

Rotterdamsebaan te Den Haag (RoBa)

Beïnvloeding archeologisch Rijksmonument Forum Hadriani tijdens de bouw- en gebruiksfase van de boortunnels

Rapport nr.: ACS12102-R07-00

Aan: Gemeente Den Haag



Status Rapport	Concept
Revisie	-
Datum	12-7-2013
Opgesteld	ing. N. Kalle (KLE)
Gecontroleerd	ir. M.H.A. Brugman (BGN)
Vrijgegeven	ir. B. Safari (SFI)
VERTROUWELIJKHEID	VERTROUWELIJK – Distributie beperkt tot cliënt en door cliënt vrijgegeven partijen - © 2013, ARTHE CIVIL & STRUCTURE B.V.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Projectbeschrijving	3
1.2	Doelstelling	4
2	Gebruikte documentatie.....	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Informatie uit het Voorlopig Ontwerp (VO2 & VO4) boortunnels.....	6
2.3	Informatie beschikbaar gesteld door de Gemeente Den Haag.....	6
2.4	Aanvullende informatie Forum Hadriani en bebouwing	7
3	Methodiek en leeswijzer	11
4	Inventarisatie gebruik terrein	12
5	Kwantificering invloed boorproces en invloedsgebied van het tunneltracé.....	14
5.1	Invloed boorproces op Forum Hadriani en bebouwing	14
5.1.1	Algemeen	14
5.1.2	Maaiveldzakkingen terrein (trogwerking)	14
5.1.3	Antwoorden op vragen Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.....	15
5.1.4	Overige constructies.....	16
5.2	Invloeden tijdens bouwphase tunnel.....	16
5.3	Terreinbeperkingen in de gebruiksfase van de tunnel	16
5.3.1	Invloed fundering bebouwing op de tunnelconstructies	16
5.3.2	Beperkingen ten aanzien van terreingebruik	16
5.3.3	Beperkingen ten aanzien van nieuw te realiseren paalfunderingen...	16
5.3.4	Beperkingen ten aanzien van maaiveldbelastingen en maaiveldontgravingen	16
5.3.5	Beperkingen ten aanzien van grondwaterverlagingen (bemalingen).	17
6	Conclusies	18
6.1	Beïnvloeding Forum Hadriani	18
6.2	Terreinbeperkingen	18
	BIJLAGE A Bijgevoegde tekeningen	19
	BIJLAGE B Berekeningsresultaten zettingen (PLAXIS).....	20

1 Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

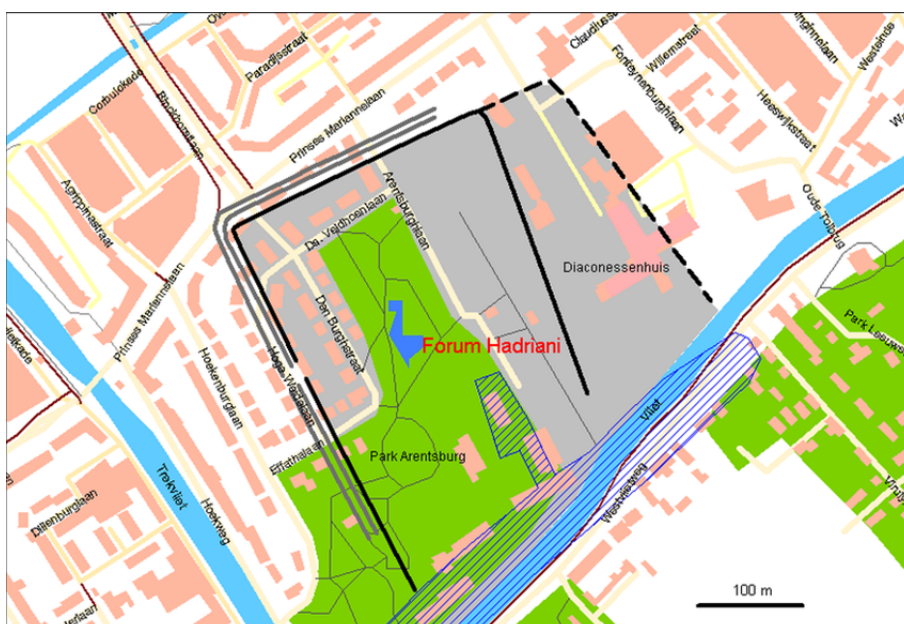
De Rotterdamsebaan (RoBa) is de nieuwe verbindingsweg tussen knooppunt Ypenburg (A4/A13) en de Centrale Zone (Binckhorst - Centrum - Scheveningen) van Den Haag. Onderdeel van dit project is de realisatie van twee boortunnels. De tunnels beginnen in Binckhorst ter hoogte van de Zonweg en gaan onder de bebouwing van Binckhorst, de bebouwing van de wijk Voorburg-West en de Westvlietweg door. De tunnels komen boven ten oosten van het Landgoed Zeerust.

Het in dit rapport beschouwde terrein bevindt zich binnen het invloedsgebied van het tunneltracé. Het terrein bevindt zich nabij het park Arentsburg, de Arentsburghlaan en het Diaconessenhuis.

Een deel van het invloedsgebied van het tunneltracé ligt onder het archeologisch Rijksmonument Forum Hadriani (daterend van circa 121 na Chr.) Hiervoor dient de kans op schade aan dit monument in kaart gebracht te worden.

Forum Hadriani (bodemarchief), met een oppervlakte van circa 300 x 400 m, was een Romeinse stad op de plaats van het huidige Voorburg-West. Dit wordt beschouwd als de op één na oudste stad van Nederland. Er was een stadsmuur met meerdere poorten en er lag een dubbele gracht om de stad. Binnen de muren was een recht stratenpatroon waarlangs diverse stenen gebouwen en tempeltjes waren gebouwd. Er was een badhuis, een herberg en woonhuizen. In totaal woonden er ongeveer 1.000 mensen. Waarschijnlijk is een deel van de stenen van het terrein in een later stadium verwijderd om elders te worden hergebruikt. Er bevinden zich nu nog veel restanten onder de grond. Het Voorburgse park Arentsburg ligt grotendeels over de restanten van het Forum Hadriani (bron: Wikipedia).

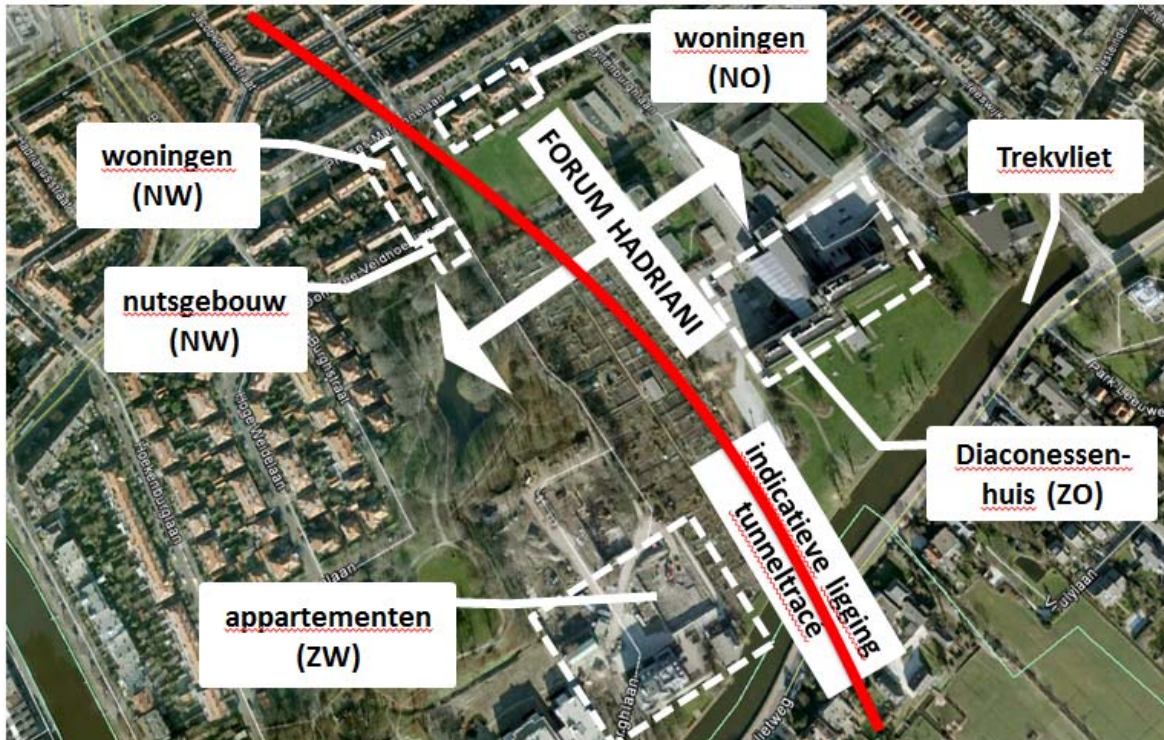
In figuur 1 is de locatie van het Forum Hadriani weergegeven.



Figuur 1: Locatie van Forum Hadriani te Voorburg (bron: Wikipedia)

Tevens bevindt zich op het terrein diverse bebouwing, waaronder woningen, een nutsgebouw, het Diaconessenhuis en appartementen, binnen het invloedsgebied van het tunneltracé.

In figuur 2 is globaal de ligging van het Forum, de diverse beschouwde bebouwing en het tunneltracé weergegeven.



Figuur 2: Satellietfoto met globale ligging Forum en diverse beschouwde bebouwing (Google Earth)

Dat de tunnelconstructies onder het Forum doorlopen betekent dat het Forum en de diverse beschouwde bebouwing mogelijk kunnen worden beïnvloed tijdens de uitvoering van de boorwerkzaamheden en in de gebruiksfase.

1.2 Doelstelling

Het doel van deze rapportage is het inventariseren en kwantificeren van de invloed van de realisatie van de boortunnels in de bouw- en gebruiksfase op het Forum en de diverse beschouwde bebouwing.

De vraagstelling vanuit de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, conform de MER-rapportage (ref. 7) is als volgt:

1. De breedte van de zettingstrog ter plaatse van het Forum dient vastgesteld te worden;
2. De bepaling van de locatie van de maximale zetting: op het diepste punt van de zettingstrog of aan de randen van de zettingstrog (vorm van de zettingstrog ter plaatse van het Forum);
3. Het vervormingsbeeld van de zettingstrog binnen de archeologische lagen (de bovenste 4 meter van de bodem) dient bepaald te worden: een integrale daling, waarbij de bodem alleen als een denkbeeldig blok daalt of ongelijke daling, zodat archeologische resten uit verband raken. Indien er een ongelijke daling optreedt dienen de zettingsverschillen bepaald te worden;

4. Er dient bepaald te worden of er voor de gebouwen binnen de zettingstrog eventueel maatregelen benodigd zijn om schade aan de bebouwing te voorkomen;
5. Er dient bepaald te worden bij welke optredende zetting er maatregelen getroffen dienen te worden om de schade aan de bebouwing die op het Forum staat, te voorkomen.

Het standpunt van de Rijksdienst Cultureel Erfgoed is dat binnen de begrenzing van het Forum de zetting zodanig beperkt moet blijven, dat bodemverstorende maatregelen om schade aan gebouwen te voorkomen achterwege gelaten kunnen worden. Het versterken of verbeteren van funderingen of grouten waarbij de bodem onder de bebouwing geroerd wordt is zonder meer schadelijk voor het Forum en dient dus voorkomen te worden.

2 Gebruikte documentatie

2.1 Algemeen

Voor dit onderzoek is de informatie gehanteerd zoals beschreven in de hiernavolgende paragrafen.

2.2 Informatie uit het Voorlopig Ontwerp (VO2 & VO4) boortunnels

Voor zover beschikbaar is gebruik gemaakt van de ontwerpen en berekeningen die voor het VO2 en VO4 zijn opgesteld. Het betreft de volgende documenten:

- [1] MNO-JG-100015255, versie 5.0, *Rotterdamsebaan Geotechnisch bodemonderzoek*, d.d. 13-11-2012;
- [2] ROBA-1B-VO-RAP-ZZ-110008141, versie 2.0, *Gebruiksbeperkingen van de gronden a.g.v. de boortunnel in uitvoerings- en eindfase*, d.d. 21-12-2011, inclusief de bijbehorende ontwerptekeningen (VO2) waarop de gebruiksbeperkingen voor het volledige tracé van de boortunnels zijn vastgelegd. In tabel 1 is een overzicht met de kenmerken van de gehanteerde ontwerptekeningen weergegeven;

Tabel 1: Overzicht ontwerptekeningen VO2 omgevingsbeïnvloeding

Tekeningnr.	Versie	Versiedatum	Documentstatus	Benaming
ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-401	2.1	08-02-2013	Concept	Voorlopig Ontwerp (VO2) Boortunnel Gebruiksbeperkingen UITVOERINGSFASE
ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-402	2.1	08-02-2013	Concept	Voorlopig Ontwerp (VO2) Boortunnel Gebruiksbeperkingen Maaiveld EINDFASE
ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-402a	0.1	11-02-2013	Concept	Voorlopig Ontwerp (VO2) Boortunnel "Systeemlijn" begrenzing Gebruiksbeperking EINDFASE
ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-403	1.1	08-02-2013	Concept	Voorlopig Ontwerp (VO2) Boortunnel Gebruiksbeperkingen te realiseren gebouwen met paalfundering t.o.v. boortunnel EINDFASE
ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-404	1.1	08-02-2013	Concept	Voorlopig Ontwerp (VO2) Boortunnel Gebruiksbeperkingen te realiseren gebouwen met paalfundering t.o.v. boortunnel EINDFASE
ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-405	0.1	08-02-2013	Concept	Voorlopig Ontwerp (VO2) Boortunnel Trogwerking UITVOERINGSFASE

- [3] GEO-WO-100012497, versie 1.0, *Zettingen bij de aanleg van de tunnel*, kenmerk: GEO-WO-100012497, status: concept, d.d. 7-7-2010;
- [4] ACS12102-R02.1, *Berekenen lining boortunnel*, d.d. 19-04-2013;
- [5] ACS12102-R01.1, *Geotechnisch basisrapport boortunnel*, status: concept, d.d. 18-06-2013.

2.3 Informatie beschikbaar gesteld door de Gemeente Den Haag

Vanuit de Gemeente Den Haag is de volgende informatie ter beschikking gesteld:

- [6] Tekening: *Bestemmingsplan West*, vastgesteld op 29 november 1989 - Openbare werken Voorburg, tekeningnummer: S85-45, schaal 1:200/1:2000, d.d. 30 november 1989;
- [7] *Milieueffectrapport Rotterdamsebaan*, Gemeente Den Haag, d.d. 15 mei 2013.

2.4 Aanvullende informatie Forum Hadriani en bebouwing

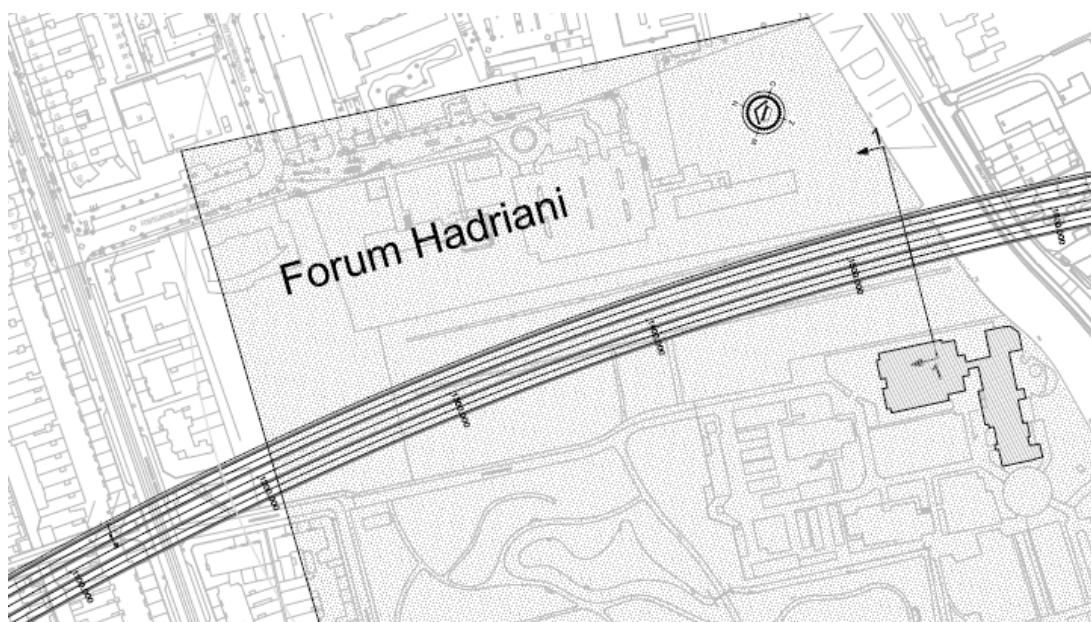
De uitgevoerde geotechnische en tunneltechnische analyse is gebaseerd op de beschikbare informatie vanuit het VO2 en VO4 en het huidige Bestemmingsplan (ref. 6). Beschikbare gegevens met betrekking tot de op het terrein aanwezige bebouwing, die in deze informatiebronnen zijn terug te vinden, zijn globaal van aard en dienen met name op de volgende aspecten te worden afgestemd met de eigenaar van het terrein:

- Informatie over de fundering van de bebouwing: funderingsplan (type), afmetingen (aanlegniveau), materiaal en belastingen op de fundering van de bebouwing;
- Aanwezigheid van kabels en leidingen op het terrein.

Ten tijde van het opstellen van de voorliggende versie van dit rapport is hieromtrent nog geen contact geweest met de diverse instanties.

Er is van het Forum Hadriani geen informatie over de exacte locaties van de mogelijk aanwezige archeologische objecten bekend.

De locatie van het Forum Hadriani, de bebouwing en het tunneltracé, conform de door Arthe Civil & Structure opgestelde tekening, is weergegeven in figuur 3 en is bijgevoegd in bijlage A.



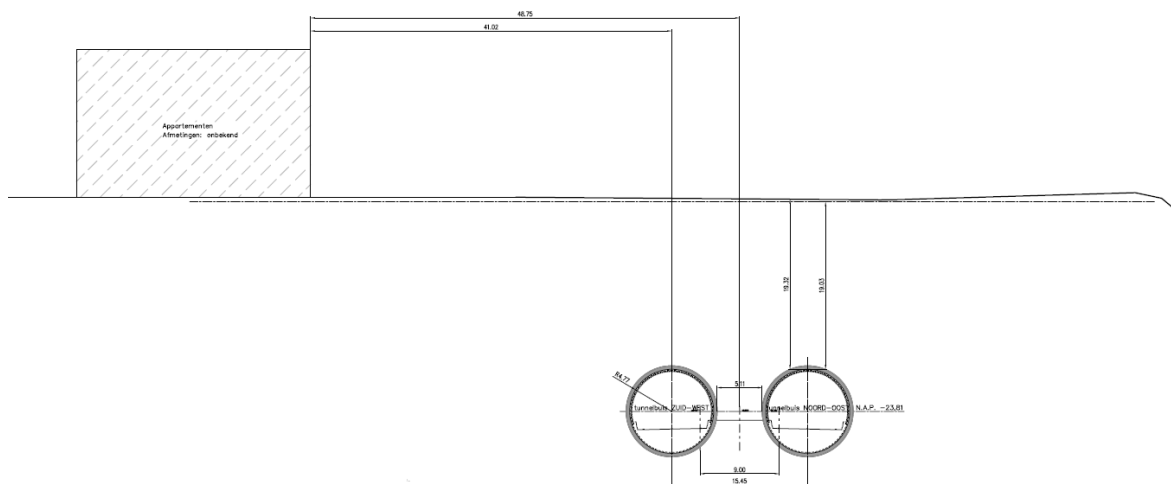
Figuur 3 Locatie van Forum Hadriani, bebouwing en tunneltracé te Voorburg

Een foto met de appartementen aan de ZW-zijde is weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 Foto appartementen vanaf Westvlietzijde (ZW-zijde) (Google Earth)

In figuur 5 is het dwarsprofiel 1-1 opgenomen, conform de door Arthe Civil & Structure opgestelde tekening (zie bijlage A), waarin de locatie van de appartementen is aangegeven.



Figuur 5 Dwarsprofiel 1-1 ter plaatse van appartementen (metrering 1530)

In de figuren 6 tot en met 9 zijn foto's weergegeven van respectievelijk de woningen aan de NW- en NO-zijde, het nutsgebouw langs de Arentsburghlaan aan de NW-zijde en het Diaconessenhuis aan de ZO-zijde.



Figuur 6 Foto woningen langs Arentsburghlaan (NW-zijde) (Google Earth)



Figuur 7 Foto woningen langs Prinses Mariannelaan (NO-zijde) (Google Earth)



Figuur 8 Foto nutsgebouw ter plaatse van kruising Arentsburghlaan-Dominee Veldhoenlaan (NW-zijde) (Google Earth)



Figuur 9 Foto Diaconessenhuis (ZO-zijde) (Google Earth)

3 Methodiek en leeswijzer

De in de voorliggende rapportage beschreven analyse is gebaseerd op de informatie als beschreven in hoofdstuk 2. Als vertrekpunt voor de terreinbeperkingen zijn in eerste instantie de voor het VO2 opgestelde tekeningen en rapportages gehanteerd (ref. 2: ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-401 t/m ROBA-1B-VO-TEK-ZZ-405). De hieruit volgende beperkingen zijn vergeleken met de huidige terreinbeperkingen (Bestemmingsplan zie ref. 6). Vervolgens is een aanvullende analyse (PLAXIS-berekening ter bepaling van zettingen) uitgevoerd, om inzicht te krijgen in het vervormingspatroon in de ondergrond bij de passage van de tunnelboormachines. Tevens zijn de in de MER-rapportage (ref. 7) gestelde vragen met betrekking tot de gevolgen voor het Forum Hadriani en de bebouwing beantwoord.

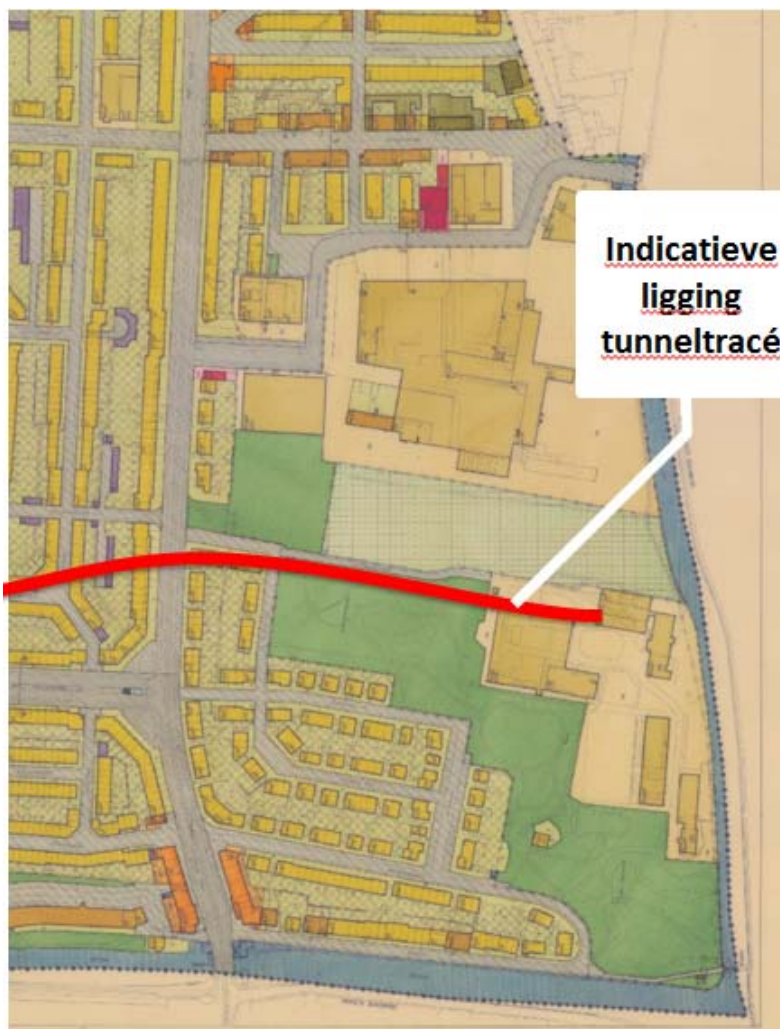
In hoofdstuk 4 is een beschrijving gegeven van de op het terrein aanwezige bebouwing en van het huidige terreingebruik.

In hoofdstuk 5 is vervolgens een technische analyse uitgevoerd van de onderlinge beïnvloeding van de tunnels, het Forum Hadriani en de bebouwing (waaronder de gevolgen van de vervormingen in de ondergrond tijdens passage van de tunnelboormachines). Tevens worden de in paragraaf 1.2 gestelde vragen beantwoord.

In hoofdstuk 6 wordt de eindconclusie geformuleerd en worden aanbevelingen voor te nemen vervolgstappen gedaan.

4 Inventarisatie gebruik terrein

In figuur 10 is een deel van de tekening met het Bestemmingsplan (ref. 6) opgenomen, met betrekking tot het genoemde terrein.



Figuur 10: Schematische terreinindeling (ref. 6)

Het tunneltracé gaat conform het Bestemmingsplan onder de volgende bestemmingen binnen het invloedsgebied van de tunnel door (van NW- naar ZO-zijde):

- Groen en plantsoen (dondergroen gearceerd);
- Volkstuinen (lichtgroen gearceerd).

Het tunneltracé gaat conform het Bestemmingsplan langs de volgende bestemmingen binnen het invloedsgebied van de tunnel (van NW- naar ZO-zijde):

- Eengezinswoningen met bijbehorend terrein aan NW- en NO-zijde van het tunneltracé (donkeroranje en lichtoranje gearceerd);
- Een gebouw met nutsdoeleinden aan de NW-zijde van het tunneltracé (donkerblauw en lichtblauw gearceerd);
- Bijzondere doeleinden met bijbehorend terrein van appartementen aan ZW-zijde en het Diaconessenhuis aan de ZO-zijde (donkeroranje en lichtoranje gearceerd).

De overige bestemmingen (waaronder lokale wegen, waterschapconstructies, eventuele kadeconstructie langs de Trekvlief en kabels en leidingen) zijn in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

5 Kwantificering invloed boorproces en invloedsgebied van het tunneltracé

5.1 Invloed boorproces op Forum Hadriani en bebouwing

5.1.1 Algemeen

Het boorproces heeft invloed op de omhullende grondmassa in de directe omgeving van de boortunnels. Het boren veroorzaakt een ontspanning van de aanwezige spanningstoestand. Hierdoor zullen binnen het invloedsgebied van de tunnels grondverplaatsingen ontstaan.

Om een indicatie van de invloed van de optredende grondverplaatsingen op de omgeving te krijgen, is in dit stadium een verkennende PLAXIS-berekening uitgevoerd.

5.1.2 Maaiveldzakkingen terrein (trogwerking)

Er is voor het dwarsprofiel 1-1 ter plaatse van de appartementen een PLAXIS-berekening uitgevoerd om de te verwachten grondverplaatsingen te bepalen.

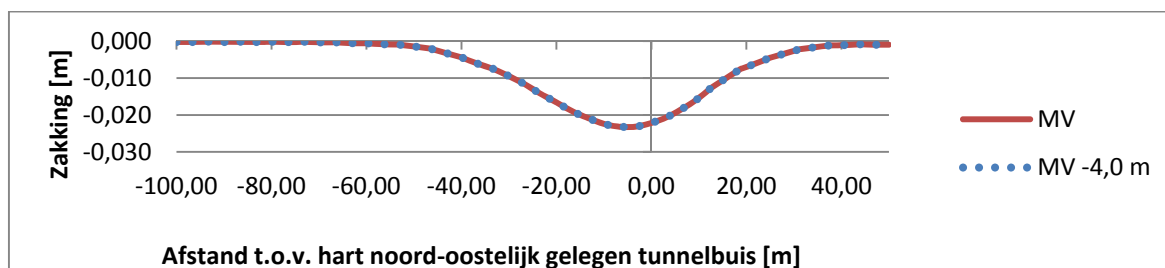
Voor deze berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

1. Maatgevende bodemopbouw conform sonderingen S71 t/m S79 en boringen B22 t/m B24 (ref. 1);
2. Maatgevende freatische grondwaterstand conform peilbuizen ter plaatse van de boringen B23 en B25 (ref. 1);
3. Grondparameters conform ref. 5;
4. Geen belastingen ten gevolge van Forum/bebouwing;
5. Geen rekening gehouden met consolidatie (minimaal effect);
6. Volumeverlies ten gevolge van het boorproces circa 0,5 %.

Voor de boorvolgorde is uitgegaan van de uiteindelijke situatie, na het boren van beide tunnelbuizen. Op de bijgevoegde tekening ACS12102-DR-07-CV (zie bijlage A) is het gebied waarin maaiveldzakkingen optreden, ten gevolge van de trogwerking, weergegeven.

Het berekende dwarsprofiel en de grafische weergave van de berekeningsresultaten zijn opgenomen in bijlage B.

In figuur 11 is een grafiek met de zettingstrog op het maaiveldniveau en maaiveldniveau - 4,0 m weergegeven.



Figuur 11: Zettingstrog op maaiveldniveau en maaiveldniveau -4,0 m

De berekeningsresultaten zijn tevens in tabel 2 weergegeven. Als referentie is het midden gekozen van de noordoostelijk gelegen tunnelbuis.

Tabel 2: Resultaten berekening maaiveldzakkingen dwarsprofiel

Locatie	Afstand uit midden noord-oostelijk gelegen tunnelbuis (X)	Maaiveldzakking op maaiveldniveau	Maaiveldzakking op maaiveldniveau -4,0 m
		$U_{vert;MV}$	$U_{vert;MV-4,0}$
	[m]	[mm]	[mm]
Midden tunneltracé	- 7	23	23
Rand tunneltracé	- 20	17	17
Gevel woningen (NO) aan tunnelzijde	- 30	9	9
Gevel woningen aan tunnelzijde(NW)	- 33	8	8
Gevel nutsgebouw aan tunnelzijde (NW)	- 48	2	2
Gevel appartementen aan tunnelzijde (ZW)/Diaconessenhuis (ZO) ¹	- 55	1	1

Uit tabel 2 blijkt dat de te verwachten maximale maaiveldzakking (ter hoogte van het midden van het tunneltracé), afhankelijk van de mate van beheersing tijdens het boorproces, circa 23 mm zal bedragen. Hierbij wordt opgemerkt dat bij eerdere geboorde tunnels in Nederland over het algemeen volumeverliezen kleiner dan 0,5 % zijn opgetreden.

5.1.3 Antwoorden op vragen Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

In deze paragraaf worden de antwoorden gegeven op de vragen, die gesteld zijn door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Deze vragen zijn opgenomen in paragraaf 1.2.

Vraag 1) Breedte zettingstrog ter plaatse van het Forum:

De breedte van de zettingstrog op het maaiveldniveau en op het maaiveldniveau - 4,0 m, ter plaatse van het Forum, is af te lezen in figuur 11.

De zettingstrog voor deze niveaus is bij benadering gelijk, daar de zakking voor het grootste deel in de grondlagen direct (in de eerste meters) boven de tunnelconstructies zal plaatsvinden.

Vraag 2) Vorm zettingstrog en locatie maximale zakking:

In figuur 11 is de vorm van de zettingstrog opgenomen.

De maximale zetting treedt op ter plaatse van het midden van het tunneltracé (hart van de tunnels) (X-coördinaat -7 m).

Vraag 3) Integrale of ongelijke daling bovenste 4 m van het bodempakket:

Conform de zettingstrog is er geen sprake van een integrale daling van het bodempakket, maar treedt er een ongelijke daling op. Ten gevolge van de zettingsverschillen ontstaan te verwaarlozen rotaties (< 1:1.000), waardoor de verwachting is dat de archeologische resten niet uit verband zullen raken. In figuur 11 is het vervormingspatroon opgenomen.

¹ De afstand tussen het tunneltracé en de appartementen/Diaconessenhuis is bij benadering gelijk.

Vragen 4) en 5) Eventuele benodigde maatregelen

De eventuele benodigde maatregelen ter voorkoming van te grote zakkingen kunnen worden bepaald op basis van de huidige staat van de bebouwing. Hiervoor dient een bouwkundig expertisebureau de huidige staat van de bebouwing te inventariseren. Het bureau dient tevens te bepalen welke zakking en rotatie maximaal toelaatbaar is.

Wanneer de informatie met betrekking tot de fundering van het appartementen, het Diaconessenhuis, het nutsgebouw en de woningen bekend is, kan worden bepaald wat de invloed op deze constructies (te verwachten zakkingen funderingen op palen en/of funderingen op staal) is.

Gezien de zeer geringe berekende vervormingen ter plaatse van de betreffende bebouwing wordt niet verwacht dat er maatregelen moeten worden getroffen.

5.1.4 Overige constructies

Ten tijde van het opstellen van dit rapport is nog geen informatie beschikbaar betreffende het type terreinverharding, de wijze van ontwatering van het terrein en de aanwezige kabels en leidingen. Voorafgaand aan de daadwerkelijke uitvoering van de werkzaamheden dienen deze in kaart gebracht te zijn. Bij de berekende maaiveldzakkingen van maximaal circa 23 mm worden voorsnog geen problemen verwacht met de aanwezige kabels en leidingen.

5.2 Invloeden tijdens bouwfase tunnel

Er zijn geen beperkingen ten aanzien van het huidige terreingebruik voor de bouwfase van de tunnels.

5.3 Terreinbeperkingen in de gebruiksfase van de tunnel

5.3.1 Invloed fundering bebouwing op de tunnelconstructies

De invloed van de funderingsconstructies van de bebouwing op de tunnelconstructies is verwaarloosbaar, omdat deze zich op een ruime afstand vanaf de tunnels bevinden. Het is niet nodig hiervoor aanvullende berekeningen van de lining te maken.

Het is dus tevens niet nodig hiervoor aanvullende maatregelen te treffen.

5.3.2 Beperkingen ten aanzien van terreingebruik

Het terreingebruik zoals vastgelegd in het Bestemmingsplan (ref. 6) en beschreven in hoofdstuk 2 heeft geen nadelige gevolgen voor de tunnelconstructies. Het terreingebruik kan conform het Bestemmingsplan worden voortgezet.

5.3.3 Beperkingen ten aanzien van nieuw te realiseren paalfunderingen

De aanwezigheid van de tunnelconstructies in de ondergrond brengt beperkingen ten aanzien van nieuw te realiseren funderingen met zich mee. Gezien de huidige bestemming van het terrein zijn er geen beperkingen (bijvoorbeeld heien) om rekening mee te houden. De beperkingen in de gebruiksfase zijn weergegeven op de betreffende tekening (ref. 2).

5.3.4 Beperkingen ten aanzien van maaiveldbelastingen en maaiveldontgravingen

De vastgestelde beperkingen ten aanzien van de maaiveldbelasting en ontgravingen, op de tunnelconstructie in de gebruiksfase, zijn weergegeven op de betreffende tekening (ref. 2).

5.3.5 Beperkingen ten aanzien van grondwaterverlagingen (bemalingen).

De vastgestelde beperkingen ten aanzien van de invloed van (toekomstige) bemalingen, op de tunnelconstructie in de gebruiksfase, zijn weergegeven op de betreffende tekening (ref. 2).

6 Conclusies

6.1 Beïnvloeding Forum Hadriani

In de voorliggende rapportage is de beïnvloeding van het Forum Hadriani voor de passage van de tunnelboormachines beschouwd. Hieronder zijn de voornaamste conclusies samengevat:

1. De breedte van de zettingstrog op het maaiveldniveau en op het maaiveldniveau - 4,0 m, ter plaatse van het Forum, is af te lezen in de figuur 11.
De zettingstrog voor deze niveaus is bij benadering gelijk, daar de zakking voor het grootste deel in de grondlagen direct (eerste meters) boven de tunnelconstructies plaats zal vinden;
2. In figuur 11 is de vorm van de zettingstrog opgenomen.
De maximale zetting treedt op ter plaatse van het midden van het tunneltracé (hart van de tunnels) (X-coördinaat circa - 7 m);
3. Conform de zettingstrog is er geen sprake van een integrale daling van het bodempakket, maar treedt er een ongelijke daling op. Ten gevolge van de zettingsverschillen ontstaan te verwaarlozen rotaties ($< 1:1.000$), waardoor de verwachting is dat de archeologische resten niet uit verband zullen raken. In figuur 11 is het vervormingspatroon opgenomen;
4. De eventuele benodigde maatregelen ter voorkoming van te grote zakkingen kunnen worden bepaald, op basis van de huidige staat van de bebouwing. Hiervoor dient een bouwkundig expertisebureau de huidige staat van de bebouwing te inventariseren. Het bureau dient tevens te bepalen welke zakking en rotatie maximaal toelaatbaar is.
Wanneer de informatie met betrekking tot de fundering van het appartementen, het Diaconessenhuis, nutsgebouw en de woningen bekend is kan worden bepaald, wat de invloed op deze constructies (te verwachten zakkingen funderingen op palen en/of funderingen op staal) is.
Gezien de zeer geringe berekende vervormingen ter plaatse van de beschouwde bebouwing wordt niet verwacht dat er maatregelen (versterken of verbeteren van funderingsconstructies en/of grouten) moeten worden getroffen voor de beschouwde bebouwing.

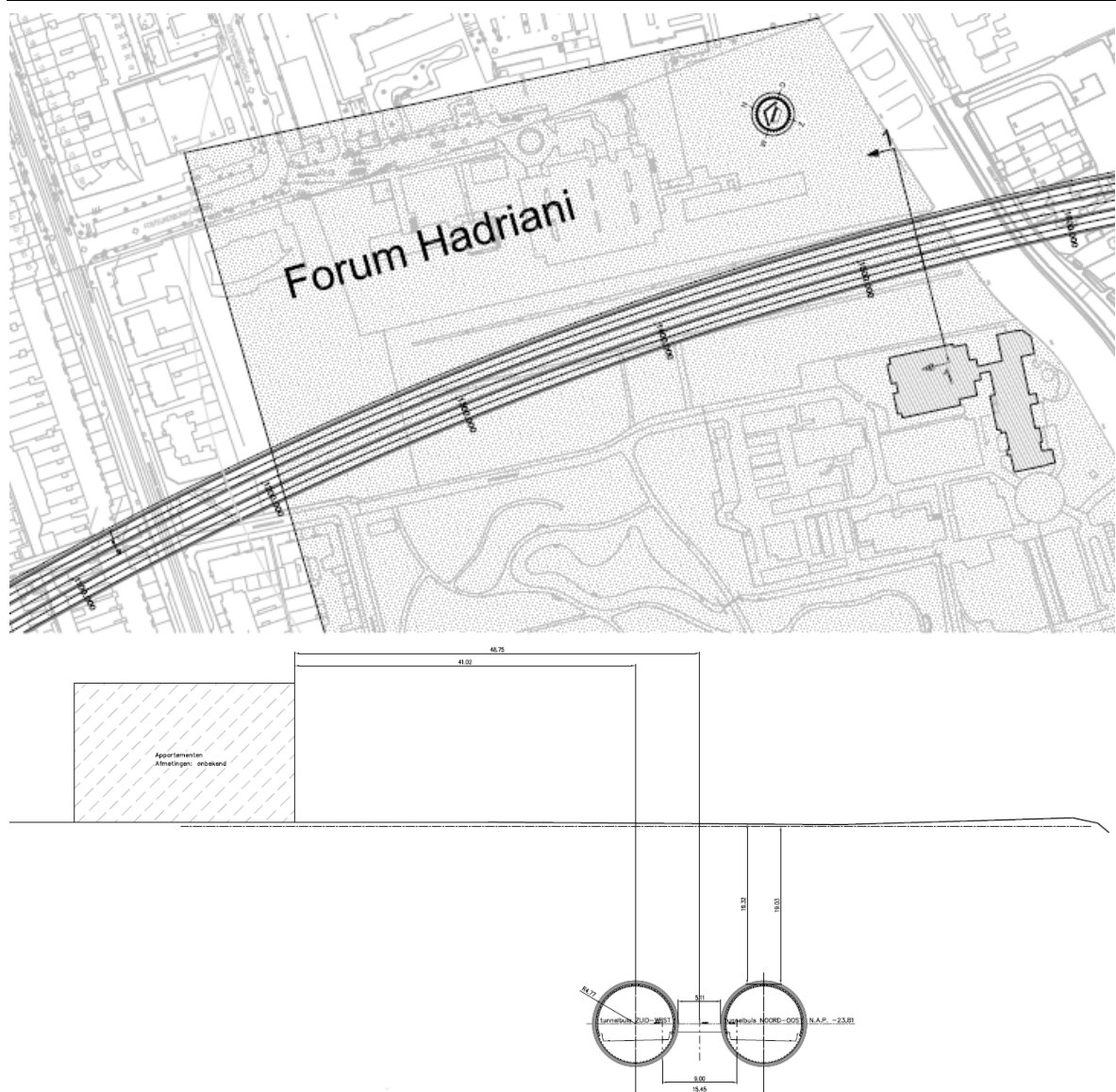
6.2 Terreinbeperkingen

Uit de voorgaande hoofdstukken kan worden geconcludeerd dat zowel in de bouwfase als de gebruiksfase van de tunnels de terreinbeperkingen voor het terrein gering zijn. Verwacht mag worden dat het terreingebruik, zoals dat in de huidige situatie is, ongewijzigd voortgezet kan worden.

BIJLAGE A Bijgevoegde tekeningen

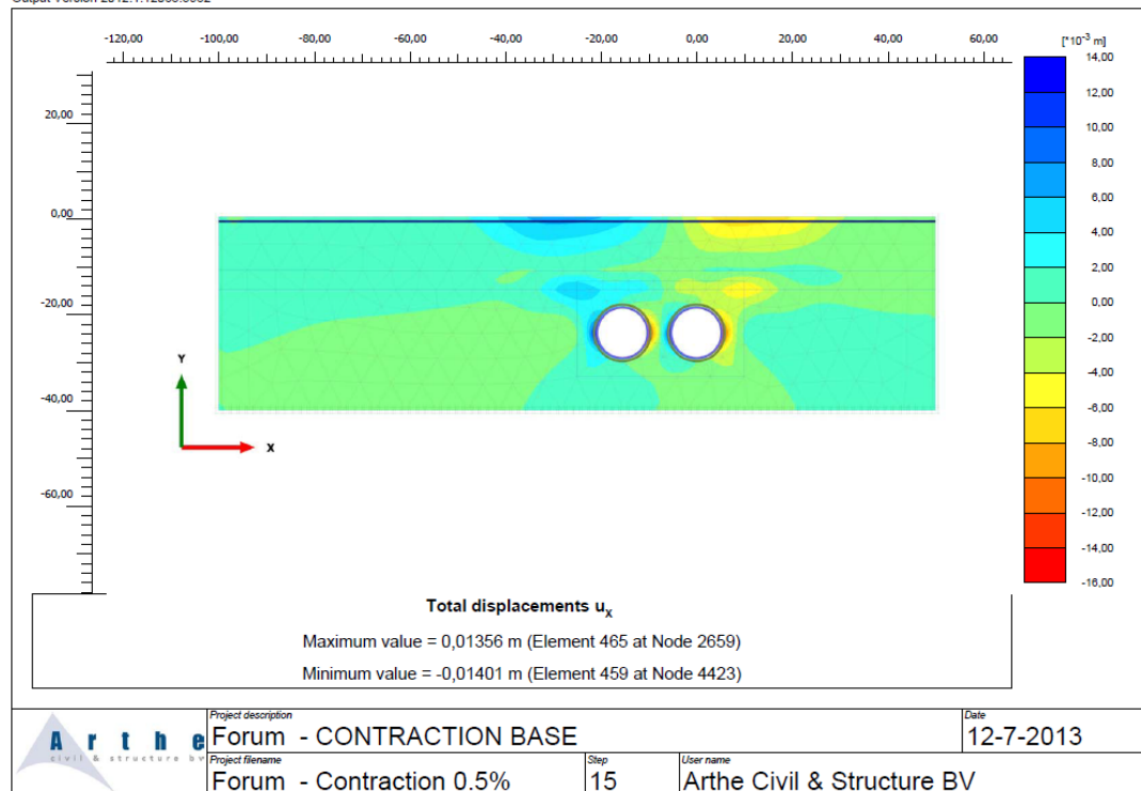
ACS12102-DR07-CV	Projectomgevingsbeïnvloeding Boortunnel RoBa - Verwachte maaiveldzettingen (trogwerking) Forum Hadriani
------------------	---

BIJLAGE B Berekeningsresultaten zettingen (PLAXIS)



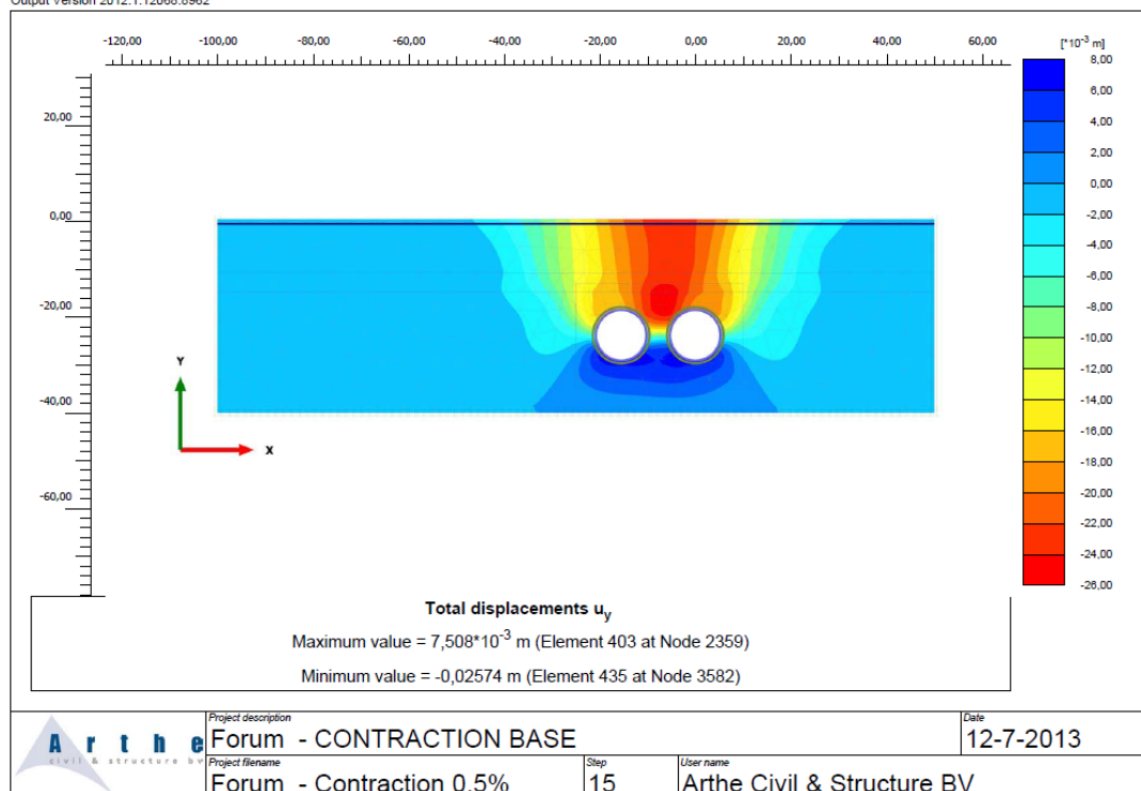
Figuur B.1 Geschematiseerd Dwarsprofiel 1-1 PLAXIS-berekening

Output Version 2012.1.12068.8962



Figuur B.2 Resultaten PLAXIS-berekening - vervormingen ondergrond horizontaal (u_x)

Output Version 2012.1.12068.8962



Figuur B.2 Resultaten PLAXIS-berekening - vervormingen ondergrond verticaal (u_y)