

# Geohydrologische effectenstudie

Invloed grondwaterstromen - De Nieuwe Eindhoven

GA220313.R01.V1.0

12 april 2022



# Geohydrologische effectenstudie

Invloed grondwaterstromen - De Nieuwe Eindhoven

Documentnummer GA220313.R01.V1.0

12 april 2022

## Opdrachtgever

Stein Ontwikkelt B.V.

Reitscheweg 3

5232BX'S-HERTOGENB

## Auteurs

Adviseur geohydrologie [REDACTED]

Collegiale toets [REDACTED]

Functie	Naam	Paraaf
Adviseur geohydrologie	[REDACTED]	[REDACTED]
Collegiale toets	[REDACTED]	[REDACTED]

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Geohydrologie</b> .....	<b>5</b>
2.1	Geologie	5
2.2	Grondwaterstanden	5
2.3	Oppervlaktewater	6
2.4	Grondwaterstroming	6
<b>3</b>	<b>Effectenstudie</b> .....	<b>8</b>
3.1	Barrièrewerking	8
3.2	Modelonderzoek en analyse	9
<b>4</b>	<b>Conclusie</b> .....	<b>11</b>

## Bijlagen

Bijlage 1 Situatiekening

# 1 Inleiding

Door Stein Ontwikkelt B.V. werd aan Geonius Geotechniek B.V. opdracht gegeven een geohydrologische effectenstudie uit te voeren. Deze effectenstudie was nodig voor de evaluatie van (mogelijke) effecten op de huidige grondwaterhuishouding door de realisatie van een kelder met Cutter Soil Mixing (CSM)-wanden als permanente grondkering ter plaatse van Vestedijk 19-21 te Eindhoven. Invloeden op de grondwaterhuishouding in de omgeving dienen zoveel als mogelijk te worden beperkt.

De opdrachtgever is voornemens een kelder met CSM-wanden te realiseren (zie bijlage 1). Hiervoor wordt uitgegaan van de door de opdrachtgever verstrekte tekening met nummer 19028\_VO-Totaal d.d 07-01-2022, zie bijlage 1.

De kelder en CSM-wanden kunnen effecten hebben op de grondwaterhuishouding (barrièrewerking). Voorliggend rapport bevat de resultaten van de effectenstudie. Deze omvat een inschatting van de huidige grondwatersituatie en de gevolgen van de kelder en CSM-wanden op de grondwaterhuishouding.

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van open data en TNO-ondergrondmodellen (REGIS).

# 2 Geohydrologie

## 2.1 Geologie

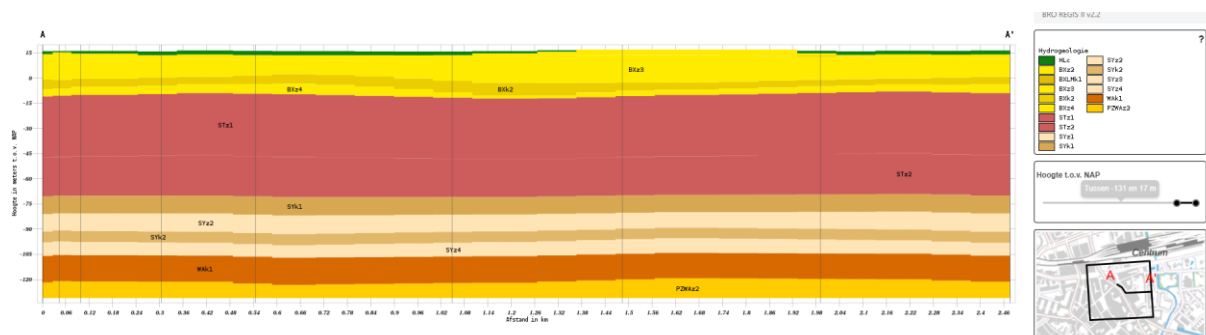
Het maaiveldniveau ter plaatse van de projectlocatie bedraagt ca. NAP +16,25 m. In voorliggend rapport is uitgegaan van een gemiddeld maaiveldniveau van ca. NAP +16,3 m. De op de locatie te verwachten bodemopbouw kan op basis van TNO-gegevens, sonderingen en boringen door middel van het volgende lagensysteem worden beschreven, zie ook Figuur 2.1.

### **Holocene afzettingen + Formatie van Boxtel (freatisch pakket)**

Vanaf maaiveld (ca. NAP +16,3 m) wordt er een Holocene afzetting van ca. 2 m dikte verwacht, gevolgd door de Formatie van Boxtel tot ca. NAP -10 m. Op basis van Dinoloket blijkt een verwachte doorlatendheid van ca. 4 m/d met een standaarddeviatie van ca 1,5 m/d. Op basis van een boring ter plaatse van de projectlocatie (Dino boring: B51G2301) blijkt fijn zand aanwezig te zijn vanaf maaiveld tot de maximale boordiepte (ca 25 m-maaiveld) met veenlaagjes op circa 7 à 7,5 m- maaiveld en grof zand op ca 9 à 10 m- maaiveld.

### **Formatie van Sterksel (eerste watervoerend pakket)**

De hieronder gelegen Formatie van Sterksel betreft een goed doorlatend zandpakket (eerste watervoerend pakket), welke zich doorzet tot ca. NAP -85 m. Het zandpakket is matig tot zeer grof. Op basis van Dinoloket blijkt een verwachte doorlatendheid van ca 50 m/d met een standaarddeviatie van ca 20 m/d.



Figuur 2.1 Verticale doorsnede REGIS II-model

## 2.2 Grondwaterstanden

De nabij de projectlocatie gelegen TNO-peilbuis GLD00000000346 heeft een filterstelling in het freatische pakket. De grondwaterstand is gemeten tussen januari en maart 2021 en bevindt zich op een niveau tussen ca. NAP +15,0 m en ca. NAP +15,3 m.

Verder blijkt uit de TNO-peilbuis B51G0004-001, met een filterstelling in het freatische pakket (grondwaterstanden gemeten in 1979 en 1989), grondwaterstanden tussen ca. NAP +14,3 m en ca. NAP +16,2 m en , een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van ca. NAP +15,8 m en ca. NAP +14,3 m respectievelijk.

Ten westen van de projectlocatie (ca 500m) is TNO-peilbuis B51G2567 aanwezig welke een filterstelling heeft in het freatische pakket (grondwaterstanden gemeten in 2015 en 2016). De grondwaterstand bevindt zich op een

niveau tussen ca. NAP +15,5 m en ca. NAP +14,5 m en heeft een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van ca. NAP +15,3 m en ca. NAP +14,7 m respectievelijk.

Op basis van de meest nabijgelegen TNO-peilbuis wordt uitgegaan van een GLG van ca. NAP +14,3 m en een GHG van ca. NAP +15,8 m.



Figuur 2.2: TNO-peilbuizen nabij de locatie

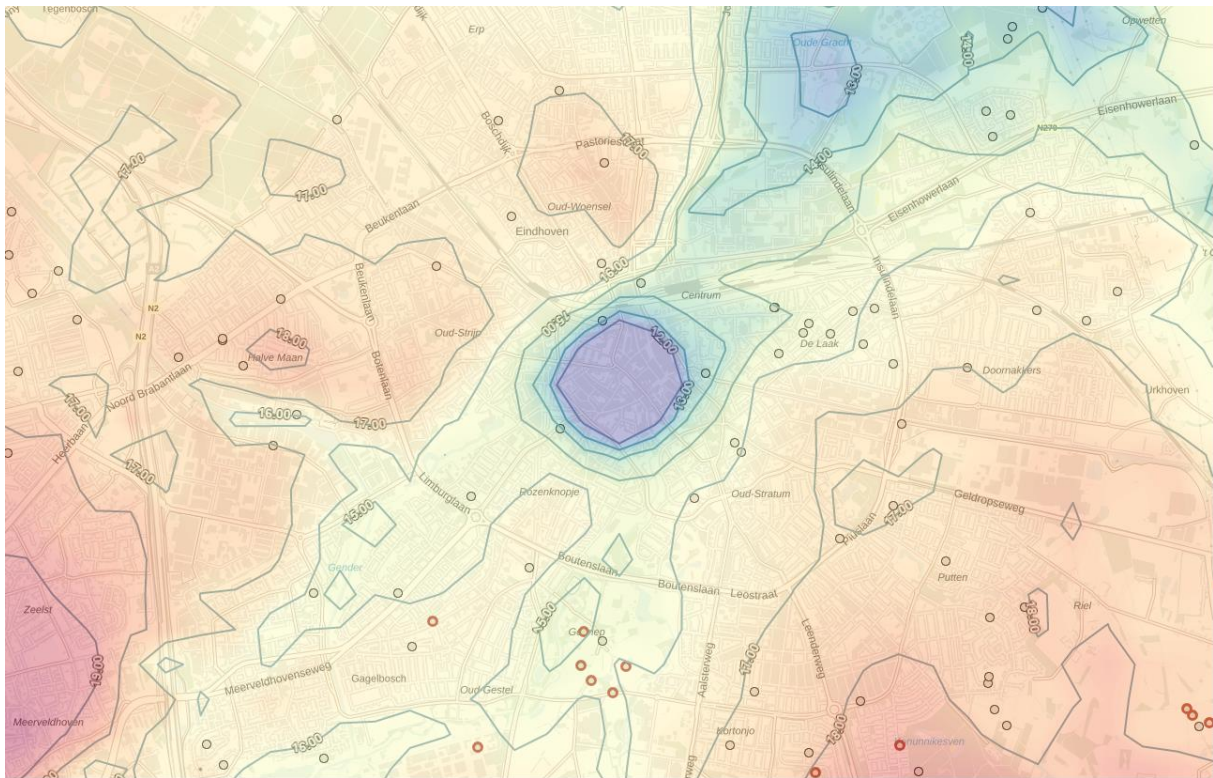
## 2.3 Oppervlaktewater

Ten oosten (ca 200 m) van de project locatie stroomt de Dommel. Uit de oppervlaktewatergegevens van Waterschap de Dommel blijkt een peilniveau gemeten te zijn tussen NAP + 13,3 m en NAP +13,1 m. Het beschikbare meetpunt zit op grote afstand ten noorden van de project locatie (ca 3 km, meetpunt 0081 Gemaal Kosmoslaan, boven) en wordt niet als representatief geacht.

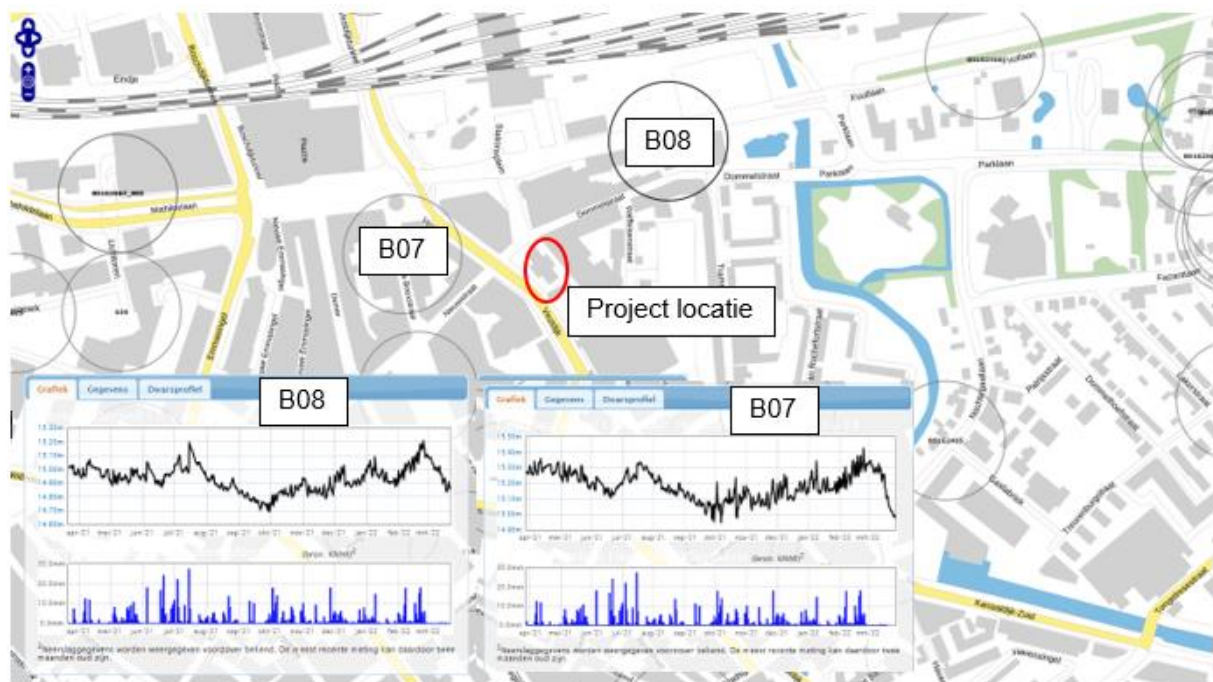
## 2.4 Grondwaterstroming

Ter plaatse van de projectlocatie wordt een oostelijke/ noordoostelijke stroming in het freatisch pakket verwacht richting de Dommel (zie figuur 2.3).

Uit de gegevens van het grondwatermeetnet van Gemeente Eindhoven blijkt een maximale grondwaterstand ter plaatse van B07 in februari 2022 van ca. NAP +15,37 m en ca. NAP +15,17 m ter plaatse van B08 (zie figuur 2.4). Met een afstand van ca. 310 m tussen de meetpunten komt dit overeen met een verhang van ca. 0,00064.



Figuur 2.3: isohypsen (GHG-situatie) op basis van bestaande peilbuizen Gemeente Eindhoven



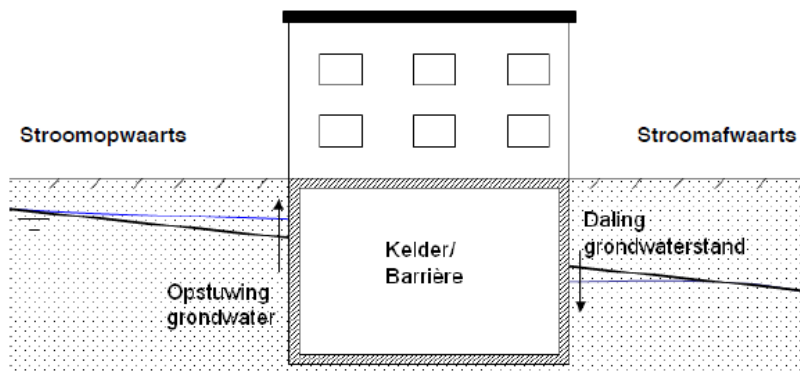
Figuur 2.4: GHG van bestaande peilbuizen Gemeente Eindhoven

# 3 Effectenstudie

## 3.1 Barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand. Barrièrewerking kan theoretisch optreden in goed doorlatende lagen als gevolg van de grondwaterstroming welke loodrecht op de kelder is gericht.

Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan de grondwaterstroming in een pakket in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt enerzijds tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde en anderzijds aan lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde, hetgeen is weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1: weergave barrièrewerking

Er zijn een viertal factoren welke barrièrewerking beïnvloeden als gevolg van het plaatsen van een ondergrondse constructie:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in verhouding tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

Pas wanneer alle factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwings en daling van de grondwaterstand optredende in de omgeving van de ondergrondse constructie hetgeen kan leiden tot wateroverlast. Wanneer een verhang aanwezig is, wordt grondwaterstroming in het freatische zandpakket verwacht. Op basis van de gegevens wordt een horizontale stroming verwacht richting de Dommel. Onderstaand is de invloed van de kelder/CSM-wanden op barrièrewerking aan de hand van de factoren globaal getoetst:

- Op basis van verstrekte gegevens van de opdrachtgever ligt het aanlegniveau van de kelder tussen NAP +9,550 m en het aanlegniveau van de CSM-wanden op ca NAP -2,0 m. Verder bedragen de afmetingen van de kelder ca. 23,4 x 22,8 m. Op basis van het maaiveldniveau, de bodemopbouw en de freatische



grondwaterstand is de verwachting dat de Dommel een drainerende werking heeft. Het grondwater stroomt derhalve richting de Dommel en zal ter plaatse van de kelder in oostelijke richting georiënteerd zijn. Op basis van de oriëntatie van de kelder en de grondwaterstroming is het mogelijk dat de oriëntatie en de uiteindelijke omvang van de kelder van invloed is op barrièrewerking.

- De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw waarbij een groot deel (ten minste 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten. Aangezien de kelder in deze situatie naar verwachting de zandlaag grotendeels afsluit, zal dit meedragen aan barrièrewerking. De diepe CSM-wanden zal zorgen voor een extra barrièrewerking.

Om na te gaan hoe hoog het grondwater wordt opgestuwd in de nieuwe situatie met kelder in vergelijking met de oorspronkelijke situatie zonder kelder is een grondwatermodel opgesteld. Dit is in volgend hoofdstuk beschouwd.

## 3.2 Modelonderzoek en analyse

De berekeningen voor het vaststellen van de opstuwing is met het programma MicroFEM uitgevoerd. MicroFEM is een hydrologisch rekenprogramma om de verhoging van de grondwaterstand in het freatisch pakket door het afgenomen doorlaatvermogen vast te stellen. Het tijdsafhankelijke programma berekent op aan te geven tijdstippen isolijnen van de verlagingen en tijd-stijghoogterelaties.

Het programma gaat uit van de invoer van bodemparameters voor oneindig uitgestrekte lagen met een gelimiteerde constante dikte. Er wordt uitgegaan van homogene doorlatendheidseigenschappen.

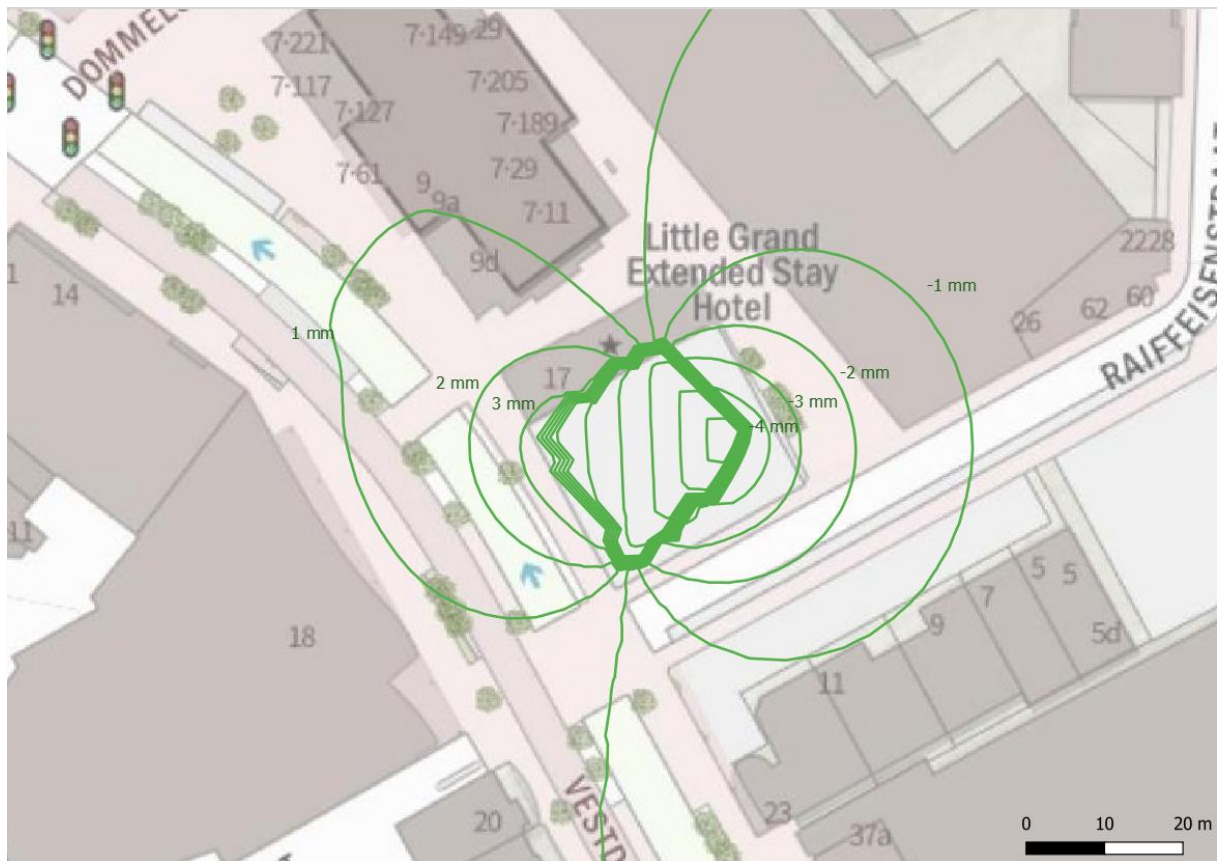
Op basis van archiefgegevens is een geohydrologisch profiel opgesteld. In Tabel 3.1 is het gehanteerde geohydrologische profiel voor de modellering weergegeven.

In de modellering is uitgegaan van freatisch grondwater en een horizontaal maaiveld. Het doorlaatvermogen is gelijk aan het product van de doorlatendheid en de dikte van de laag. Als bandbreedte-benadering is zowel gerekend met de doorlatendheid + standaarddeviatie en doorlatendheid – standaarddeviatie conform REGIS, de maatgevende (worst-case) resultaten zijn gepresenteerd.

Tabel 3.1: overzicht van het geohydrologisch profiel

Laag	Bovenkant [m t.o.v. NAP]	Onderkant [m t.o.v. NAP]	Dikte [m]	Doorlaatvermogen [m <sup>2</sup> /d]	Hydraulische weerstand [d]
Boxtel	+16,3	-6,0	22	66 à 110	-
Sterksel	-6,0	-85	79	2400 à 5000	14

Er zijn twee modellen gemaakt waarbij in één model de kelder niet is meegenomen (oorspronkelijke situatie), en in het andere de kelder wel is meegenomen (nieuwe situatie). Beide modellen zijn stationair doorgerekend. In figuur 3.2 is de opstuwing en verlaging van de grondwaterstand weergegeven als gevolg van de nieuwe kelderbak.



Figuur 3.2: Opstuwing en daling op basis van modelberekening

Op basis van figuur 3.2 blijkt dat de opstuwing en daling aan de rand van de kelderbak beperkt is, maximaal 2 cm. Dit kan verklaard worden aan de hand van het beperkte verhang in het gebied. Hieruit blijkt dan ook dat de invloed op de grondwaterstanden in de omgeving als gevolg van de kelder gering is.

# 4 Conclusie

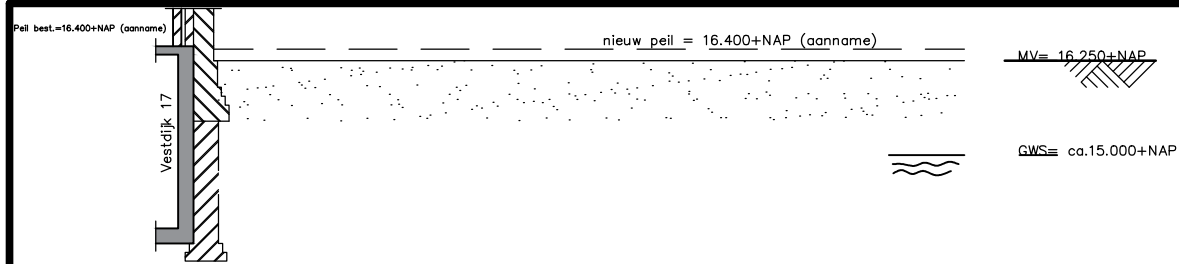
De opstuwings- en daling van de grondwaterstand op de projectlocatie is op basis van de effectenstudie beperkt. Wij verwachten een maximaal toename van de grondwaterstand van enkele centimeters ( $<0,02$  m) bij het realiseren van een kelder. Dit kan verklaard worden door het geringe verhang, hierdoor vormt de barrièrewerking door de kelder een verwaarloosbaar risico.

Gezien de beperkte barrièrewerking worden geen mitigerende maatregelen noodzakelijk geacht.

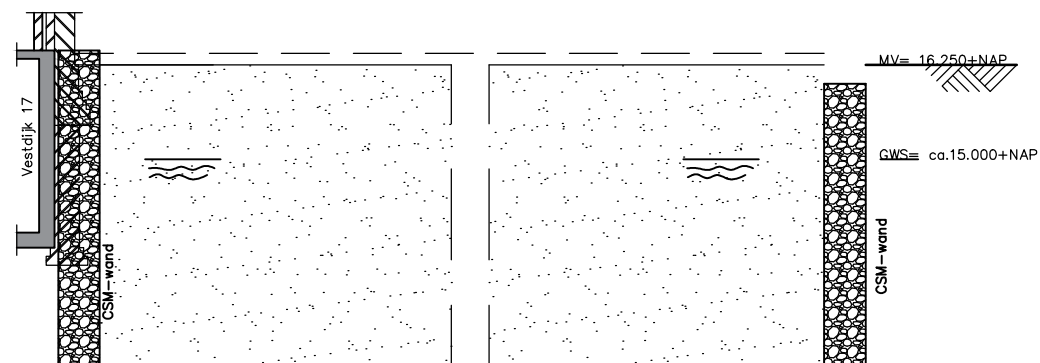
Voor het ontwerp van de bouwput / CSM-wanden, het funderings- en een bemalingsadvies ten behoeve van de realisatie zal nog in situ geotechnisch en geohydrologisch onderzoek uitgevoerd moeten. Indien gewenst kan Geonius dit verzorgen, inclusief de advies- en ontwerpdiensten. Er wordt geadviseerd de uitgangspunten van voorliggende effectenstudie aan de hand van de in situ onderzoeken te valideren en zo nodig nogmaals te beschouwen.



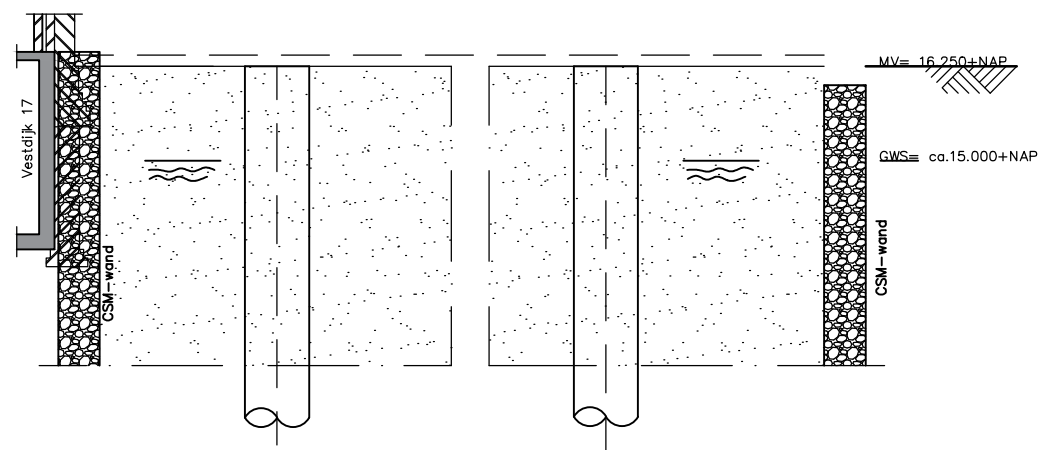
# Bijlage 1 Situatietekening



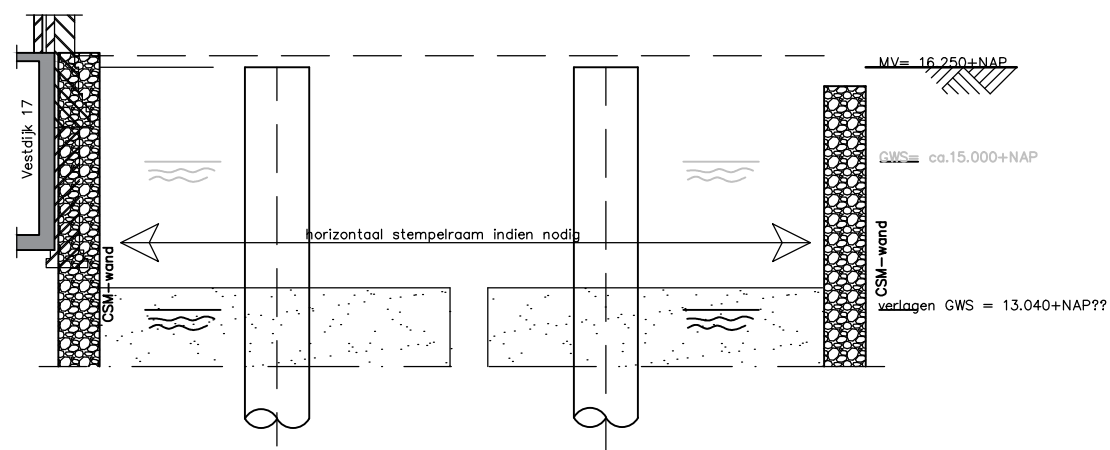
**Fase 1: bouwrijp maken**



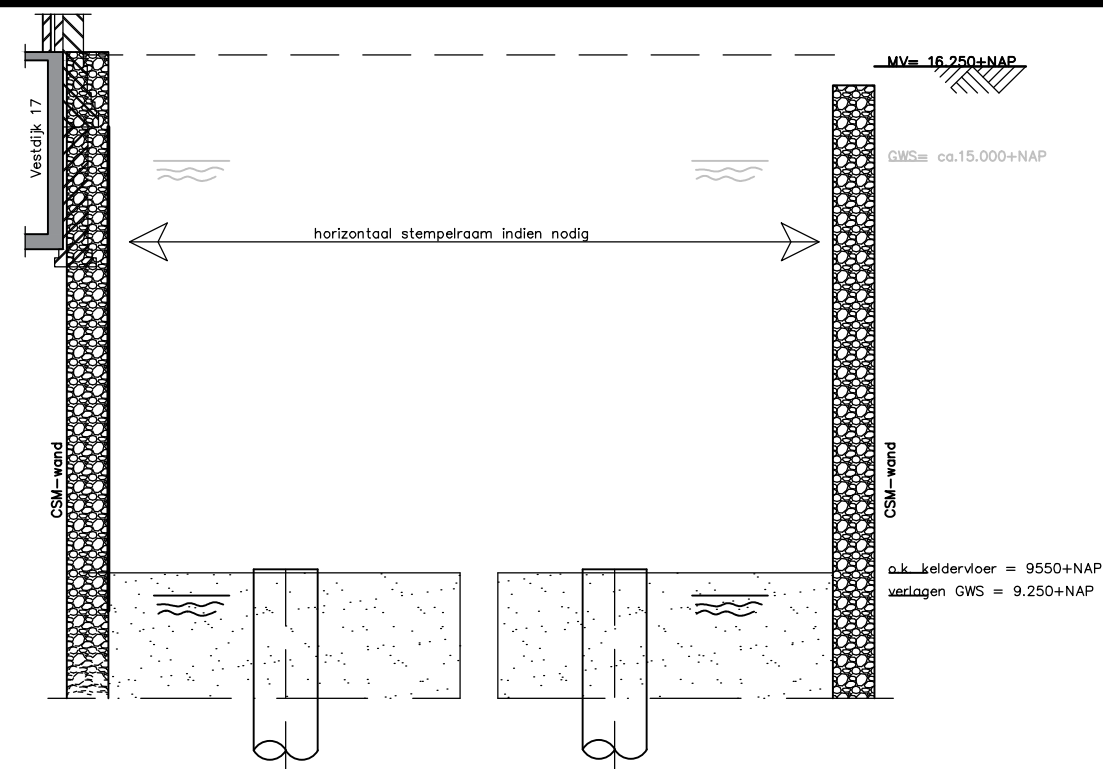
**Fase 2: CSM-wanden aanbrengen**



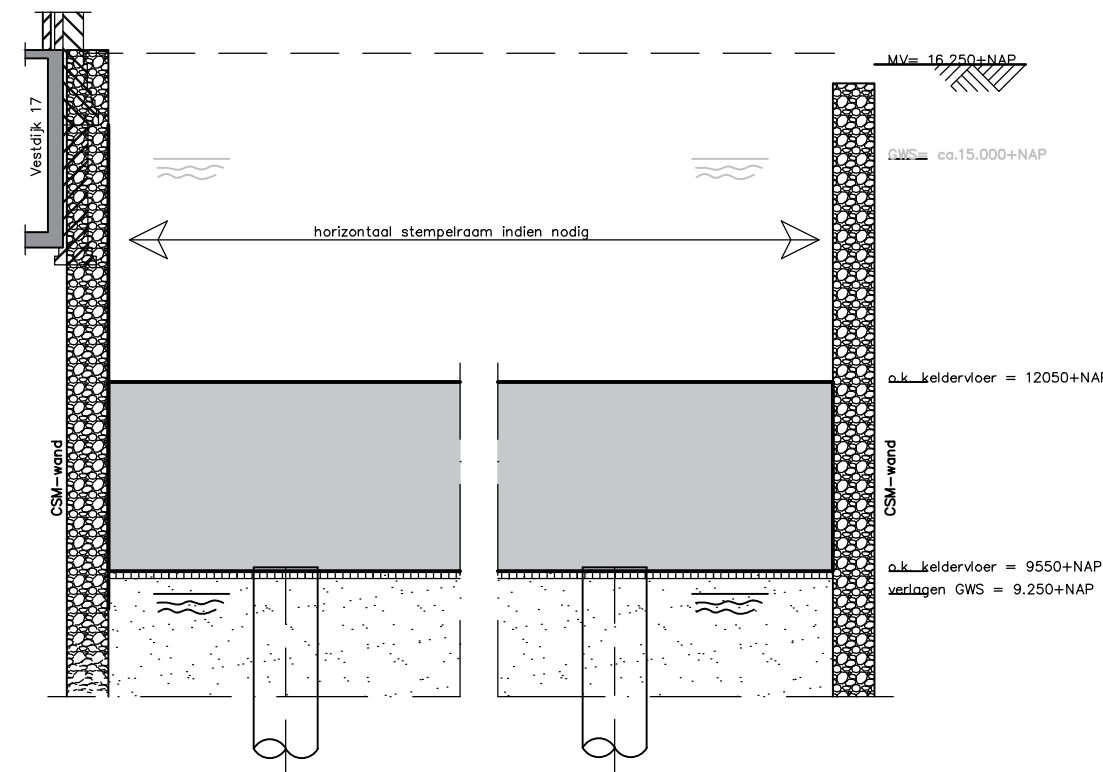
**Fase 3: palen aanbrengen**



**Fase 4: ontgraven tot onderkant belendering**

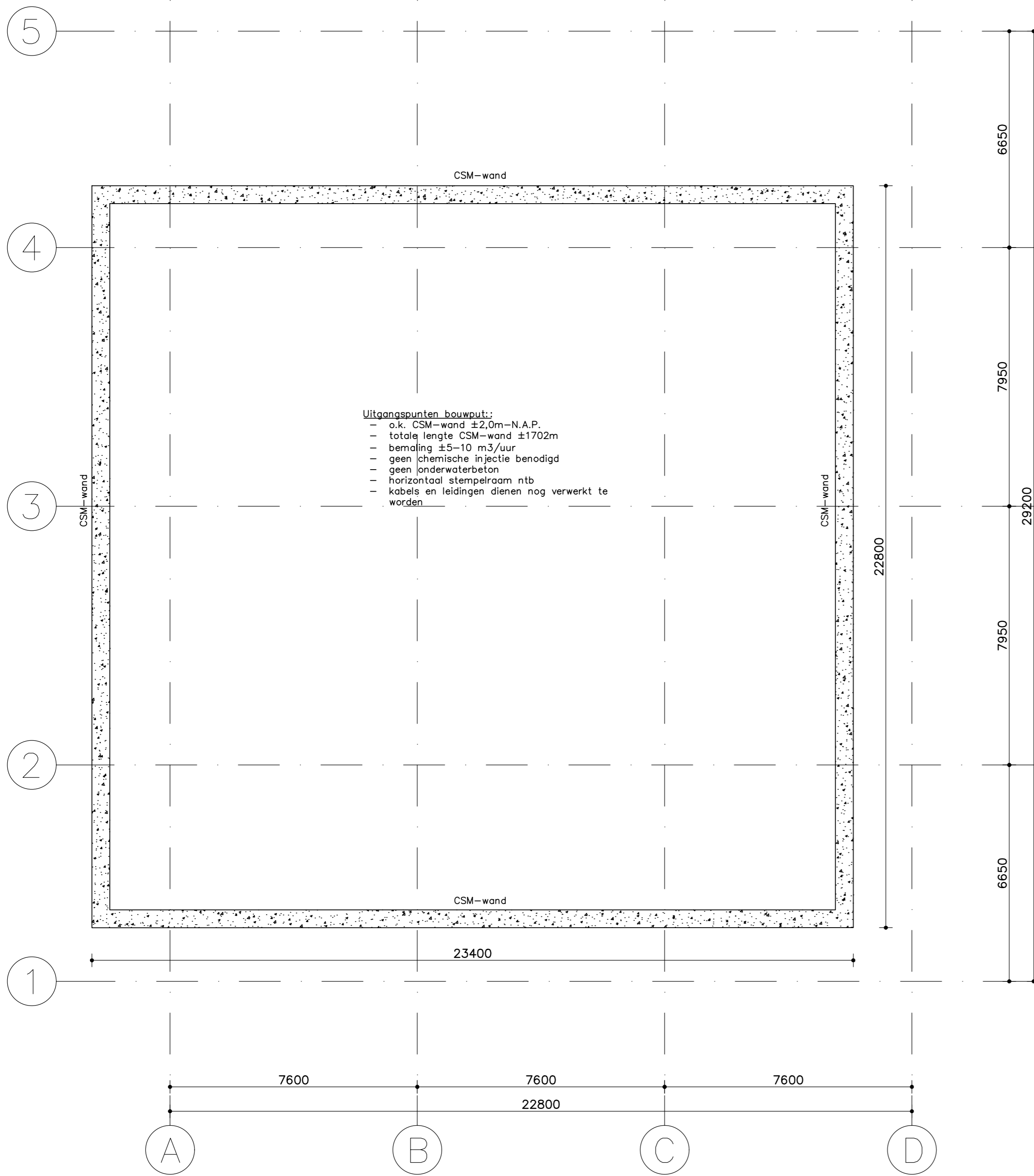


**Fase 5: ontgraven tot onderkant fundering**



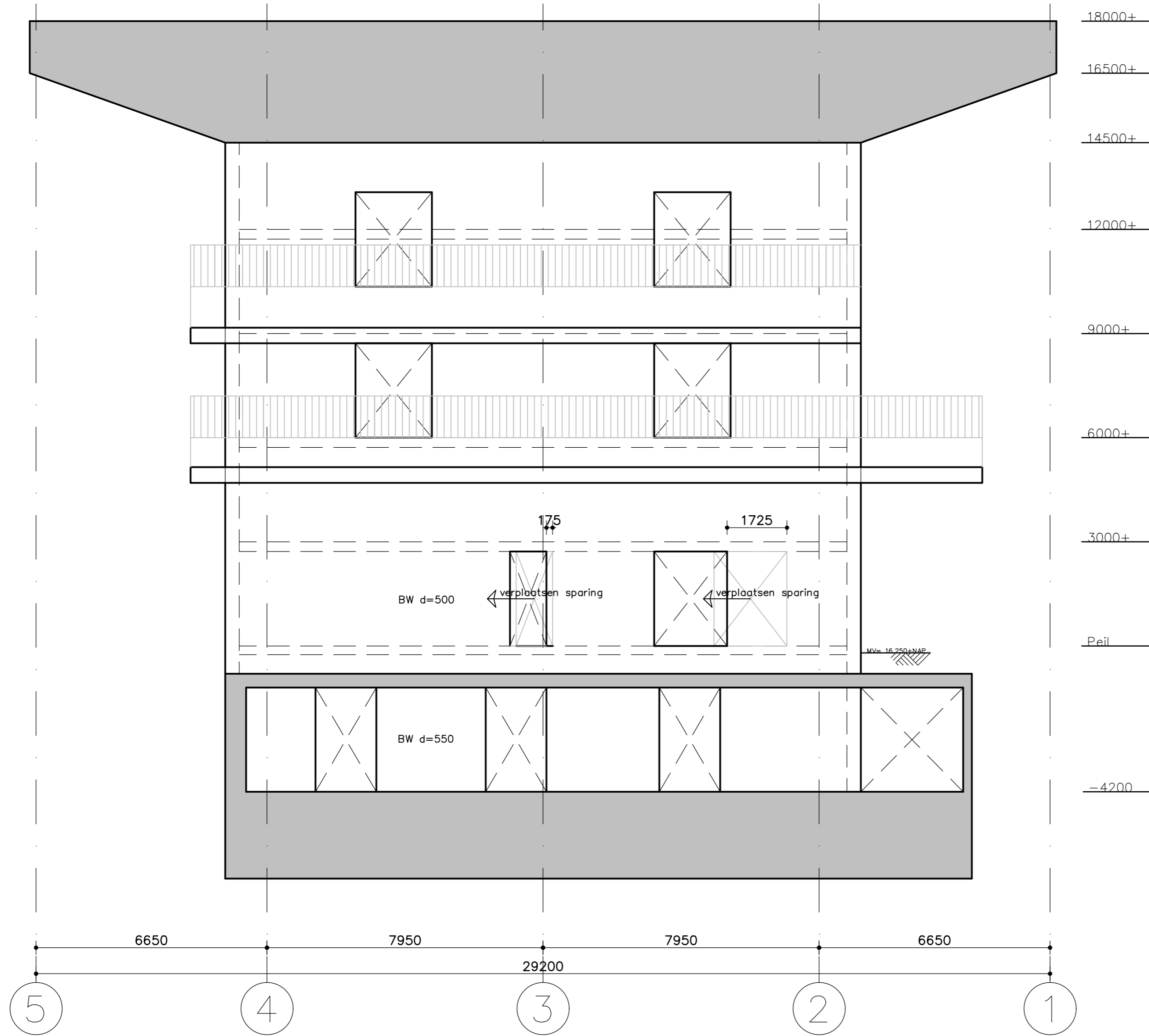
**Fase 6: fundering aanbrengen**

WERK:	<b>De Nieuwe Eindhoven</b>	DATUM: <b>07-01-2022</b>
		SCHAAL: <b>1:50</b>
ARCHITEKT:	<b>Diederendirix Architectuur &amp; Stedenbouw</b>	FORM.: <b>A3</b>
		<b>VO-4</b>
ONDERDEEL:	<b>fasing bouwput</b>	
 <b>constructie en bouwputontwerp</b> graafsebaan 80 5242 jn rosmaalen tel 073-5213836 fax 073-5211660 email: info@nunen.com internetadres: www.nunen.com		<b>19028</b>
raadgevend ingenieursburo van nunen b.v.		



- Uitgangspunten bouwput:**
- o.k. CSM-wand ±2,0m-N.A.P.
  - totale lengte CSM-wand ±1702m
  - bemaling ±5-10 m3/uur
  - geen chemische injectie benodigd
  - geen onderwaterbeton
  - horizontaal stempelraam ntb
  - kabels en leidingen dienen nog verwerkt te worden

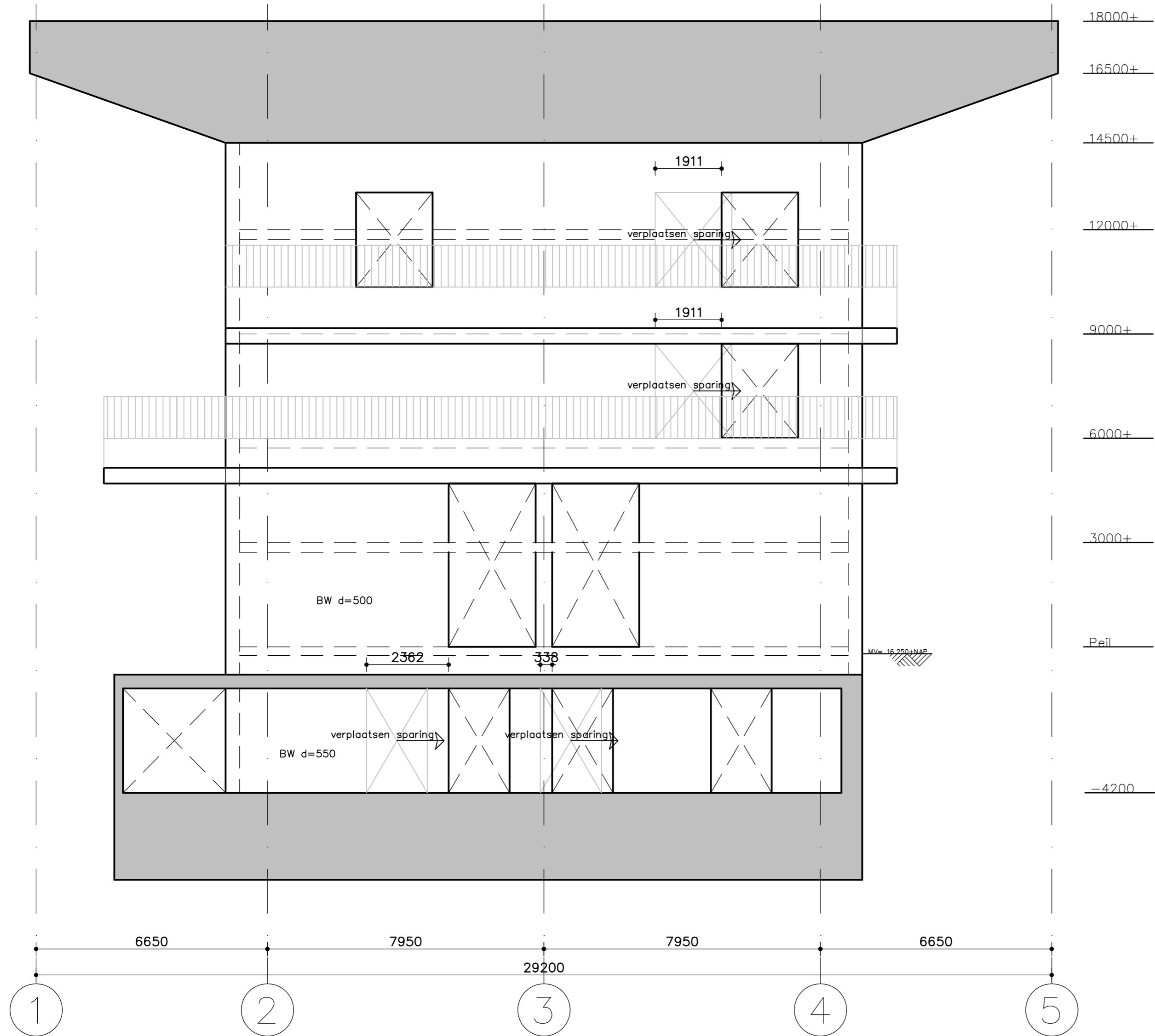
WERK: <b>De Nieuwe Eindhoven</b>	DATUM: <b>07-01-2022</b>
ARCHITEKT: <b>Diederendirrix Architectuur &amp; Stedenbouw</b>	SCHAAL: <b>1:100</b>
ONDERDEEL: <b>Bouwput</b>	FORM.: <b>A2</b>
 <b>constructie en bouwputontwerp</b> <small>graafsebaan 80 5242 Jn rosmalen tel 073-5213836 fax 073-5211660  email: info@nunen.com internetadres: www.nunen.com</small>	
<b>raadgevend ingenieursburo van nunen b.v.</b>	
<b>VO-3</b> <b>19028</b>	



dikte betonwanden sokkel afhankelijk van gevelsparingen  
 N.A.P. maat is aanname

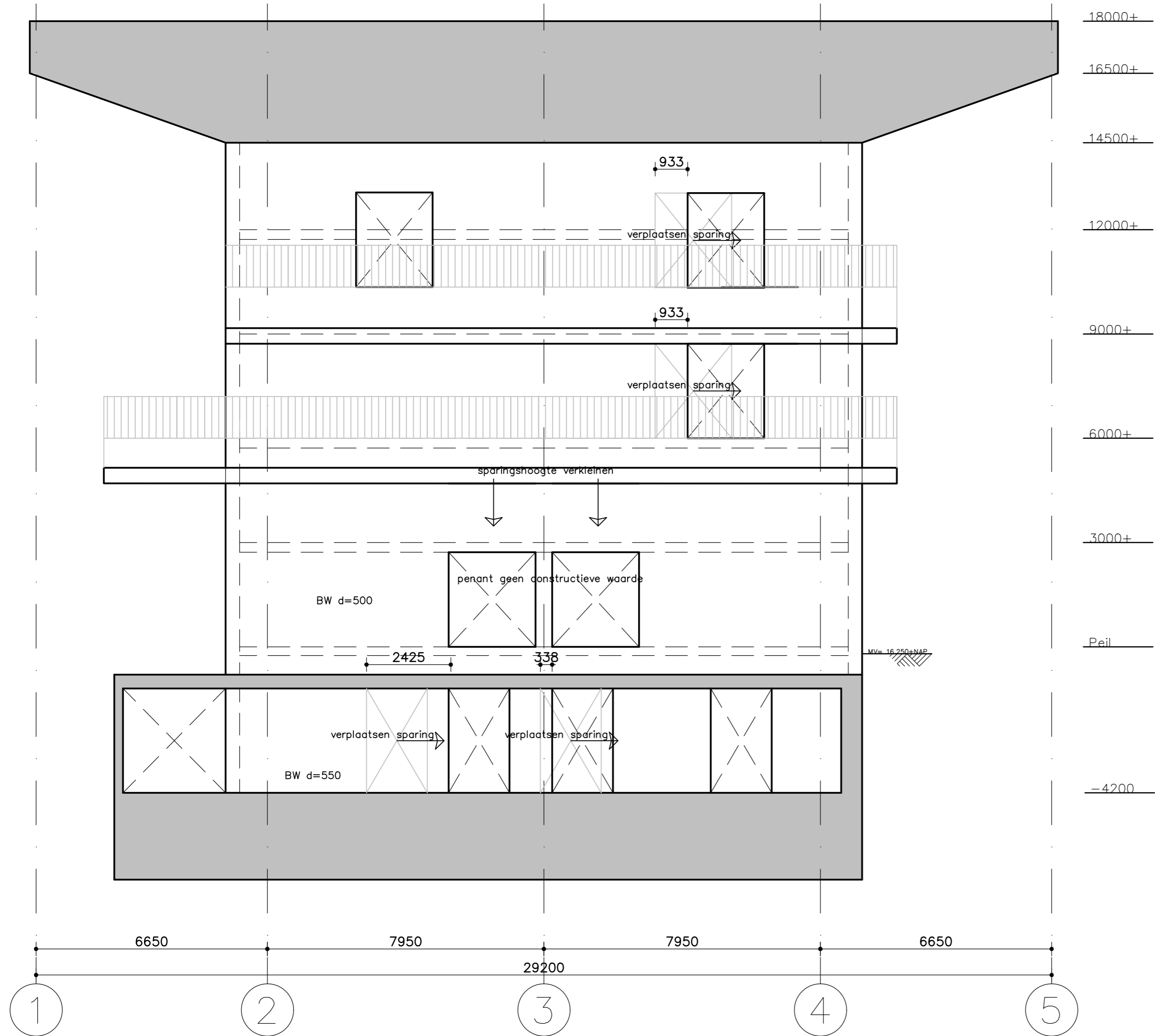
WERK: De Nieuwe Eindhoven	DATUM: 07-01-2022
ARCHITEKT: Diederendirix Architectuur & Stedenbouw	SCHAAL: 1:100
ONDERDEEL: Achtergevel sokkel	FORM.: <b>VO07</b>
 constructie en bouwputontwerp graafsebaan 80 5242 Jn rosmalen tel 073-5213836 fax 073-5211660 email: info@nunen.com internetadres: www.nunen.com	<b>19028</b>
raadgevend ingenieursburo van nunen b.v.	





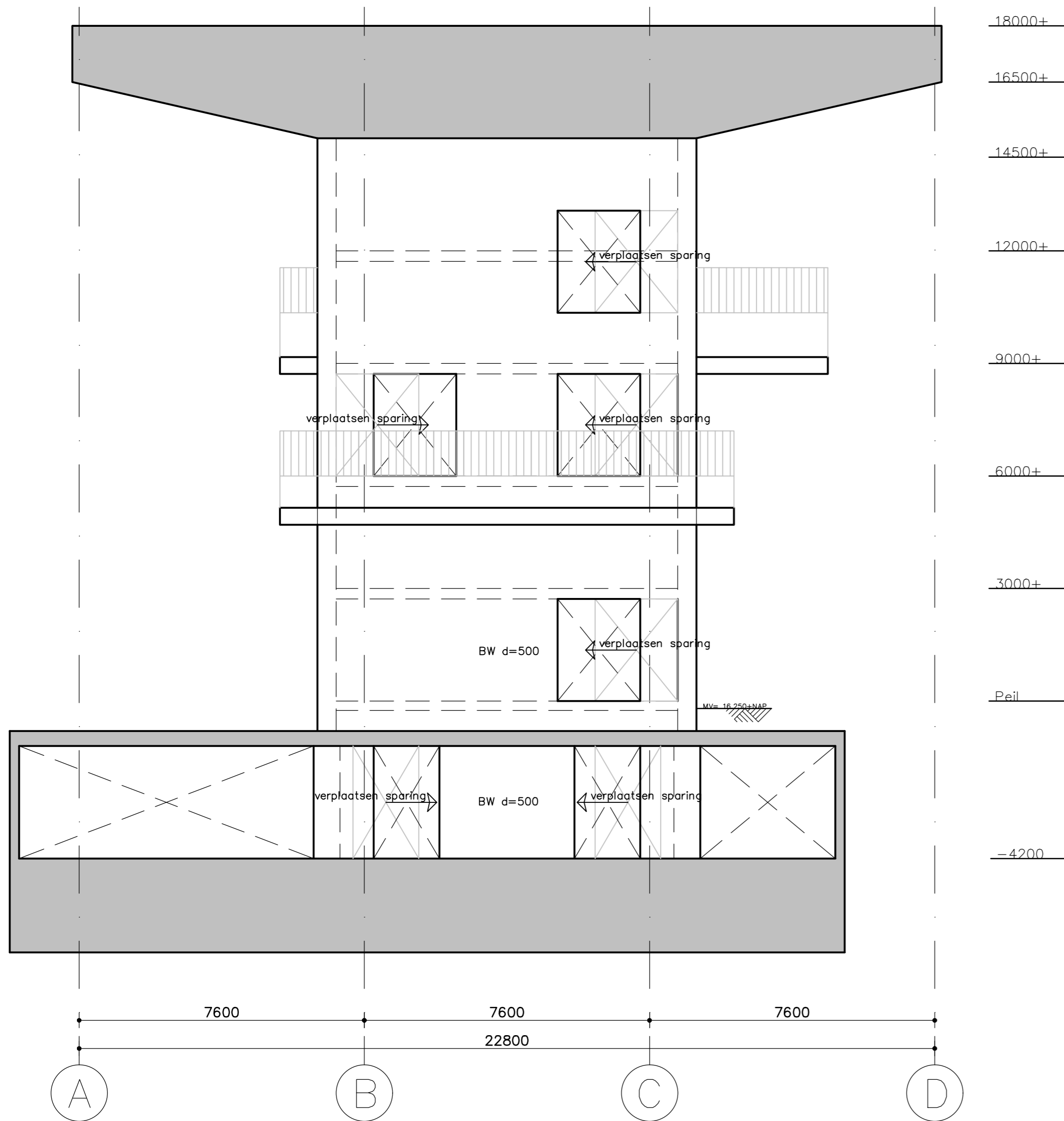
dikte betonwanden sokkel afhankelijk van gevelsparingen  
 N.A.P. maat is aanname

WERK: <b>De Nieuwe Eindhoven</b>	DATUM: <b>07-01-2022</b>
ARCHITEKT: <b>Diederendirix Architectuur &amp; Stedenbouw</b>	SCHAAL: <b>1:100</b>
ONDERDEEL: <b>Voorgevel sokkel optie 1 (Raiffelsenstraat)</b>	FORM: <b>2</b>
 <b>constructie en bouwputontwerp</b> graafsebaan 80 5242 Jn rosmalen tel 073-5213836 fax 073-5211660 email: info@nunen.com internetadres: www.nunen.com <b>raadgevend ingenieursburo van nunen b.v.</b>	<b>V008a</b> <b>19028</b>



dikte betonwanden sokkel afhankelijk van gevelsparingen  
 N.A.P. maat is aanname

WERK: <b>De Nieuwe Eindhoven</b>	DATUM: <b>07-01-2022</b>
ARCHITEKT: <b>Diederendirix Architectuur &amp; Stedenbouw</b>	SCHAAL: <b>1:100</b>
ONDERDEEL: <b>Voorgevel sokkel optie 2 (Raiffelsenstraat)</b>	FORM: <b>A2</b>
 <b>constructie en bouwputontwerp</b> <small>graafsebaan 80 5242 Jn rosmalen tel 073-5213836 fax 073-5211660        email: info@nunen.com internetadres: www.nunen.com</small>	
<b>raadgevend ingenieursburo van nunen b.v.</b>	
<b>VO08b</b> <b>19028</b>	



dikte betonwanden sokkel afhankelijk van gevelsparingen  
 N.A.P. maat is aanname

WERK: <b>De Nieuwe Eindhoven</b>	DATUM: <b>07-01-2022</b>
ARCHITEKT: <b>Diederendirrix Architectuur &amp; Stedenbouw</b>	SCHAAL: <b>1:100</b>
ONDERDEEL: <b>Zijgevel sokkel (Vestdijk)</b>	FORM.: <b>VO09</b>
 <b>constructie en bouwputontwerp</b> <small>graafsebaan 80 5242 Jn rosmalen tel 073-5213836 fax 073-5211660        email: info@nunen.com internetadres: www.nunen.com</small>	<b>19028</b>
raadgevend ingenieursburo van nunen b.v.	

# Geonius.nl

Geonius is een middelgroot interdisciplinair ingenieursbureau met brede expertise binnen de GWW- en bouwsector. Door onze unieke combinatie van vakkennis op het gebied van wegen, geotechniek, milieu, geodesie, water, ruimtelijke ontwikkeling, landschap, archeologie en ecologie zijn wij goed in staat mee te denken met de klant en projecten zelfstandig uit te voeren. Grenzen tussen de verschillende divisies vervagen, waardoor steeds meer projecten integraal door ons worden uitgevoerd.

Geonius hecht veel waarde aan een informele, positieve bedrijfscultuur, het welzijn van medewerkers en maatschappelijke betrokkenheid.

-  Wegen
-  Geotechniek
-  Milieu
-  Geodesie
-  Water
-  Ruimtelijke ontwikkeling
-  Landschap
-  Archeologie
-  Ecologie