

# VERVOLGSTUDIE VOOR HET OMBOUWEN VAN DE A12 TOT EEN PRIMAIRE WEG T.H.V. TRACÉ WILRIJK-BOOM RANDVOORWAARDENNOTA CIVIEL



**Wegen en Verkeer - Afdeling Antwerpen**  
Lange Kievitstraat 111-113 bus 42  
BE-2018 Antwerpen

**teamA12**

**Maatschap Team A12**  
Slachthuisstraat 71  
BE-9100 Sint-Niklaas

REV	DATUM	OMSCHRIJVING	IR	CONTR	GOED
0	11/01/2021	Eerste uitgave	SRA/WSA	ESU	LUV
A	03/02/2021	Opmerkingen EBS	SRA/WSA	ESU	LUV
B	12/03/2021	Opmerkingen AWW	SRA/WSA	ESU	LUV
C	17/03/2021	Opmerking wegopbouw in tunnel	SRA/WSA	ESU	LUV
D					
E					

PROJECT	DOC. TYPE	DISCIPLINE	FASE	DOC. NR	REVISIE
14265	REK	B	V	400	C

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>RAPPORTGEGEVENS</b>	<b>4</b>
1.1	REVISIEBEHEER	4
1.2	GEHANTEERDE NORMEN EN RICHTLIJNEN	4
1.2.1	Grondslagen	4
1.2.2	Belastingen	4
1.2.3	Betonberekeningen	5
1.2.4	Geotechnisch ontwerp	5
1.2.5	Aanhorigheden aan de kunstwerken	5
1.2.6	Andere	6
1.3	AANVERWANTE NOTA'S EN PLANNEN	6
1.4	OVERIGE REFERENTIES	6
<b>2</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ONDERGROND</b>	<b>8</b>
3.1	BESCHIKBAAR GRONDONDERZOEK	8
3.2	GRONDLAGEN	8
3.3	GRONDPARAMETERS	10
3.4	GRONDWATERSTAND	11
<b>4</b>	<b>GEOMETRISCHE RANDVOORWAARDEN</b>	<b>12</b>
4.1	MAAIVELDPEIL	12
4.2	VRIJE HOOGTES	12
<b>5</b>	<b>MATERIAALKARAKTERISTIEKEN</b>	<b>13</b>
5.1	ONTWERPLEVENSDUUR	13
5.2	BETON	14
5.3	STAALKWALITEIT WAPENING	15
5.4	CONSTRUCTIESTAAL	15
5.5	STAALKWALITEIT VOORSPANSTAAL	15
5.6	CORROSIE	15
5.6.1	Tijdelijke damwanden	15
5.6.2	Permanente damwanden en buispalen	15
5.6.3	Strengankers	16
5.7	MATERIAALFACTOREN	16
5.8	VOLUMEWECHTEN	16
<b>6</b>	<b>BELASTINGEN EN COMBINATIES</b>	<b>17</b>
6.1	PERMANENTE BELASTINGEN	17
6.1.1	Eigen gewicht	17
6.1.2	Gewicht wegverharding en profileringsreserve	17
6.1.3	Grond- en grondwaterdrukken	17
6.1.4	Verhinderde krimp	18
6.1.5	Zetting	19
6.2	VARIABELE BELASTINGEN	19
6.2.1	Wegverkeer	19

6.2.2	Trambelasting.....	24
6.2.3	Windbelasting.....	26
6.2.4	Temperatuursbelasting.....	26
6.3	ACCIDENTELE BELASTINGEN.....	26
6.3.1	Ontploffing.....	26
6.3.2	Aanrijding op brugdek.....	26
6.3.3	Aanrijding op ondersteunende onderbouw.....	27
6.3.4	Belasting door ontsporing op de dragende constructie gelegen onder het tramspoor.....	28
6.3.5	Belasting door ontsporing op constructies gelegen langs of over de tramlijn.....	29
6.3.6	Stempel- en ankeruitval.....	29
6.3.7	Brand.....	29
6.4	VERMOEIING.....	29
6.5	BELASTINGSCOMBINATIES.....	30
6.6	GROEPEN VAN BELASTINGEN.....	32
<b>7</b>	<b>TOETSINGSCRITEIA.....</b>	<b>33</b>
7.1	ALGEMEEN.....	33
7.2	VERVORMINGEN.....	33
7.3	CONTROLES.....	33
<b>8</b>	<b>BIJLAGEN.....</b>	<b>36</b>
	Bijlage 1: Lengteprofiel sonderingen.....	36
	Bijlage 2: Typesonderingen.....	37

# 1 RAPPORTGEGEVENS

## 1.1 REVISIEBEHEER

*Revisie A: volgens opmerkingen in Bijlage 3: Opmerkingen EBS en afd. geotechniek*

*Revisie B:*

- *Tolerantie diepwand aangepast*
- *Paragraaf 6.1.2: wegopbouw op- en in de tunnel*

*Revisie C: Paragraaf 6.1.2: aanpassing wegopbouw in de tunnel*

## 1.2 GEHANTEERDE NORMEN EN RICHTLIJNEN

### 1.2.1 GRONDSLAGEN

- [Norm-1] NBN EN 1990: 2002: Eurocode 0: grondslagen van het constructief ontwerp.
- [Norm-2] NBN EN 1990/A1: 2006: Eurocode 0: grondslagen van het constructief ontwerp.-bijlage A2 : Toepassing voor bruggen (+AC : 2008+2010)
- [Norm-3] NBN EN 1990 ANB: 2013: Eurocode 0: grondslag voor het constructief ontwerp. Nationale bijlage.

### 1.2.2 BELASTINGEN

- [Norm-4] NBN EN 1991-1-1: 2002: Eurocode 1: belastingen op constructies – Deel 1-1: algemene belastingen – dichtheden, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen. (+AC :2009)
- [Norm-5] NBN EN 1991-1-1 ANB: 2007: Eurocode 1: belastingen op constructies – Deel 1-1: algemene belastingen – volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen.
- [Norm-6] NBN EN 1991-1-4: 2005: Eurocode 1: belastingen op constructies – Deel 1-4 : Algemene belastingen - Windbelasting. (+AC : 2010)
- [Norm-7] NBN EN 1991-1-4- ANB: 2010: Eurocode 1: belastingen op constructies – Deel 1-4 : Algemene belastingen - Windbelasting.
- [Norm-8] NBN EN 1991-1-5: 2004: Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 1-5 : Algemene belastingen - Thermische belasting.
- [Norm-9] NBN EN 1991-1-5 - ANB: 2009: Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 1-5 : Algemene belastingen - Thermische belasting. (+AC : 2009)
- [Norm-10] NBN EN 1991-1-6: 2005: Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 1-6 Algemene belastingen - Belastingen tijdens uitvoering. (+AC : 2013)
- [Norm-11] NBN EN 1991-1-6 ANB : 2010: Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 1-6 : Algemene belastingen - Belastingen tijdens uitvoering.
- [Norm-12] NBN EN 1991-1-7: 2006 : Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 1-7 : Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen. (+AC : 2010)

- [Norm-13] NBN EN 1991-1-7 ANB : 2012: Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 1-7 : Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen
- [Norm-14] NBN EN 1991-2: 2004: Eurocode 1: belastingen op constructies – Deel 2 : Verkeersbelasting op bruggen. (+AC : 2010)
- [Norm-15] NBN EN 1991-2 ANB : 2011: Eurocode 1: belastingen op constructies - Deel 2 : Verkeersbelasting op bruggen.

### 1.2.3 BETONBEREKENINGEN

- [Norm-16] NBN EN 1992-1-1:2005: Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies: algemene regels en regels voor gebouwen. (+AC : 2010).
- [Norm-17] NBN EN 1992-1-1-ANB:2010: Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies: algemene regels en regels voor gebouwen.
- [Norm-18] NBN EN 1992-2: 2005: Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 2: Bruggen - ontwerp-, berekenings- en detailleringsregels. (+AC : 2008)

### 1.2.4 GEOTECHNISCH ONTWERP

- [Norm-19] NBN EN 1997-1: 2005: Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels (+AC : 2009)
- [Norm-20] NBN EN 1997-1 ANB: 2014: Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels

### 1.2.5 AANHORIGHEDEN AAN DE KUNSTWERKEN

- [Norm-21] NBN B 52-011: 1989: Waterafvoer van kunstwerken, berekeningswijze van de waterafvoer van wegbruggen.
- [Norm-22] NBN EN 1317-1:1998: Afschermdende constructies voor wegen - Deel 1: Terminologie en algemene criteria voor beproevingsmethoden.
- [Norm-23] NBN EN 1317-2:1998: Afschermdende constructies voor wegen - Deel 2: Prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor geleide constructies.
- [Norm-24] NBN EN 1317-2/A1:2006: Afschermdende constructies voor wegen - Deel 2: Prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor geleide constructies
- [Norm-25] NBN EN 1317-3 :2000: Afschermdende constructies voor wegen - Deel 3: Prestatieklassen aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor geleide constructies
- [Norm-26] NBN EN 1337-1: 2000: Opleggingen voor het bouwwezen: Deel 1: Algemene ontwerperegels
- [Norm-27] NBN EN 1337-2: 2004: Opleggingen voor het bouwwezen: Deel 2: Glijdelen
- [Norm-28] NBN EN 1337-3: 2005: Opleggingen voor het bouwwezen: Deel 3: Opleggingen van elastomeren
- [Norm-29] NBN EN 1337-4: 2004: Opleggingen voor het bouwwezen: Deel 4: Rolopleggingen
- [Norm-30] NBN EN 1337-5: 2005: Opleggingen voor het bouwwezen: Deel 5: Potopleggingen

### 1.2.6 ANDERE

- [Norm-31] handleiding voor het ontwerpen en aanbrengen van bedekkingen op betonnen brugdekken en bijlagen (O.C.W. – A83/12)
- [Norm-32] Standaardbestek 260 voor Kunstwerken en Waterbouw (SB260) v2.0
- [Norm-33] WTCB rapport 20: Richtlijnen voor de toepassing van Eurocode 7 in België: Deel 1: het grondmechanische ontwerp in uiterste grenstoestand (UGT) van axiaal belaste funderingspalen en micropalen op basis van statische sonderingen (CPT's)
- [Norm-34] RTD-1001 Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK) versie 1.4, paragrafen 5.2 (onder 5. Eurocode 1), Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand, en 6.2 (onder 6. Eurocode 2), Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand
- [Norm-35] CIRIA C660: Early-age thermal crack control in concrete
- [Norm-36] CUR 166, Damwandconstructies, 6e herziene druk, Stichting CURNET, Gouda, 2012

### 1.3 AANVERWANTE NOTA'S EN PLANNEN

- [DOC-1] OF\_X10-A12-103\_bestek incl WB nr.2
- [DOC-2] OF\_X10-A12-103\_Startnota\_versie 2017
- [DOC-3] OF\_X10-A12-103\_streefbeeld\_bijlage
- [DOC-4] OF\_X10-A12-103\_streefbeeld\_nota

### 1.4 OVERIGE REFERENTIES

## 2 INLEIDING

Deze nota kadert in de studie ‘Vervolgstudie voor het ombouwen van de A12 tot een primaire weg t.h.v. tracé Wilrijk-Boom’ voor het Agentschap Wegen & Verkeer Antwerpen.

De A12/N177 telt vandaag tussen het viaduct van Wilrijk, in het noorden, en de insleuving in Boom, in het zuiden, vijf gelijkgrondse kruispunten die elk lichtengeregeld zijn en die moeten worden aangepast zodat de veiligheid en doorstroming voor alle weggebruikers geoptimaliseerd wordt.

Deze nota beschrijft de hypothesen die zullen worden gebruikt in het schets- en voorontwerp van de burgerlijke bouwkunde.

## 3 ONDERGROND

### 3.1 BESCHIKBAAR GRONDONDERZOEK

Op DOV is er reeds grondonderzoek beschikbaar ter plaatse van de te ondertunnellen kruispunten. Dit is met name:

- GEO-91/131: sonderingen (voor studie ondertunneling A12). De sonderingen zijn langs het grootste deel van het studiegebied aanwezig met tussenafstand ca. 50 m
- GEO-48/648: sonderingen en boringen
- 1434-B-G170593-9: boringen
- ORGMA1402199/1: sonderingen uitgevoerd i.o.v. Aquafin, tussen de Leugstraat en de Kontichsesteenweg

Op basis van de sonderingen is een lengteprofiel opgemaakt, zie Bijlage 1: Lengteprofiel sonderingen.

### 3.2 GRONDLAGEN

Volgende lagen worden teruggevonden in het projectgebied:

- Quartair. De bovenste 1 à 2 m grond werd meestal voorgeboord en is niet onderkend bij de sonderingen. Uit de boringen en de quartairkaart blijkt dit voornamelijk leemhoudend zand tot zandig leem te zijn.
- Formatie van Berchem: glauconiethoudend fijn zand.  
Volgens de tertiairgeologische kaart kan deze laag worden aangetroffen:
  - o In het noorden van het projectgebied (+- ten N van de Grote Struisbeek)
  - o Ten zuiden van het projectgebied (+- vanaf de zuidelijke projectgrens verder zuidwaarts)

Ertussen zou deze laag zich niet voordoen.

De sonderingen bevestigen dit beeld. In vele sonderingen ten N van de Grote Struisbeek wordt een dunne (ca. 1m dikke) laag met hogere conusweerstand teruggevonden boven de Boomse klei. Omdat deze laag niet in alle sonderingen terug te zien is, niet altijd even duidelijk te onderscheiden is van de bovenliggende grond en een beperkte dikte heeft, wordt deze niet meegenomen voor het VO.

- Formatie van Boom: Boomse klei. Deze bevindt zich overal dichtbij de oppervlakte, meestal minder dan 5 m diep tot plaatselijk 6 m diep. De laag is minstens 40 m dik. De laag BK1 is de bovenste 3 meter van de Boomse klei, welke (o.a. t.g.v. gescheurdheid) een verminderde cohesie vertoont. De laag BK2 is het verdere pakket Boomse klei.

Per kruispunt is een typesondering vastgelegd, deze zijn opgenomen in Bijlage 2: .



	Bist Langlaarse- steenweg	/ Vluchtenburg- straat Leugstraat	/ Helststraat / G. Gezellestraat	Cleydaellaan / Kontichse- steenweg	/ Atomiumlaan / Terbekehofdreef
	GEO-48/648- S24	GEO-91/131- SDS34	GEO-91/131- SDS49	GEO-91/131- SDS58	GEO-91/131- SDS77
AVG	MV	MV	MV	MV	MV
BK1	18,4	10,1	6,8	7	9
BK2	15,4	7,1	3,8	4	6

Tabel 1: Grondlagen

### 3.3 GRONDPARAMETERS

We beperken ons in deze fase tot de volgende parameters, die nodig zijn voor D-sheet berekeningen:

- $q_c$ : conusweerstand
- $\sigma'_v$ : verticale korrelspanning in het midden van de grondlaag. Voor de laag BK2 is een dikte van 10 m aangehouden. Berekend met een grondwaterstand op 1m-MV.
- $\gamma_d$ : droog volumegewicht
- $\gamma_n$ : nat volumegewicht
- $\phi'$ : effectieve hoek van inwendige wrijving
- $c'$ : effectieve cohesie
- $c_u$ : ongedraineerde cohesie
- $k_{h,2}$ : horizontale beddingsconstante (tak 2)

De onderstaande tabel geeft de parameterwaarden. Ze werden afgeleid volgens [Norm-20].

Laag	Lithologie	Consistentie (NAD)	$q_c$ [MPa]	$\sigma'_v$ <sup>*</sup> [kPa]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$k_{h,2}$ [kN/m <sup>3</sup> ]
AVG	Leemhoudend fijn zand	Los tot matig gepakt	3	20	16	18	25	0	0	3000
BK1	Klei, gescheurde bovenkant	Matig vast	1,4	44	18	18	20	4	50	2800
BK2	Klei	Matig vast	2,5	96	18	18	20	8	100	5000
NA	Nieuwe aanvullingen, zand	Matig gepakt	7		17	19	30	0	0	7000

Tabel 2: Grondparameters

### 3.4 GRONDWATERSTAND

Op dit moment is geen informatie beschikbaar over de grondwaterstand.

Peilbuizen zullen worden geplaatst en opgevolgd gedurende 1 jaar om de grondwaterstand in beeld te brengen.

De rekenpeilen van het grondwater worden bepaald volgens SB260-H21-6.4.3.9.A.

## 4 GEOMETRISCHE RANDVOORWAARDEN

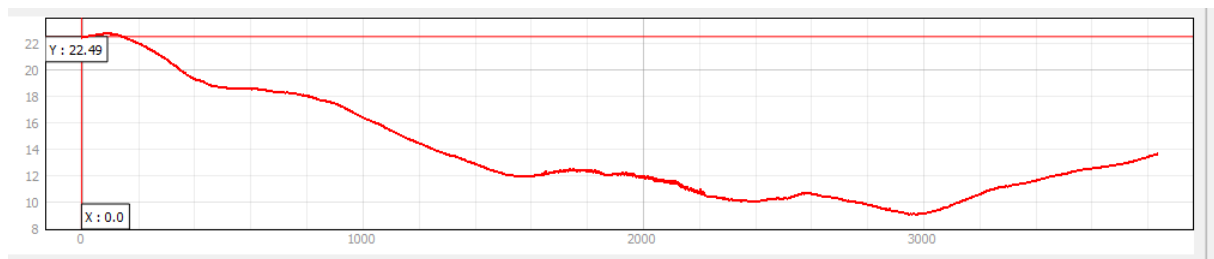
### 4.1 MAAIVELDPEIL

Onderstaande figuur toont het verloop van het maaiveld, van links naar rechts is dit van het zuiden naar het noorden van het projectgebied, op basis van het Digitaal Hoogtemodel van Vlaanderen.

Het maaiveld helt vanaf de Boomse kant van het projectgebied af tot ongeveer halweg tussen de kruispunten van de A12 met de Cleydaellaan / Kontichsesteenweg en Atomiumlaan / Terbekehofdreef, vanwaar het maaiveld terug oploopt. Op het diepste punt van de vallei bevindt zich de Grote Struisbeek.

Richtwaarden maaiveldpeil:

- Kruispunt Bist / Langlaarsesteenweg: 20 mTAW
- Kruispunt Cleydaellaan Kontichsesteenweg: 10,1 mTAW
- Kruispunt Atomiumlaan: 12,1 mTAW
- Kruispunt Terbekehofdreef: 12,6 mTAW



Figuur 1: Digitaal Hoogtemodel (DTM) van Vlaanderen, van ca. 300 m ten zuiden van kruispunt Bist/Langlaarsesteenweg (links) tot ca. 300 ten noorden van kruispunt Atomiumlaan / Terbekehofdreef.

### 4.2 VRIJE HOOGTES

Zie verkeersbelastingen onder 6.2.

## **5 MATERIAALKARAKTERISTIEKEN**

### **5.1 ONTWERPLEVENSDUUR**

De bruggen / tunnels / keermuren worden ontworpen voor een levensduur van 100 jaar.

## 5.2 BETON

Onderstaande tabel geeft de toegepaste betonkwaliteiten en -dekkingen. Langetermijneffecten worden in rekening gebracht d.m.v. een kruipfactor gelijk aan 1.5.

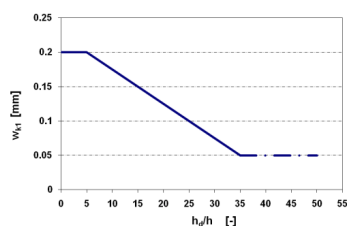
Onderdeel	sterkte-	plaat-	Omgevingsklasse	Constructie-	$c_{min,dur}$	$\Delta c_{dev}$	$c_{nom}$	$c_{toeg}$	$w_{max}$
	klasse	geometrie	EE		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Diepwand – grond- en waterkerende tunnelwand	C30/37	ja	3	5	35	-40/10	75	75	0,2 <sup>1</sup>
Diepwand - grondkerend	C30/37	ja	3	5	35	-40/10	75	75	0,3
Brugdekplaat	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,2
Bodemplaat pompkelder	C30/37	ja	3	5	35	10	45	45	0,2
Wegdekplaat	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,2
Voorgespannen liggers	C70/85	nee	4	4	45	5	50	50 <sup>2</sup>	0,2
Oplegsokkels	C40/50	nee	4	6	55	10	65	65	0,3
Landhoofd - scheenmuur	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,25
Landhoofd - funderingszool	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,3
Landhoofd - retourmuren	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,25
Landhoofd - vlotplaat	C30/37	ja	3	5	35	10	45	45	0,3
Pijler - wand	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,3
<i>Pijler - kolom</i>	<i>C35/45</i>	<i>nee</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>55</i>	<i>10</i>	<i>65</i>	<i>65</i>	<i>0,3</i>
Pijler - funderingszool	C35/45	ja	4	5	50	10	60	60	0,3
Funderingspalen	C35/45	nee	2	6	35	-40/10	75	-40/10	0,3

NVT= Niet van toepassing

TBD = Nog te bepalen

Tabel 3: Betonkwaliteit en -dekking

<sup>1</sup> Zie SB260 6.6.6.3: voor tunnelconstructies met verkeer in de tunnelconstructie en die geheel of gedeeltelijk onder het freatisch oppervlak of onder een waterweg liggen, geldt onder de frequente combinatie van belastingen een beperking van de maximumrekenwaarde van de scheurwijdte volgens de regels van paragraaf 7.3.1 van NBN EN 1992-3 + ANB. Tenzij de opdrachtdocumenten anders bepalen, wordt de waterdichtheidsklasse 1 van toepassing gesteld. Dit betekent dat volgende figuur moet worden gevolgd voor de toelaatbare scheurwijdte, met  $h_d/h$  de hoogte van de waterkolom over de dikte van de wand.



Figuur 7.101-ANB – Toelaatbare scheurwijdte in functie van de waterdruk

<sup>2</sup> Geldig voor passieve wapening. Het voorspanstaal moet 10mm extra dekking krijgen.

### 5.3 STAALKWALITEIT WAPENING

*Wapeningsstaal BE 500 S, BE 500 TS, BE 500 ES, BE 500 RS*

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

*Maximum diameters 32 te gebruiken bij de diepwanden.*

### 5.4 CONSTRUCTIESTAAL

De EN 10025 en de NBN EN 1993-1-1-ANB en SB260 zijn van toepassing voor de bepaling van de nominale waarde van de vloeigrens. In de berekeningen van de hoofdstructuren dient verder uitgegaan worden van een minimale staalkwaliteit van S355. Voor de aanhorigheden (leuningen, ...) volstaat een staalkwaliteit van S235. De volgende materiaaleigenschappen zijn van toepassing:

- Elasticiteitsmodulus:  $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
- Glijdingsmodulus:  $G = 81\,000 \text{ N/mm}^2$
- Poissoncoëfficiënt:  $\nu = 0.3$

### 5.5 STAALKWALITEIT VOORSPANSTAAL

$$F_{tk} = 1860 \text{ MPa}$$

### 5.6 CORROSIE

Ten gevolge van corrosie kan er een dikteverlies optreden van het constructiestaal.

#### 5.6.1 TIJDELIJKE DAMWANDEN

Voor tijdelijke damwanden met een diensttijd van minder dan 5 jaar wordt geen corrosie in rekening gebracht.

#### 5.6.2 PERMANENTE DAMWANDEN EN BUISPALEN

Het dikteverlies veroorzaakt door corrosie voor damwanden met een permanente kerende functie en buispalen wordt bepaald volgens tabel 4-1 van NBN EN 1993-5. Hierbij wordt uitgegaan van ongestoorde natuurlijke gronden. Over een levensduur van 100 jaar resulteert dit in volgende corrosietoeslag op de staaldikte:

- Damwanden: 1.20 mm (per kant)
- Buispalen: 1.20 mm (aan de buiten-, alsook de binnenkant tenzij bovenaf bv. met beton wordt afgesloten)

*Er dient op de damwanden en buispalen een correcte conservering volgens SB 260-33 voorzien te worden. Deze corrosieverliezen moeten in rekening gebracht worden, ook al is er een conserveringssysteem voorzien.*

### 5.6.3 STRENGENANKERS

Strengankers die langer dan 2 jaar dienst doen worden voorzien van een dubbele corrosiebescherming (type P2)

## 5.7 MATERIAALFACTOREN

De partiële materiaalfactoren voor beton ( $\gamma_c$ ) en bijhorende correctiecoëfficiënt ( $\alpha_{cc}$ ) worden samengevat in onderstaande tabel.

Grenstoestand	$\gamma_c$	$\alpha_{cc}$
UGT-F	1,50	0,85
UGT-A	1,20	0,85
GGT-KAR/GGT-FREQ	1,00	1,00

Tabel 4: Materiaalfactoren beton en wapeningsstaal

Voor **diepwanden** dient de partiële veiligheidsfactor voor beton te zijn vermenigvuldigd met 1.1.

## 5.8 VOLUMEWECHTEN

- Gewapend beton  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$
- Ongewapend beton  $\gamma_{oc} = 24 \text{ kN/m}^3$
- Profielstaal  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- KWS verharding  $\gamma_{kws} = 23 \text{ kN/m}^3$
- Grondwater  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$



## 6 BELASTINGEN EN COMBINATIES

### 6.1 PERMANENTE BELASTINGEN

#### 6.1.1 EIGEN GEWICHT

Zie 5.7:

- Gewapend beton  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$
- Profielstaal  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$

#### 6.1.2 GEWICHT WEGVERHARDING EN PROFILERINGSRESERVE

Er wordt steeds een profileringsreserve van  $0.50 \text{ kN/m}^2$  ingerekend.

Voor de wegopbouw in de tunnels/onderdoorgangen wordt volgend pakket aangenomen in beton:

- Gewapend beton:  $0.23 \text{ m}$
  - Tussenlaag in asfalt:  $0.04 \text{ m}$
  - Open asfalt als drainagelaag:  $0.05 \text{ m}$
  - Bescherm laag in APO-C:  $0.04 \text{ m}$
  - Afdichtingmembraan:  $0.005 \text{ m}$
- Totaal: 0.365 m*

⇒ Er wordt in het voorontwerp gerekend met  $36.5 \text{ cm}$

$$P_{\text{intunnel}} = 0.365 \text{ m} \times \gamma_c + p_{\text{reserve}} = 9.625 \text{ kN/m}^2$$

*Een betonnen wegdek zorgt voor grote geluidshinder. Indien dit zorgt voor een te grote geluidshinder, zal er toch een wegopbouw in asfalt gekozen worden in de tunnel. Dit is dan hetzelfde pakket als op de tunnel. Voorlopig wordt er uitgegaan van een betonnen wegverharding.*

Voor de wegopbouw op de tunnels/onderdoorgangen wordt volgens pakket aangenomen:

- Toplaag SMA-D:  $0.03 \text{ m}$
  - Onderlaag AVS-B:  $0.09 \text{ m}$
  - Bescherm laag in APO-C:  $0.04 \text{ m}$
  - Afdichtingmembraan:  $0.005 \text{ m}$
- Totaal: 0.165 m*

⇒ Er wordt in het voorontwerp gerekend met  $16.5 \text{ cm}$

$$P_{\text{optunnel}} = 0.165 \text{ m} \times \gamma_{\text{KWS}} + p_{\text{reserve}} = 4.295 \text{ kN/m}^2$$

#### 6.1.3 GROND- EN GRONDWATERDRUKKEN

Grond- en grondwaterdrukken worden beschouwd als permanente last.

De actieve en passieve gronddrukken worden bepaald met de volgende maximale waarden voor de wandwrijvingshoek.

Wand	Recht glijvlak	Krom glijvlak
Beton	0,67 $\varphi'$	$\varphi'$ -2,5 ° en 27,5 °
Staal	0,67 $\varphi'$	$\varphi'$ -2,5 ° en 27,5 °
Bentonietcake	0,33 $\varphi'$	0,50 $\varphi'$
Beton gestort tegen de grond	1,00 $\varphi'$	1,00 $\varphi'$

Tabel 5: Wandwrijvingshoeken

Aandachtspunt: t.g.v. de uitgraving zullen de grondlagen onder het uitgravingspeil ontlast worden. De Boomse klei is een tertiaire kleilaag met een lage doorlatendheid. Zwel van deze laag zal niet onmiddellijk volledig optreden. Indien de betonplaat en andere bovenbouw gestort worden alvorens de zwel is opgetreden, zullen zweldrukken ontstaan tegen de bodemplaat. Deze dienen dan gezien te worden als externe belasting.

*De zwel wordt conservatief meegenomen:*

- o *Korrelspanning Boomse Klei tot 150 kPa: geen zwelbelasting*
- o *Verdere ontgravingen: zweldruk = de verloren korrelspanning met een maximum van 150 kPa. Als een deel van de zwel t.g.v. de fasering/ de bouwtijd wordt toegelaten, wordt de toe te passen zweldruk vermenigvuldigd met reductiefactor 1 - (opgetreden zwel)/(zwel op t = oneindig).*

#### 6.1.4 VERHINDERDE KRIMP

Verhinderde krimp van wanden die op een plaat gestort worden, wordt meegenomen in het ontwerp conform CIRIA C660. De verhinderde rek ( $\epsilon_r$ ) van het beton is gelijk aan:

$$\epsilon_r = R \cdot K \cdot [\alpha_c \cdot (T_1 + T_2) + \epsilon_{cd}]$$

met:

- R: de restraint factor
- K: een coëfficiënt die rekening houdt met kruip en spanningsrelaxatie
- $\alpha_c$ : de thermische uitzettingscoëfficiënt
- T1: de interne opwarming van het beton ten gevolge van de hydratatie
- T2: het verschil tussen de gemiddelde omgevingstemperatuur op het tijdstip van casting en de minimale gemiddelde omgevingstemperatuur
- $\epsilon_{cd}$ : uitdrogingskrimp, bepaald volgens EN 1992-1-1

Autogene krimp wordt hier verwaarloosd, aangezien de waarden van T1 voldoende conservatief zijn.

Verder wordt er ook rekening gehouden met het feit dat het beton een deel van de rek opneemt (door de vorming van scheuren). Conform CIRIA C660 neemt het beton een rek van 50% van diens rekkapaciteit ( $\epsilon_{ctu}$ ) op. De scheur-geïnduceerde rek ( $\epsilon_{cr}$ ) is bijgevolg:

$$\epsilon_{cr} = \epsilon_r - 0.5 \cdot \epsilon_{ctu}$$

*Voor het definitief ontwerp moet de berekening van de verhinderde krimp eventueel herbekeken worden.*

## 6.1.5 ZETTING

Wordt in het voorontwerp niet in rekening gebracht.

*De zettingen ten gevolge van de zweldruk zullen wel in rekening gebracht worden. Zie hiervoor paragraaf 6.1.3.*

## 6.2 VARIABELE BELASTINGEN

### 6.2.1 WEGVERKEER

#### 6.2.1.1 Belastingen op grondmassieven

De belasting op de grondmassieven die zich boven en naast de tunnelconstructie bevinden en waar gemotoriseerd verkeer is toegelaten, is een gelijkmatig verdeelde, onbepikt en oneindig deelbare veranderlijke karakteristieke belasting van 20 kN/m<sup>2</sup>

Ter hoogte van de doorgang van een zwaar bijzonder voertuig over een strookbreedte van a m een veranderlijke belasting van b kN/m<sup>2</sup> voorzien:

- bij een zwaar bijzonder voertuig met assen van 150 kN: a = 3,0 m; b = 33 kN/m<sup>2</sup>;
- bij een zwaar bijzonder voertuig met assen van 200 kN: a = 3,0 m; b = 45 kN/m<sup>2</sup>;
- bij een zwaar bijzonder voertuig met assen van 300 kN: a = 4,5 m; b = 45 kN/m<sup>2</sup>.

Grondmassieven die zich boven en naast de tunnelconstructie bevinden en waar geen gemotoriseerd verkeer mogelijk is, bv. door de aanwezigheid van een permanent obstakel, worden belast met een gelijkmatig verdeelde, onbepikt en oneindig deelbare veranderlijke karakteristieke belasting van 10 kN/m<sup>2</sup>.

Grondmassieven die zich boven en naast de tunnelconstructie bevinden en waar accidenteel gemotoriseerd verkeer mogelijk is, maar in normale omstandigheden niet verwacht wordt, worden belast met een gelijkmatig verdeelde, onbepikt en oneindig deelbare veranderlijke karakteristieke belasting van 20 kN/m<sup>2</sup>.

#### 6.2.1.2 Verkeerslast LM1

De breedte van het brugdek tussen de permanente veiligheidsvoorzieningen wordt opgedeeld in een aantal theoretische rijstroken met een breedte van 3m.

In dit voorontwerp worden de platen die belast worden door verkeersbelasting gemodelleerd als een 2D-element. Op dit 2D element worden de wiellasten als puntlasten ingevoerd.

De zwaarst belaste rijstrook wordt belast met:

- Twee assen van 300kN
- Uniforme last van 9kPa

Rijstrook 2 wordt belast met:

- Twee assen van 200kN
- Uniforme last van 2.50kPa

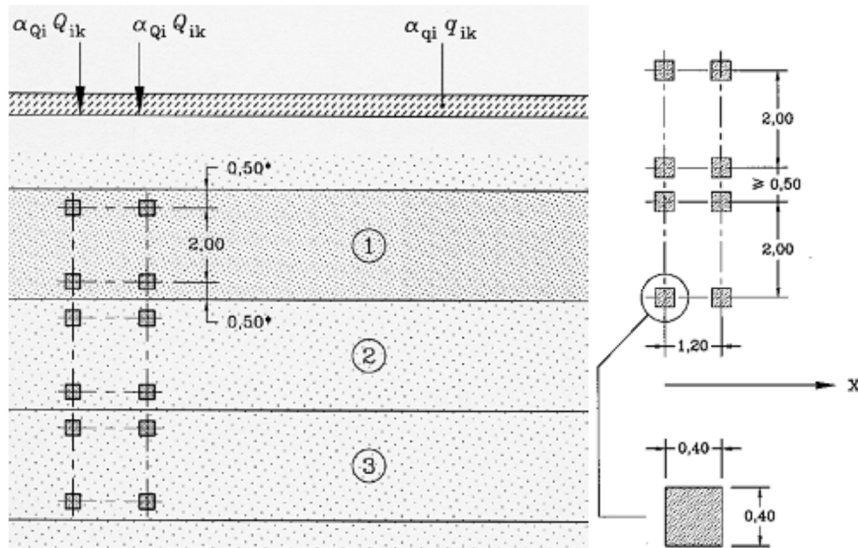
Rijstrook 3 wordt belast met:

- Twee assen van 100kN
- Uniforme last van 2.50kPa

De restruimte wordt belast met een uniforme last van 2.5kPa.

De assen van het LM-konvooi staan 1.20m uit elkaar. De h.o.h.-afstand tussen de wielen bedraagt 2m.

De dynamische vergrotingsfactor wordt gelijkgesteld aan 1.



Figuur 6-1: LM1

### 6.2.1.3 Verkeerslast LM2

In het voorontwerp wordt dit belastingsgeval niet beschouwd, aangezien dit bedoeld is voor lokale toetsing.

### 6.2.1.4 Verkeerslast LM3

TEUV1: Het bijzonder voertuig rijdt "alleen" op de centrale as (midden tussen 2 afschermdende constructies met afwijking van 0.5m mogelijk) met lage snelheid: zie SB260 §4.2.3.2.A.1

TEUV2: Het bijzonder voertuig beweegt zich over het kunstwerk volgens een willekeurige as van de theoretische rijstroken in combinatie met LM1: zie SB260 §4.2.3.2.A.2

-A12:

- TEUV1 3600/300, geen vergrotingsfactor, lage snelheid
- TEUV2 2400/200, vergrotingsfactor 1.4, normale snelheid
- Vrije hoogte 5.2m (incl. reserve) - Transporthoogte 4.9m (30cm marge wegens "snelweg")

- N177 :

- TEUV1 3600/300, geen vergrotingsfactor, lage snelheid
  - Dit konvooi kan er in principe nooit komen, maar de keerwanden aan de Ruppeltunnel zijn hiervoor berekend.

- TEUV2 2400/200, vergrotingsfactor 1.4, normale snelheid
  - Dit konvooi treed zelden als enige zwaar voertuig op, maar in combinatie met LM1 door files.
- Vrije hoogte 5.7: Transporthoogte 5.5m (20cm marge wegens lagere snelheid tov "snelweg")

- kruisende wegen op kruispunten:

1. Terbekehofdreef- Atoomiumlaan (industrie);
2. Cleydaellaan-Kontichsesteenweg (industrie);
3. Vluchtenburgstraat - Leugstraat (industrie maar minder groot);
4. Bist - Langlaarsteenweg ( industrie maar minder groot)

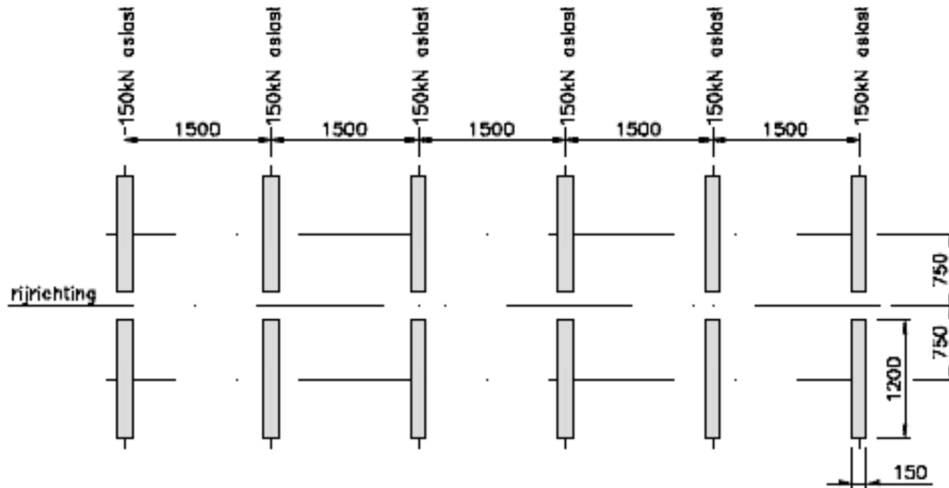
- TEUV1 2400/200, geen vergrotingsfactor, lage snelheid
  - Als de konvoeien bochten moeten nemen is het niet mogelijk ze op een bepaalde positie te laten rijden. Er is zelfs veel kans dat de belasting op de buitenste liggers terecht komt.
- TEUV2 1800/150, vergrotingsfactor 1.4, normale snelheid
- Vrije hoogte 5.7: Transporthoogte 5.5m (20cm marge wegens lagere snelheid tov "snelweg")

- kruispunt Helststraat - Guido Gezellestraat (residentieel):

Indien het kruispunt niet ingeschakeld wordt voor keerbewegingen omdat de andere kruispunten niet goed kunnen uitgerust worden, dan zijn er extra eisen voor UV noodzakelijk:

- TEUV1 -
- TEUV2 900/150, vergrotingsfactor 1.4, normale snelheid
- Vrije hoogte 5.7: Transporthoogte 5.5m (20cm marge wegens lagere snelheid tov "snelweg")

Op Figuur 6-2 wordt getoond hoe deze aslasten op de theoretische rijstroken worden geplaatst. Ook de tussenafstand tussen de assen is te zien. De bijzondere voertuigen worden enkel op theoretische rijstrook 1 geplaatst, op de andere rijstroken wordt verkeerslast LM1 geplaatst. Hoe deze gecombineerd moeten worden, staat getoond op Figuur 6-3. De afstand tussen het bijzonder voertuig en de aslasten van het LM1-model wordt op **25m** gehouden in de tunnel en op **15m** op de tunnel in de berekeningen.



Figuur 6-2: LM3: 900/150

Combinatie 1			belastingcombinatie	UGT-FUN	BGT-KAR	BGT-FRQ
			partieële factor	$\gamma (= 1,35)$	1	1
			combinatiefactor	1	1	$\psi I (= 1)$
TRS 1	bijzonder voertuig* $\phi$	15m/25m (*)	of TS (2x300kN)*0,75 + 9 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x200kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x100kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4			
TRS 2			of TS (2x300kN)*0,75 + 9 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x200kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x100kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4			
TRS 3			of TS (2x300kN)*0,75 + 9 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x200kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x100kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4			
OO			2,5kN/m <sup>2</sup> *0,4			

Combinatie 2			belastingcombinatie	UGT-FUN	BGT-KAR	BGT-FRQ
			partieële factor	$\gamma (= 1,35)$	1	1
			combinatiefactor	1	1	$\psi I (= 1)$
TRS 1	bijzonder voertuig* $\phi$	25m	bijzonder voertuig* $\phi$	15m/25m (*)		of TS (2x300kN)*0,75 + 9 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x200kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x100kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4
TRS 2						of TS (2x300kN)*0,75 + 9 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x200kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x100kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4
TRS 3						of TS (2x300kN)*0,75 + 9 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x200kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4 of TS (2x100kN)*0,75 + 2,5 kN/m <sup>2</sup> *0,4
OO						2,5kN/m <sup>2</sup> *0,4

(\*) 15m voor kunstwerken niet gelegen in auto(snel)wegen; 25m in andere gevallen.  
Opgelet: LM1 kan ook voor het konvooi uit rijden.

Figuur 6-3: LM3: Gelijktijdigheid van bijzondere voertuigen en LM1

### 6.2.1.5 Verkeerslast LM4

Wordt in het voorontwerp niet in rekening gebracht.

#### **6.2.1.6 Remkracht en versnellingskracht**

Wordt in het voorontwerp niet in rekening gebracht.

## 6.2.2 TRAMBELASTING

Zie SB260 H21-4.2.3.2.E.

Voor konvoilasten geldt het volgende voor de invloed van het aantal sporen:

- bij bruggen voor één of twee sporen worden de schema's volledig toegepast voor elk spoor;
- bij bruggen voor meer dan twee sporen wordt het nadeligste van de twee onderstaande gevallen beschouwd:
  - o op twee sporen wordt het volledige schema in de nadeligste stand geplaatst, terwijl alle andere sporen onbelast zijn;
  - o alle sporen worden belast met 75 % van het overeenstemmende schema in de nadeligste stand;
- ieder ontwerp houdt rekening met een mogelijke dwarsexcentriciteit van de sporen van 25 cm. Dit is geen tolerantie voor aanleg van de sporen, maar een marge in het ontwerp voor de stabiliteit.

Voor rijstroken waarvoor gemengd tram/wegverkeer is voorzien, wordt ofwel het schema van de trambelasting toegepast ofwel het schema van het wegverkeer toegepast.

Het is wel mogelijk dat tram-en wegverkeer gelijktijdig als hoofdbelasting voorkomen op verschillende rijstroken. Hierbij wordt een veiligheidsfactor van 1.50 toegepast op de trambelasting in uiterste grenstoestand. Volgende  $\psi$ -factoren zijn van toepassing:

Belasting	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Tram – verticale krachten	1.0	1.0	0.0
Tram – horizontale krachten	0.0	0.0	0.0

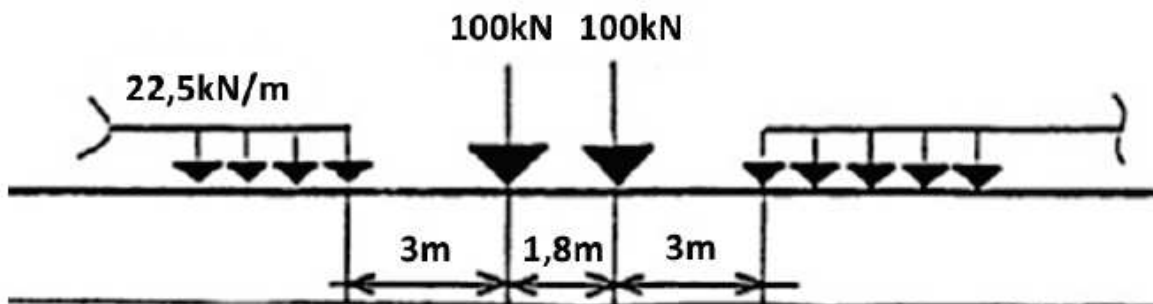
Tabel 6: Combinatiefactoren trambelasting

### 6.2.2.1 Standaardkonvooi

Bij het standaardkonvooi is de verticale verkeersbelasting voor trams volgens onderstaande figuur.

De classificatiefactor voor trams bedraagt 1.20.

Een dynamische factor moet in rekening worden gebracht zoals beschreven in §6.4. van NBN EN 1991-2 NL:2013.



Figuur 6-4: Standaardkonvooi

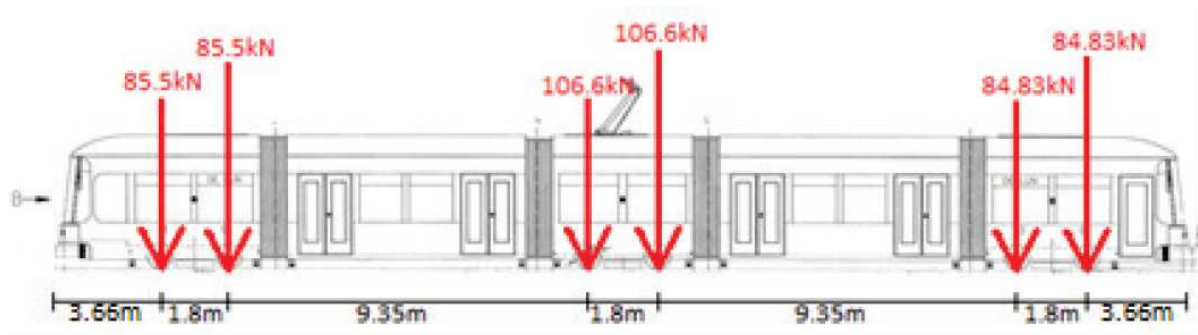
### 6.2.2.2 Konvooi Hermelijntram

De karakteristieke belasting van een tram type Hermelijn is volgens onderstaande figuur.



Dit is een konvooi van een werkelijke tram.

Dynamische factor is in rekening te brengen volgens de voorschriften van bijlage B en C van NBN B03-105.



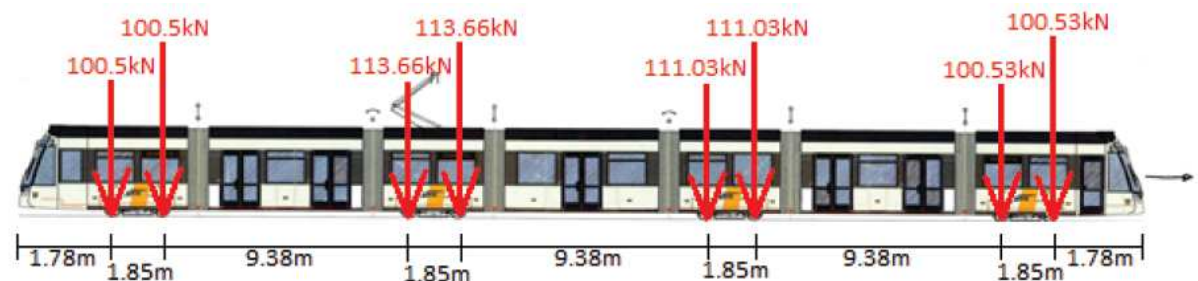
Figuur 6-5: Hermelijntram

### 6.2.2.3 Konvooi Albatrostram

De karakteristieke belasting van een tram type Albatros is volgens onderstaande figuur.

Dit is een konvooi van een werkelijke tram.

Dynamische factor is in rekening te brengen volgens de voorschriften van bijlage B en C van NBN B03-105.



Figuur 6-6: Albatrostram

### 6.2.2.4 Centrifugaalkracht

De centrifugaalkracht voor een tramspoor in bocht wordt berekend volgens §6.5.1 van NBN EN 1991-2 NL:2013.

### 6.2.2.5 Zijdelinkse stootkracht

Wordt in het voorontwerp niet in rekening gebracht.

De zijdelingse stootbelasting wordt als een horizontaal werkende geconcentreerde belasting genomen, aangrijpend op bovenkant van de spoorstaven, loodrecht op de hartlijn van het spoor. Deze wordt toegepast op de meest ongunstige plaats zowel bij recht spoor als bij spoor in een bocht. De karakteristieke waarde van de zijdelingse stootbelasting is  $Q_{sk} = 50$  kN.

De zijdelingse stootbelasting wordt steeds gecombineerd met de verticale verkeersbelasting.

### 6.2.2.6 Remkracht en versnellingskracht

Wordt in het voorontwerp niet in rekening gebracht.

### 6.2.3 WINDBELASTING

Wordt in het voorontwerp niet in rekening gebracht.

### 6.2.4 TEMPERATUURBELASTING

Volgens SB60-21 mag het volgende vereenvoudigde belastingsmodel toegepast worden voor de gelijkmatige temperatuurscomponent  $\Delta T_N$  en de lineaire temperatuurscomponent  $\Delta T_{My}$  op wanden en platen met aan één zijde grond:

Open toegangen	$\Delta T_N$ (°C)	$\Delta T_{My}$ (°C)
Wand < 60 cm	+30	+15
	-5	-8
Wand $\geq$ 60 cm	+25	+15
	-5	-8
Plaat (asfalt = 15 cm)	+25	+7
	-5	-6
Tunnel (gesloten gedeelte)	$\Delta T_N$ (°C)	$\Delta T_{My}$ (°C)
Wand + plaat (dekking $D \geq 1,5$ m)	+20	+5
	0	-5
Wand + plaat (dekking $D \leq 1,5$ m)	$30 - 10 \cdot D/1,5$	$8 - 3 \cdot D/1,5$
	$-26 + 26 \cdot D/1,5$	$-15 + 10 \cdot D/1,5$

Tabel 7: Temperatuursbelasting op tunnelwanden

In het voorontwerp wordt de temperatuursbelasting niet in rekening gebracht.

## 6.3 ACCIDENTELE BELASTINGEN

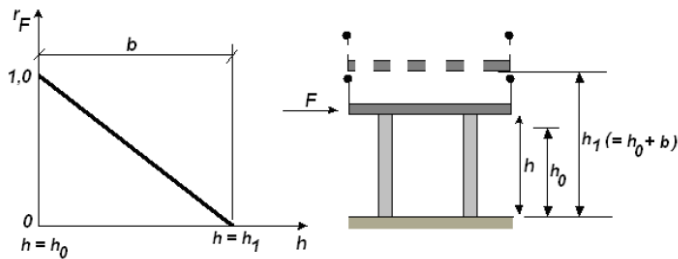
### 6.3.1 ONTPLOFFING

Bij ADR-tunnels is de in rekening te brengen ontploffingsbelasting een statisch equivalente belasting van + 150 kN/m<sup>2</sup> en - 100 kN/m<sup>2</sup>, waarbij het plusteken (+) wil zeggen dat de belasting gericht is van binnen de structuur naar buiten. Dit is conform SB260 H21 en de toekomstige ADR-A tunnel op de R4W.

### 6.3.2 AANRIJDING OP BRUGDEK

Zie hiervoor NBN 1991-1-7 par 4.3.2.

OPMERKING 3 Op verticale vlakken zijn de rekenwaarden van de botsbelastingen gelijk aan de rekenwaarden van de equivalente statische krachten door aanrijding in tabel 4.2. Voor  $h_0 \leq h \leq h_1$ , mogen deze waarden worden vermenigvuldigd met een reductiefactor  $r_F$ . De waarden van  $r_F$ ,  $h_0$  en  $h_1$  kunnen zijn opgenomen in de nationale bijlage. Aanbevolen waarden van  $r_F$ ,  $h_0$  en  $h_1$  zijn gegeven in figuur 4.2.



- $h$   $\text{[E]}$  is de fysieke ruimte tussen het wegooppervlak en de onderzijde van het brugdek aan het botspunt  $\text{[E]}$
- $h_0$   $\text{[E]}$  is de fysieke ruimte tussen het wegooppervlak en de onderzijde van het brugdek waaronder een aanrijding van de bovenbouw in rekening moet zijn gebracht zonder enige reductie. De aanbevolen waarde van  $h_0$  is 5,0 m (+ toeslagen voor de verticale pijl en doorbuigen van de brug, en verwachte zettingen)  $\text{[E]}$
- $h_1$   $\text{[E]}$  is de fysieke ruimte tussen het wegooppervlak en de onderzijde van het brugdek, waarboven het niet nodig is rekening te houden met een botsing. De aanbevolen waarde van  $h_1$  is 6,0 m (+ toleranties voor toekomstige overlaging, verticale pijl en doorbuigen van de brug, en verwachte zettingen)  $\text{[E]}$
- $b$  is het hoogteverschil tussen  $h_1$  en  $h_0$ :  $b = h_1 - h_0$ . De aanbevolen waarde van  $b$  is 1,0 m. Een reductiefactor voor  $F$  is toegestaan voor waarden van  $b$  tussen 0 en 1 m, d.w.z. tussen  $h_0$  en  $h_1$

### 6.3.3 AANRIJDING OP ONDERSTEUNENDE ONDERBOUW

Volgens SB260 dienen voor bruggen de dragende delen van het kunstwerk die boven het niveau van de weg uitsteken te worden berekend tegen aanrijding volgens de aanrijdingskrachten uit NBN EN 1992-1-1:2005 en NBN EN 1991-1-7 ANB.

Bij correcte plaatsing (lengte en werkingsbreedte) van eventuele barriers kan volgende lastreductie worden toegepast:

- H4a/H4b: Vermindering met 40%
- H2/H3: Vermindering met 20%

De aanrijdingskracht is afhankelijk van de afstand tussen het dagvlak van het object en de rand van de rijweg.

$F_{d,x}$  en  $F_{d,y}$  dienen niet gelijktijdig te worden beschouwd. De kracht grijpt aan op een hoogte  $h$ . *Waarbij het aangrijpingspunt op 1.50m boven rijweg voor maximaal moment en het aangrijpingspunt op 0.50m boven rijweg voor maximale dwarskracht. Deze krachten kunnen worden gespreid over een hoogte  $a$ .* Spreiding in de lengterichting wordt niet gedefinieerd in de norm. Er wordt uitgegaan van een vierkant spreidingsoppervlak  $a \times a$ , *waarbij  $a$  varieert van 0.25m voor auto's en 0.5m voor vrachtwagens.*

*De krachten die in rekening te brengen zijn, zijn te vinden in onderstaande tabel 4.1 uit NBN 1991-1-7.*

Verkeerscategorie	Kracht $F_{dx}$ <sup>a</sup> [kN]	Kracht $F_{dy}$ <sup>a</sup> [kN]
Hoofdwegen	1000	500
Overige wegen buiten bebouwde kom	750	375
Wegen binnen bebouwde kom	500	250
Binnenplaatsen en parkeergarages met toegang voor:		
— Auto's	50	25
— Vrachtwagens <sup>b</sup>	150	75
<sup>a</sup> $x$ = normale rijrichting, $y$ = loodrecht op de normale rijrichting. <sup>b</sup> De term 'vrachtwagen' slaat op voertuigen met een maximaal bruto gewicht groter dan 3,5 ton.		

Tabel 8: rekenwaarden voor statische krachten door aanrijding tegen constructies

### 6.3.4 BELASTING DOOR ONTSPORING OP DE DRAGENDE CONSTRUCTIE GELEGEN ONDER HET TRAMSPOOR

In het voorontwerp wordt deze belasting in eerste instantie niet beschouwd.

Zie SB260 H21-4.2.3.2.E.10.

De ontwerpsituatie wordt opgesplitst in 2 gevallen, die afzonderlijk, zonder samenstelling met elkaar, moeten onderzocht worden:

- geval A: De ontspoorde voertuigen blijven binnen het spoorgebied op het brugdek;
- geval B: De ontspoorde voertuigen verlaten het spoorgebied zonder te vallen en blijven in evenwicht aan de rand van de brug.

Tramkonvoeien op de andere sporen worden als gelijktijdige belastingen met hun combinatie waarde in beschouwing genomen.

- De combinatie waarde is 100 % ingeval van 2 sporen.
- Voor bruggen met 3 sporen of meer wordt het nadeligste van de twee onderstaande gevallen beschouwd:
  - o de combinatie waarde is 75 % op alle sporen;
  - o de combinatie waarde is 100 % op één spoor en alle andere sporen zijn onbelast.

### 6.3.5 BELASTING DOOR ONTSPORING OP CONSTRUCTIES GELEGEN LANGS OF OVER DE TRAMLIJN

In het voorontwerp wordt deze belasting in eerste instantie niet beschouwd.

Zie SB260 H21-4.2.3.2.E.10.

Afstand $d$ vanaf constructieve elementen tot de hartlijn van het dichtstbij gelegen tramspoor (m)	Kracht $F_{dx}$ (kN)	Kracht $F_{dy}$ (kN)
Constructieve elementen: $d < 3$ m	Voor te schrijven per project.	Voor te schrijven per project.
Voor doorgaande wanden en wandconstructies: $3$ m $< d < 5$ m	1 500	750
$d > 5$ m	0	0
a $x$ = richting van het tramspoor; $y$ = loodrecht op de richting van het tramspoor.		

Tabel 9: De rekenwaarden van de statisch equivalente krachten door aanrijding voor constructies van klasse A over of langs tramlijnen

### 6.3.6 STEMPEL- EN ANKERUITVAL

Voor zowel tijdelijke als permanente stempels en ankers wordt het belastinggeval stempel- of ankeruitval beschouwd voor ieder willekeurig stempel of anker.

### 6.3.7 BRAND

Overeenkomstig het SB260 H21 wordt brand niet als belastingsgeval beschouwd.

We veronderstellen dat de tunnelwanden worden beschermd met een hittewerende beplating/ bespuiting zodat, in het geval van voorgeschreven brandkromme en duurtijd, de temperatuur in beton en wapening resp. lager dan 380 en 250 °C blijven conform [Norm-34].

## 6.4 VERMOEIING

In deze fase van het ontwerp wordt geen rekening gehouden met vermoeiing.

## 6.5 BELASTINGSCOMBINATIES

Volgende ontwerpcombinaties worden beschouwd:

$$\text{Blijvende ontwerpsituatie (UGT-B)} \quad \sum_{(j \geq 1)} (\gamma_{Gj} \cdot G_{kj}) + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{(i > 1)} (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

$$\text{Accidentele ontwerpsituatie (UGT-A)} \quad \sum_{(j \geq 1)} G_{kj} + P_k + A_d + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{(i > 1)} (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

$$\text{Karakteristieke combinatie (GGT-K)} \quad \sum_{(j \geq 1)} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{(i > 1)} (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

$$\text{Frequente combinatie (GGT-F)} \quad \sum_{(j \geq 1)} G_{kj} + P_k + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{(i > 1)} (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Voor de combinatiefactoren wordt verwezen naar Tabel A2.1 ANB van NBN EN 1990 ANB (2012). Een overzicht van de te gebruiken combinatiefactoren wordt gegeven in onderstaande tabel.

Belasting			$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
verkeersbelasting	gr1	TS	0,75	0,75	0
		UDL	0,4	0,4	0
	voetgangers + fietspad		0,4	0,4	0
	gr2	(horiz)	0	0	0
	gr3	(voetgangers)	0	0,4	0
	gr5	(LM3)	0	1	0
windbelasting	FWk	normaal	0,6	0,2	0
		in combinatie met andere korte duur belastingen	0,3	0,2	0
thermische belasting	Tk	UGT	0	0,6	0,5
		GGT: normaal	0,6	0,6	0,5
		GGT: in combinatie met andere korte duur belastingen	0,3	0,6	0,5
sneeuwbelasting	QSn,k	normaal	0,8	-	0
		in combinatie met andere korte duur belastingen	0,3	-	0

Tabel 10: Combinatiefactoren

Voor de UGT-berekeningen wordt algemeen een factor 1.35 toegepast op alle vaste lasten en wegverkeersbelastingen. Voor de overige belastingen (ook tram) wordt een factor 1.5 toegepast. De factoren zijn terug te vinden in Tabel A2.4 (B) ANB van NBN EN 1990 ANB (2012) volgens normale veiligheidsklasse CC2.

**Tabel A2.4 (B) ANB – Rekenwaarden van de belastingen (STR/GEO) (Groep B)**

Partiële factor		Gereduceerde veiligheid Klasse CC1	Normale veiligheid Klasse CC2	Verhoogde veiligheid Klasse CC3
$\gamma_{G, sup}$	(1)	1,20	1,35	1,50
$\gamma_{G, inf}$	(1)	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{G, set}$		(4)	(4)	(4)
$\gamma_{Q,1}, \gamma_{Q,2}$ indien ongunstig	Weg- en voetgangersverkeer <sup>(3)</sup>	1,20	1,35	1,60
	Spoorverkeer (algemeen) <sup>(3)</sup>	1,25	1,45	1,75
	Spoorverkeer (zwaar) <sup>(3)</sup>	1,05	1,20	1,40
	Andere belastingen <sup>(2)</sup>	1,30	1,50	1,80
$\gamma_{Q,1}, \gamma_{Q,2}$ indien gunstig	Alle belastingen	0	0	0
$\xi_j$		0,85	0,85	0,85

Tabel 11: Partiële veiligheidsfactoren

De geotechnische controles worden uitgevoerd volgens EN 1997-1, ontwerpbenadering 1 (DA1/1 en DA1/2). De partiële factoren uit de Belgische nationale bijlage EN 1997-1 ANB gelden.

Volgende controles worden uitgevoerd onder bovenstaande combinaties:

**DA1/1:**

- Algemene doorsnedecontroles (beton, damplanken, knik en plooiën buispalen, ...)

**DA1/2:**

- Passieve weerstand

Een overzicht van de partiële veiligheidsfactoren wordt weergegeven in onderstaande tabellen.

	DA1/1	DA1/2
Permanente lasten (ongunstig)	1,35	1,00
Permanente lasten (gunstig)	1,00	1,00
Variabele lasten (ongunstig)	1,50	1,10
Variabele lasten (gunstig)	0,00	0,00

Tabel 12: Partiële veiligheidsfactoren voor belastingen (EN 1997-1 Tabel A.3 ANB).

	DA1/1	DA1/2
Hoek van inwendige wrijving ( $\tan \phi'$ )	1,00	1,25
Effectieve cohesie ( $c'$ )	1,00	1,25
Ongedraineerde cohesie ( $c_u$ )	1,00	1,40
Volumiek gewicht ( $\gamma$ )	1,00	1,00

Tabel 13: Partiële veiligheidsfactoren voor materiaalparameters (EN 1997-1 Tabel A.4 ANB).

## 6.6 GROEPEN VAN BELASTINGEN

Bij het gebruik van combinatiefactoren bij verkeersbelastingen, worden de factoren per verkeersgroep toegepast. Een overzicht van de samenstelling van de verkeersgroepen is terug te vinden in Tabel 4.4a ANB van NB NEN 1991-2 ANB (2011).

Table 4.4a ANB - Bepaling van groepen verkeersbelastingen (karakteristieke waarden van de belastingen met meerdere componenten) [belastingsgroepen beschouwd als 1 belasting, rekening houdend met het corrigendum EN 1991-2:2003/AC van 2010]

Belastingstype		RIJWEG					VOET- EN FIETSPADEN Alleen verticale belastingen	
		Verticale krachten			Horizontale krachten			
Verwijzing		4.3.2	4.3.3	4.3.4 + ANB	4.3.5	4.4.1 + ANB	4.4.2 + ANB	5.3.2*
Belastingstelsysteem		LM1 (TS en UDL)	LM2 (enkele as)	LM3 (bijzondere voertuigen)	LM4 (mensenmenigte)	Rem- en versnellingskrachten <sup>a</sup>	Centrifugaalkrachten en krachten in dwarsrichting <sup>a</sup>	Gelijkmatig verdeelde belastingen
Groepen van belastingen	gr1a	Karakteristieke waarden				a	a	Combinatie waarde <sup>b</sup>
	gr1b		Karakteristieke waarde					
	gr2	Frequente waarden				Karakteristieke waarde	Karakteristieke waarde	
	gr3 <sup>d</sup>							Karakteristieke waarde <sup>c</sup>
	gr4				Karakteristieke waarde			Karakteristieke waarde
	gr5	Zie bijlage A		Karakteristieke waarde				
		← overheersende belastingcomponent (aangeduid als "groepskenmerk" of component behorende bij de groep)						
		<sup>a</sup> De waarden zijn in deze ANB vastgesteld.						
		<sup>b</sup> De genormeerde combinatie waarde is 2,5 kN/m <sup>2</sup> .						
		<sup>c</sup> Zie 5.3.2.1(1)**: Slechts één voetpad behoort belast te worden, indien het effect hiervan ongunstiger is dan bij belasting op twee voetpaden.						
		<sup>d</sup> Deze groep gr3 is niet van belang als gr4 van toepassing is.						

Tabel 14: Groepen van verkeersbelastingen



## 7 TOETSINGSCRITERIA

### 7.1 ALGEMEEN

Conform SB260 H21 7.3.1: bij de berekening van scheurwijdtes wordt voor de parameter  $c$  (betondekking) uitgegaan van  $c_{\min}$  (minimale betondekking) op de buitenste laag wapening.

### 7.2 VERVORMINGEN

	functionele eis	esthetische eis	
	(onder variabele last)	(onder totale last, op lange termijn)	
	(t.o.v. as betondoorsnede)	(t.o.v. rechte door steunpunten)	
	Tunnels + open toegangen	Tunnels	Open toegangen
dakplaat	$\leq L/1000$ ; $L \geq 10\text{m}$ $\leq L^2/1000$ ; $3\text{m} \leq L \leq 10\text{m}$ $\leq L/3333$ ; $L \leq 3\text{m}$	L/400	NVT
wanden	NVT	H/400	H/200
Bodemplaat	$\leq L/1000$ ; $L \geq 10\text{m}$ $\leq L^2/1000$ ; $3\text{m} \leq L \leq 10\text{m}$ $\leq L/3333$ ; $L \leq 3\text{m}$	NVT	NVT

Tabel 15: Constructieve toetsingscriteria (SB260-H21-6.6.6.2.A)

Voor definitieve wanden die achteraf van een voorzetwand voorzien worden, kunnen grotere vervormingen worden toegelaten indien deze in de voorzetwand kunnen weggewerkt worden. *Dit is afhankelijk wat als 'voorzetwand' beschouwd wordt. Indien dit effectief een structureel element is en de grotere vervormingen het gevolg zijn v.d. tijdelijke fasering, dan kan geval per geval beoordeeld worden of er afgeweken mag worden van de standaard grenswaarden zoals gedefinieerd volgens SB 260.*

Voor tijdelijke wanden kunnen grotere vervormingen worden toegelaten:

*Voor de tijdelijke wanden kan uitgegaan worden van: L/200 waarbij L de afstand is tussen de stutten (in geval van meerdere stutten) en H/100 in geval van 1 stut.*

### 7.3 CONTROLES

Toetsing		BGT	DA1/1	DA1/2
Passieve mobilisatie	[%]	-	-	$\leq 100$
Globale stabiliteit (Bishop)	[-]	$\geq 1.30$	-	-

Tabel 16: Geotechnische toetsingscriteria

In geval in de grond gevormde palen worden toegepast, wordt op de betonsterkte in BGT en UGT een bijkomende factor 1,4 toegepast (SB260-H21-6.5.3.1).

In geval diepwanden worden toegepast, wordt op de betonsterkte in BGT en UGT een bijkomende factor 1,1 toegepast (SB260-H21-6.5.6).

Het draagvermogen van wanden wordt als volgt beschouwd:

$$F_{s;d} \leq R_{b;d} + R_{s;d} + F_{p;v;d} - F_{a;v;d}$$

Met

$F_{s;d}$  externe verticale belasting (excl. eigengewicht van de wand, incl. verticale component van evt. ankerkracht)

$F_{p;v;d}$  verticale component van de passieve gronddruk

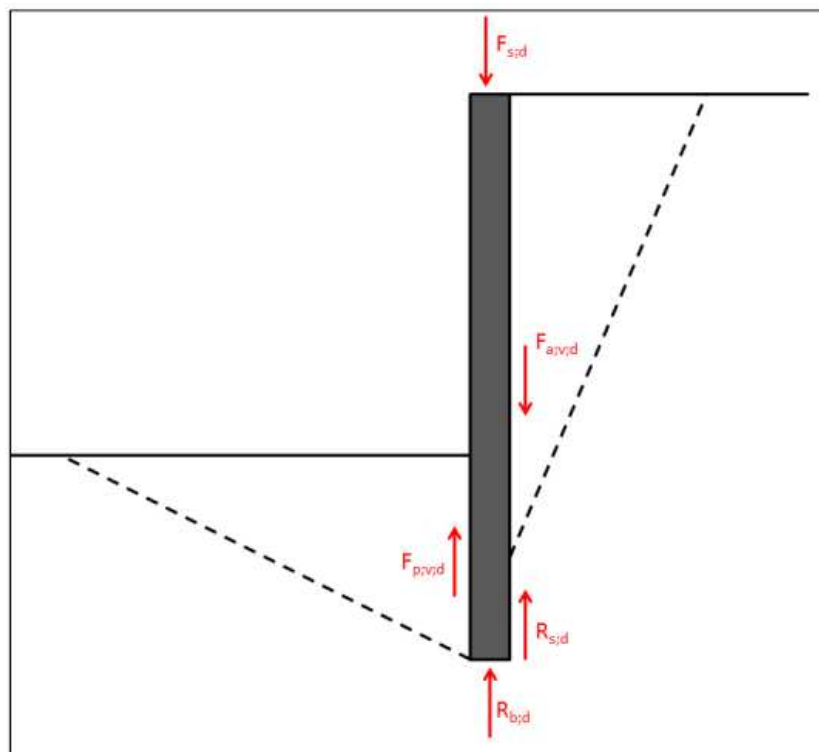
$F_{a;v;d}$  verticale component van de actieve gronddruk

$R_{s;d}$  schachtdraagvermogen

$R_{b;d}$  puntdraagvermogen

Daarbij worden het schachtdraagvermogen en het puntdraagvermogen afhankelijk van het type wand, als volgt begroot:

- Damwanden: In afwijking van het SB260 wordt het verticaal draagvermogen van damwanden gecontroleerd met de methode beschreven in CUR-publicatie 166 hoofdstuk 5 'Verticaal in het vlak belaste damwanden'.
- Diepwanden, buispalen van combiwanden: berekening in UGT volgens WTCB rapport 20



Figuur 7: Verticaal draagvermogen van wanden

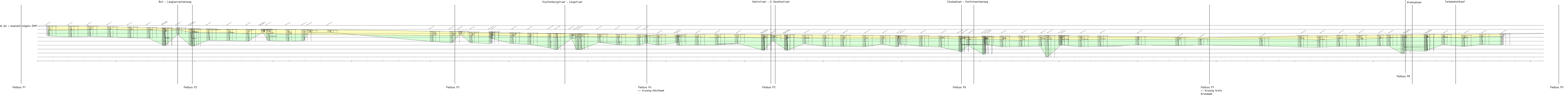
Grondankers worden als volgt getoetst:

- Sterkte: toetsing volgens NBN EN 1537
- Geotechnische weerstand: toetsing volgens de TA-95 (methode Bustamante)

## **8 BIJLAGEN**

BIJLAGE 1: LENGTEPROFIEL SONDERINGEN

Geel = bovenlagen: quartair, met onderaan in het noorden mogelijk een dunne laag Formatie van Berchem  
(glaucioniethoudend fijn zand)  
Groen = Boomse Klei



Peilbus P1

Peilbus P2

Peilbus P3

Peilbus P4  
←- kruising Helstbeek

Peilbus P5

Peilbus P6

Peilbus P7  
←- kruising Grote  
Kruisbeek

Peilbus P8

Peilbus P9

## BIJLAGE 2: TYPESONDERINGEN

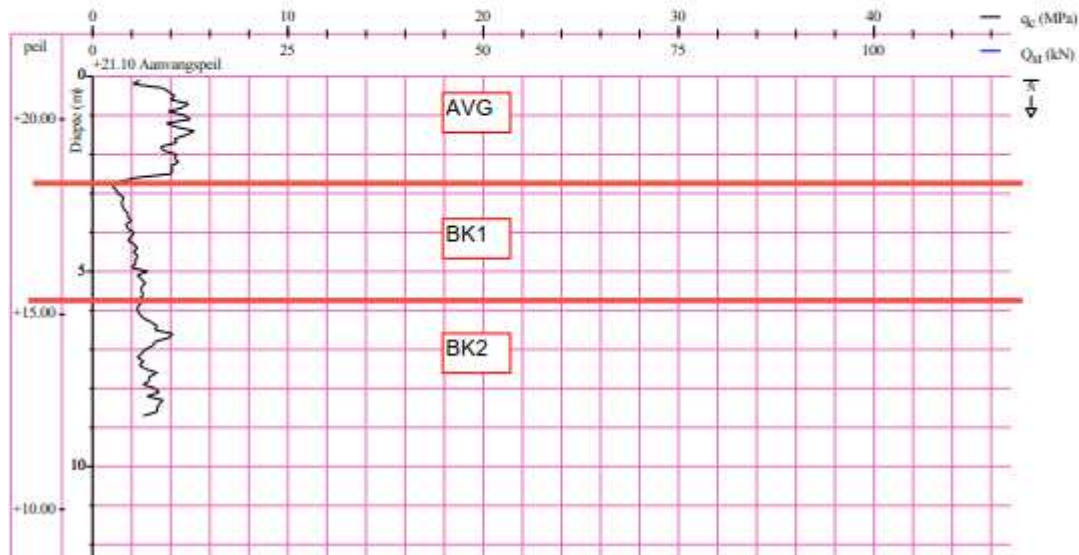


### Sondering

Proefnummer: GEO-48/648-S24  
X(Lambert): 150419.00  
Y(Lambert): 201599.00  
Z (mTAW): +21.10  
Gemeente:  
Uitvoerder: Rijksinstituut voor Grondmechanica

Aanvangsdatum: 02/09/1948  
Sondeerapparaat: 25 kN  
Conus: M4  
Diepte (m): 0.10 tot 8.70  
Geen opmeting waterpeil.

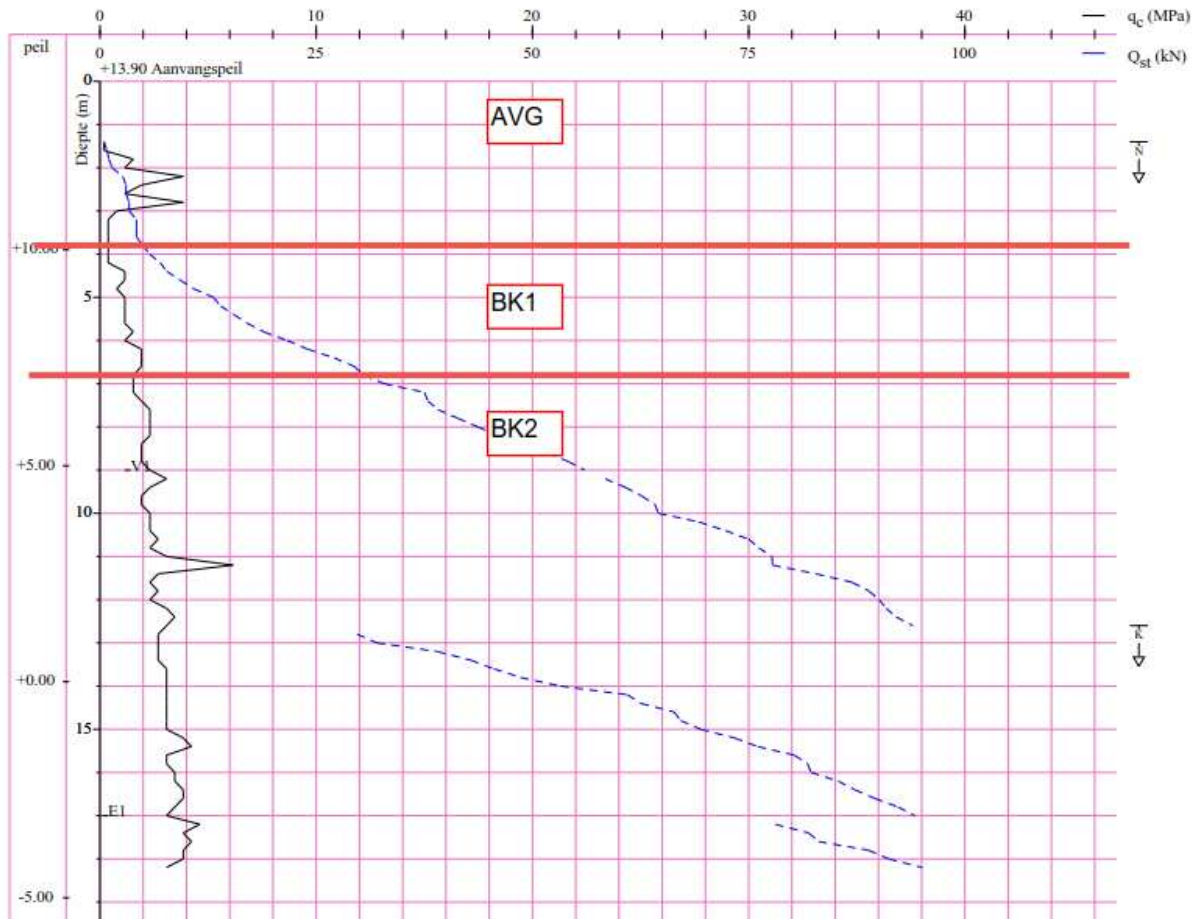
Norm:  
Toepassingsklasse:  
Uitvoeringsmethode: discontinu mechanisch





### Sondering

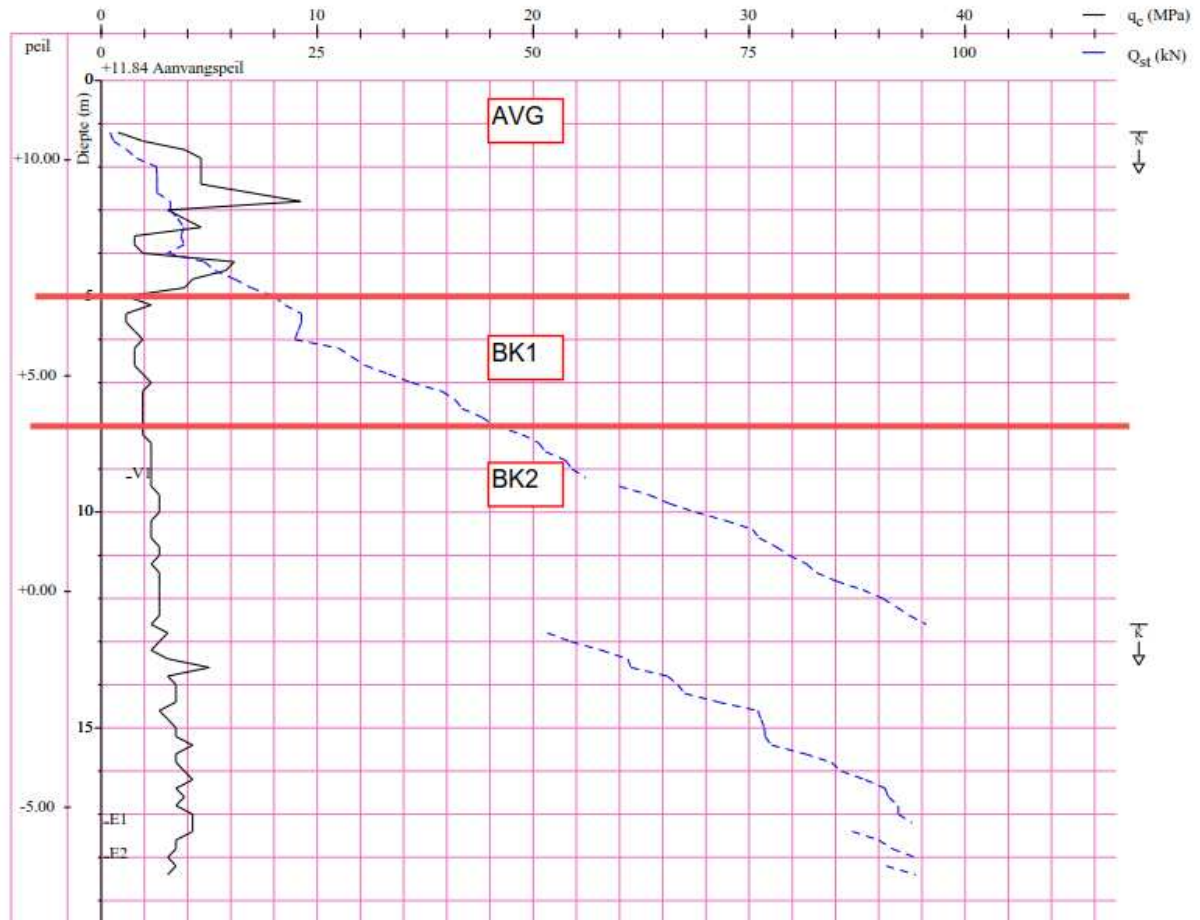
Proefnummer:	GEO-91/131-SDS34	Aanvangsdatum:	22/10/1992	Norm:	
X(Lambert):	150569.00	Sondeerapparaat:	200 kN	Toepassingsklasse:	
Y(Lambert):	202533.00	Conus:	M4	Uitvoeringsmethode:	discontinuu mechanisch
Z (mTAW):	+13.90	Diepte (m):	1.40 tot 18.20		
Gemeente:	Aartselaar	Water op (m):	1.60 m (peil +12.30 )		
Uitvoerder:	Rijksinstituut voor Grondmechanica				
Grondsoort aan de conus: grijze klei					





### Sondering

Proefnummer:	GEO-91/131-SDS49	Aanvangsdatum:	16/11/1992	Norm:	
X(Lambert):	150640.00	Sondeerapparaat:	200 kN	Toepassingsklasse:	
Y(Lambert):	203132.00	Conus:	M4	Uitvoeringsmethode:	discontinu mechanisch
Z (mTAW):	+11.84	Diepte (m):	1.20 tot 18.40		
Gemeente:	Aartselaar	Water op (m):	1.53 m (peil +10.31)		
Uitvoerder:	Rijksinstituut voor Grondmechanica				
Grondsoort aan de conus: grijze klei					

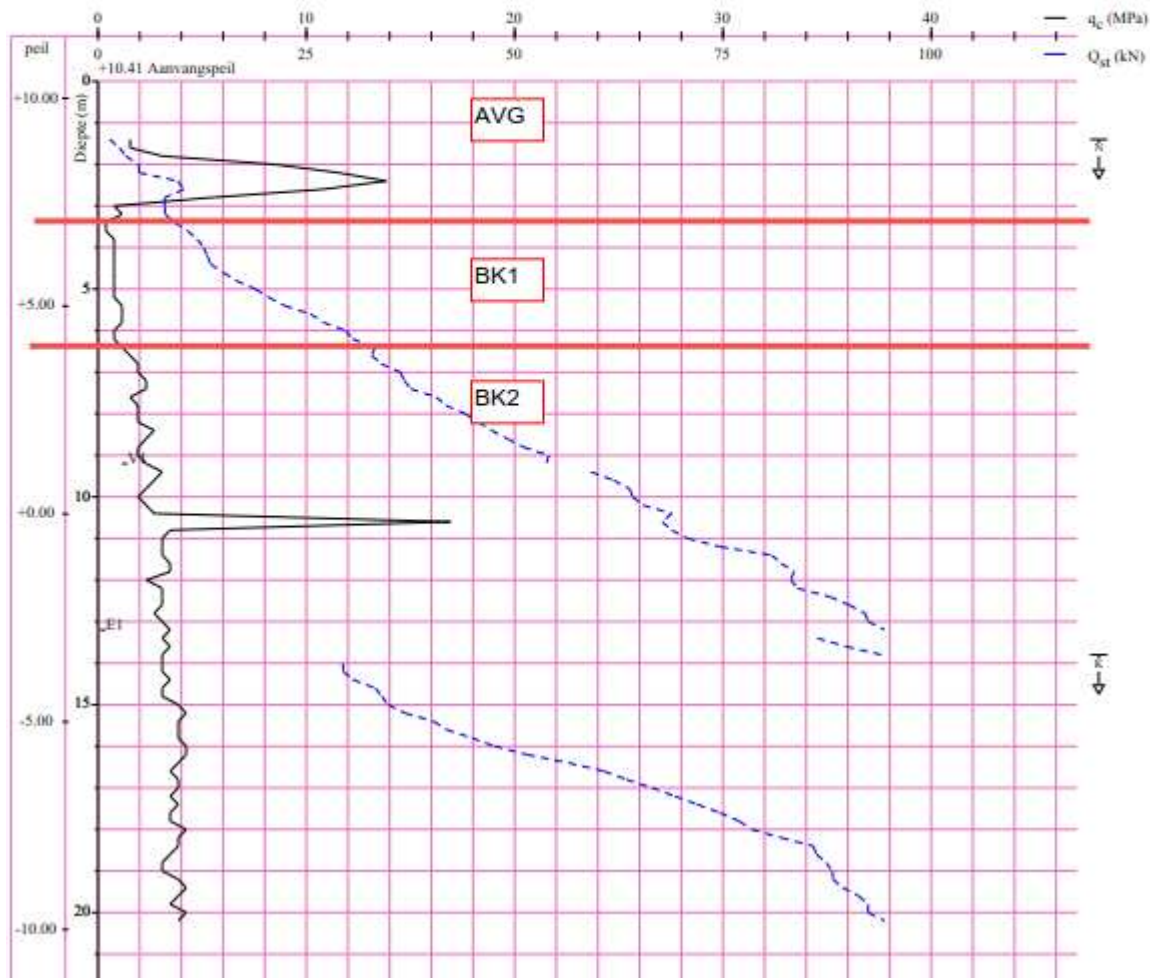






### Sondering

Proefnummer: GEO-91/151-SDS58	Aanvangsdatum: 06/01/1993	Nom: _____
X(Lambert): 150745.00	Sondeenapparaat: 200 kN	Toepassingsklasse: _____
Y(Lambert): 203565.00	Comus: M4	Uitvoeringsmethode: discontinu mechanisch
Z (mTAW): +10.41	Diepte (m): 1.40 tot 20.20	
Gemeente: Aartselaar	Sondeergat dicht op: 1.44 m(peil +8.97)	
Uitvoerder: Rijksinstituut voor Grondmechanica		
Grondsoort aan de comus: grijze klei		





### Sondering

Proefnummer: GEO-91/151-SDS77	Aanvangsdatum: 10/12/1992	Nom: _____
X(Lambert): 150912.00	Sondeenapparaat: 200 kN	Toepassingsklasse: _____
Y(Lambert): 204738.00	Comus: M4	Uitvoeringsmethode: discontinu mechanisch
Z (mTAW): +12.42	Diepte (m): 1.40 tot 20.20	
Gemeente: Antwerpen (Wilrijk)	Sondeergat dicht op: 1.40 m(peil +11.02)	
Uitvoerder: Rijksinstituut voor Grondmechanica		
Grondsoort aan de comus: grijze klei		

