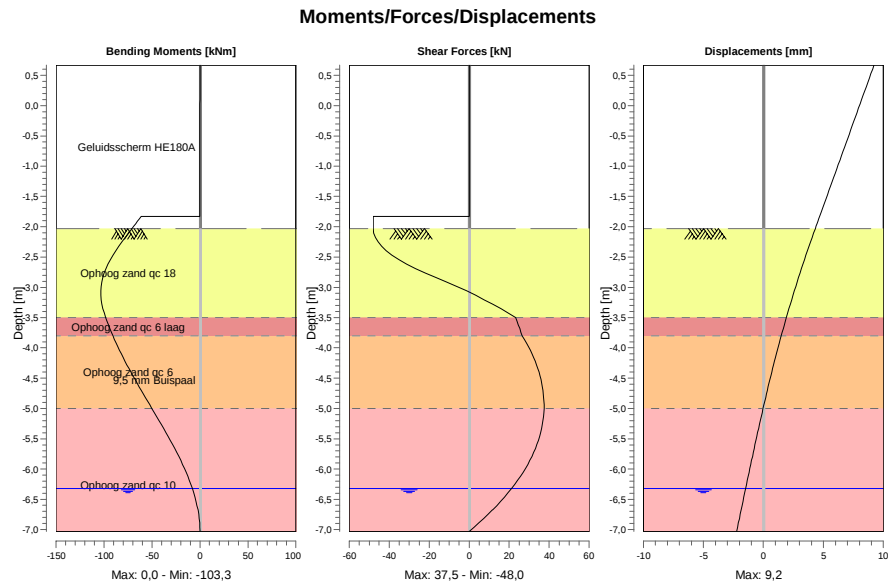
3.11 Modulus of Subgrade Reaction

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]
Ophoog zand q...	-2,03	No	n.a.	n.a.	25000,00	25000,00
Ophoog zand q...	-3,50	No	n.a.	n.a.	6500,00	6500,00
Ophoog zand q...	-3,80	No	n.a.	n.a.	13000,00	13000,00
Ophoog zand q...	-5,00	No	n.a.	n.a.	16000,00	16000,00
Klei, slap	-7,50	No	n.a.	n.a.	2000,00	2000,00
Zand, matig	-12,70	No	n.a.	n.a.	20000,00	20000,00

4 Calculation Results

Number of iterations: 4

4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



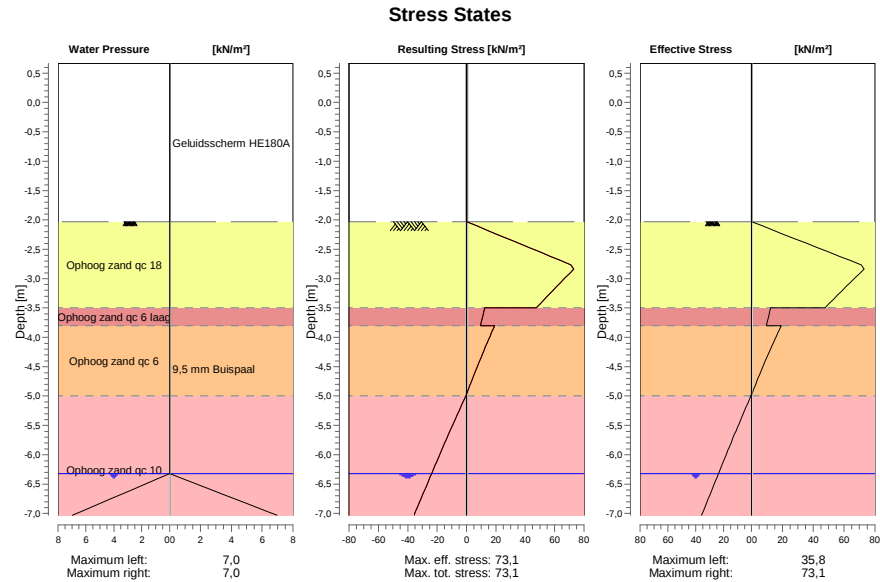
4.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0,67	0,00	0,00	9,2
	0,60	-0,01	0,00	9,1
	0,53	-0,02	0,00	9,0
	0,46	-0,03	0,00	8,8
	0,38	-0,04	0,00	8,7
2	0,31	-0,05	0,00	8,6
2	0,31	-0,05	0,00	8,6
	0,24	-0,06	0,00	8,4
	0,17	-0,07	0,00	8,3
	0,10	-0,08	0,00	8,2
	0,03	-0,09	0,00	8,1
3	-0,04	-0,10	0,00	7,9
3	-0,04	-0,10	0,00	7,9
	-0,12	-0,11	0,00	7,8
	-0,19	-0,12	0,00	7,7
	-0,26	-0,13	0,00	7,5
	-0,33	-0,14	0,00	7,4
4	-0,40	-0,15	0,00	7,3
4	-0,40	-0,15	0,00	7,3
	-0,47	-0,16	0,00	7,1
	-0,54	-0,17	0,00	7,0
	-0,62	-0,18	0,00	6,9
	-0,69	-0,19	0,00	6,8
5	-0,76	-0,20	0,00	6,6
5	-0,76	-0,20	0,00	6,6
	-0,83	-0,21	0,00	6,5

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-0,90	-0,22	0,00	6,4
	-0,97	-0,23	0,00	6,2
	-1,04	-0,24	0,00	6,1
6	-1,12	-0,25	0,00	6,0
6	-1,12	-0,25	0,00	6,0
	-1,19	-0,26	0,00	5,9
	-1,26	-0,27	0,00	5,7
	-1,33	-0,28	0,00	5,6
	-1,40	-0,29	0,00	5,5
7	-1,47	-0,30	0,00	5,3
7	-1,47	-0,30	0,00	5,3
	-1,54	-0,31	0,00	5,2
	-1,62	-0,32	0,00	5,1
	-1,69	-0,33	0,00	4,9
	-1,76	-0,33	0,00	4,8
8	-1,83	-0,34	0,00	4,7
8	-1,83	-61,34	-48,00	4,7
	-1,87	-63,27	-48,00	4,6
	-1,91	-65,20	-48,00	4,5
	-1,95	-67,12	-48,00	4,5
	-1,99	-69,05	-48,00	4,4
9	-2,03	-70,97	-48,00	4,3
9	-2,03	-70,97	-48,00	4,3
	-2,10	-74,50	-47,74	4,2
	-2,18	-78,00	-46,96	4,1
	-2,25	-81,41	-45,65	3,9
	-2,32	-84,71	-43,82	3,8
10	-2,40	-87,86	-41,47	3,7
10	-2,40	-87,86	-41,47	3,7
	-2,47	-90,82	-38,60	3,5
	-2,54	-93,54	-35,20	3,4
	-2,62	-95,99	-31,28	3,3
	-2,69	-98,14	-26,84	3,2
11	-2,77	-99,94	-21,88	3,0
11	-2,77	-99,95	-21,84	3,0
	-2,84	-101,36	-16,54	2,9
	-2,91	-102,39	-11,28	2,8
	-2,99	-103,04	-6,23	2,7
	-3,06	-103,33	-1,40	2,6
12	-3,13	-103,27	3,22	2,5
12	-3,13	-103,27	3,22	2,5
	-3,21	-102,87	7,63	2,3
	-3,28	-102,16	11,83	2,2
	-3,35	-101,15	15,83	2,1
	-3,43	-99,85	19,63	2,0
13	-3,50	-98,29	23,23	1,9
13	-3,50	-98,29	23,22	1,9
	-3,56	-96,87	23,95	1,8
	-3,62	-95,42	24,64	1,7
	-3,68	-93,93	25,30	1,6
	-3,74	-92,39	25,93	1,6
14	-3,80	-90,82	26,52	1,5
14	-3,80	-90,82	26,52	1,5
	-3,86	-89,20	27,64	1,4
	-3,92	-87,52	28,70	1,3
	-3,98	-85,77	29,69	1,2
	-4,04	-83,96	30,63	1,2
15	-4,10	-82,10	31,50	1,1
15	-4,10	-82,10	31,50	1,1
	-4,16	-80,19	32,30	1,0
	-4,22	-78,23	33,05	0,9
	-4,28	-76,23	33,74	0,8
	-4,34	-74,19	34,36	0,8
16	-4,40	-72,12	34,93	0,7
16	-4,40	-72,12	34,93	0,7

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-4,46	-70,01	35,44	0,6
	-4,52	-67,87	35,89	0,5
	-4,58	-65,71	36,29	0,5
	-4,64	-63,52	36,62	0,4
17	-4,70	-61,32	36,90	0,3
17	-4,70	-61,32	36,90	0,3
	-4,76	-59,10	37,13	0,3
	-4,82	-56,87	37,29	0,2
	-4,88	-54,63	37,40	0,1
	-4,94	-52,39	37,46	0,0
18	-5,00	-50,14	37,46	0,0
18	-5,00	-50,14	37,46	0,0
	-5,07	-47,67	37,39	-0,1
	-5,13	-45,21	37,24	-0,2
	-5,20	-42,76	37,00	-0,3
	-5,26	-40,33	36,69	-0,3
19	-5,33	-37,93	36,30	-0,4
19	-5,33	-37,93	36,30	-0,4
	-5,40	-35,55	35,83	-0,5
	-5,46	-33,20	35,28	-0,6
	-5,53	-30,89	34,66	-0,6
	-5,59	-28,63	33,96	-0,7
20	-5,66	-26,42	33,18	-0,8
20	-5,66	-26,42	33,18	-0,8
	-5,73	-24,26	32,33	-0,8
	-5,79	-22,15	31,40	-0,9
	-5,86	-20,12	30,39	-1,0
	-5,92	-18,15	29,31	-1,1
21	-5,99	-16,25	28,16	-1,1
21	-5,99	-16,25	28,16	-1,1
	-6,06	-14,43	26,93	-1,2
	-6,12	-12,70	25,62	-1,3
	-6,19	-11,06	24,24	-1,3
	-6,25	-9,50	22,79	-1,4
22	-6,32	-8,05	21,26	-1,5
22	-6,32	-8,05	21,23	-1,5
	-6,39	-6,61	19,50	-1,6
	-6,46	-5,29	17,69	-1,6
	-6,53	-4,10	15,79	-1,7
	-6,60	-3,05	13,80	-1,8
23	-6,67	-2,14	11,73	-1,9
23	-6,67	-2,14	11,67	-1,9
	-6,75	-1,39	9,51	-1,9
	-6,82	-0,79	7,27	-2,0
	-6,89	-0,36	4,95	-2,1
	-6,96	-0,09	2,53	-2,2
24	-7,03	0,00	0,04	-2,2
Max		-103,33	-48,00	9,2

4.3 Charts of Stresses



4.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	0,67	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,60	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,53	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,46	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,38	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,31	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,31	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,24	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,17	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,10	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	0,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-0,04	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-0,04	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,12	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,19	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,26	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,33	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,47	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,54	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,62	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,69	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
5	-0,76	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
5	-0,76	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,90	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,97	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,04	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
6	-1,12	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
6	-1,12	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,19	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,26	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,33	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
7	-1,47	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
7	-1,47	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,54	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,62	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,69	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,76	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
8	-1,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
8	-1,83	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,87	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,91	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,95	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-1,99	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
9	-2,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
9	-2,03	0,00	0,00	A		0,00	0,00	P	
	-2,10	0,00	0,00	A		7,11	0,00	P	
	-2,18	0,00	0,00	A		14,22	0,00	P	
	-2,25	0,00	0,00	A		21,32	0,00	P	
	-2,32	0,00	0,00	A		28,43	0,00	P	
10	-2,40	0,00	0,00	A		35,54	0,00	P	
10	-2,40	0,00	0,00	A		35,54	0,00	P	
	-2,47	0,00	0,00	A		42,65	0,00	P	
	-2,54	0,00	0,00	A		49,76	0,00	P	
	-2,62	0,00	0,00	A		56,86	0,00	P	
	-2,69	0,00	0,00	A		63,97	0,00	P	
11	-2,77	0,00	0,00	A		71,08	0,00	P	
11	-2,77	0,00	0,00	A		71,08	0,00	P	
	-2,84	0,00	0,00	A		73,11	0,00	-	93
	-2,91	0,00	0,00	A		70,13	0,00	-	82
	-2,99	0,00	0,00	A		67,19	0,00	-	73
	-3,06	0,00	0,00	A		64,28	0,00	-	65
12	-3,13	0,00	0,00	A		61,42	0,00	-	58
12	-3,13	0,00	0,00	A		61,42	0,00	-	58
	-3,21	0,00	0,00	A		58,58	0,00	-	52
	-3,28	0,00	0,00	A		55,79	0,00	-	46
	-3,35	0,00	0,00	A		53,03	0,00	-	41
	-3,43	0,00	0,00	A		50,30	0,00	-	37
13	-3,50	0,00	0,00	A		47,61	0,00	-	33
13	-3,50	0,00	0,00	A		12,38	0,00	-	7
	-3,56	0,00	0,00	A		11,81	0,00	-	7
	-3,62	0,00	0,00	A		11,26	0,00	-	6
	-3,68	0,00	0,00	A		10,70	0,00	-	6
	-3,74	0,00	0,00	A		10,16	0,00	-	5
14	-3,80	0,00	0,00	A		9,62	0,00	-	5
14	-3,80	0,00	0,00	A		19,23	0,00	-	9
	-3,86	0,00	0,00	A		18,16	0,00	-	8
	-3,92	0,00	0,00	A		17,10	0,00	-	7
	-3,98	0,00	0,00	A		16,05	0,00	-	7
	-4,04	0,00	0,00	A		15,01	0,00	-	6
15	-4,10	0,00	0,00	A		13,98	0,00	-	5
15	-4,10	0,00	0,00	A		13,98	0,00	-	5
	-4,16	0,00	0,00	A		12,96	0,00	-	5
	-4,22	0,00	0,00	A		11,95	0,00	-	4
	-4,28	0,00	0,00	A		10,95	0,00	-	4
	-4,34	0,00	0,00	A		9,96	0,00	-	3
16	-4,40	0,00	0,00	A		8,97	0,00	-	3
16	-4,40	0,00	0,00	A		8,97	0,00	-	3
	-4,46	0,00	0,00	A		8,00	0,00	-	3
	-4,52	0,00	0,00	A		7,04	0,00	-	2

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-4,58	0,00	0,00	A		6,08	0,00	-	2
	-4,64	0,00	0,00	A		5,13	0,00	-	2
17	-4,70	0,00	0,00	A		4,19	0,00	-	1
17	-4,70	0,00	0,00	A		4,19	0,00	-	1
	-4,76	0,00	0,00	A		3,26	0,00	-	1
	-4,82	0,00	0,00	A		2,33	0,00	-	1
	-4,88	0,00	0,00	A		1,41	0,00	-	
	-4,94	0,00	0,00	A		0,50	0,00	-	
18	-5,00	0,41	0,00	-		0,00	0,00	A	
18	-5,00	0,50	0,00	-		0,00	0,00	A	
	-5,07	1,72	0,00	-		0,00	0,00	A	
	-5,13	2,93	0,00	-	1	0,00	0,00	A	
	-5,20	4,14	0,00	-	1	0,00	0,00	A	
	-5,26	5,33	0,00	-	1	0,00	0,00	A	
19	-5,33	6,52	0,00	-	1	0,00	0,00	A	
19	-5,33	6,52	0,00	-	1	0,00	0,00	A	
	-5,40	7,70	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,46	8,87	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,53	10,04	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,59	11,20	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
20	-5,66	12,36	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
20	-5,66	12,36	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,73	13,51	0,00	-	2	0,00	0,00	A	
	-5,79	14,66	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-5,86	15,80	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-5,92	16,94	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
21	-5,99	18,08	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
21	-5,99	18,08	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-6,06	19,21	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-6,12	20,35	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-6,19	21,47	0,00	-	3	0,00	0,00	A	
	-6,25	22,60	0,00	-	4	0,00	0,00	A	
22	-6,32	23,73	0,00	-	4	0,00	0,00	A	
22	-6,32	23,73	0,00	-	4	0,00	0,00	A	
	-6,39	24,94	0,70	-	4	0,00	0,70	A	
	-6,46	26,15	1,39	-	4	0,00	1,39	A	
	-6,53	27,35	2,09	-	4	0,00	2,09	A	
	-6,60	28,55	2,79	-	4	0,00	2,79	A	
23	-6,67	29,76	3,48	-	4	0,00	3,48	A	
23	-6,67	29,76	3,48	-	4	0,00	3,48	A	
	-6,75	30,97	4,18	-	5	0,00	4,18	A	
	-6,82	32,17	4,88	-	5	0,00	4,88	A	
	-6,89	33,37	5,57	-	5	0,00	5,57	A	
	-6,96	34,58	6,27	-	5	0,00	6,27	A	
24	-7,03	35,78	6,97	-	5	0,00	6,97	A	

Stat*
Mob**

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

End of Report

Colofon

Opdrachtgever CV Park Triangel

Uitgave Movares Nederland B.V.

Kennislijn Gebouwen en Infra
groep Integraal Gebouw Ontwerp A: Integraal Gebouw Ontwerp A

Utrecht

Telefoon

Ondertekenaar LWJ Koopmans
Senior Constructeur

Projectnummer RM006269

Kenmerk B95-LKO-KA-2000009

© 2020, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.