WP-010 – Bouwveiligheidsplan

Project
Tree House

Documentnummer	Documentnaam	Versie	Datum	Status
WP-010	Werkplan Bouwveiligheidsplan	9.0	09-02-2024	Definitief

Opgesteld door		Gecontroleerd door		Gecontroleerd door	
[redacted]					
Datum	09-02-2024	Datum	09-02-2024	Datum	

Documenthistorie

Versie	Datum Uitgifte	Gewijzigde bladen	Omschrijving
0.1	05-01-2022		Eerste opzet t.b.v. interne controle
0.2	14-01-2022		Commentaar intern verwerkt + div. aanvullingen
1.0	18-01-2022		Reactie Provast verwerkt en definitief gemaakt
1.1	13-05-2022		- BLVC- naar Bouwveiligheidsplan. - Verschuiven van gebouw met 1,8 meter richting het zuiden (plan B) - Aanpassingen n.a.v. opmerkingen gemeente.
2.0	08-06-2022		Commentaar verwerkt + definitief gemaakt
3.0	25-10-2022		Reactie NS, ProRail en veiligheidsregio verwerkt, zie ook bijlage 6.
4.0	20-01-2023		Reactie NS, ProRail, Stadsbeheer - en Stadsontwikkeling Rotterdam op v3.0 verwerkt. Kleine, voornamelijk tekstuele opmerkingen. Wijzigingen niet specifiek bijgehouden.
5.0	24-02-2023		Wijziging van Bouwveiligheidsplan naar BLVC-plan. Bereikbaarheid, Leefbaarheid en Communicatie toegevoegd. Opmerkingen NS verwerkt, zie bijlage 7
6.0	26-05-2023	- 12: bouwrijp maken - 15: monitoring - 32: bouw-veiligheidszone - 56: stations-manager	Opmerkingen ProRail verwerkt
7.0	12-12-2023	- bereikbaarheid - omgeving - afwatering - communicatie	Van BLVC naar Bouwveiligheidsplan
8.0	04-01-2024		Benaming Bouwveiligheidsplan overal doorgevoerd en bijlagen toegevoegd
9.0	08-02-2024	Bijlage 1	In nader overleg met de afdeling Stadsbeheer

Inhoudsopgave

1 Inleiding 7
2 Projectspecificatie 8
2.1 Scope project 10
2.2 Projectorganisatie 11
3 Werkzaamheden 12
3.1 Bouwkuip 12
3.1.1 Bouwrijp maken 12
3.1.2 Damwanden 13
3.1.3 Bemaling 16
3.2 Heiwerk en funderingsconstructies 16
3.2.1 Funderingspalen 16
3.2.2 Funderingsconstructie hoogbouw 17
3.2.3 Funderingsconstructie laagbouw 17
3.3 Kernen 18
3.4 Ruwbouw 20
3.4.1 Onderbouw 21
3.4.2 Bovenbouw 23
3.5 Werkvolgorde 25
3.6 Bouwkranen 26
3.7 Gebouwinstallaties 28
3.8 Overlast voor de omgeving 28
4 Bouwplaats en veiligheid 30
4.1 Bouwveiligheidszone 30
4.1.1 Damwanden 30
4.1.2 Tubex-palen 35
4.1.3 Fundex-palen 42
4.1.4 Glijden kernen 43
4.1.5 Onderbouw tot 11e verdieping 44
4.1.6 Bovenbouw 45
4.2 Planning 48
4.3 Bouwplaats en inrichting 48
4.3.1 Bouwschutting en bouwterrein 48
4.3.2 Toegang tot de bouwplaats 49
4.3.3 Antiterrorisme 49
4.3.4 Bouwkeet 49
4.3.5 Verlichting 49
4.3.6 RVS stationsdak 50

4.3.7 Transport en opslag 50
4.4 Vluchtwegen en brandweer 50
Bijlagen 51
Bijlage 1 - Logistiek naar en van de bouwplaats .....
Bijlage 2 - Project Risico Inventarisatie en Evaluatie (PRIE) .....
Bijlage 3 - Bouwveiligheidszones diverse fases .....
Bijlage 4 – Constructieve onderbouwing maatregelen BVZ .....
Bijlage 5 - Bouwplaatsinrichting .....

Relatie met bijbehorende documenten

In figuur 1 is weergegeven hoe het werkplan zich verhoudt ten opzichte van de overige werkplannen en documenten.

Figuur 1: Hiërarchie documenten

In dit werkplan wordt verwezen naar andere documenten. De onderstaande tabel geeft deze documenten inclusief hun documentnummer. Deze documenten hebben hun eigen revisieschema en zullen separaat verstrekt worden.

Management Plannen	
Document nummer	**Document naam**
PMP	Project Management Plan
DMP-ENG	Deel Management Plan Engineering
Werkplannen Algemeen	
Document nummer	**Document naam**
WP-001 t/m WP-099	Werkplannen algemeen projectbeheersing-projectondersteuning
WP-001	Gegevensverstrekking
WP-002	Kwaliteitsborging
WP-003	Inkoopplan
WP-004	Logistiek plan
WP-005	Omgevingsmanagement

WP-006	BIM Protocol
WP-007	V&G-plan Realisatie
WP-008	Maatvoeren
WP-009	Opleverprotocol
WP-010	Bouwveiligheid
WP-011	Communicatieplan
Werkplannen Specifiek	
Documentnummer	**Documentnaam**
WP-100 t/m WP-199	Werkplannen bouwkundig – constructief
WP-200 t/m WP-299	Werkplannen W-installatie
WP-300 t/m WP-399	Werkplannen E-Installatie
Bijlagen	
Document nummer	**Document naam**
WP-010-B01	Logistiek naar en van de bouwplaats
WP-010-B02	Project Risico Inventarisatie en Evaluatie (PRIE)
WP-010-B03	Bouwveiligheidszones diverse fases
WP-010-B04	Constructieve onderbouwing maatregelen BVZ
WP-010-B05	Bouwplaatsinrichting diverse fases

1 Inleiding

Dit Bouwveiligheidsplan bevat informatie over de genomen maatregelen ter beperking van het risico en hinder voor omwonenden en gebruikers van de openbare ruimte rondom het project Tree House te Rotterdam inclusief de route daar naartoe en daar vandaan.

Voor dit Bouwveiligheidsplan is gebruik gemaakt van de diverse standaarden vanuit het managementsysteem van BAM Bouw en Techniek (BAM Map), wat is gecertificeerd overeenkomstig ISO-9001, ISO-14001 en VCA**. Het Bouwveiligheidsplan is een werkdocument voor de uitvoering van het project. Het beleid van BAM is vastgelegd in een beleidsverklaring waarin het standpunt ten aanzien van veiligheid en gezondheid, kwaliteit en milieu helder is verwoord.

De bouwplaats zal er in iedere fase weer iets anders uitzien, waardoor steeds specifieke risico's en hinder gelden. Echter, het grondvlak van de bouwplaats (oppervlak) blijft vanaf het moment dat de kavel 'functievrij' is gemaakt steeds hetzelfde. Het functievrij maken van de kavel valt onder verantwoording van de gemeente Rotterdam en is dus geen onderdeel van de scope van BAM en/of Provast. Het is daarom ook geen onderdeel van dit document.

In dit Bouwveiligheidsplan worden de bouwactiviteiten tot en met de oplevering beschreven. Tijdens de gehele bouwperiode zijn grofweg de volgende activiteiten te onderscheiden:

1. Maken bouwkuip
2. Heiwerk onder alle bouwdelen;
3. Maken funderingsconstructies en kelder;
4. Maken hoofdkernen met glijbekisting
5. Overig deel hoofdraagconstructie (combinatie van in-situ en prefab beton);
6. Gevelconstructie (naar gelang keuze leverancier);
7. Afbouwwerkzaamheden van het kantoor en de appartementen incl. de installaties;
8. Oplevering van het kantoordeel, de appartementen en de fietsenstalling.

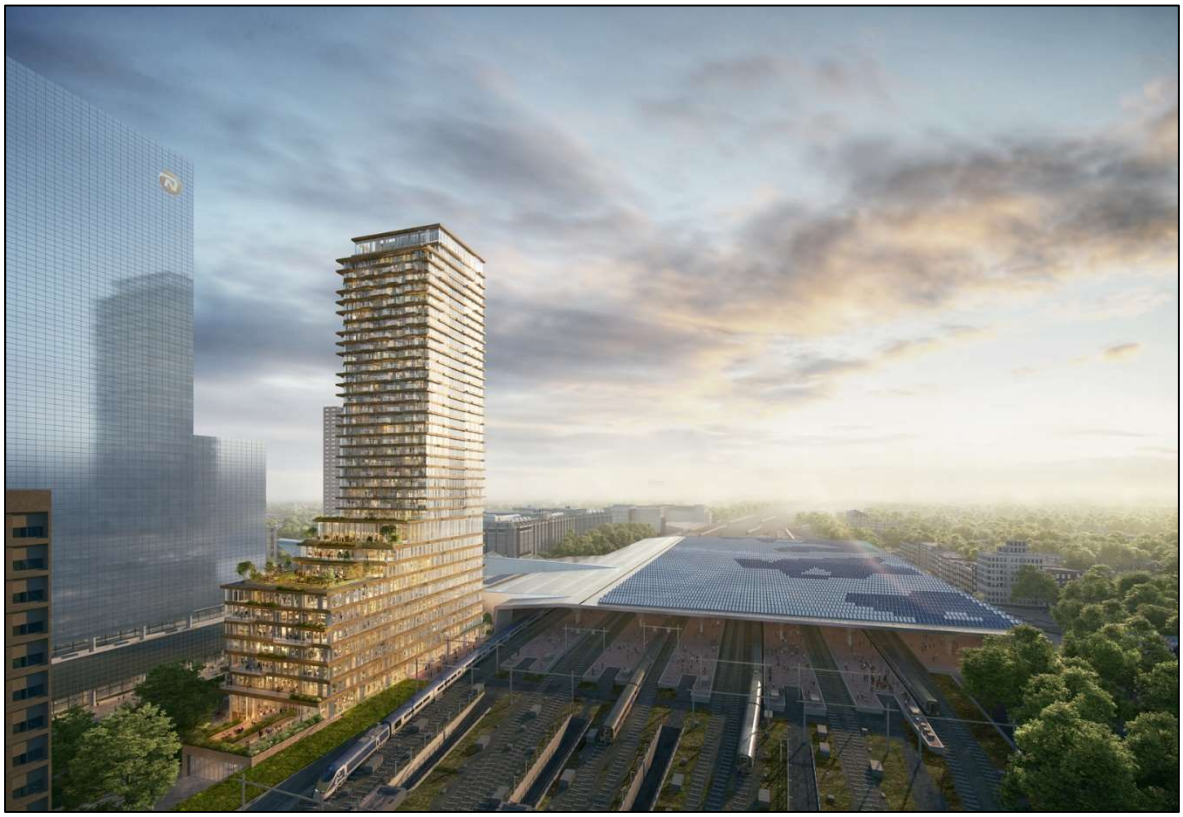
2 Projectspecificatie

Project Tree House Rotterdam wordt 130 meter hoog en zal verrijzen naast het Centraal Station in Rotterdam. Eenmaal gerealiseerd omvat het (bovengronds) 41.000 m² en biedt het een gevarieerd aanbod van circa 124 koop- en 175 huurappartementen. Het kantoorprogramma van circa 13.500 m² richt zich met onder andere co-working op innovatieve technologiebedrijven. Met het Rotterdamse innovatie- en cultuurplatform De Dépendance krijgt Tree House een publiekstrekker van formaat. In de plint zorgen horecaondernemers voor binnenstedelijke levendigheid. Tree House Rotterdam is een ontwikkeling van Provast.

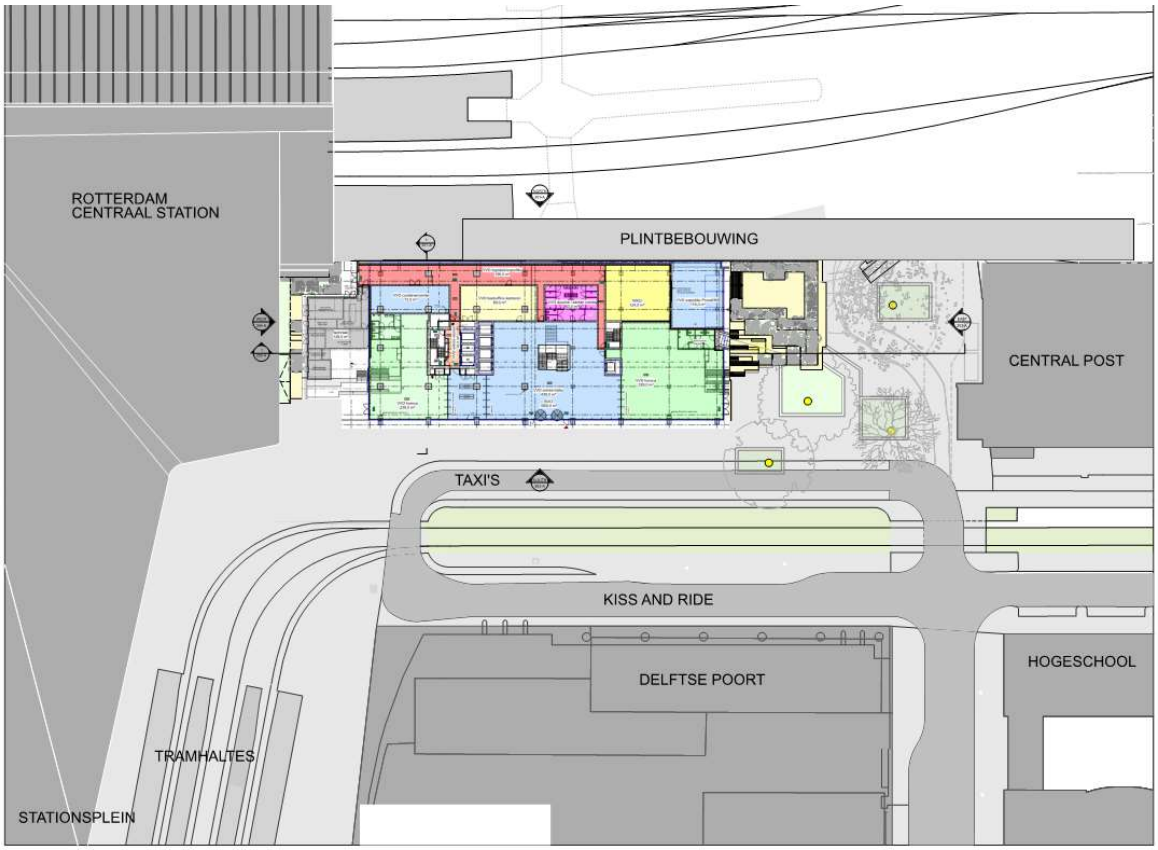
De locatie van project Tree House is gelegen aan het Delftseplein in Rotterdam, zie hieronder in rood weergegeven. Het bevindt zich direct naast het Centraal station, tussen het spoor en de trambaan en tegenover de Delftsepoort.

Gebouw
Het gebouw bestaat uit een plintgebouw van circa 30 m hoog welke vervolgens in een aantal bouwlagen trapsgewijs terugloopt naar het torendeel. In deze plint bevinden zich de kantoorruimtes. Het torendeel met woningen start op de 11e verdieping op ca. 45 m hoog en telt 27 verdiepingen tot een hoogte van ca. 124 meter. In de overgang tussen het kantoordeel en het woningdeel bevindt zich een techniekruimte op de 10e verdieping samen met een board-room.

Onder de helft van het gebouw bevindt zich een éénlaagse kelder welke als fietsenstalling en voor installaties wordt gebruikt.



Impressie van project Tree House naast het centraal station Rotterdam



Situatietekening van project Tree House

2.1 Scope project

Project		**Tree House Rotterdam**
Adres		Delftseplein 10, Rotterdam (toegang tot de bouwplaats via de huidige taxistandplaats)
Planning		
Geplande start bouwwerkzaamheden		nader te bepalen
Geplande oplevering		nader te bepalen
Totale bouwtijd		39 maanden
Omschrijving project		
BVO (bruto vloeroppervlakte)		ca. 42.500 m² (incl. 1.500m² kelder)
Verdiepingen:	Ondergrondse kelder	1
	Kantoren	10
	Woningen	27
Gebouwhoogte:	Kantoordeel	39,30 m[1]
	Woningdeel	123,67 m[1] (peil hoogste woonverdieping)
	Dakopbouw	130 m[1] (dakrand)
Heiwerk	Laagbouwdeel	Geboorde, in de grond gevormde palen (Fundex o.g.)
	Hoogbouwdeel	Geboorde, in de grond gevormde palen (Tubex)
Opbouw constructie		
Fundering		In het werk gestorte beton poeren en balken
Wanden fietsenkelder		In het werk gestorte wanden en kolommen
Kernwanden		In het werk gestort beton gemaakt middels een glijbekistingsysteem
Kolommen		Combinatie van in het werk gestorte wanden en prefab betonnen onderdelen
Vloeren kantoren		Gewichtsbesparende breedplaatvloeren en prefab balkbodems
Vloeren woningen		Breedplaatvloeren met een in het werk gestorte druklaag
W-installaties		De werkzaamheden bestaan uit het leveren, monteren en bedrijfsklaar opleveren van de volgende installaties: - Hemel- en vuilwaterafvoer - Tapwaterinstallatie - Warmte technische Installaties - Koeltechnische installaties - Ventilatie installaties - Meet- en regeltechniek - Sprinklerinstallatie
E-installaties		De werkzaamheden bestaan uit het leveren, monteren en bedrijfsklaar opleveren van de volgende installaties: - Brandmeldinstallatie - Ontruimingsinstallatie - Data - Algemeen verlichting - Zwak- en sterkstroom installatie
Transportinstallaties		De werkzaamheden bestaan uit het leveren, monteren en bedrijfsklaar opleveren van de volgende installaties: - Liftinstallatie - Gevelonderhoudsinstallatie

2.2 Projectorganisatie

Opdrachtgever	
Bedrijfsnaam	Provast
Contactpersonen	mevr. F. Lakerveld
Adres	Prinses Beatrixlaan 5
Postcode en plaats	2595 AK Den Haag
Telefoon	070 – 308 1038
E-Mail	flakerveld@provast.nl
Hoofdaannemer	
Bedrijfsnaam	BAM Bouw en Techniek – Speciale Projecten
Contactpersoon en V&G-coördinator	J. Vermeulen
Adres	Regulierenring 6
Postcode en plaats	3981 LB Bunnik
Telefoon	030 - 659 8966
E-Mail	jos.vermeulen@bam.com
Architect	
Bedrijfsnaam	PLP Architecture
Contactpersoon	Ron Bakker
Adres	42-47 Minories
Postcode en plaats	London EC3N 1DY
Telefoon	+44 (0) 20 3006 3900
E-Mail	rbakker@plparchitecture.com
Constructeur	
Bedrijfsnaam	BAM Advies & Engineering
Contactpersoon	Freek Schaap
Adres	Runnenburg 12
Postcode en plaats	3981 AZ Bunnik
Telefoon	030 – 659 8933
E-Mail	freek.schaap@bam.com
Adviseur installaties	
Bedrijfsnaam	Techniplan Adviseurs BV
Contactpersoon	Michel Keijser
Adres	Watermanweg 102
Postcode en plaats	3067 GG Rotterdam
Telefoon	010 - 456 2311
E-Mail	michel.keijser@techniplan.nl
Adviseur brand, geluid en bouwfysica	
Bedrijfsnaam	DGMR
Contactpersoon	Björn Peters
Adres	Casuariestraat 5
Postcode en plaats	2511 VB Den Haag
Telefoon	088 346 7705
E-Mail	bpe@dgmr.nl

3 Werkzaamheden

Diverse werkzaamheden zijn kritisch voor de omgeving. BAM zal voorzieningen treffen om het risico en hinder van deze werkzaamheden te beheersen en te minimaliseren. De te nemen maatregelen en voorzieningen zijn in dit hoofdstuk per onderdeel beschreven:

1. Maken van de bouwkuip
2. Heiwerk onder alle bouwdelen: de hoogbouw en het laagbouwdeel
3. Uitvoering van de funderingsconstructies en kelder;
4. Uitvoering van de kern met een glijbekisting
5. Uitvoering van de ruwbouw van alle bouwdelen;
6. Uitvoering van de gevel van alle bouwdelen;
7. Afbouwwerkzaamheden en installatiewerkzaamheden van alle bouwdelen;
8. Oplevering van alle bouwdelen.

Het startpunt van dit BLVC-plan is daarom dat de kavel functievrij is opgeleverd, waarbij gestart wordt met het maken van de bouwkuip. De bomen zijn dus gerooid, de plintbebouwing gestript, de kabels en leidingen verlegd en de opbreek- en onttrekkingsvergunning openbare ruimte is verleend. In hoofdstuk 4 wordt de bouwplaatsinrichting verder toegelicht.

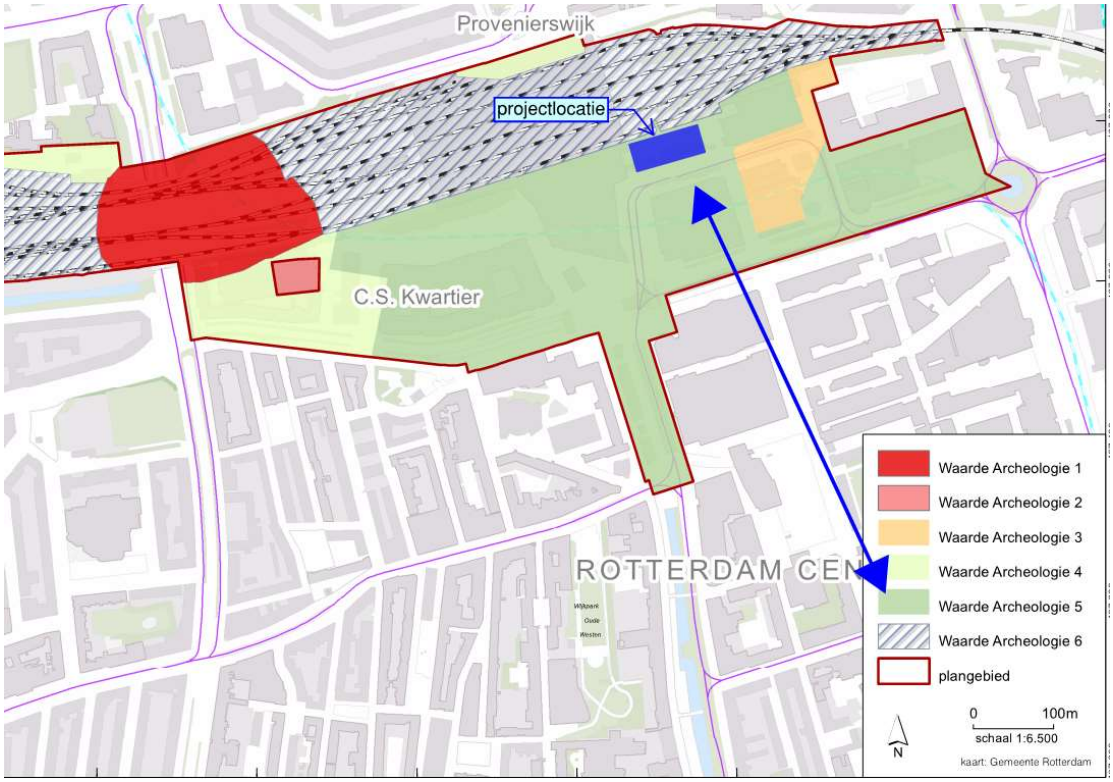
3.1 Bouwkuip

3.1.1 Bouwrijp maken

Wanneer het bouwterrein is overgedragen wordt aangevangen met het bouwrijp maken van het bouwterrein. Dit houdt in dat het terrein enkele decimeters wordt opgehoogd met schoon zand en vlakgemaakt. Hierbij wordt de ophoging laagsgewijs en kruislings verdicht met een wals waardoor een stevige ondergrond wordt verkregen waar vanaf geheid kan worden. Het verdichten wordt trillingsarm uitgevoerd. Om stofoverlast te voorkomen wordt de ondergrond besproeid. De bovenlaag wordt gedraineerd met drains zodat de bouwplaats voldoende droog blijft tijdens de bouwfase. Verder wordt de bouwplaats voorzien van een afsluitend hekwerk met toegang.

Het bouwterrein wordt gekeurd door een keurende instantie zoals bijvoorbeeld Aboma. Zij zullen op basis van grondonderzoek en opgave van belastingen van funderingsmachines een Bouwterreincertificaat (BTC) afgeven. Het BTC is een verklaring van de opdrachtgever (in dit geval de hoofdaannemer), dat het bouwterrein, zoals in het certificaat omschreven, zodanig is ontworpen en aangelegd, dat de werkzaamheden met het materieel zoals in het certificaat benoemd veilig kunnen worden uitgevoerd. ‘Het bouwterrein zal door of namens de opdrachtgever voldoende worden geïnspecteerd en onderhouden en zal, waar nodig, zodanig worden hersteld dat de draagkracht gedurende de werkzaamheden gewaarborgd blijft.’

Archeologie
Het gebied waar Tree House wordt gebouwd is door de archeologische dienst gecategoriseerd als “Waarde Archeologie 5”, zie volgende pagina.



Bestemmingsplan Rotterdam Central District. Plankaart archeologie.

Door de aanvrager van de omgevingsvergunning zal in eerste instantie een bureauonderzoek archeologisch laten uitvoeren en deze verstrekken aan B&W. Bij interessante bevindingen kan aanvullende veldonderzoek als onderdeel van de vergunning worden gedaan.

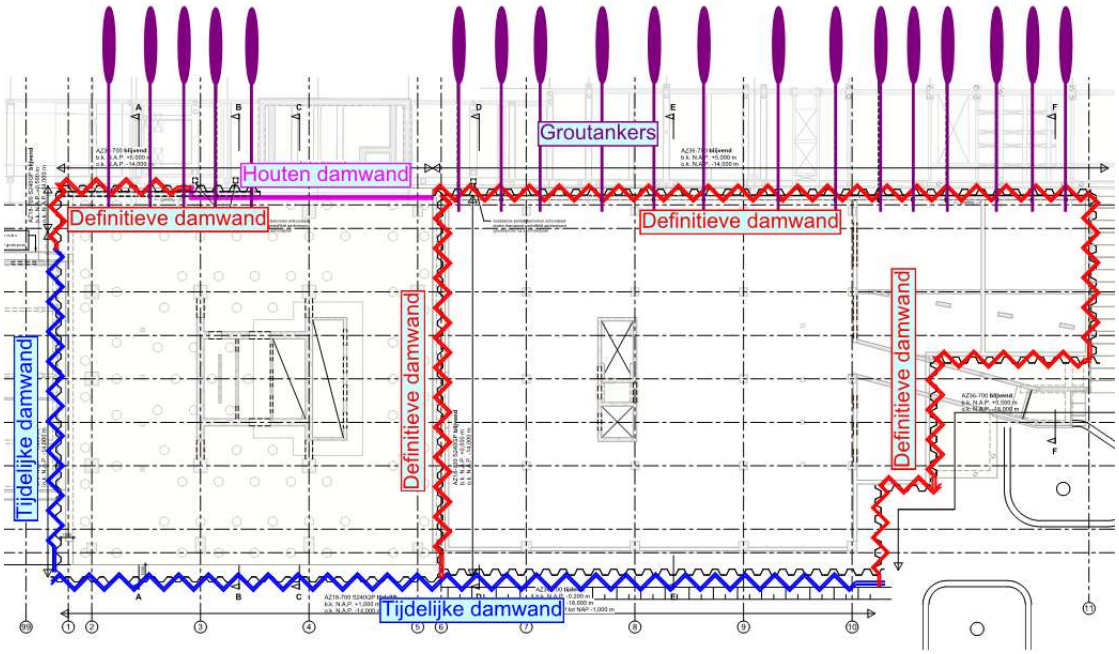
Grondwerk
Er is grondonderzoek uitgevoerd en het gehele gebied is klasse industrie of hoger. Alleen direct langs het spoor is sprake van matig vervuilde grond die niet direct op een andere locatie gebruikt kan worden. De in de bodem aanwezige vervuilde grond blijft zoveel mogelijk ongeroerd.

De ontgraven overtollige grond (zand) wordt conform besluit per as afgevoerd naar de grondbank van de gemeente Rotterdam.

3.1.2 Damwanden

De bouwkuip wordt gerealiseerd met behulp van stalen damwanden. Aan de noord- en oostzijde wordt een definitieve stalen damwand aangebracht, zie in rood. Hier kan de damwand niet getrokken worden nadat de kelder gereed is, enerzijds door het gebouw en anderzijds door het spoor of aanwezige bomen. Aan de zuid- en westzijde wordt een tijdelijke stalen damwand aangebracht, zie in blauw. Deze kan namelijk wel getrokken worden. De ‘rode damwand’ in het midden betreft een extra definitieve damwand welke benodigd is voor de bouwfasering. Tot slot wordt aan de noordzijde voor een beperkt deel een houten damwand aangebracht (roze), omdat hier een bestaande, functionele fundering onder de grond zit waardoor er te weinig ruimte is voor een stalen damwand.

De damwand aan de noordzijde wordt verankerd middels tijdelijke groutankers onder het spoor. Deze worden onder de plintbebouwing en onder het spoor aangebracht.

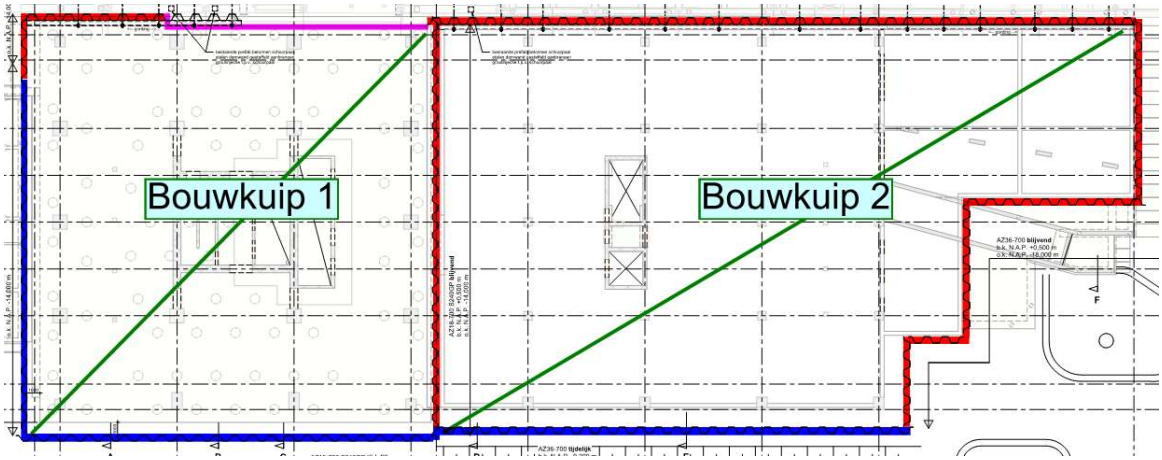


Damwanden rondom bouwkuip.

De damwand wordt gedrukt. Dit geeft minder geluidsoverlast en minder trillingen dan bij het intrillen van een damwand. De damwand aan de noordzijde wordt niet getrokken en is dus verloren. Hierdoor wordt de verzakking van de omgeving beperkt. Tevens wordt een deel van de damwand aan de westzijde (stationsgebouw-zijde) naast de overkapping als verloren beschouwd, zodat deze niet getrokken hoeft te worden. Ook hierdoor wordt het risico op verzakkingen verminderd.

Tussen de hoogbouw en het stationsgebouw wordt nog een Nuts invoerkelder en een grijswaterbassin gecreëerd. Dit wordt binnen een Berlinerwand, houten damwand of onder talud gerealiseerd.

Eerst worden de damwanden gemaakt en daarna worden de palen aangebracht. Als de palen onder de hoogbouw gereed zijn kan hier worden begonnen met ontgraven. Tegelijkertijd worden de palen onder de laagbouw gemaakt. Om dit mogelijk te maken is het noodzakelijk om de bouwkuip in twee delen op te splitsen; bouwkuip 1 en bouwkuip 2, zie figuur hieronder. Hiervoor is een compartimenteringsscherm voorzien. Bijkomend voordeel is dat de hogere zekerheid aangaande waterdichting van de diepere bouwkuip (2) is i.v.m. de houten damwand in bouwkuip 1.

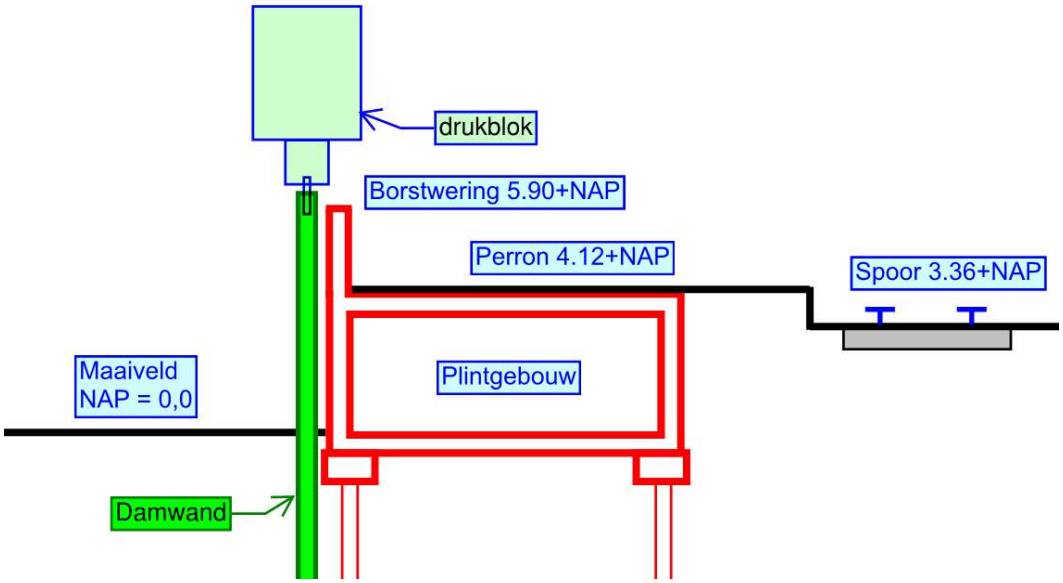


Opdeling bouwkuipen

Bouwkuip 1 wordt tot een diepte van circa 3,0 meter ontgraven. Vanwege deze geringe kerende hoogte kan dit zonder verankering of stempelraam langs de zuid- en westzijde. De ontgravingsdiepte van bouwkuip 2 is circa 4,0 meter diep en lokaal ter plaatse van de poeren en de randbalk tot circa 5,0 meter diep. Dit kan ook zonder stempelraam, maar wel is een zwaardere damwand en een ontlastsleuf nodig. De berekening van de damwand is gedaan volgens de vigerende regelgeving en de stand der techniek, rekening houdend met kabels en leidingen in de grond.

De onderkant van de damwand rondom de hoogbouwpoer reikt tot ca. 14,0- NAP. Het aanbrengniveau is maaiveld, dus 0,0 NAP. Verder is er een geringe overlengte nodig om de damwanden te kunnen ‘vastpakken’ om ze te drukken. De damwandlengte is dus circa 14,5 meter. De onderkant van de zwaardere damwand rondom de diepere kelder reikt tot in de eerste zandlaag op ca. 18,0- NAP. De damwandlengte is dus circa 18,5 meter.

De damwand aan de noordzijde wordt vlak langs de plintbebouwing ingedrukt. Door het hydraulische drukblok boven de plintbebouwing te laten hangen kan de afstand tussen damwand en gebouw worden geminimaliseerd. Hierdoor is ongeveer 6 meter overlengte benodigd en wordt de damwandlengte circa 24 meter, zie ook onderstaande doorsnede.



Doorsnede noordelijke damwand en plintgebouw

De damwand aan de noordzijde kan niet zonder stempelraam of verankering worden uitgevoerd, want de bestaande plintbebouwing dient als grondkering voor de achterliggende spoordijk. Indien voor de plintbebouwing wordt ontgraven is mobilisatie van passieve gronddruk voor de gebouwen niet meer mogelijk. De damwand aan de noordzijde zal daarom worden verankerd middels groutankers onder het spoor.

Mocht tijdens ontgraven blijken dat er een lekkage in de damwanden optreedt dan wordt gestopt met ontgraven en weer aangevuld. Vervolgens wordt de lekkage geïnjecteerd middels waterglasinjectie. Bovendien worden er inclinometers, gelast aan de damwand, geïnstalleerd zodat de vervorming van de damwand nauwkeurig kan worden gemonitord. Hiertoe zal in de volgende fase een monitoringsplan worden opgesteld met waarden, frequentie van meten, etc. Dit monitoringsplan zal in overleg met NS/ProRail worden opgesteld.

3.1.3 Bemaling

De freatische grondwaterstand is gebaseerd op de peilbuismetingen van Prowaco, het grondwatermeetnet van de Gemeente Rotterdam. Er zijn lange meetreeksen beschikbaar (1950 t/m 2016 en 2013 t/m 2016) van de freatische grondwaterstand. De gemiddelde grondwaterstand ter plaatse van de bouwlocatie bedraagt ongeveer NAP -2,0 meter. Uit de beschikbare meetreeksen is op te maken dat de grondwaterstand in het algemeen fluctueert tussen NAP -2,5 meter en NAP -1,5 meter. De karakteristieke gemiddelde ondergrens van de waterstand over de afgelopen tien jaar bedraagt voor beide locaties ca. NAP -1,9 m.

Voor de realisatie van de kelder in de bouwkuip zal een bemaling worden toegepast. Dit betreft in principe het éénmalig leegmalen van de bouwkuip en het vervolgens drooghouden, aangezien de kelder wordt gemaakt in een gesloten bouwkuip. Verder is er geen spanningsbemaling nodig, want opbarsten is een risico bij een ontgraving vanaf 6,0 meter diep. Dit is dieper dan het benodigde ontgravingsniveau. De monumentale bomen staan buiten de bouwkuip en de onttrekking zal geen invloed hierop hebben.

Door CWG Ingenieurs is een bemalingsadvies opgesteld, zie rapport 220406_R01. Gezien het geringe effect op de omgeving kan onttrekking worden uitgevoerd onder een melding. Lozing kan worden gedaan op de gemeentelijke riolering.

3.2 Heiwerk en funderingsconstructies

3.2.1 Funderingspalen

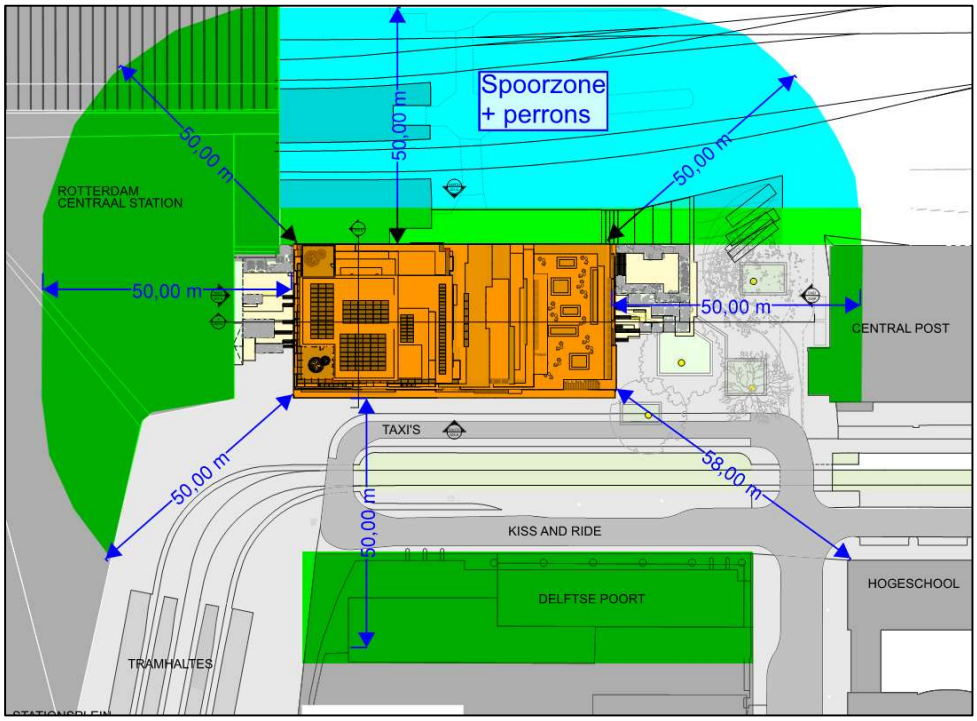
Nadat het verdichte zandpakket is aangebracht en het BTC is afgegeven, kan worden aangevangen met de installatie van de funderingspalen. De invloed op de omgeving wordt in deze paragraaf beschreven.

Tubex-palen
De funderingspalen onder de hoogbouw bestaan uit Tubex-palen (o.g.). Dit zijn grondverdringende geboorde palen waarbij een stalen buispaal de grond in wordt geboord en later vol wordt gestort met beton. Deze palen worden geluidsarm en trillingvrij geïnstalleerd vanaf het verdichte zandpakket. In totaal worden twee stellingen ingezet. Alle paalposities van Tubex palen worden per dagproductie voorgeboord tot 20-NAP, waarmee de obstakels en houten palen kunnen worden “gecrushd”.

Fundex-palen
Onder het laagbouwdeel worden Fundex-palen (o.g.) geïnstalleerd met twee boorstellingen. Bij dit type paal wordt een stalen buis de grond in geschroefd die wordt volgestort met beton. Vervolgens wordt de stalen buis weer getrokken. Net als bij de Tubex-palen worden deze palen geluidsarm en trillingvrij geïnstalleerd, eveneens vanaf het verdichte zandpakket.

Opname belendingen
De bebouwing rondom de bouwplaats ligt grotendeels binnen het invloedsgebied van 50 meter rondom het heiwerk van de palen en de bouwwerkzaamheden. Hiervoor wordt een bouwkundige opname gedaan volgens de BRL5024 van de volgende panden / delen, zie hieronder.

De Delftsepoort en Central Post zullen alleen aan de buitenzijde worden geïnspecteerd. Het stationsgebouw inclusief plintgebouw ook van binnen. Bijzondere aandacht gaat verder uit naar het RVS dak van het stationsgebouw gezien de kwetsbaarheid / gevoeligheid. Deze zal ook van binnen en van buiten worden opgenomen.



Opname belendingen voor start bouwwerkzaamheden

3.2.2 Funderingsconstructie hoogbouw

Nadat de funderingspalen onder de hoogbouw zijn aangebracht, wordt gestart met de ontgraving van de hoogbouw poer. De onderkant van de poer bevindt zich ca. 3 meter onder maaiveld. Na het ontgraven wordt aangevuld met 200 mm grondverbetering. Daarbovenop wordt een 100mm gewapende druklaag gestort. Daarbovenop wordt vervolgens de poer gemaakt middels een mobiele kraan of rupskraan. Dit geeft geen bijzondere overlast voor de omgeving.

De palen worden verdiept weggezet, dus na ontgraven komen de paalkoppen tevoorschijn. De deksels van de stalen buizen worden afgebrand waarna de palen worden voorzien van kopwapening en kan de paal worden afgestort. Dit gebeurt met een betonpomp en geeft eveneens geen bijzondere overlast voor de omgeving.

Funderingspoer
De funderingspoer van de hoge toren betreft een betonnen plaat van circa 30 x 31 meter en is 2,5 meter dik (2325m³). Vanwege de hoge krachten in deze poer moet deze in één procesgang gemaakt worden. Het storten zal naar verwachting zo'n 30 uur duren. Dit moet in één continue betonstort doorgaan, dus dag en nacht. Hiervoor zal een vergunning voor werken buiten reguliere werktijden worden aangevraagd en de betonstort zal door BAM Bouw en Techniek worden afgestemd op eventuele werkzaamheden in de omgeving.

3.2.3 Funderingsconstructie laagbouw

Nadat de hoogbouwpalen zijn aangebracht worden de Fundex-palen onder het laagbouwdeel gemaakt. Deze palen worden tot aan maaiveld afgestort, maar de wapeningskorf wordt verdiept afgehangen.

De wapeningskorven van de drukpalen lopen tot ca. 21,0- NAP. Het aanbrengniveau ligt op 0,0 NAP en de kelder op ca. 3,50-NAP, dus de korflengtes zijn ca. 18 meter. Deze korven kunnen in delen aangevoerd en ingehangen worden.

Groutankers
De groutankers in de noordelijke damwand moeten onder de plintbebouwing door gemaakt worden en verankeren in de zandlaag onder het spoor. Dit geeft geen bijzondere overlast voor de omgeving en ook kan dit zonder buitendienststellingen of TVP's aangebracht worden. De ankers zullen zodanig worden ontworpen dat de stangen er na gebruik weer uitgehaald zullen worden.

Funderingspoeren
De funderingspoeren van de laagbouw zijn doorgaans 3-, 4-, of 5-paalspoeren en hebben geringe afmetingen. De poer onder de kleine kern is ongeveer 18 x 6,5 meter en 1,5 meter dik en kan zonder bijzondere maatregelen in één keer worden gestort in circa 4 werkuren.

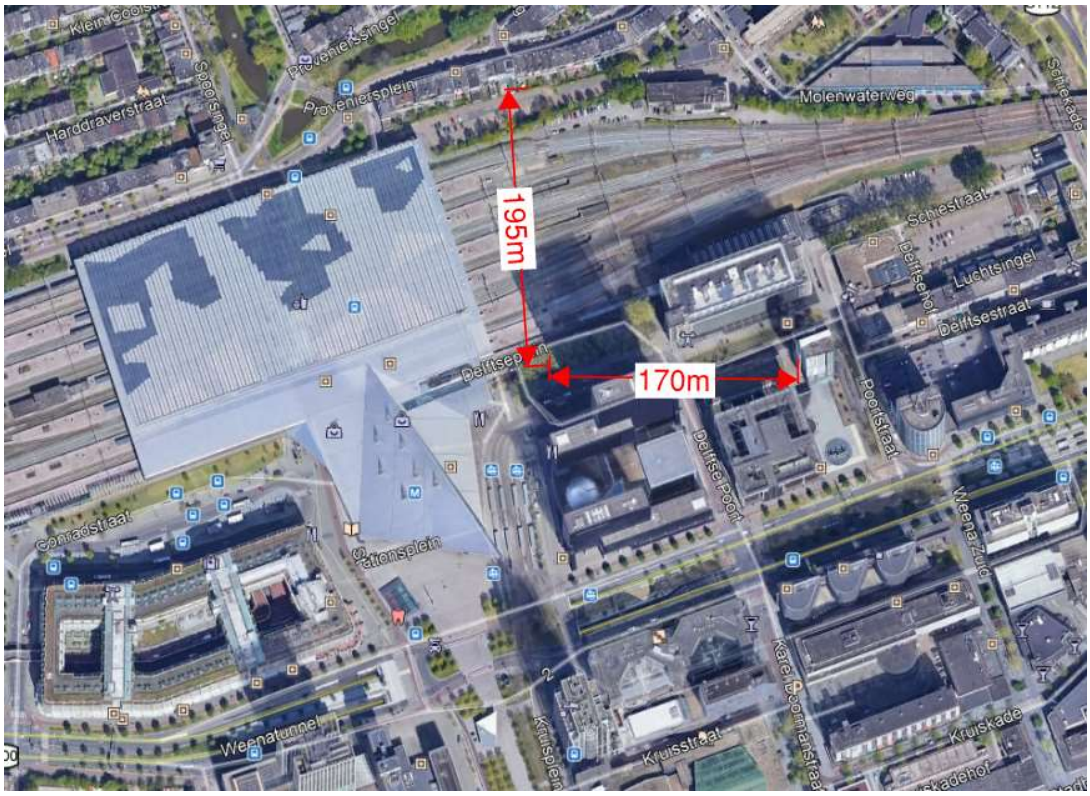
3.3 Kernen

Er wordt begonnen met het bouwen van de twee betonnen kernen. Deze kernen geven het gebouw stevigheid en worden gerealiseerd door middel van een glijbekisting (zie onderstaande foto's). Dit is een continue bouwproces dat om technische redenen niet onderbroken kan worden. Dit betekent dat er in die periode op 7 dagen in de week, 24 uur per dag wordt gewerkt gedurende een periode van circa 17 weken. Hiervoor zal een vergunning voor werken buiten reguliere werktijden worden aangevraagd en de werkzaamheden zullen door BAM Bouw en Techniek worden afgestemd op eventuele werkzaamheden in de omgeving. Ook wordt rekening gehouden met de grote evenementen zoals Marathon Rotterdam, Roparun, etc.

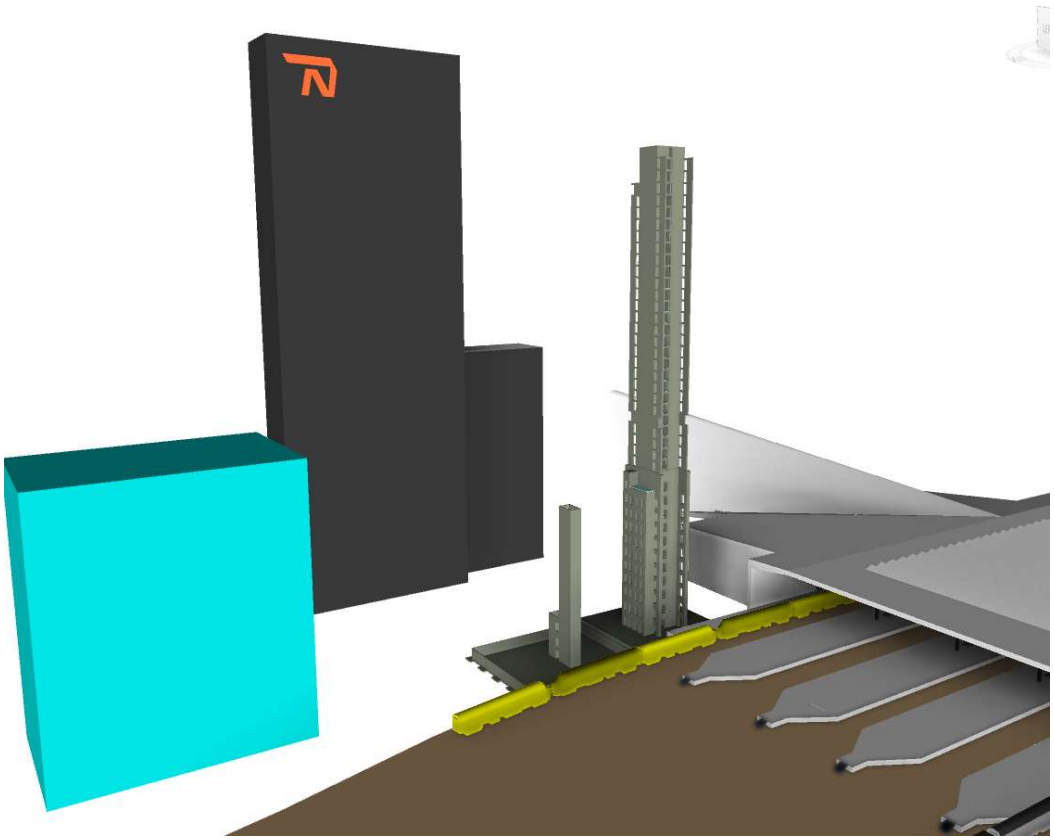
Referentiefoto van een glijbekisting. Links het RIVM te Utrecht en rechts het Stadskantoor te Utrecht

De (geluids)overlast van dit werk is zeer beperkt. De verlichting wordt zo afgesteld dat deze alleen op de werkvloer schijnt, en de omgeving hiervan geen hinder heeft. Op onderstaande figuren zijn de afstanden tot de dichtstbijzijnde woongebouwen gegeven waar ’s nachts mensen verblijven. Aan de noordzijde betreffen dit woningen welke op 195 meter van de projectlocatie staan. Aan de oostkant staat een appartementengebouw op ongeveer 170 meter afstand. Direct naast het project staan twee kantoorpanden, te weten Central Post en Nationale Nederlanden. Deze schermen de eventuele geluid- en de verlichtingsoverlast naar de rest van de stad af.

Doordat een aantal werkzaamheden in de nacht plaatsvinden zorgt dit voor een zo kort mogelijke bouwtijd en een spreiding van het bouwverkeer. Zo kan er beter worden ingespeeld op de drukke verkeers- en fietsbewegingen in de spitstijden welke op deze manier juist worden ontlast.



Afstanden van project tot woningen in de omgeving

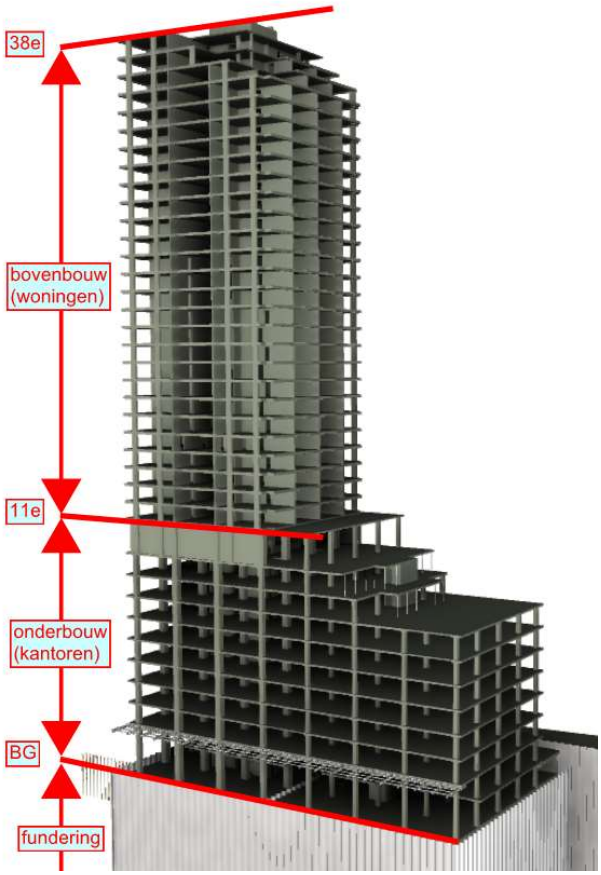


De twee betonkernen welke worden gemaakt m.b.v. een glijbekisting

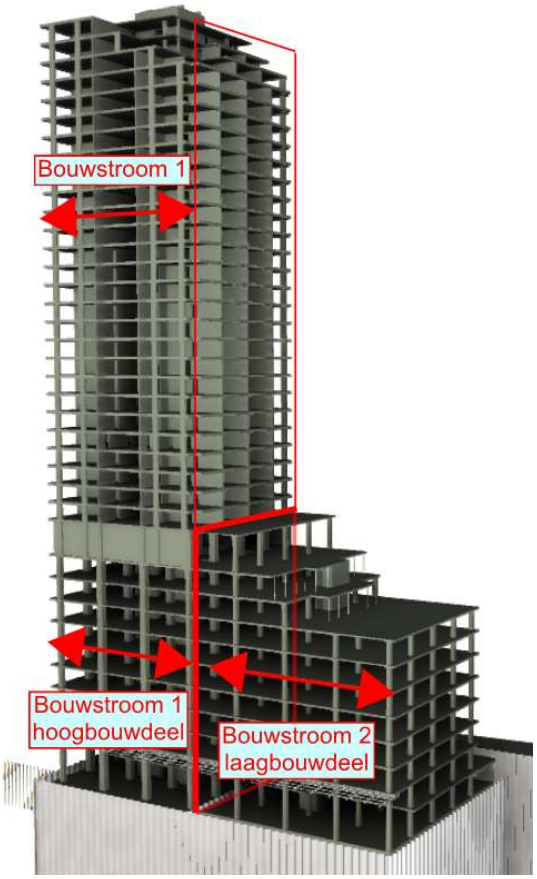
3.4 Ruwbouw

De ruwbouw bestaat uit verschillende fasen. De onderbouw van de laagbouw, van begane grond tot en met de 11e verdieping, en de bovenbouw van de woontoren, van 11e verdieping tot en met dakvloer.

Daarnaast wordt het gebouw opgesplitst in twee bouwstromen: het hoogbouwdeel (stroom 1) en het laagbouwdeel (stroom 2).



Opdelen bouwdelen

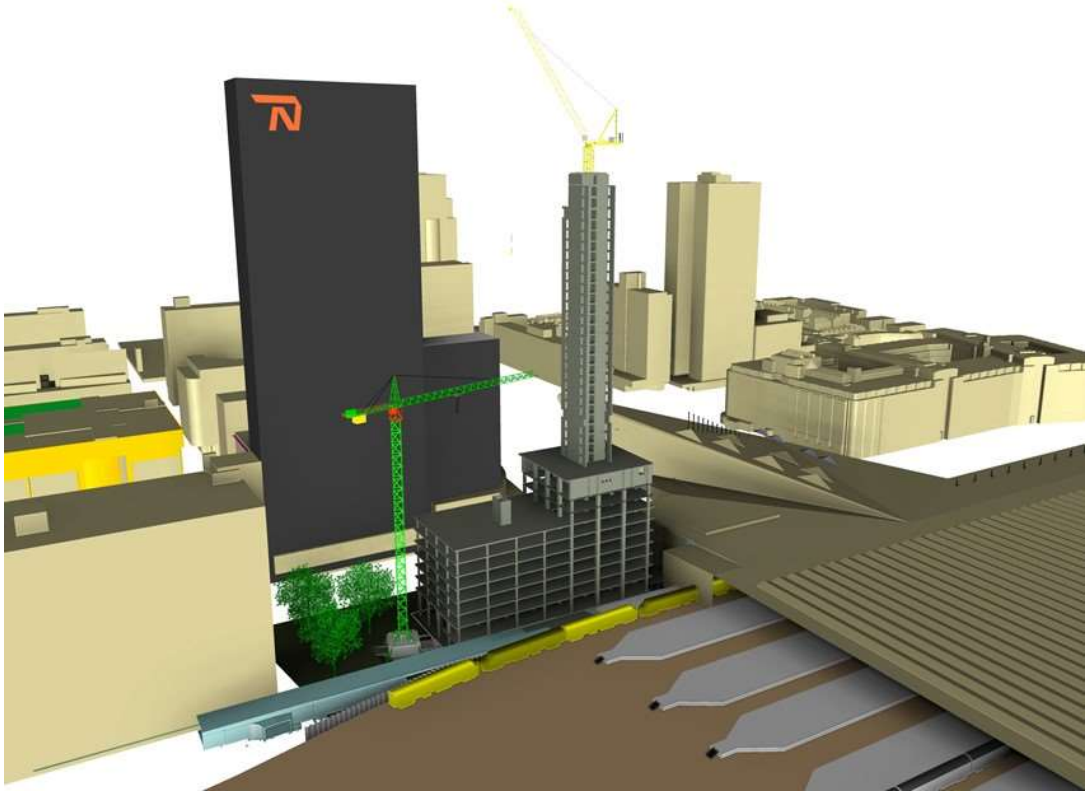


Opdeling bouwstromen

3.4.1 Onderbouw

De wanden, kolommen en vloeren in de onderbouw worden in het werk gestort. Hiervoor zullen twee torenkranen worden gebruikt. De wanden van de kernen zijn in deze fase reeds gerealiseerd middels de glijbekisting.

De vloeren worden uitgevoerd in gewichtsbesparende breedplaatvloeren welke éénzijdig overspannen. In andere richting overspannen de betonbalken. De gevel bestaat uit vloerrandelementen met kozijnstroken daartussen welke enkele lagen onder de ruwbouw volgt.



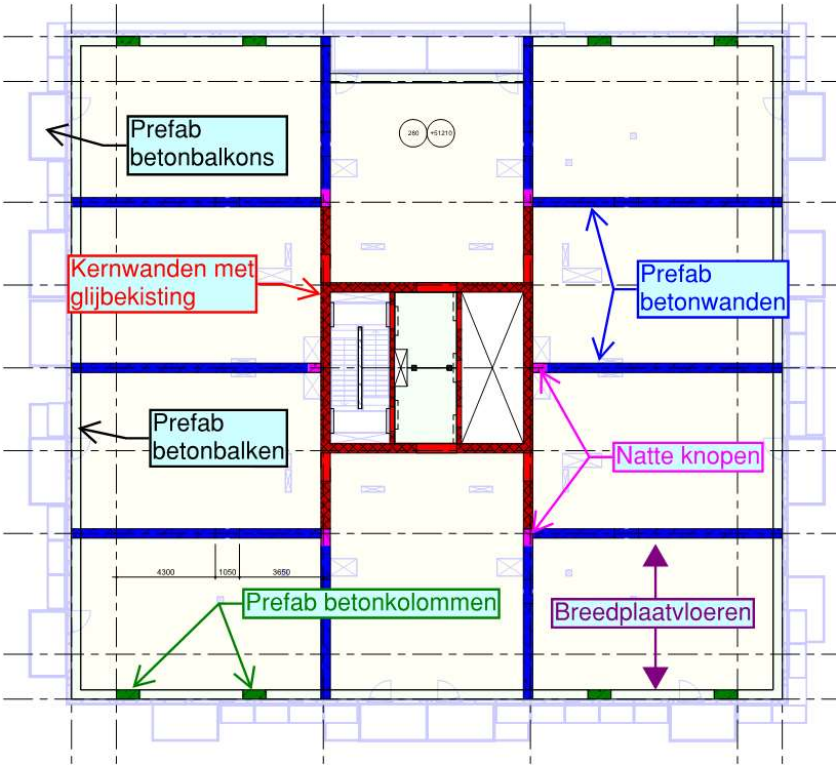
Impressie van de ruwbouw van de onderbouw met twee torenkranen

Rondom het gebouw wordt een “windshield” ingezet, zie ook onderstaande referentiefoto. Van achter dit windshield kan de ruwbouw op een veilige manier worden gemaakt. Het windshield wordt voorzien van geïntegreerde werkvloeren zodat ook de gevel vanaf deze vloeren gemonteerd kan worden.

Referentiefoto van het windshield zoals toegepast bij het WTC te Utrecht

3.4.2 Bovenbouw

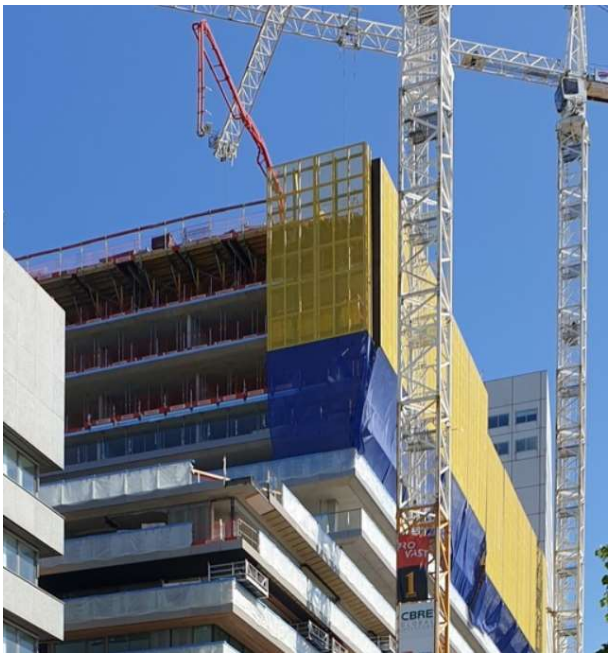
De eigenlijke toren start vanaf de 11e verdieping. De toren is vanaf de 11e verdieping opgebouwd uit een gegleden betonkern in combinatie met outrigger wanden welke worden uitgevoerd in prefab beton en natte knopen. De penanten in de gevel en de balken worden eveneens uitgevoerd in prefab beton en de vloeren worden als breedplaat uitgevoerd. Deze lagen worden gerealiseerd met behulp van een torenkraan.

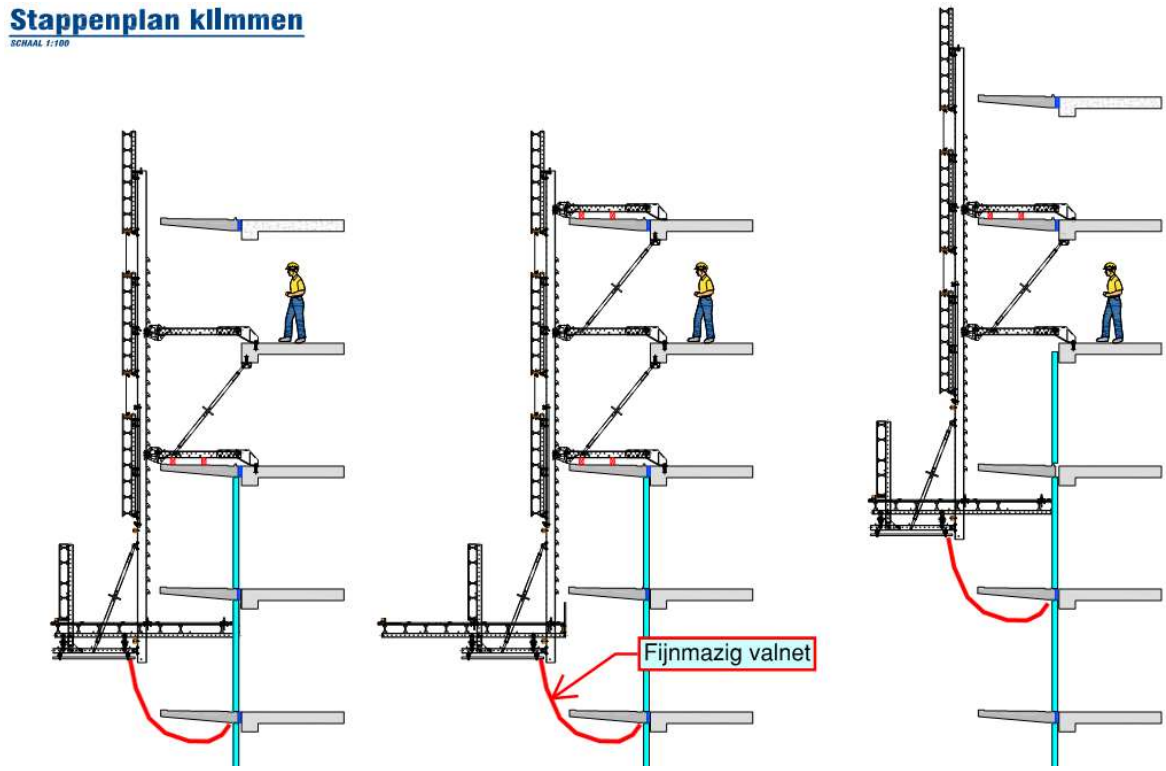


Opbouw standaard verdieping bovenbouw

Ook voor deze lagen zal het windshield worden toegepast. Dit windshield wordt zodanig ontworpen en toegepast dat deze langs de prefab betonbalkons kan klimmen en altijd voor een veilige situatie zorgt, ook als er géén balkon aanwezig is op die betreffende laag. Zie de conceptuitwerking van het principe met schuifbare bordessen op de volgende pagina.

Onder het klimscherm wordt een fijnmazig net aangebracht dat altijd naar binnen wordt geleid, zodat eventueel vallende delen niet op de omgeving terecht kunnen komen. Zie foto hiernaast met in geel het klimscherm en in blauw het fijnmazige net.



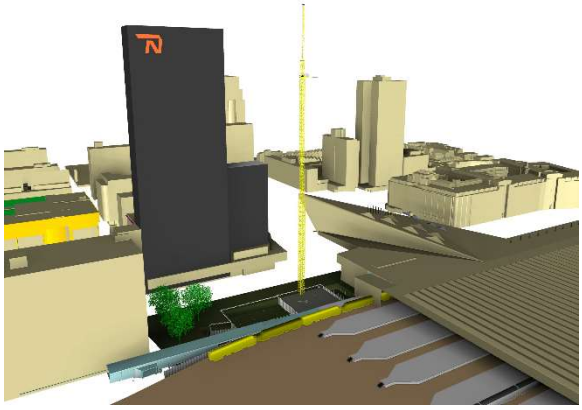


Principe windshield bij betonbalkons

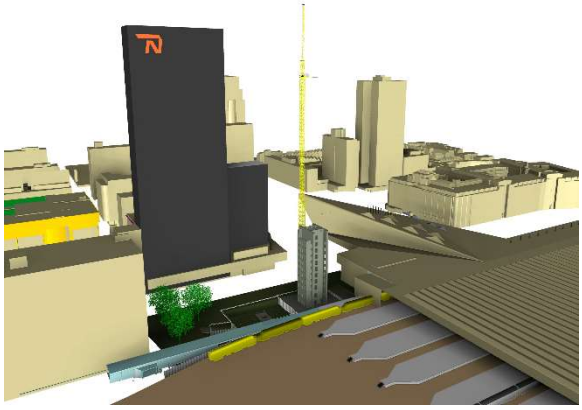
Impressie van de bovenbouw met het windshield

3.5 Werkvolgorde

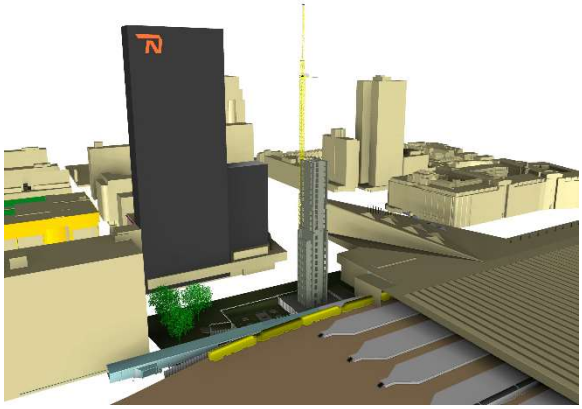
De werkvolgorde is hieronder visueel weergegeven in een aantal stappen.



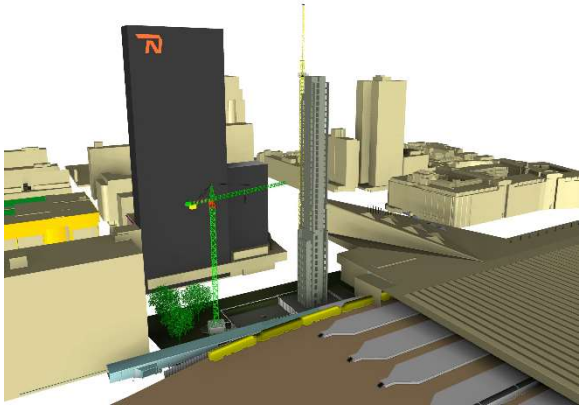
1: maken funderingspoer hoogbouw



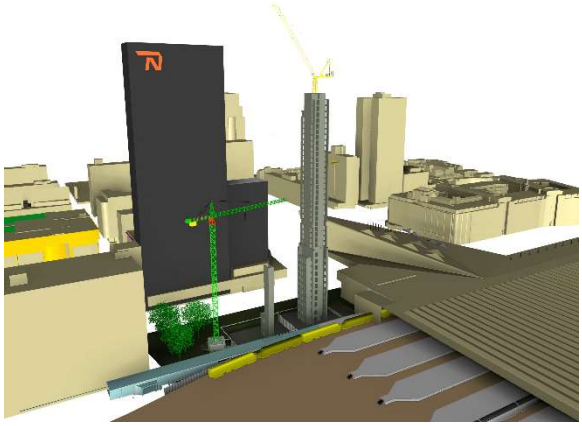
2: glijden eerste deel grote kern tot ca. 45 m



3: glijden tweede deel grote kern tot ca. 85 m

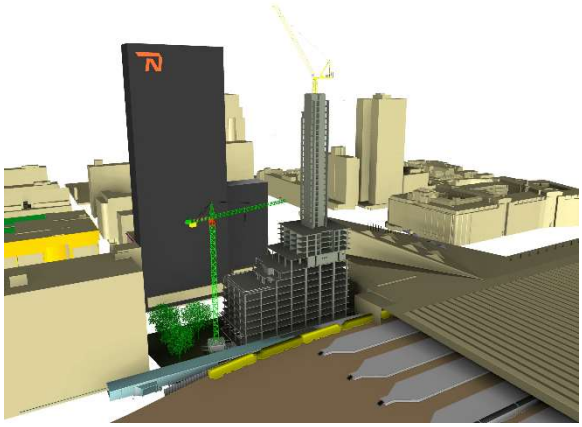


4: glijden derde deel grote kern tot ca. 130 m



5: glijden kleine kern

6: maken onderbouw

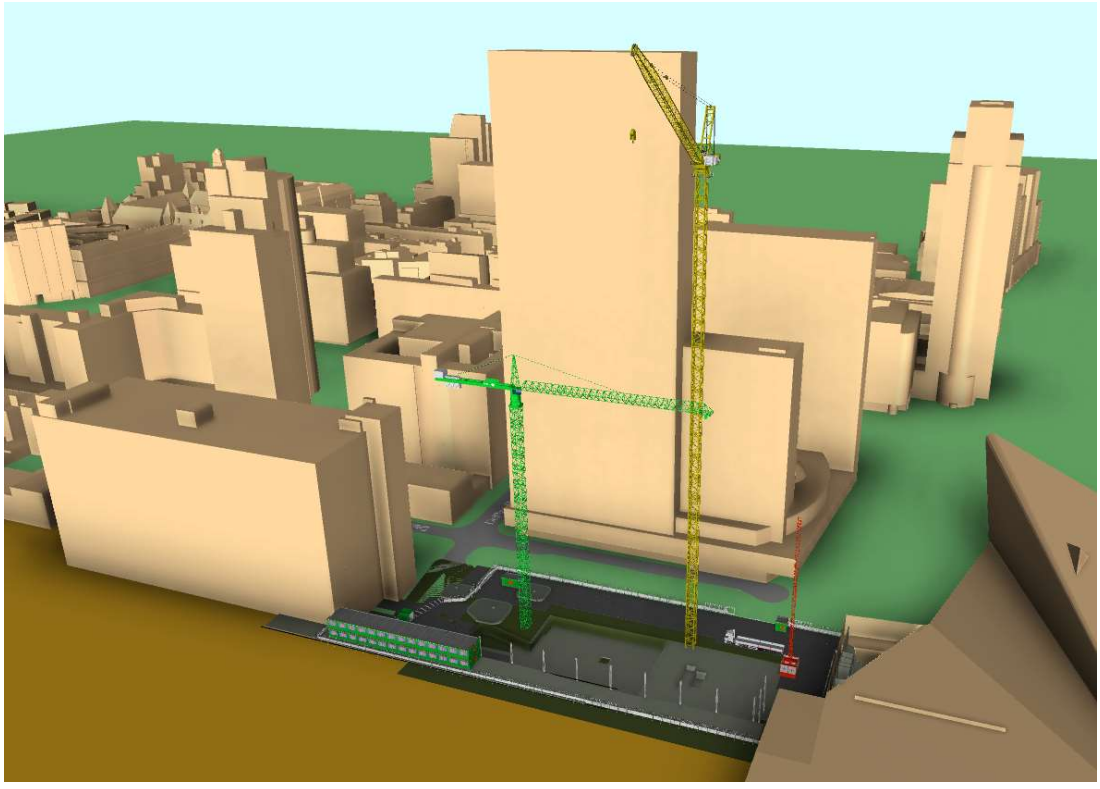


7: Maken hoogbouw, ruwbouw laagbouw gereed

8: Hoogbouw met gevelklimschermen

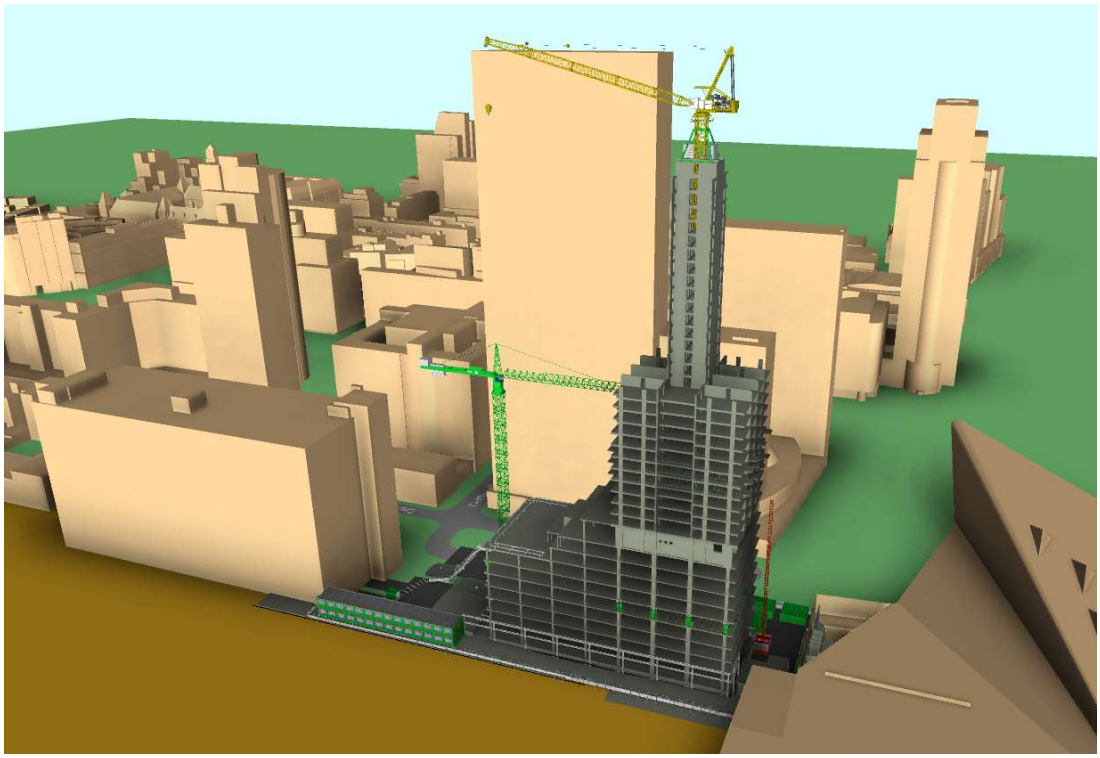
3.6 Bouwkranen

Nadat de poer voor de hoogbouw is gestort wordt op deze poer een vrijstaande topkraan op circa 125 meter hoog opgebouwd. Deze kraan wordt gebruikt om de kern mee te glijden. Daarnaast wordt een katkraan opgebouwd op een poer in de kelder, naast de laagbouw. Zie ook onderstaande impressie.



Vrijstaande topkraan en katkraan t.b.v. glijden kernen

Nadat de grote kern gereed is wordt de vrijstaande kraan gebruikt om een topkraan op de kern te plaatsen, zie impressie. Met deze kraan wordt het resterende deel van de hoogbouw gemaakt, ruwbouw en gevel.



Topkraan op de kern

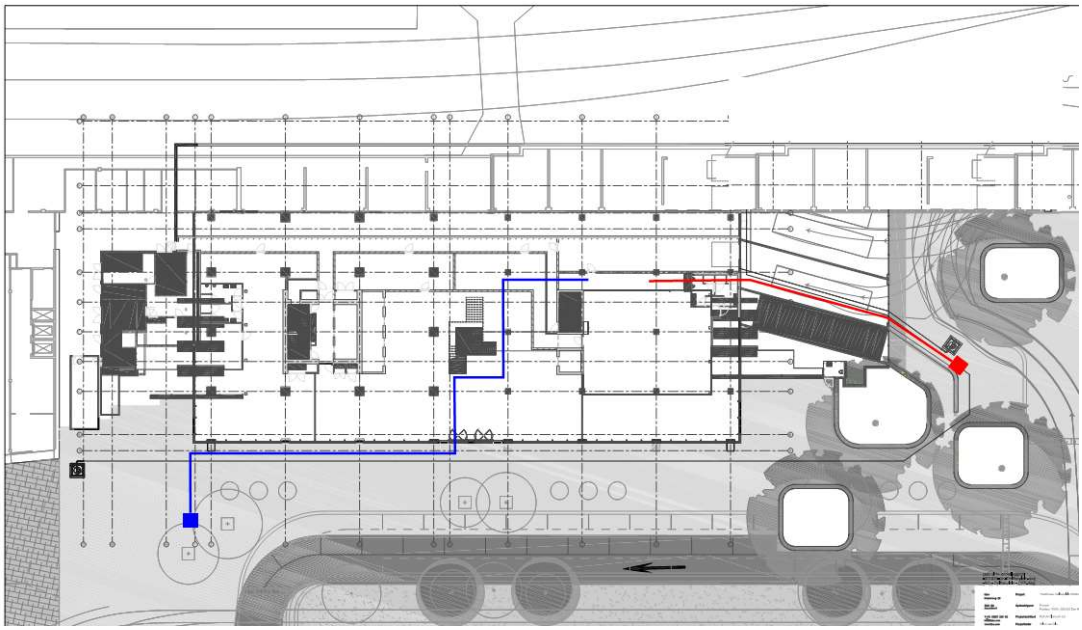
Als het gebouw klaar is moet de kraan van de kern worden gehaald. Er is te weinig vrije ruimte in de straat om een geschikte mobiele kraan op te bouwen om de bouwkraan op deze hoogte te demonteren. Om deze reden wordt er een topkraan op de laagbouw opgebouwd. Met deze kraan wordt de bouwkraan op de kern gedemonteerd. De topkraan op de laagbouw kan zichzelf naar beneden uitklimmen, waarna deze met een mobiele kraan kan worden gedemonteerd.

Topkraan op de laagbouw t.b.v. demontage kraan op de kern

3.7 Gebouwinstallaties

De technische ruimtes bevinden zich voornamelijk op de 10e verdieping in de overgangslaag tussen het kantoordeel en het woningdeel. Op begane grondniveau aan de westzijde en in de kelder bevinden zich de traforuimtes, inkoopstation, NSA-ruimtes en sprinklerput annex pompruimtes. Het gehele gebouw is voorzien van een sprinklerinstallatie, waarvan het bassin zich in de kelder bevindt.

Verder worden WKO bronnen gerealiseerd aan de zuidwestzijde en aan de oostzijde van het gebouw, zie hieronder.



Locatie WKO-bronnen

De bronnen en leidingen moeten al vroeg in het bouwproces aangebracht worden en beschermd worden in de bouwfase door de aannemer. Ook de andere nutsaansluitingen, elektra, water en riolering, moeten al voor de start van de hoogbouw (11e verdieping en hoger) worden aangesloten zodat de afbouw en inbedrijfstelling op tijd, al ruim voordat de afbouw gereed is, kan starten.

3.8 Overlast voor de omgeving

In onderstaand overzicht is weergegeven welke hinder en overlast ervaren kan worden tijdens welke werkzaamheden en wat de te nemen maatregel hiervoor is. De overlast is te specificeren in:

- Geluidsoverlast
- Trillinghinder
- Stofoverlast

Geluidsoverlast tijdens …	Oorzaak	Maatregel
Grondwerk	Geluidsproductie gravers	Inzet modern materieel en geluidmonitoring. Daarnaast worden geluidsoverlast veroorzakende werkzaamheden in de spits (7:00-9:00 en 16:00-18:00) en ’s nachts tot een minimum beperkt

30-uurs betonstort	Storten van de poer van de hoogbouw moet in één doorlopende fase	Vroegtijdige communicatie en ontheffing aanvragen
Glijbekisting kernen	24-uurs werkzaamheden gedurende 17 weken lang	Vroegtijdige communicatie en ontheffing aanvragen

Trillinghinder tijdens …	Oorzaak	Maatregel
Grondwerk	Rijden van vrachtwagens	Rustig rijden met volle wagens
Bouwrijp maken	Rijden van vrachtwagens	Hergebruik puin: minder wagens

Stofoverlast tijdens …	Oorzaak	Maatregel
Grondwerk	Droogte tijdens uitvoering	Grond vochtig houden/maken
Gehele bouwfase	Droogte tijdens uitvoering	Stelconplatenbaan vochtig houden/maken

De omgeving kan in geval van hinder een melding doen bij het meldpunt BAM op de site van Bewuste Bouwers (www.verbeterdebouw.nl). Vanuit dit meldpunt worden indien mogelijk verdere acties ondernomen om de hinder tegen te gaan en in de toekomst verder te voorkomen. Om e.e.a. in goede banen te leiden en de communicatie naar buiten toe helder te hebben wordt een omgevingsmanager ingezet.

In artikel 8.3 van het Bouwbesluit (Geluidhinder) zijn maximale dagwaarden van geluiddrukken gegeven waarbij de blootstellingsduur niet mag worden overschreden. Als vanzelfsprekend zal de uitvoering van het project hieraan moeten voldoen, dus zal de geluidsproductie worden gemonitord tijdens lawaai producerende werkzaamheden.

Ten aanzien van de zettingen van de omgeving wordt eveneens een monitoringsplan met periodieke of continue metingen opgesteld. Dit wordt in de uitvoeringsfase behandeld in een ander plan.

4 Bouwplaats en veiligheid

Het bouwterrein heeft een aantal specifieke kenmerken in vergelijking met gebruikelijke bouwterreinen; zo wordt het aan drie zijden ingesloten door bestaande bebouwing en moeten kantoren en in- en uitritten aan het Delftseplein bereikbaar blijven.

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de bouwplaats er op verschillende momenten uitziet. Tevens wordt omschreven hoe de logistiek naar en van de bouwplaats wordt ingericht.

4.1 Bouwveiligheidszone

Rondom het bouwterrein bevinden zich het Centraal Station aan de westkant, een spoorlijn met (internationaal) perron aan de noordzijde en aan de zuidzijde van het project de trambaan. Daarnaast staan aan de oostzijde nog 4 monumentale bomen welke behouden moeten blijven.

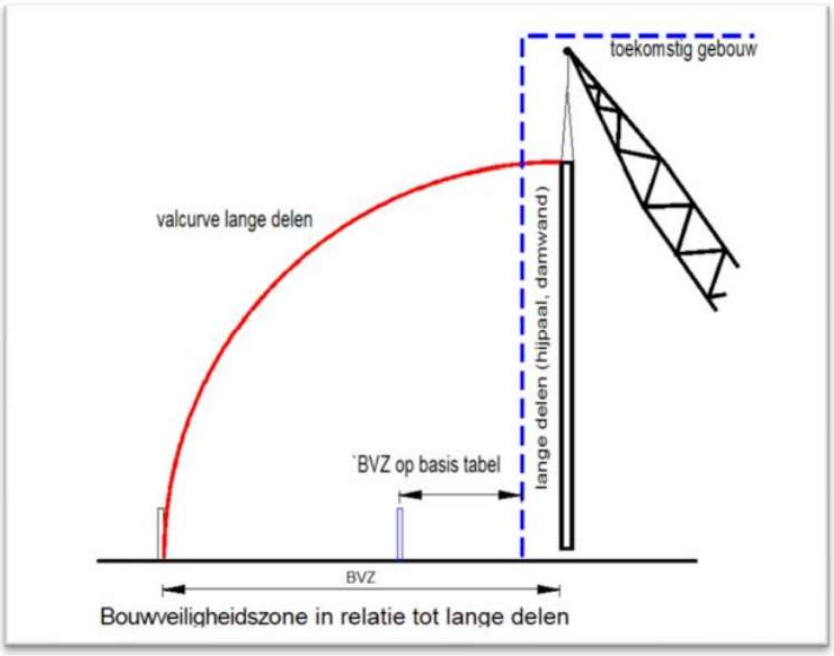
Door de bouwwerkzaamheden van Tree House mag er nooit materiaal of materieel naar beneden vallen op de publieke ruimte of openbare weg. Voor de horizontale verplaatsing vanaf het eventuele valpunt wordt daarom een horizontale veiligheidszone aangehouden conform de “Richtlijn Bouw- en Sloopveiligheid” (RBSV) artikel 6.2 (aangestuurd door het bouwbesluit).

Hijshoogte (meter)	Bouwveiligheidszone (meter)	Hijshoogte (meter)	Bouwveiligheidszone (meter)
3	1,5	100	12
6	2	110	13
9	2,5	120	14
12	3	130	15
15	3,5	140	16
20	4	150	17
30	5	160	18
40	6	170	19
50	7	180	20
60	8	190	21
70	9	200	22
80	10	210	23
90	11	220	24

Daar waar door deze horizontale verplaatsing materiaal op de openbare weg of in de openbare ruimte zou kunnen vallen moeten additionele voorzieningen worden getroffen ter bescherming van personen. Deze bouwveiligheidszones worden per bouwfase beschouwd, zodat passende maatregelen genomen kunnen worden.

4.1.1 Damwanden

Volgens de richtlijn Bouw- en Sloopveiligheid artikel 6.2.9 (welke gelijk is aan de NVAF-richtlijn voor funderingswerk) kan bij het aanbrengen van lange delen zoals damwandplanken of heipalen een grotere BVZ worden geëist dan de BVZ op basis van de gebouwhoogte, zie onderstaande figuur uit de richtlijn.

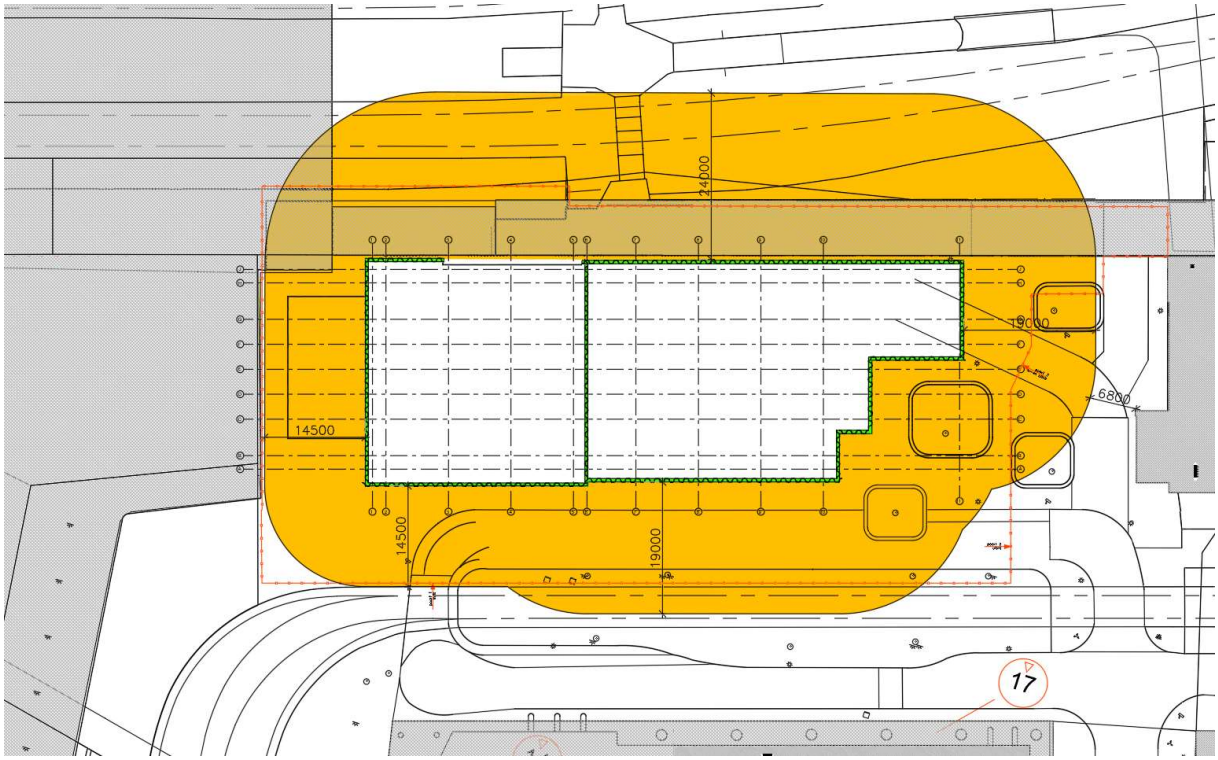


Figuur uit de richtlijn Bouw- en sloopveiligheid

In het geval bij Tree House moeten er damwandplanken en funderingspalen worden aangebracht.

De stalen damwanden zijn circa 14,5 en 19,0 meter lang, dus de BVZ is in dat geval ook 14,5 en 19,0 meter rondom de damwanden-contour. De damwand aan de noordzijde staat 5 meter vrij, dus hier is de BVZ 19+5 = 24 meter

Op de volgende pagina is de BVZ gegeven. Aan de noordzijde kunnen de damwanden over de spoorbaan vallen, aan de zuidzijde over de trambaan en aan de westzijde tegen het stationsgebouw. Dit is niet acceptabel, dus moeten maatregelen worden ontworpen. Volgens artikel 6.2.10 uit de richtlijn kan op basis van gelijkwaardigheid een alternatieve oplossing worden geaccordeerd door het bevoegd gezag.



BVZ bij aanbrengen damwanden indien <u>géén maatregelen</u> worden genomen.

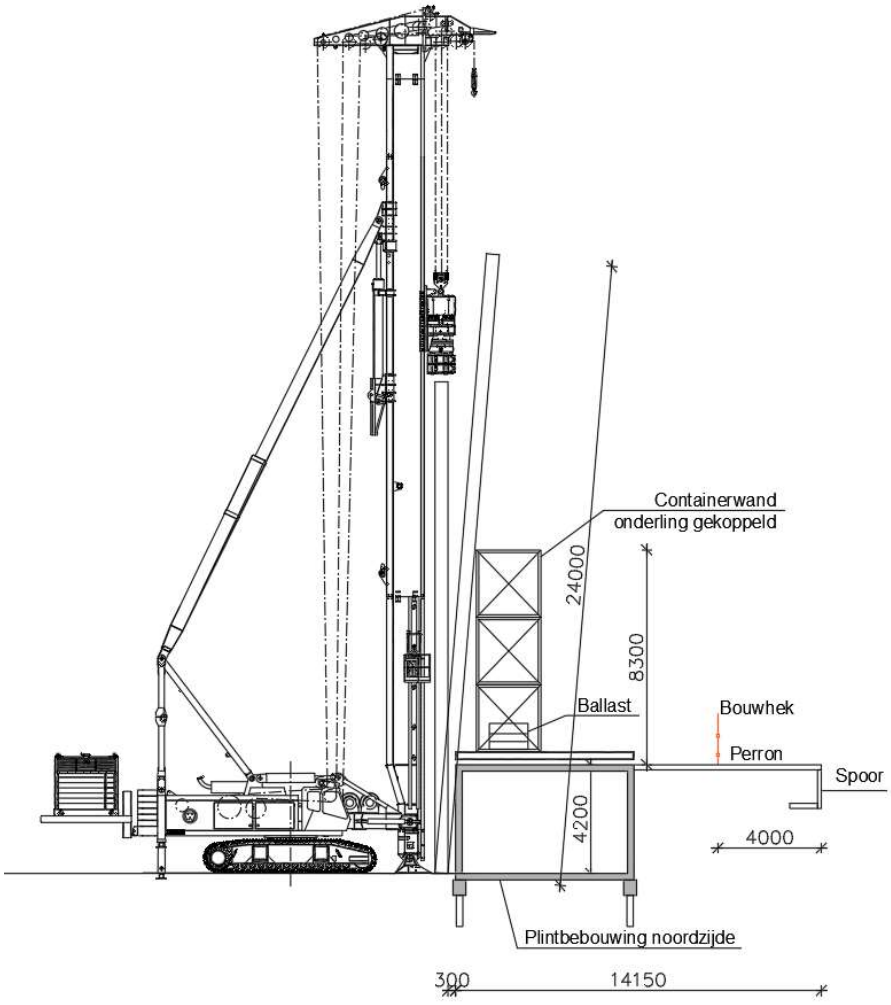
<u>Maatregel noordzijde</u>

Aan de noordzijde is de bestaande plintbebouwing aanwezig. Als aanvullende maatregel wordt hier een containerwand bovenop geplaatst, zie figuur op de volgende pagina. Indien deze containerwand minimaal 3 containers hoog wordt uitgevoerd dan valt de damwand hier tegenaan bij een calamiteit en niet op het perron / spoor. De containerwand moet worden geballast of verankerd zodat deze sterk genoeg is om de stalen damwanden te kunnen keren.

Het perron is in de huidige situatie ongeveer 14 meter breed. Dit wordt teruggebracht naar 4 meter in de bouwfase, waardoor er 10 meter ruimte is voor de containerwand en de bouwveiligheidszone.

In bijlage 4 is een constructieve berekeningsmemo toegevoegd waarin de voorzieningen zijn berekend. Ook is de afdracht van de containers op het plintgebouw getoetst.

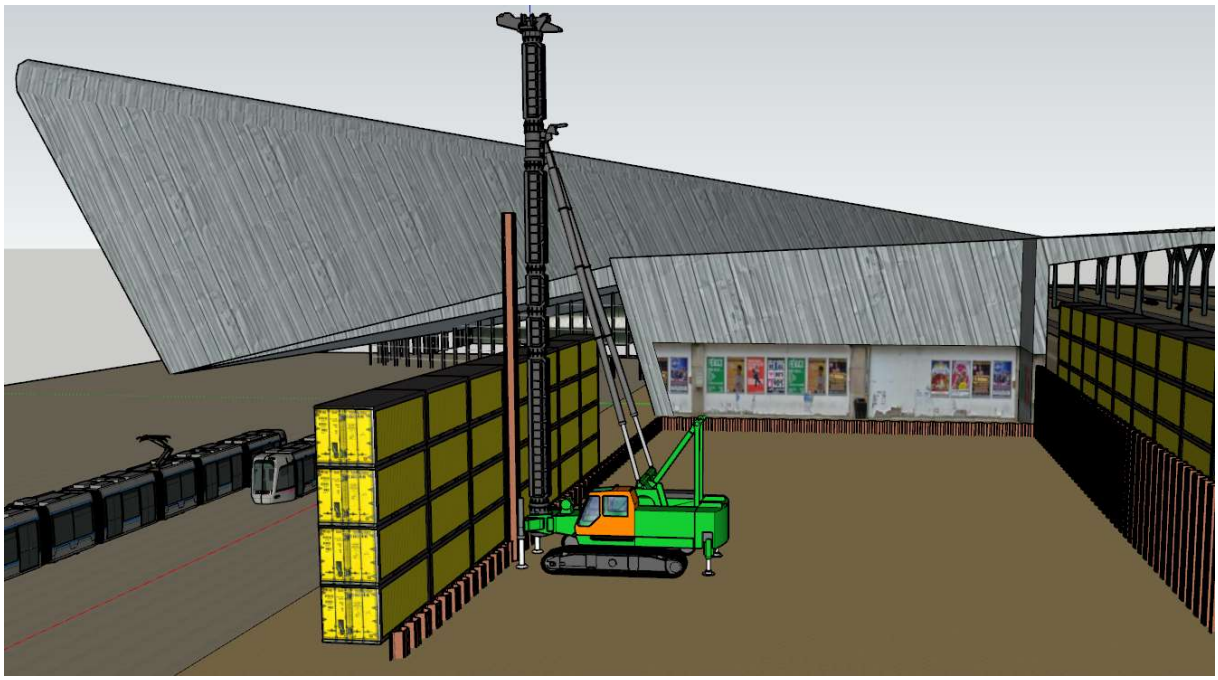
Impressie van de containerwand langs de noordzijde



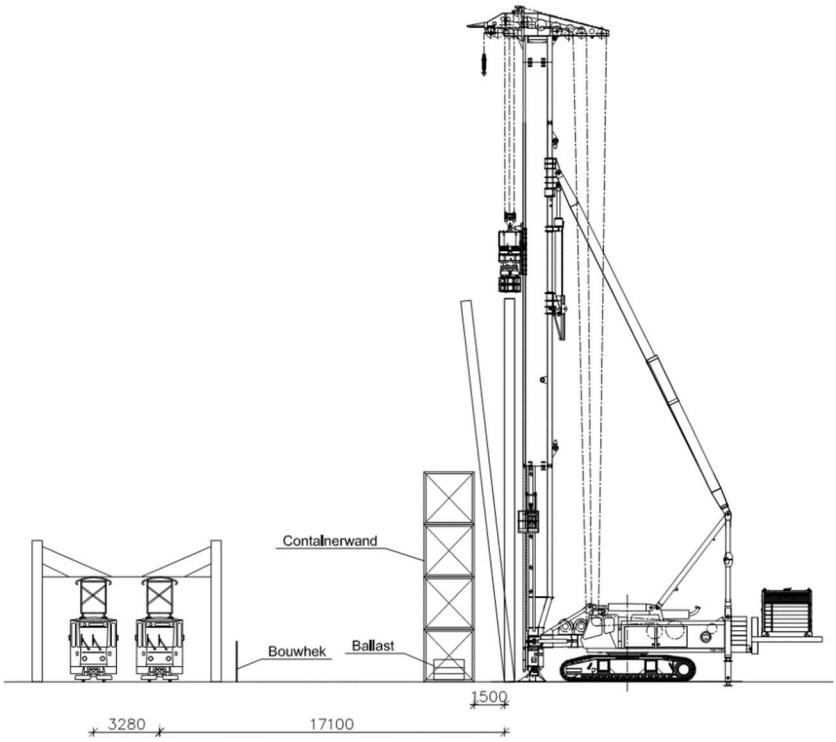
Doorsnede van de situatie aan de noordzijde

Maatregel zuidzijde

Aan de zuidzijde bevindt de trambaan zich op ca. 16 meter afstand. Voor de damwand van het hoogbouwdeel (14 meter) is geen maatregel nodig. Voor de damwand van het laagbouwdeel (19 meter) wordt een containerwand geplaatst welke als afscherming dient, zie hieronder.



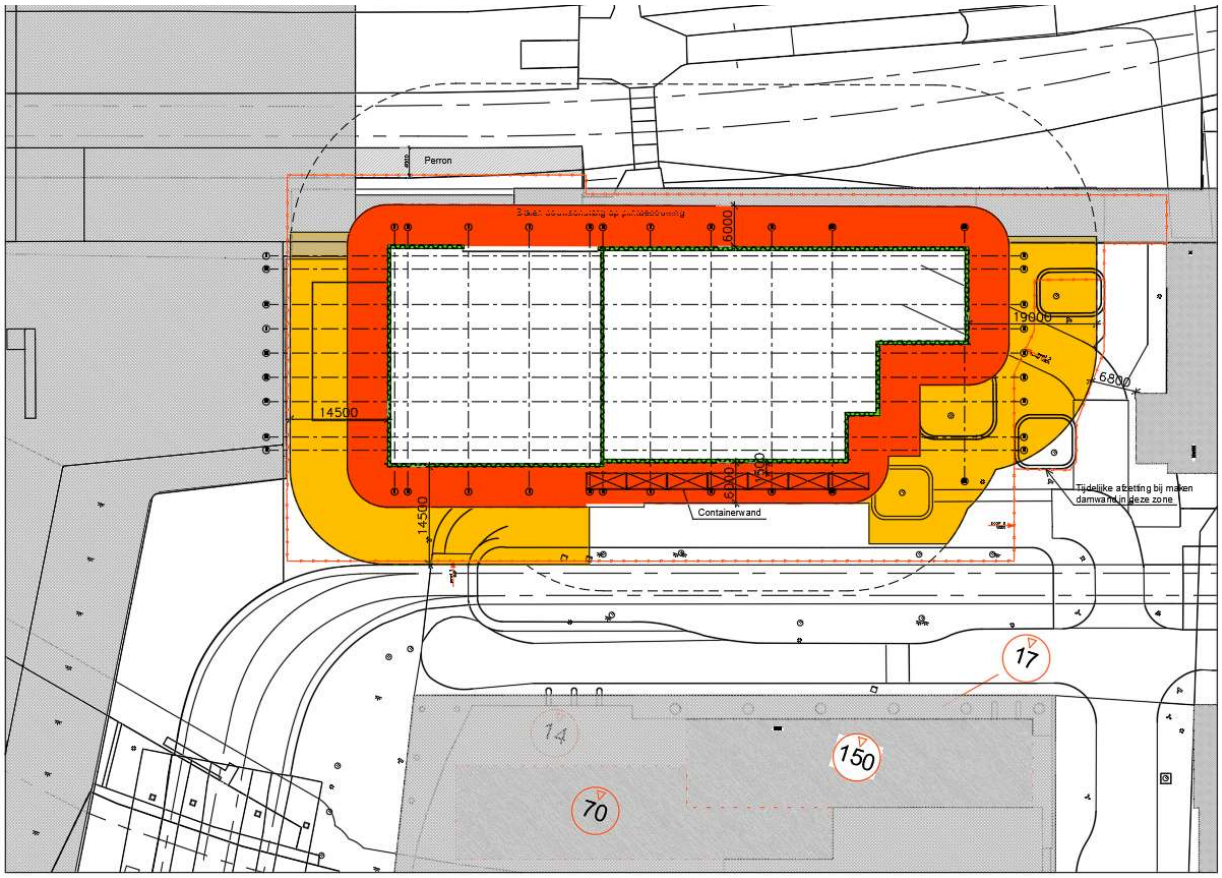
Impressie van de maatregelen (containerwand) aan de zuidzijde



Doorsnede van de situatie aan de zuidzijde

In bijlage 4 is de constructieve onderbouwing voor deze maatregel in concept gegeven. De exacte uitwerking volgt in de UO-fase. Zie ook bijlage 3 voor de tekeningen van de bouwveiligheidszones in de verschillende fasen.

Met inachtneming van de genomen maatregelen kunnen de bouwveiligheidszones worden verkleind. Op onderstaande figuur is dit weergegeven, zie ook bijlage 3. De BVZ valt na de genomen maatregelen binnen de bouwhekken.



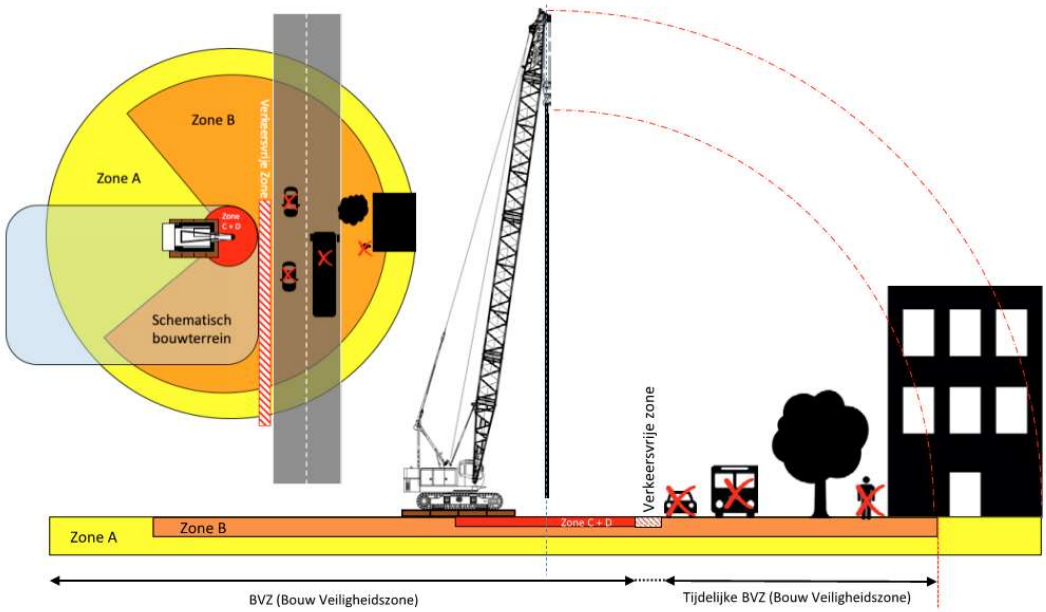
BVZ bij aanbrengen damwanden na genomen maatregelen.

4.1.2 Tubex-palen

De Tubex-palen worden aangebracht tot 58-NAP. De maximale buislengte die de funderingsmachine kan verwerken bedraagt ca. 33 meter, daarom moet de buis worden opgedeeld in minimaal 2 secties. Vanuit het oogpunt van het maximaliseren van de geotechnische draagkracht geeft het toepassen van een zo lang mogelijke tweede paalsectie het meest gunstige resultaat. Daarom is door de geotechnisch adviseur in eerste instantie uitgegaan van een buislengte van de tweede sectie van 33 meter. Aandachtspunt is het exceptionele transport met de bijbehorende vergunningen dat geregeld zal worden door BAM Bouw en Techniek.

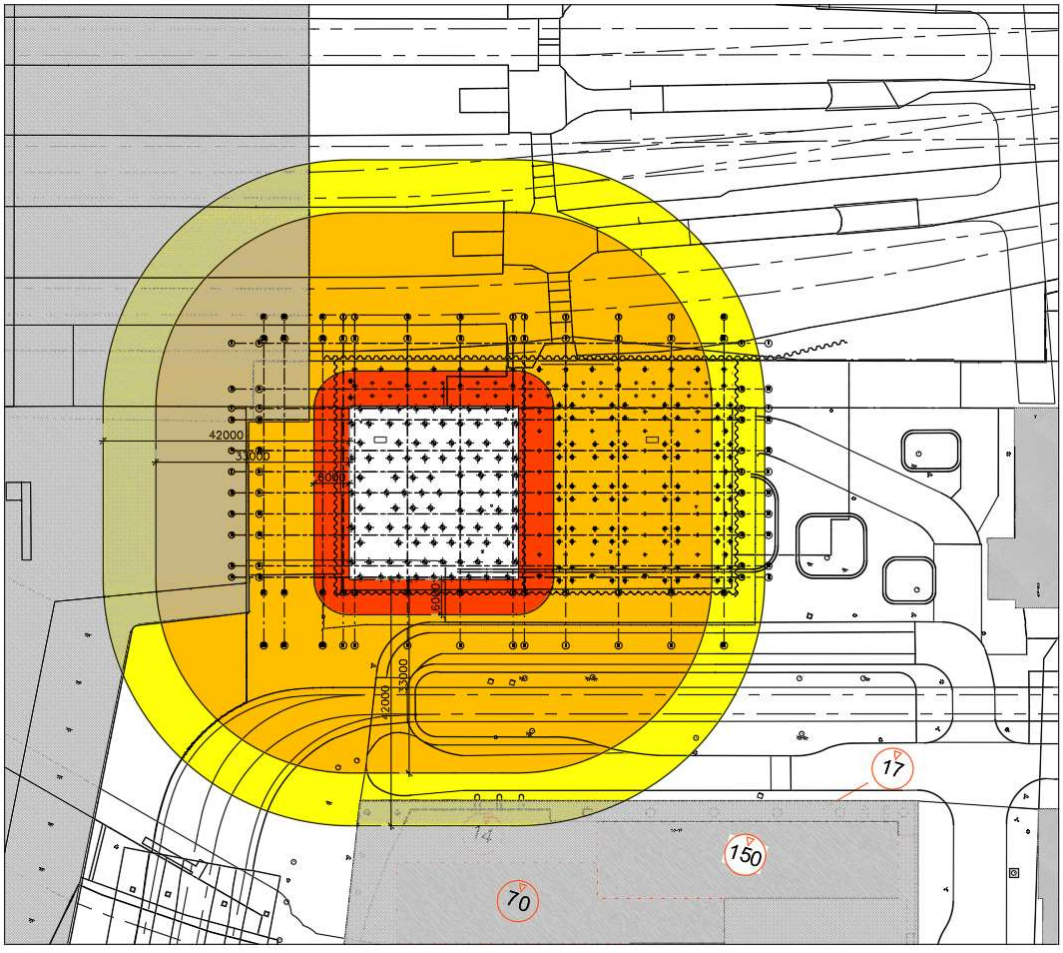
Volgens de “NVAF-richtlijn voor funderingswerk in de publieke omgeving” kunnen de veiligheidszones worden opgedeeld in 3 gebieden (zie ook de figuur op de volgende pagina):

A) Het kantelen van de funderingsmachine
B) Valgevaar van het funderingselement
C) Vallende / wegschietende kleinere voorwerpen tot max. 5 kg.



Veiligheidszones volgens NVAF-richtlijn, ook opgenomen in RBSV

Indien deze regelgeving wordt vertaald naar de situatie van Tree House resulteert dit in onderstaande veiligheidszones:



Veiligheidszones Tree House volgens NVAF-richtlijn indien geen maatregelen worden genomen

De NVAF-richtlijn wordt niet aangestuurd door het bouwbesluit, terwijl de richtlijn Bouw- en Sloopveiligheid dat wel (deels) is. De RBSV hanteert het uitgangspunt van de NVAF-richtlijn, waardoor deze in ogenschouw is genomen.

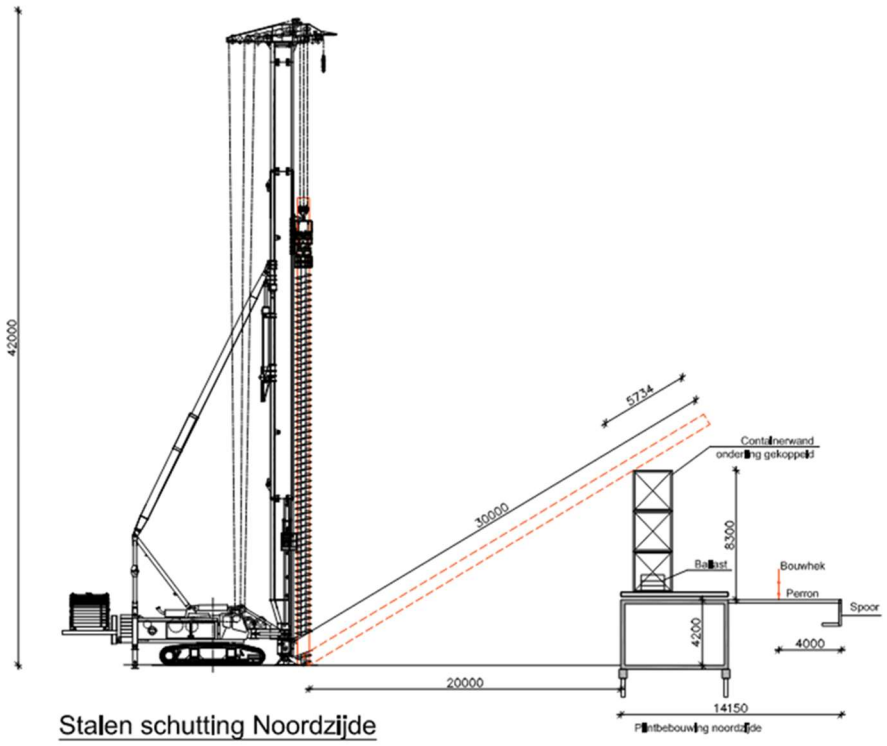
Maatregel zone A

Voordat wordt gestart met de uitvoering zal een geotechnisch ontwerp van het bouwterrein worden gemaakt. Dit ontwerp wordt uitgevoerd volgens de CROW Publicatie 689 “Begaanbaarheid van bouwterreinen”. Het ontwerp, de verificatie en het toezicht op het bouwterrein wordt vastgelegd in een bouwterreincertifcaat (BTC) dat door de geautoriseerde vertegenwoordiger van de hoofdaannemer wordt ondertekend (bijvoorbeeld Aboma). Verder worden de funderingsmachines op draglineschotten geplaatst. Op deze wijze wordt het kantelgevaar van de funderingsmachine tot een aanvaardbaar risico teruggebracht.

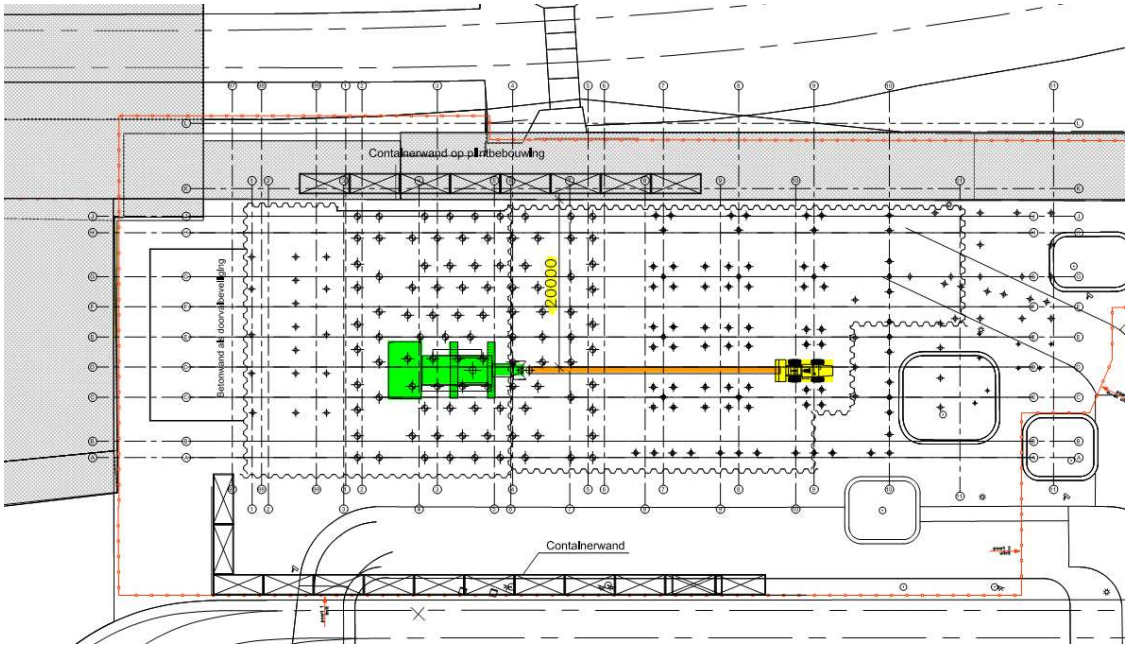
Maatregel zone B

De palen worden in 2 segmenten ingebracht overeenkomstig de werkmethodiek van de Zalmhaventoren, de Cooltoren en De Post, allen recente projecten in Rotterdam. De palen worden horizontaal gelost vanaf de vrachtwagen en opgeslagen op het bouwterrein met behulp van een hulpkraan. Vanaf deze positie worden de paalsegmenten ingehesen in de machine. Maatgevend in deze bewerking is het vallen van het paalsegment wanneer deze van een horizontaal liggende positie naar een verticale positie wordt gebracht. Eenmaal in de machine ingebracht is deze dubbel geborgd waardoor het valgevaar is geweken. Door de buis niet vlak naast het spoor in de machine te brengen, maar op minimaal 20 meter afstand vanaf zijkant bouwput en vanaf daar richting spoor draaien / manoeuvreren kan de buis niet op het spoor vallen. De containerwand van 3 lagen hoog moet dan gehandhaafd blijven, zie ook onderstaande impressie.

Impressie van de containerwand langs de noordzijde bij het maken van Tubex palen



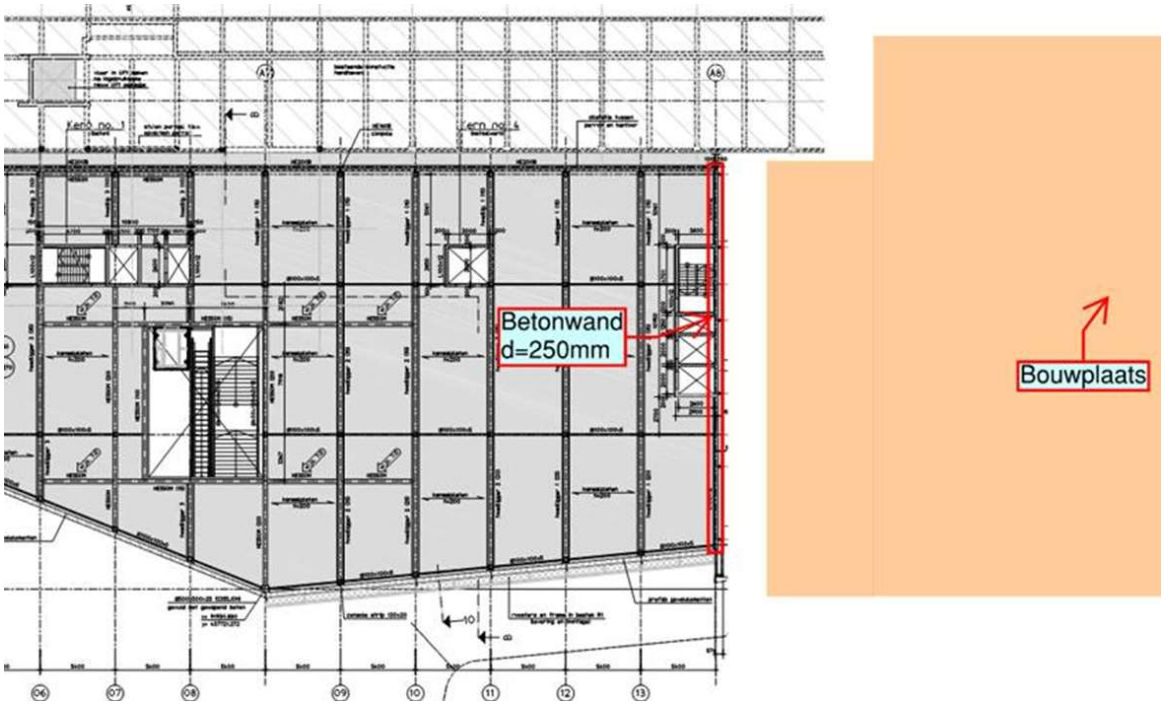
Doorsnede met het vallen van de buis tegen de schutting



Plategrond; positie inbrengen buis in stelling met hulpkraan

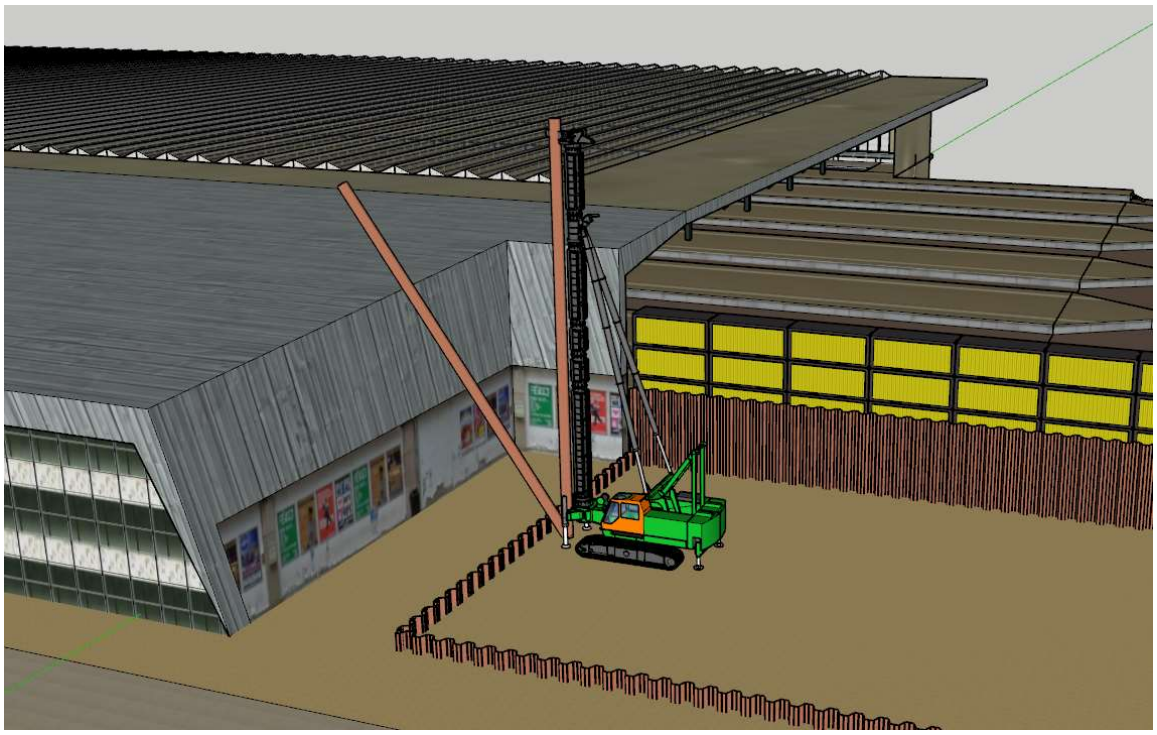
Maatregel westzijde

Aan de westzijde bevindt zich het stationsgebouw. Op as A8 (de rechter zijgevel) van dit stationsgebouw staat een massieve betonwand van 250mm dik over de volle hoogte. Deze betonwand wordt op verdiepingsniveau (4x verdiepingen van ca. 4 meter hoog) gesteund door de achterliggende betonvloeren.

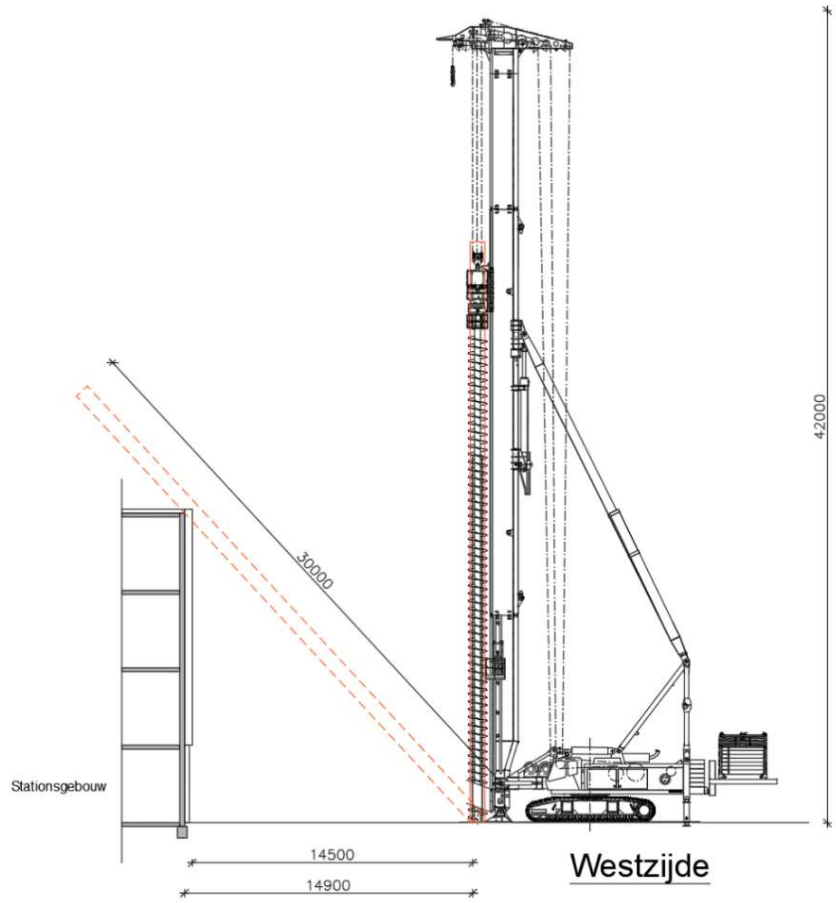


Plattegrond van het stationsgebouw met de betonwand op as A8

In bijlage 4 is een rekenkundige onderbouwing toegevoegd van deze betonwand en het vallende object. De wand is sterk genoeg om de vallende damwand of funderingspaal te weerstaan, dus zijn de personen welke zich in dit gebouw bevinden veilig bij een calamiteit. Wel zal de gevel beschadigd raken in het geval er een element uit de kraan valt. Herstelkosten zijn in dit geval voor rekening van BAM en/of zijn/haar onderaannemer(s).



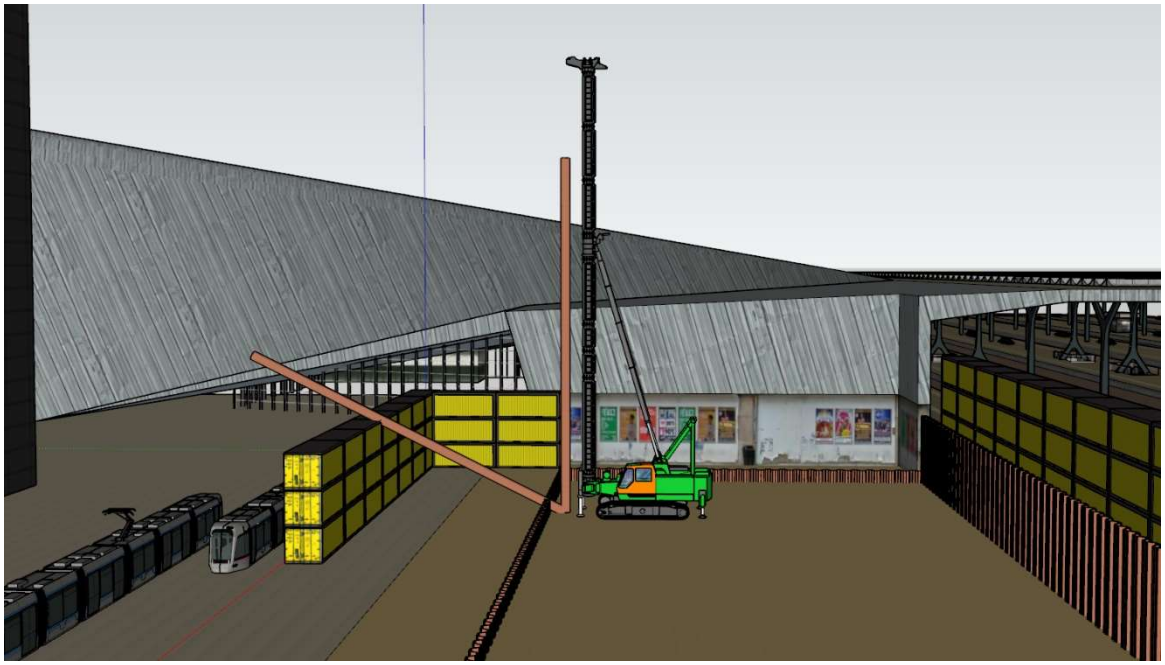
Impressie van het stationsgebouw met de damwandstelling



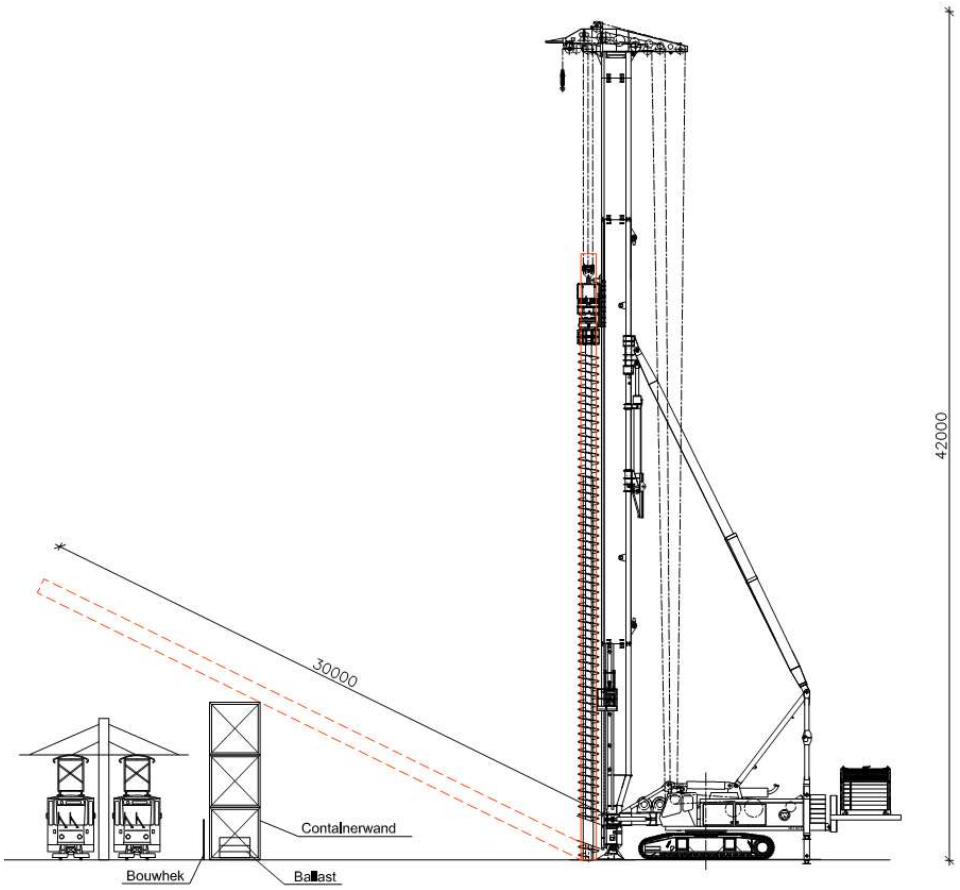
Doorsnede van de situatie aan de westzijde

Maatregel zuidzijde

Ter plaatse van de zuidzijde wordt een containerwand geplaatst van 3 containers hoog (3x2,6 = 7,8 meter). Deze wordt vlak voor de trambaan geplaatst. Een eventueel vallende stalen buis uit de boorstelling valt op deze manier in de containerwand, zie ook onderstaande doorsnede.



Impressie van de containerwand langs de trambaan bij het maken van de Tubex-palen

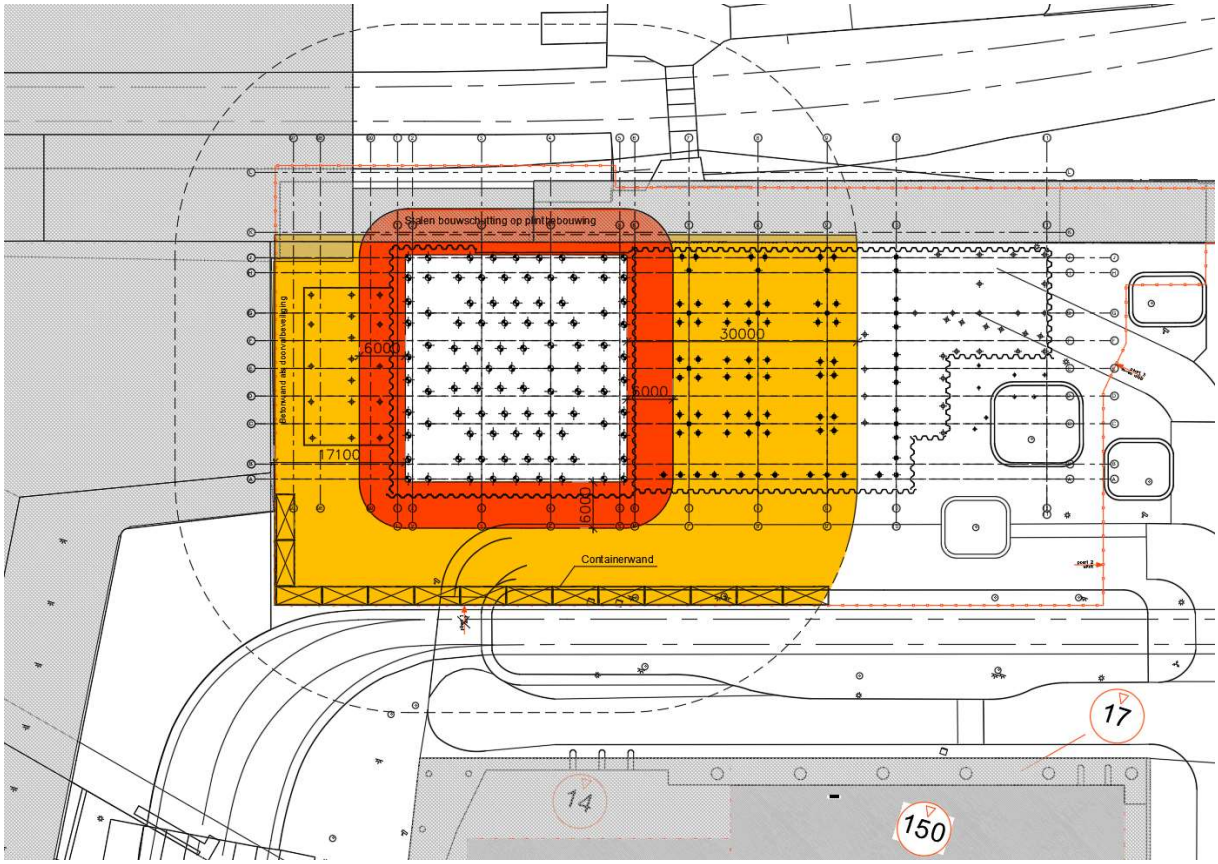


Doorsnede van de situatie aan de zuidzijde

Maatregel zone C

Zone C valt binnen de bouwhekken, dus hiervoor zijn geen maatregelen benodigd.

Met inachtneming van de genomen maatregelen kunnen de bouwveiligheidszones worden verkleind. Op onderstaande figuur is dit weergegeven. De BVZ valt hiermee binnen de bouwhekken.



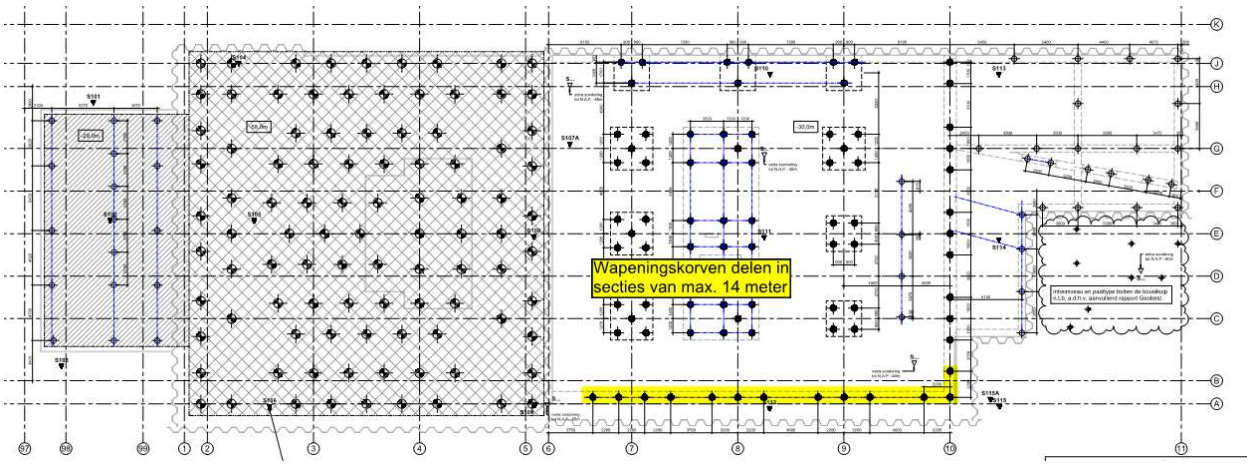
BVZ bij aanbrengen Tubex-palen na genomen maatregelen.

4.1.3 Fundex-palen

De Fundex-palen worden aangebracht tot 30-NAP. Bij een Fundex-paal zit de buis aan de stelling vast, dus dit levert geen valgevaar op. Wel moet de wapeningskorf worden ingehesen na het maken van de paal.

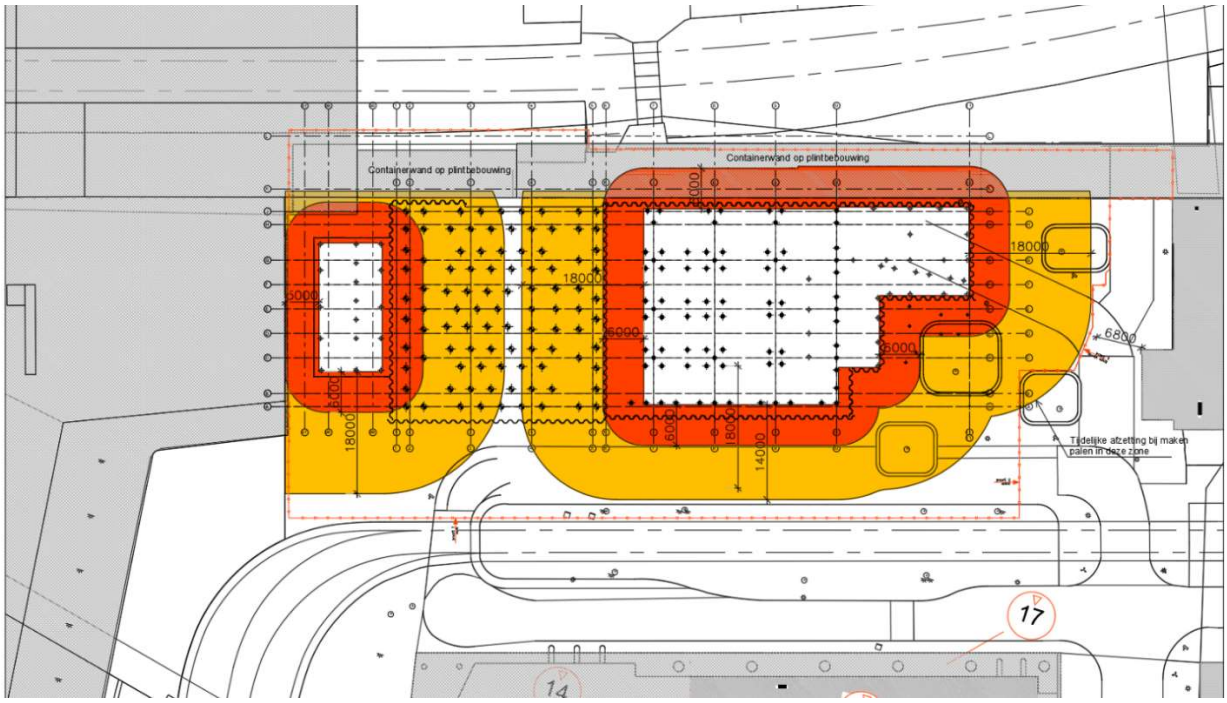
De wapeningskorven van de palen gaan tot ca. 21,0- NAP. Het aanbrengniveau ligt op 0,0 NAP, maar de korven kunnen 3,0 meter verdiept worden afgehangen. De korflengtes zijn dus 18 meter.

Door de wapeningskorven in meerdere delen in de paal te hangen en daarna aan elkaar te koppelen kan de BVZ worden verkleind. Dit geldt in principe alleen voor de palen op as A nabij de trambaan. Langs het spoor zal de containerwand welke reeds wordt aangebracht voor het maken van de damwanden gehandhaafd blijven, zie ook hieronder.



Opdelen van wapeningskorven in meerdere delen van de geel gearceerde palen

De BVZ voor het maken van de Fundex-palen, na het nemen van de maatregelen, zijn hieronder weergegeven.

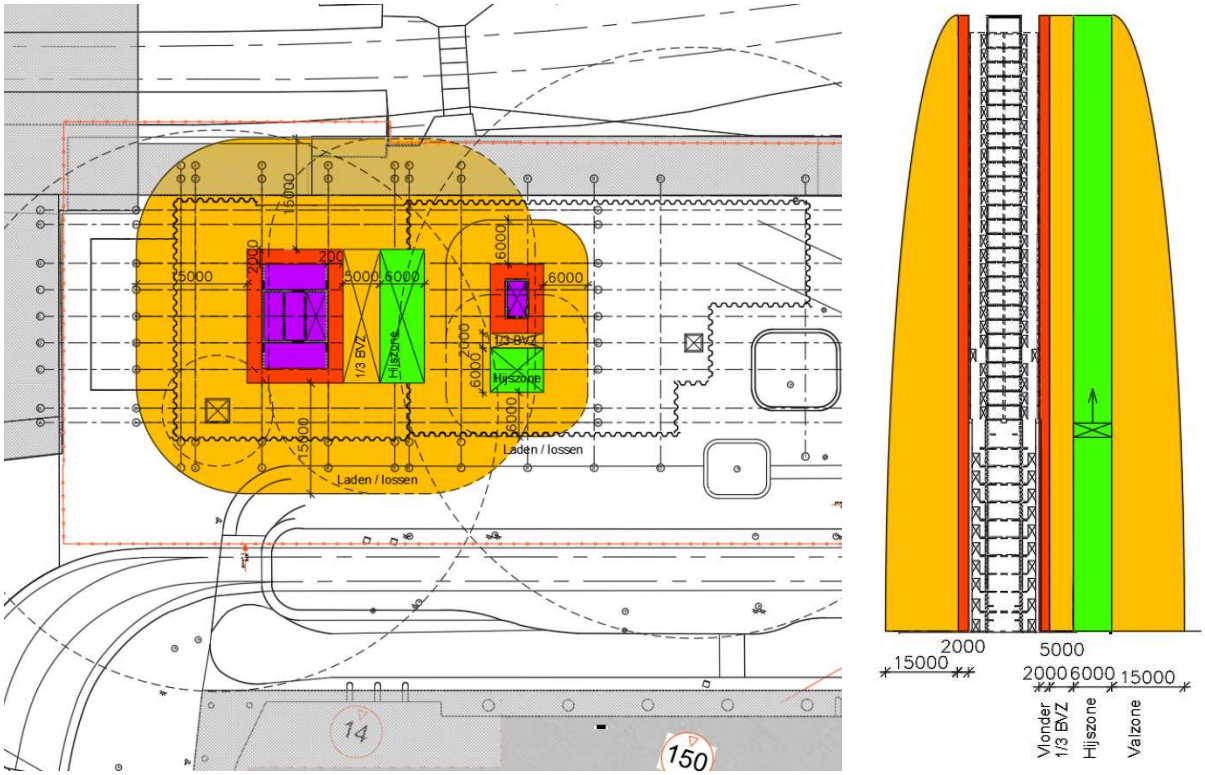


BVZ bij aanbrengen Fundex-palen na genomen maatregelen

4.1.4 Glijden kernen

De kernen worden gegleden met een glijbekisting. De grote kern tot een hoogte van 129 meter en de kleine kern tot 39 meter. De bijbehorende BVZ is 15 respectievelijk 6 meter. Het vlonder rondom de glijbekisting heeft een breedte van 1,8 meter, neem (afgerond) 2,0 meter. Verder moet een kubel met beton en wapening omhoog worden gehesen. De lengte van de wapeningsstaven is 6,0 meter, dus een hijszone van 6 meter. Het hijsgebied van de hoge kern is gepositioneerd naast de kern, dus eerst 1/3^{e} BVZ = 5 meter + 6 meter + 15 meter = 26 meter.

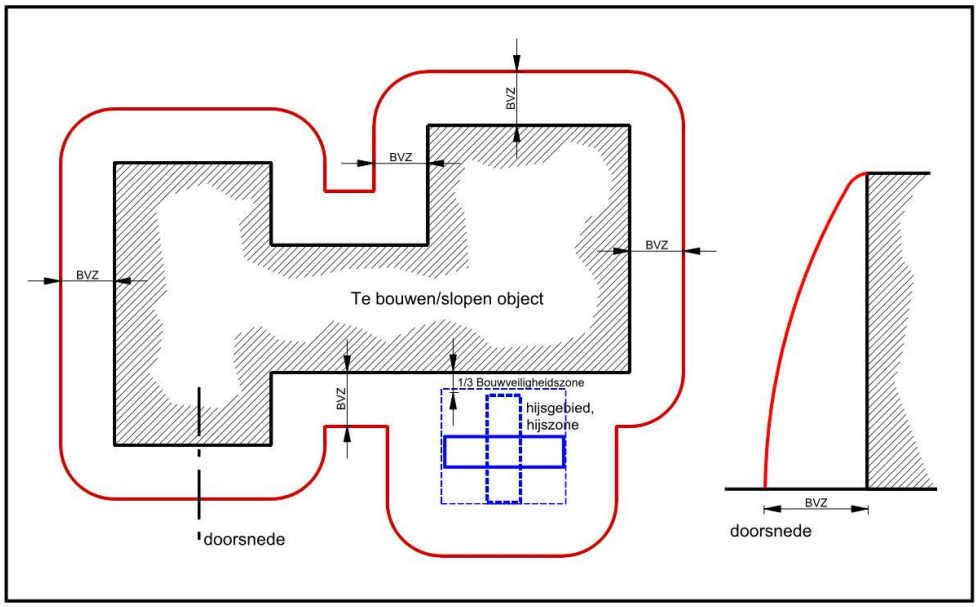
De BVZ inclusief hijszone is weergegeven op de volgende pagina. Deze valt volledig binnen de bouwhekken.



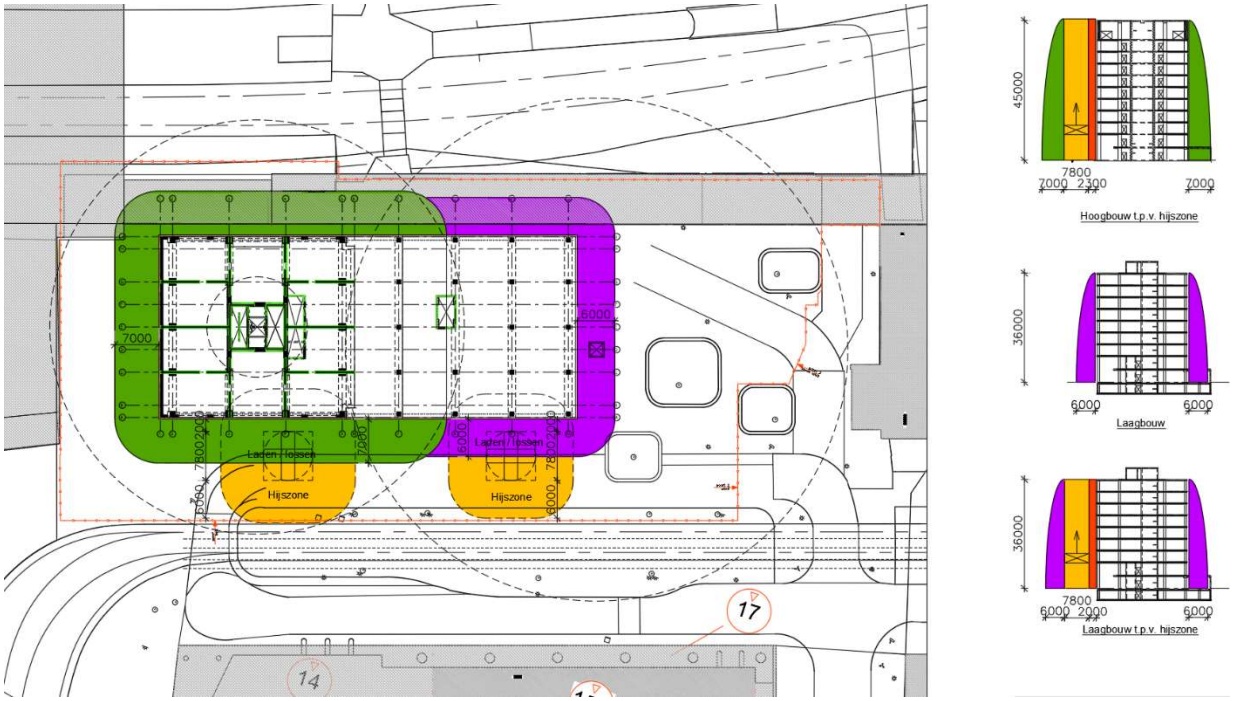
BVZ bij het glijden van de kernen

4.1.5 Onderbouw tot 11e verdieping

De onderbouw heeft verschillende hoogtes. Het laagste dak ligt op 32 meter en de 11e verdiepingsvloer ligt op 45 meter. De bijbehorende BVZ is 6 resp. 7 meter. Daarnaast moet, conform de richtlijn, een hijszone worden gehanteerd, zie onderstaande figuur. Dit betreft 1/3*BVZ + lengte te hijsen element (breedplaatschil, max. lengte is 7,8 meter) + BVZ á 7 meter.



Figuur hijsgebied en -zone uit de richtlijn Bouw- en sloopveiligheid

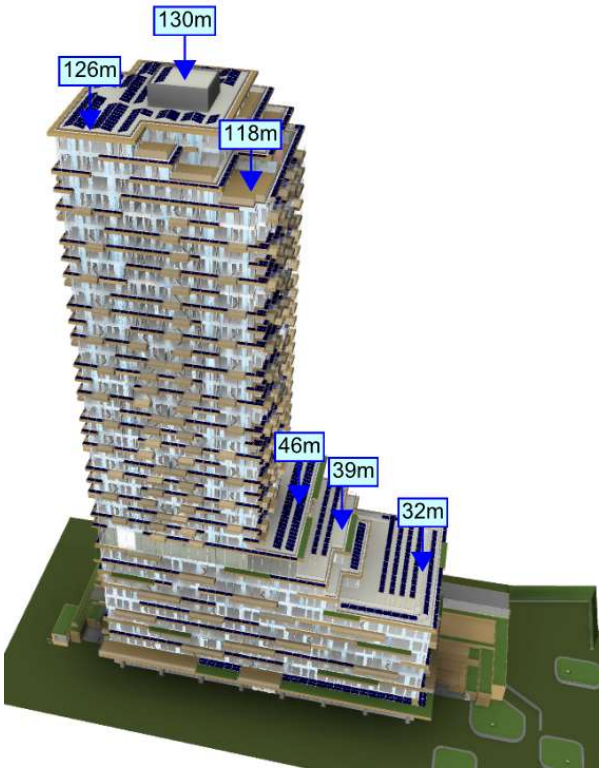


BVZ en hijszones rondom de onderbouw

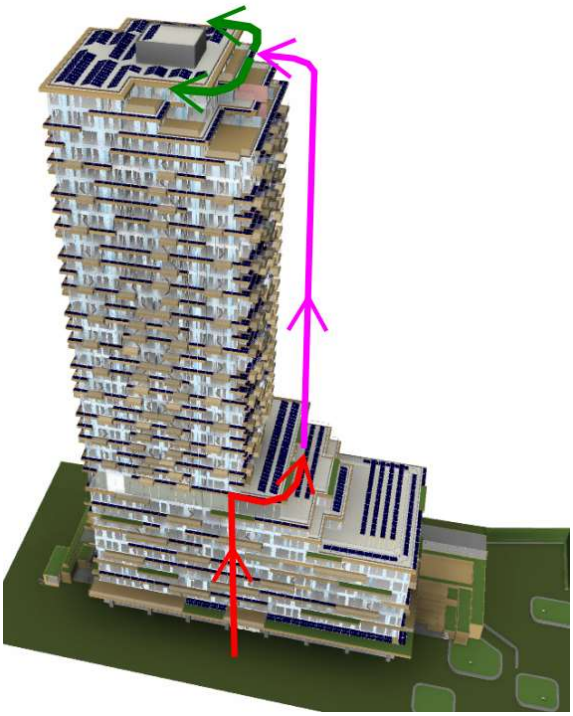
4.1.6 Bovenbouw

De bovenbouw kent verschillende hoogtes. Het hoogste dak ligt op 130 meter en de 39e (dakvloer) ligt op 126 meter. De bijbehorende BVZ is 15 meter. Daarnaast moet conform de RBSV een hijszone worden gehanteerd. Indien deze hijszone voor het gebouw wordt gesitueerd dan gaat de BVZ over de trambaan heen, hetgeen niet acceptabel is. Als maatregel kan de hijszone boven de laagbouw worden gesitueerd, zie ook de figuur op de volgende pagina. Hiervoor geldt eerst de hijszone zoals weergegeven bij de laagbouw. Vervolgens draait de kraanmachinist de last boven het gebouw (rood) en kan deze verder omhoog worden gehesen (roze). Daarna kan de last, binnen het windshield, horizontaal worden verplaatst (groen). Omdat op hoogte binnen het windshield wordt gewerkt is de kans op vallen van onderdelen beperkt tot een minimum.

Het hoogteverschil tussen laagbouw en hoogbouw is 126-39 = 87 meter. De BVZ hierbij is 11 meter, neem 12 meter. Als maximale elementlengte wordt in deze fase 8,4 meter aangehouden. Het hijsgebied is dus 12/3 + 8,4 + 12 = 24,4 meter bij 12+8,4+12 = 32,4 meter.

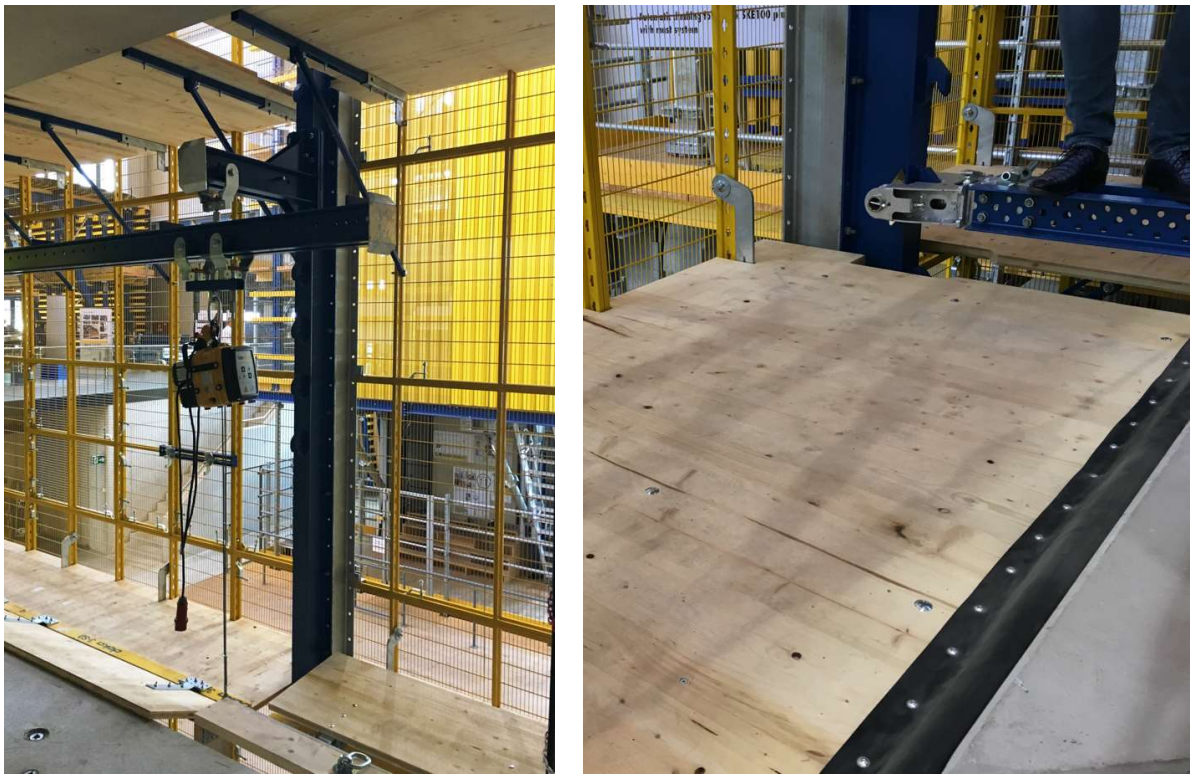


Hoogtes verschillende niveaus



Hijsrouting voor bovenbouw

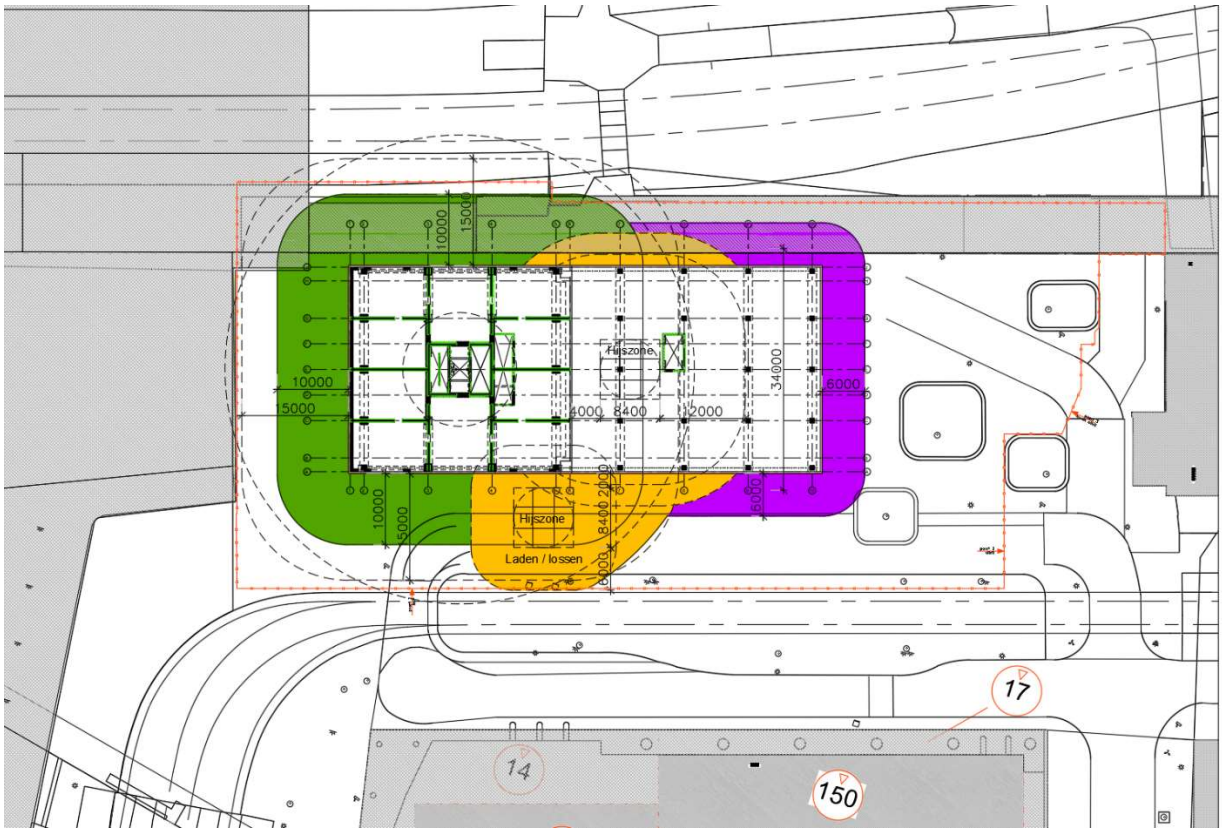
Door het gebruik van het klimsteiger (windshield) rondom het gebouw kunnen er geen materialen naar beneden vallen. De aansluiting kan namelijk worden gemaakt met afsluitende kleppen en/of rubbers, zie onderstaande referentiefoto's.



Referentiefoto klimsteiger met links afsluitende kleppen en rechts een afsluitende rubbers

Impressie van het klimsteiger (windshield) rondom het gebouw

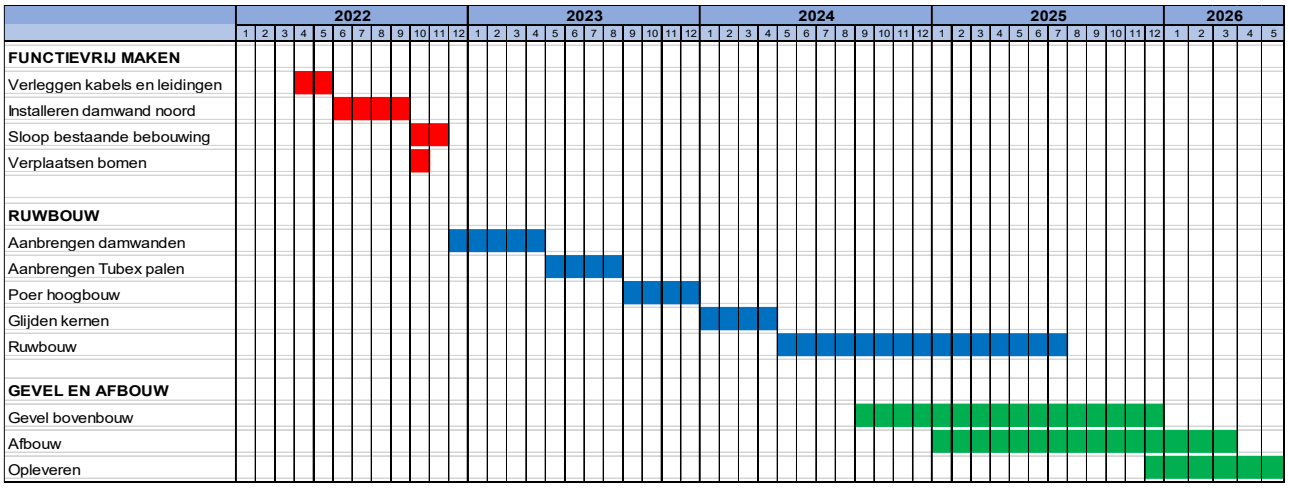
De toepassing van het windshield en de aansluiting met kleppen kan worden gezien als gelijkwaardige oplossing waartoe de richtlijn de mogelijkheid geeft. De benodigde BVZ vervalt daardoor. Vanwege de veiligheid is door BAM alsnog de arbitrair gekozen waarde van 2/3*BVZ aangehouden, dus 2/3*15 = 10 meter. De BVZ inclusief hijszones zijn hieronder aangegeven.



BVZ en hijszones na genomen maatregelen

4.2 Planning

De globale planning is onderstaand weergegeven. Als fictieve startdatum is 04-2022 aangehouden, maar deze datum is naar achteren geschoven. De planning schuift navenant mee naar achteren.



4.3 Bouwplaats en inrichting

Vanaf het functievrij maken van de kavel wordt de definitieve bouwschutting geplaatst. De detailinrichting van de bouwplaats verandert gedurende het bouwproject vordert, en is afhankelijk van de uit te voeren activiteiten. De volgende faseringen zijn te onderscheiden:

Fase	Peildatum	Status gebouw
1	n.t.b.	Uitvoering damwanden en funderingspalen
2	n.t.b.	Grondwerk en maken poer hoogbouw (met rupskraan)
3	n.t.b.	Glijden kernen
4	n.t.b.	Ruwbouw
5	n.t.b.	Gevel
6	n.t.b.	Afbouw

Zie bijlage 5 voor de bouwplaatsinrichtingstekening

4.3.1 Bouwschutting en bouwterrein

Om de veiligheid van omstanders en de omgeving te kunnen waarborgen, wordt de bouwplaats rondom volledig afgezet met de definitieve bouwschutting. Deze zal ca. 100 cm van de trambaan worden vrijgehouden en is 2,10 meter hoog en voorzien van een bedrukking in de huisstijl van de gemeente Rotterdam; “Rotterdam. Make it happen”. Door deze volledige omrastering worden omstanders op een veilige afstand van de werkzaamheden gehouden. De omheining wordt voorzien van anti-graffiti coating. Graffiti wordt binnen 48 uur verwijderd, racistische uitingen direct. Indien nodig kunnen wegbewijzeringsborden worden aangebracht op de schutting (wayfinding).

Alle (resterende) zaken binnen de bouwschutting, zoals bloemperken, bomen, verharding en dergelijke, zijn verwijderd behoudens de monumentale bomen en de bijbehorende verhoogde plantvakken. Het gehele bouwterrein binnen de bouwschutting wordt voorzien van stelconplaten. Deze worden tijdens de bouw onderhouden en gerepareerd indien nodig. De verharding staat aangegeven op de bouwplaatstekening.

De bouwhekken op het perron (type cityfence) en op het plintgebouw (type n.t.b.) worden onderling gekoppeld en vastgezet ter voorkoming dat deze op het spoor terecht kunnen komen. De afzetting wordt dusdanig geplaatst dat het perron / spoor niet bereikt kan worden vanaf de bouwplaats. Werkzaamheden bouwhekken op het perron nader af te stemmen met ProRail en de NS stationsmanager. Het type bouwhek in overleg met ProRail.

De vier monumentale bomen worden door de aannemer beschermd met een 2,0 meter hoge en dichte afscherming. Een en ander in detail af te stemmen met de gemeente Rotterdam.

4.3.2 Toegang tot de bouwplaats

Het bouwterrein wordt voorzien van een aantal toegangspoorten c.q. pasjessysteem (tourniquets). Hierop wordt controle gehouden. De bouwplaats wordt 24/7 beveiligd en zal d.m.v. een contactpersoon bereikbaar zijn. Het bouwterrein is voor het personeel toegankelijk tijdens reguliere werktijden.

Voor het project geldt een aanmeldingsplicht voor iedereen. Daarnaast geldt voor iedereen een legitimatieplicht. Alle bouwplaatsmedewerkers en bezoekers krijgen voordat ze toegang krijgen op de bouwplaats een introductiefilm te zien waarin zaken als veiligheid, logistiek en overige bouwplaatsregels worden toegelicht. Na de introductie wordt het presentieformulier getekend, de persoonlijke toegangspas verstrekt en de veiligheidsflyer uitgereikt waarin de belangrijkste veiligheidsregels ook nog eens in worden toegelicht. Dit alles zal in meerdere talen worden uitgewerkt.

4.3.3 Antiterrorisme

Omdat de bouwplaats gelegen is aan het station en tegen het perron, vormt dit een aandachtspunt in de beveiliging. Bij de inrichting van de bouwplaats worden potentiële locaties om explosieven te plaatsen, zoals onbeheerde openstaande containers en dergelijke, voorkomen. Ook de afsluitbaarheid en beveiliging van de bouwplaats is een belangrijk aandachtspunt, waarvoor cameratoezicht op de bouw wordt geplaatst. Verder wordt voorkomen dat er een “lek” in de anti-terreur (AT) palen optreedt.

Een veiligheidsteam, georganiseerd door NS, moet een ronde kunnen maken over de bouwplaats om en AT screening te kunnen doen. Hieruit volgen aanbevelingen voor terreurbestendigheid.

4.3.4 Bouwkeet

Tijdens de uitvoering van het project worden bouwketen op de plintbebouwing geplaatst, zie terreinplan. Een gedeelte wordt als kantoorlocatie voor het projectteam ingericht en de bouwplaatsmedewerkers krijgen hun rust-, toilet- en eetgelegenheid ook in de bouwketen. De toegangstrap vanaf maaiveld zal zodanig geconstrueerd zijn dat de toegang tot de onderliggende traforuimte vrij toegankelijk is voor service en onderhoud. Bij calamiteiten en/of trafowisseling zal de trap verwijderd worden.

4.3.5 Verlichting

Tijdens de uitvoering van het project wordt het bouwterrein 24/7 verlicht. Deze verlichting wordt aangebracht buiten het bereik van mogelijke vandalen en zodanig dat er geen donkere nissen ontstaan. Verder wordt deze verlichting zodanig afgesteld dat dit geen hinder oplevert voor machinisten door verblinding en/of verwarring door gebruik van groen/rood licht.

4.3.6 RVS stationsdak

Het klimscherm rondom het gebouw voorkomt dat las-, slijpspetters en andere werkzaamheden die schade kunnen veroorzaken zich op de omgeving verspreiden. Verder wordt bij aanvang werkzaamheden een specifieke statusopname van het dak gedaan inclusief een periodieke controle tijdens de ruwbouw. Bij constatering van vervuiling van het dakdeel door bouwwerkzaamheden wordt het dakdeel gereinigd met een hiervoor geschikt reinigingsmiddel.

4.3.7 Transport en opslag

Gezien de beperkte ruimte op de bouwplaats zullen de materialen zoveel mogelijk direct op de plaats worden gebracht waar het verwerkt gaat worden. Voorraadbeheer wordt op een externe locatie gedaan (dagproductie wordt geleverd). Inzet van mobiele kranen wordt afgestemd op de uit te voeren werkzaamheden. Opstelling en gebruik van de kranen geschiedt conform de wettelijke eisen.

De bouwkranen worden gebruikt als transportmiddelen van zware bouwmaterialen terwijl er ook een bouwlift staat voor transport van de lichtere materialen en bouwpersoneel. De hoogbouw wordt voorzien van de definitieve liften welke gefaseerd worden opgebouwd en die gebruikt worden voor personeelstransport en transport van materialen voor de afbouw van de toren.

4.4 Vluchtwegen en brandweer

In de trappenhuizen van de kernen worden etagenummers en vluchtwegaanduidingen aangebracht. Op de alarmkaarten staat informatie hoe
te handelen bij calamiteiten en informatie over de bereikbaarheid van de hulpdienstverlener (BHV). De trappenhuizen en verdiepingen worden tijdens de realisatiefase voorzien van de noodzakelijke brandblussers, tijdelijke ontruimingsinstallaties bij de hoogbouw tot 70 meter van een droge blusleiding en daarboven een “werkende” watergevulde blusleiding.

Het bouwwerk is goed bereikbaar voor de hulpdiensten via de Delftse Poort. Laden en lossen op de bouwplaats gebeurt vanaf de opstelplaatsen op de bouwplaats. Zie ook het bouwplaats-inrichtingsplan. In het introductiefilmpje en de veiligheidsflyer zal nadrukkelijk aandacht worden besteed aan het beschikbaar houden van de bouwweg voor de brandweer en andere nooddiensten. De bouwtoegangen zijn bemenst door inzet van vast portiers/verkeersbegeleiders.

De aanvalsroute van het Centraal Station is in onderstaande figuur weergegeven.

Aanvalsroute brandweer en verzamelplaats bij ontruiming in relatie tot de ontwikkellocatie

Deze aanvalsroute moet in de tijdelijke bouwsituatie bereikbaar zijn en blijven inclusief AT-paal welke weg kan zakken voor de aanvalsroute. Hetzelfde geldt voor de weergegeven verzamelplaats bij ontruiming, deze moet beschikbaar blijven. Aangezien deze zich binnen de AT-palen bevindt en BAM daar niet binnen kan komen zal dit geen problemen opleveren.

Bijlagen

1. Logistiek naar en van de bouwplaats
2. Project Risico Inventarisatie en Evaluatie (PRIE)
3. Bouwveiligheidszones in verschillende fasen
4. Constructieve onderbouwing maatregelen BVZ
5. Bouwplaatsinrichting

Bijlage 1 - Logistiek naar en van de bouwplaats

In verband met de nog te bepalen definitieve uitvoeringsplanning en de te verwachte werkzaamheden op andere projecten in de buurt en onder andere aan het Hofplein, dient de aan- en afvoer route nader te worden afgestemd met de afdeling Stadsbeheer van de gemeente.

Bijlage 2 - Project Risico Inventarisatie en Evaluatie (PRIE)

BAM Bouw en Techniek bv

PRIE Tree House Rotterdam

Projectnaam	Tree House
Projectnummer	TK3311000078
Projectplaats	Rotterdam
Behandeld door	J. Hesselink
Datum	25-1-2023

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Omgeving projectlocatie			
Bouwplaatsligging (op of in nabijheid bedrijfsterrein)			
• Specifieke regels op terrein opdrachtgever (bijv. petrochemie en spoorwegen)	• Specifieke regels verwerken in projectinstructies	• Abomafoons: 1.33, 2.05, 6.06 en 6.29	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting
Calamiteit			
• Te lange responsetijd ten behoeve van bereikbaarheid en toegang bouwplaats	• Toegangswegen vrijhouden • BHV plan opstellen Specifieke opleiding: Bedrijfshulpverlener (BHV) EHBO	• bam map: - Richtlijn bedrijfshulpverlening bouwplaatsen - Procedure ongevallen en incidenten - Calamiteiten scenario's - Leren van kaart: leven gered door inzet AED • Abomafoon: 2.18	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting
• Vergiftiging; bijvoorbeeld omdat product door inslikken, via de huid en/of door inademing het lichaam is binnengedrongen	• Volg de instructies op de verpakking of de VGM-informatie van het productblad stipt op • Neem bij twijfel contact op met de bedrijfsarts of huisarts en neem dan de verpakking en/of de VGM- informatie van het product mee	• Blauwe boekje: 4.7 en 3.4	
Belendende percelen			
• Vallende lasten bij hijsen • Vallende voorwerpen vanaf aangrenzende gebouwen • Inzakken, bezwijken, scheurvorming	• Overleg met weg- en gebouwbeheerder • Ontruiming / tijdelijke afzetting • Begrenzing bouwweg	• Abomafoons: 2.04 en 3.24	Er vindt geen hijswerk plaats buiten de bouwhekken.

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Omgeving projectlocatie			
Raakvlakbeheersing andere bouwactiviteiten			
• Ongeval wegens conflicten met andere projecten • Overlast functioneren bestaande omgeving (o.a. reizigers, winkels, passanten)	• Werkzaamheden coördineren	• bam map: Bouwveiligheidsplan	
Openbare weg / in- en uitritten			
• Hinder doorgaand verkeer • Aanrijdgevaar (aan- en afvoer personeel, materiaal en materieel over terrein en aangrenzend aan terrein) • Toegestane doorrijhoogte (aan- en afvoer)	• Verkeersvoorzieningen treffen • Laden en lossen op rustige tijden (overleg met wegbeheerder) • Toegangs- en parkeerregeling treffen • Leveranciers en onderaannemers informeren • Bepalen transportroutes • Bij onvoldoende overzicht inzet verkeersregelaars • Gebruik veiligheidskleding of een veiligheidsvest tijdens het laden en lossen langs de openbare weg • Zorg zoveel als mogelijk dat passanten en transport van elkaar gescheiden zijn	• bam map leren van kaart: aanrijding tegen bouwhek • Abomafoon: 2.04 • Abomafoon: 3.02	• Laden en lossen vindt alleen op de bouwplaats plaats • Transportroutes vastgesteld en afgestemd • Toepassing SBL bouwtickets
Kabels, leidingen, rioleringen			
• Val- en knelgevaar ten gevolge van grondwerk • Elektrocutie (o.a. hoogspanningskabels) • Explosie • Brand	• Werkplek afzetten • Veilige zone aanhouden • KLIC-melding ten behoeve van traceren leidingen	• BAM MAP: - Toolbox graafwerkzaamheden - Veiligheidsinstructie graafwerkzaamheden • Abomafoons: 2.06 en 2.07	Kabels en leidingen worden vooraf omgelegd door Gemeente Rotterdam.

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Omgeving projectlocatie			
Te water raken			
• Verdrinking • Ziek worden ten gevolge van verontreiniging	• Reddingsmiddelen • Afscherming • Verontreinigingsconcentratie bepalen	• Abomafoon: 6.05 en 6.30	Niet van toepassing, geen open water in de buurt.
Publiek en derden			
• Overlast voor omwonenden	• Informeren omwonenden (overleg) • Werktijden aanpassen • Overlast beperken (geluid, stof, licht)	• BAM MAP: De Bewuste Bouwer	

Opmerking: In geval een bouwveiligheidsplan en/of BLVC-plan (Bereikbaarheid, Leefbaarheid, Veiligheid en Communicatie) opgesteld moet worden, zijn bovenstaande risico's en maatregelen onderdeel van deze plannen!

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Keten en loodsen			
• Te weinig ruimte • Tabaksrook • Rommelig en niet schoon	• Terreininrichtingsplan • Rookbeleid bekend maken en handhaven • Regeling schoonhouden / opruimen	• Abomafoon: 2,14	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting
Bouwplaatsreglement			
• Vergroten kans op ongevallen door onbekendheid met gevaren	• Veiligheidsregels uitreiken en toelichten • Specifieke bouwplaatsregels opstellen, uitreiken en toelichten • Veiligheidsregels en specifieke bouwplaatsregels duidelijk zichtbaar maken (o.a. borden en wegwijzers)	• BAM MAP: Veiligheidsregels • Abomafoons: 1.02, 1.13 en 1.17	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Bouwwegen en werkterrein.			
• Wisselende condities • Aanrijdgevaar (geraakt worden door rollend materieel) • Stof en vuil	• Toegangs- en parkeerregeling treffen • Bouwwegen verharden en onderhouden • Veilige looproutes in en rondom de bouwplaats • Enkel met lage snelheid over de bouwplaats • Zorg voor goede bouwplaatsverlichting • Neem bij opstellen logistiek plan mee dat vrachtwagens zoveel als mogelijk rechtuit de bouwplaats op- en af kunnen rijden, alternatief is een keerlus • Begeleid achteruit rijdende vrachtwagens • Vinden er op een bouwplaats veel graafwerkzaamheden plaats i.c.m. voorbij lopende medewerkers zet dit gebied dan zoveel mogelijk af • Creëer indien noodzakelijk gemarkeerde oversteekplaatsen • Horizontaal transport (rollend materieel): achteruitrijdsignalering, camera en 360 graden zicht	• Abomafoon: 3,02	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Afzetting bouwterrein			
• Betreden project door onbevoegden	• Bouwplaats rondom afzetten • Inzet BAM Preventie-unit bij projecten > 5 mio of gelijkwaardig • Toegangsregeling • Bebording plaatsen (helmplicht / veiligheidsschoenen / gehoorbescherming) • Na werktijd: elektra uitschakelen en bouwdelen/ materieel ontoegankelijk maken • Bewaking / alarmsystemen Specifieke opleiding: VCA-opleiding	• BAM MAP: - Projectintroductiemiddelen - Leren van kaart: de bouw is geen speelplaats • Abomafoon: 1.08	Toepassing BAM preventie Unit Dicht bouwhek plaatse
Propaantanks (voor keetverwarming)			
• Brand- of explosie	• Deskundige aanleg/onderhoud/inspectie • Voldoende afstand tot gebouwen of objecten (min. 7,5 m) • Afsluitbare hekken om de tank en signalering • Aanwezigheid brandblusser	• Abomafoon: 2.09	Niet van toepassing
Bouwelektra			
• Elektrocutie • Brand • Struikelgevaar • Risicovolle storingen door ondeugdelijke of ontoereikende installatie	• Jaarlijkse inspectie elektrisch materieel • Grondkabels ingraven en markeren • Kabels aanrakingsvrij / afdekken / markeren • Beschadigde kabels direct vervangen • Kabels niet in water • Voldoende aansluitmogelijkheden • Bouwelektra uitschakelen na werktijd	• Abomafoon: 2.30	Bouwinstallatie voorzien van voldoende aarde en periodieke keuring

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Elektrische apparaten			
• Elektrocutie	• Gebruik van veilige spanning (50V wissel of 120V gelijkspanning) in kruipruimten, putten en sleuven • Jaarlijkse inspectie elektrisch materieel en gereedschap (onderhoud deskundigen)	• BAM MAP processchema borging kwaliteit/VGM: processtap materieelinzet • Abomafoons: 1,39, 2,30 en 6,01	
Torenkraan, kraanbaan, vaste opstelling			
• Omvallen	• Opstellingskeuring en jaarlijkse keuring (controle op: geldige keuringsticker, aanwezigheid kraanboek en TCVT persoonscertificaat voor de machinist) • Deugdelijke tekening en berekening kraanfundatie (checklist kraanfundatie BAM Materieel invullen)	• BAM Materieel: Checklist kraan-fundaties • Abomafoons: hfst 3	BTC laten opstellen
• Vallende voorwerpen	• Gecertificeerde hijsmiddelen • Alleen hijsbanden van min. 1000 kg • Deskundige en herkenbare aanpikkelateur (fluoriserend vest en handschoenen) • Vaste aanpikker / coördinatie regelen • Goede communicatie machinist en aanpikkelateur(s) • Afstemmen portofoons bij gebruik meerdere kranen • Hijslasten > 600 kg voorzien van gewichtsaanduiding Specifieke opleidingen: - Machinist: TCVT W4-06 - Rigger/hijsbegeleider: TCVT W4-08 - Aanpikkelateurs: BLVA - Hijsbegeleider (incidenteel hijswerk)	• BAM MAP: - Deelplan hijsen - Hijsinstructies: notitie gebruik hijsmiddelen op de bouwplaats en veilig hijsen staalwerk - Taakinstructies: breedplaatvloeren, betonnen gevelelementen, houten binnen-spouwbladen, kanaal-plaatvloeren, verdiepingshoge panelen, prefab toppen, scharnierkappen, stalen wandbekisting, holle wandelementen - Leren van kaarten: breedplaten, HSB-elementen, kanaalplaten en prefab trap en wand • Abomafoons hfst. 3	Instructie verzorgen middels ploeginstructie (machinist en aanpikkers) / toolboxmeeting

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
• Breken van hijsmiddelen	• Gebruik gecertificeerde en in goede staat verkerende hijsmiddelen • Bij gebruik van takels en dergelijke, bevestig deze dan zodanig aan een daartoe geschikt constructiedeel, dat zij vrij kunnen bewegen • Let op scherpe overgangen (gebruik een hoekbeschermer en/of beschermhoes) • Pas voor eindverbindingen van kabels wig (keg) klemmen toe en geen U- boutverbindingen	• Hijsinstructies: notitie gebruik hijsmiddelen op de bouwplaats en veilig hijsen staalwerk • Blauwe boekje 4.5	
• Botsen door slingerende last	• Niet hijsen boven windkracht 6 (Beaufort) • Snelheid aanpassen aan object en omstandigheden • Stuurlijn gebruiken	• Abomafoons 3,07 en 3,18 • Blauwe boekje: 4,5	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
• Blikseminslag	• Kraan aarden • Niet hijsen bij onweer	• BAM MAP Ieren van kaart: Blikseminslag • Abomafoon: 6,07	
Steigers en (tijdelijke) ondersteuningsconstructies			
• Bezwijken steigers of ondersteuningsconstructies door overbelasting of niet juiste opbouw	• Steigers opbouwen volgens conform de eisen en instructies van de leverancier of volgens uitgewerkte tekeningen en berekeningen • Tekening en berekening indien geen standaard configuratie • Inzet opgeleid steigerbouwer • Stempelplan (volgens opgave constructeur) • Periodieke steigercontrole • Steigers op de juiste manier belasten Specifieke opleidingen: - Opleiding monteur steigerbouw	• BAM MAP: - Procedure tijdelijke ondersteuningsconstructies - COAS formulier steigerbouw - Steigercontrole - Steigeroverdracht - Leren van kaart: bijna instorting bioscoopdak • Steigerrichtlijn • Abomafoons hfst. 5 • Steigerrichtlijn (hfst 7)	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Personen-/ goederenliften			
• Kantelen • Bezwijken	• Inzet bij gebouwen > 15m boven het maaiveld • Ingebruikname en periodieke keuring door een erkend keuringsbureau (ministerie SZW)	• Abomafoons 3,21 en 3,23	
• Onbekendheid met werking / bediening • Ter beschikking gestelde liften	• Geïnstrueerd bedieningspersoneel (liefst vaste man) • Inventariseer veiligheid ter beschikking gestelde lift	• Abomafoon 1,12	
Bouwlift			
• Kantelen / bezwijken	• Opstellingskeuring uitvoeren (ook na verplaatsing)		
• Vallende voorwerpen • Beknelling	• Plateau voorzien van hekken • Kleine materialen niet los vervoeren • Geen uitstekende materialen vervoeren	• Abomafoon 3,22	Instructie liftgebruik in toolboxmeeting

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Afval			
• Milieuschade • Struikelen / vallen • Wegwaaien van materialen	• Puinbakken met bordjes (welk afval in welke bak) • Afval scheiden (bij voorkeur 5 fracties) • Afspraken met leveranciers / onderaannemers • Erkend afvalverwerkingsbedrijf • Opruimen • Plaatsen lekbakken • (Olie) absorberende korrels beschikbaar	• BAM MAP: Memo duurzame bouwplaats-maatregelen	
Drainage / bemaling			
• Vallen in	• Welputten na gebruik geheel opvullen		
• Inkalven talud	• Voldoende capaciteit bemaling • Opbarsten van de bodem	• Abomafoon 2.06	
• Bezwijken / breken van leidingen en/of slagen	• Leidingen en slangen deugdelijk ophangen (in de bouwkuip)		
• Verontreiniging lozingswater	• Filteren / zuiveren lozingswater	• BAM MAP: Plankaart vergunningen + handboek	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Inrichting projectlocatie			
Begaanbaarheid			
• Fysieke belasting bouwplaatspersoneel • Logistieke hinder	• Grondverbetering • Bouwwegen verharden / onderhouden	• Abomafoon 1,20	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Bodem projectlocatie			
Verontreinigde grond			
• Toxiciteit • Bodemvervuiling door grondopslag • Onbekendheid met verontreinigingen	• Schone grondverklaring • Bodemonderzoek door deskundig bedrijf • Saneringsplan • Bescherming ondergrond • Opslag gevaarlijke stoffen met lekbakken	• Abomafoon 6.05 • CROW-publicatie 132: werken in of met verontreinigde grond en verontreinigd (grond)water.	
• Milieuschade; bodem- of waterverontreiniging door het morsen van milieugevaarlijke stoffen	• Bestudeer de VGM-informatie van het product en volg instructies stipt op • Tref de nodige voorzorgsmaatregelen en zorg voor het afvoeren van reststoffen • Stel absorberende korrels beschikbaar	• Blauwe boekje: 3.5	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Orde en netheid			
• Vallen en struikelen	• Werkplek opgeruimd houden • Voldoende loopverlichting • Bouwplaats op orde houden	• Abomafoon 2.32	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting
• Stof bij opruimen / aanvegen	• Stofzuigen	• BAM Materieel: poster stofafzuiging	
Werken op hoogte (> 2,5m)			
Algemeen: • Vallen van (steigers, ladders en hoogwerkers) • Geen of onjuist gebruik van veiligheidsgordels • Niet of onjuist beveiligde steigers • Slecht geconstrueerde steigers/ladders	• Zorgen dat alle veiligheidsvoorzieningen en voorschriften in acht worden genomen en gecontroleerd • Degelijke constructie steigers, hoogwerkers, ladders en hangbakken • Leuningen plaatsen (bestaande uit bovenleuning, tussenleuning en kantplank) • Dichtleggen / afzetten van openingen • Toepassen valbescherming of vangnetten • Dragen veiligheidshelm en veiligheidsschoenen • Werkplek opgeruimd houden • Boven en onder elkaar werken vermijden • Industrienorm > 1,5m (geen kamersteigers toepassen) • In bakje hoogwerker ook aangelijnd.	• BAM MAP: - Productoverzicht valbeveiliging ruwbouw - Veiligheidsinstructies: betonpomp, hoogwerker, ladders en trappen, rolsteigers, sparing- en randbeveiliging, steigerwerk, stalen wandkisten, werken met een harnasgordel - Taakinstructies: hoogwerkers, stalen wandbekisting - Toolboxen: hoogwerkers, ladders en trappen, rolsteigers, stalen wandbekisting, steigerwerk, keuzewijzer valbeveiliging - Leren van kaart: ladders en trappen, harnasgordels, omgevallen kamersteiger, overbelast hefsteiger, steigers • Abomafoons hfst. 4 en 5 • BAM Veiligheidsinstructie hoogwerker • Blauwe boekje: 4.4 en 3.7	Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / instructie/toolboxmeeting

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Vallen van vloeren of daken of in schachten	• Langs vloerrand-beëindigingen dubbel leuningwerk en kantplanken monteren (of gebruik maken van hekken) • Indien randbeveiliging niet aanwezig dan aangelijnd werken • Schachten dichtzetten • Positie leuningwerk: binnen 2m van dak-/vloerrand volledig leuningwerk; tussen 2m van dak-/vloerrand fysieke afscherming (bijv. enkele leuning op 1m hoogte); meer dan 4m van dak-/vloerrand markering; bij ladderopgang 4m lang	• BAM MAP: - Productoverzicht valbeveiliging ruwbouw - Veiligheidsinstructies: sparing en randbeveiliging, tijdelijke ondersteuningsconstructies - Taakinstructies: schachten beveiligen, binnenspouwblad, breedplaatvloeren, gevelelementen, kanaalplaatvloeren, panelen, scharnierkappen, wandbekisting, wandelementen - Toolboxen: sparing en randbeveiliging, stalen wandbekisting - Leren van kaarten: bijna instorting bioscoopdak,breedplaten, kanaalplaten, dubbele val • Abomafoons hfst. 4 en 5	
• Vallen door vloer- en daksparingen waaronder ook lichtkoepels en niet beloopbaar glas van lichtstraten	• Sparingen ≥ 8 cm afdekken met beloopbare afdekking • Sparingen voorzien van gevaarsymbool of herkenbaar maken • Afdekking borgen tegen verschuiven	• BAM MAP: - Productoverzicht valbeveiliging ruwbouw - Veiligheidsinstructie: sparing- en randbeveiliging - Toolboxen: sparing en randbeveiliging, - Leren van kaarten: lichtkoepel, sparing	
• Trappen en ladders glijden onderuit, steken niet voldoende boven de vloer uit of zijn van ondeugdelijke kwaliteit	• Ladders borgen tegen wegglijden en onderuit schuiven. Trappen en ladders met gebreken of te korte ladders en trappen direct vervangen.	• BAM MAP: - Productoverzicht valbeveiliging ruwbouw - Veiligheidsinstructie: ladders en trappen - Toolbox: ladders en trappen - Leren van kaarten: ladders • Abomafoons 5.10 en 5.13 • A-blad ladders en trappen	Instructie verzorgen middels ploeginstructie / toolboxmeeting

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Vallen in de put of sleuf van personen of voorwerpen	• Langs de put of sleuf dient een hekwerk te worden geplaatst van minimaal 1 meter hoog. Plaatsen van afzetting en zonodig verlichting		
• "Inkalven van de taluds; bijvoorbeeld verzakken, instorten, omvallen en/of gevaren voor de constructie"	• Graaf onder een veilige hellingshoek en pomp grondwater weg • Plaats grondondersteunende constructies, zoals stempelingen, bekistingen, damwanden en hun onderdelen, op een deugdelijke en veilige (adequate) wijze		
Opslag en (ver)plaatsing materialen			
• Omvallende materialen en materieel	• Opslaginstructies in acht nemen • Verankering aanbrengen / schoren • Goede onderstopping • Inzet glasbokken • Schoring aanbrengen (bij hoge wandkisten berekening maken) • Inzet vacuümheffers	• BAM MAP: - Productoverzicht valbeveiliging ruwbouw - Veiligheidsinstructies: kalkzandsteen lijmen, ondersteuningsconstructies - Taakinstructie: binnenspouwblad, gevelelementen, verdiepingshoge panelen, prefab toppen, scharnierkappen, wandbekisting, wandelementen - Toolbox: stalen wandbekisting - Leren van kaarten: gevelelementen, kalkzandsteenwand, kozijnenbok • Abomafoon 4.11	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Breken, bezwijken, stof	• Sloopwerk: sloopplan • Sloopvergunning; bij gebouwen ouder dan 1994 inclusief asbestinventarisatie • Speciale hulpvoorzieningen	• BAM MAP: - Checklist stut- en sloopwerk - Plankaart vergunningen + handboek - Asbestprocedure + bijlage - Gevaarlijke stoffen (stofbeheersing) - Veiligheidsinstructie: tijdelijke ondersteuningsconstructies - Kennisbox constructieve veiligheid • Abomafoons 7.16 en 8.22	
• Snijgevaar	• Gebruik snijbestendige handschoenen volgens keuzewijzer • Veilig snijgereedschap (bij voorkeur veiligheidsmessen)	• BAM MAP: Keuzewijzer handschoenen • Leveranciers: veiligheidsmessen en gipsplaten	
• Brand-/explosiegevaar	• Afgesloten geventileerde ruimten (geen ketten) • Gasflessen staand opslaan, geborgd tegen omvallen en beschermd tegen direct zonlicht • Brandblusapparatuur in directe nabijheid van brandgevaarlijke werkzaamheden • Brandbare gassen / roken en open vuur verboden • Laat een deskundige het gevaar op brand en explosies meten, voordat je de ruimte betreedt, en monitoren tijdens het werk • Als een vergunning systeem van toepassing is, werk dan volgens de vergunning en leg de meetresultaten vast	• Abomafoons 2.09, 2.10 en 2.11 • Blauwe boekje: 4.12 en 3.11	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Contact met (milieu)gevaarlijke stoffen; bijvoorbeeld producten die gebruikt worden en/of aanwezig zijn in de installaties	• Controleer of de installatie drukloos is • Vermijd verhitting van gechloreerde koelmiddelen, ter voorkoming van de vorming van chloorgas • Bestudeer de VGM-informatie van het product en volg instructies stipt op. • Gebruik PBM's, zoals een veiligheids-(ruimzicht)bril, adembescherming, werkkleding, werkhandschoenen		Instructie verzorgen middels de bouwplaatsintroductie / toolboxmeeting
Werken met machines en gereedschappen			

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Uitschakelen veiligheidsvoorzieningen • Onjuist gebruik van machines en gereedschap • Ondeugdelijke machines en gereedschap • Struikelen / uitglijden / achter delen blijven haken • (Wegschietende)delen / in lichaamsdelen zagen • Snijden • Beknelling (door vastlopen of gegrepen worden) • Elektrische inwerking; elektrocutie door het gebruik van elektrische materialen en/of geleidende natte vloeren	• Gebruikshandleiding raadplegen • Geen veiligheidsvoorzieningen uitschakelen • Voorkom ongewenst inschakelen door borging en voetschakelaar. • Machines met twee handen bedienen. • Werkplek schoonhouden • Geen sieraden dragen, geen losse kleding, geen lang haar • Negatieve invloed medicijngebruik voorkomen • PBM's gebruiken • Jaarlijkse keuring machines en gereedschappen • Inzet jeugdigen beperken en alleen na instructie • Alleen goed opgeleide werknemers aan de machines laten werken • Gebruik elektrisch verplaatsbaar dubbel geïsoleerde gereedschap of een veiligheidstransformator Specifieke instructies volgens de handleiding: • Werken met de hoogwerkers • Zaaginstructie werken met de cirkelzaag • Heftruck • Gevelinstallaties • Schiethamers	• BAM MAP: - Zaaginstructie BAM - Veiligheidsinstructie: cirkelzaagmachines, hoogwerker - Taakinstructies: hoogwerker - Toolboxen: cirkelzaagmachines en hoogwerkers - Leren van kaarten: beklemde vingers, schietnagel schiet ongecontroleerd weg, zaagmachine • Abomafoons 2.30 en hfst. 7 • Blauwe boekje: 4.3 en 4.6	
Veilig werken bij werktuigbouwkundige en/of elektrotechnische installatie (transformator en/of elektromotor)			

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Gegrepen worden door bewegende delen; bijvoorbeeld door de aanwezigheid van draaiende ventilatoren of motoren	• Als een werkvergunningsysteem van toepassing is, werk dan volgens de werkvergunning • Schakel de installatie uit voorafgaand aan werkzaamheden • Vergrendel de installatie tegen onverwacht inschakelen door middel van sloten en gebruik multilockklemmen	• Blauwe boekje: 4.6 en 3.2	
• Elektrische inwerking; bijvoorbeeld wanneer werkzaamheden worden uitgevoerd aan elektrotechnische installaties	• Personeel dat werkt aan een elektrische installatie moet beschikken over de juiste bevoegdheden (schriftelijke aanwijzing NEN-EN 50110/NEN 3140) • Scherm spanning voerende delen af en gebruik waarschuwingsborden, zoals 'onder spanning' en 'niet schakelen' • Vergrendel de installatie tegen onverwacht inschakelen door middel van sloten en gebruik multilockklemmen • Het is verboden te werken aan of in de nabijheid van onder spanning staande installaties • Gebruik, voor het werk aan of in de nabijheid van onder spanning staande delen, speciaal hiervoor bestemd gereedschap • Gebruik goedgekeurde meetinstrumenten • Voorzie tijdelijke kabels van labels	• Blauwe boekje: 4.6 • vijf gouden regels voor het werken met elektriciteit: 1. De spanning uitschakelen 2. Voorkom de herinschakeling (door vergrendeling): 3. Controleer de spanningsafwezigheid 4. Aarden en kortsluiten binnen de zone 5. Afbakenen van de werkzone • Werken aan of in de nabijheid van onder spanning staande installaties is alleen toegestaan onder zeer strenge voorwaarden en als hiervoor door de werkverantwoordelijke (NEN 50110/NEN 3140) een werkvergunning is afgegeven	
Veilig werken bij het monteren, afpersen, demonteren en slopen van leidingen, luchtkanalen, kabelgoten en/of plaatwerk (5.6, 5.7 en 5.9)			

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Contact met (milieu)gevaarlijke stoffen; producten die gebruikt worden en/of aanwezig zijn in de installaties	• Controleer of de installatie drukloos is • Controleer of de te bewerken delen vrij zijn van gevaarlijke stoffen • Vermijd verhitting van gechloreerde koelmiddelen, ter voorkoming van de vorming van chloorgas • Bestudeer de VGM-informatie van het product en volg instructies stipt op. • Gebruik PBM's, zoals een veiligheids-(ruimzicht)bril, adembescherming, werkkleding, werkhandschoenen	• Blauwe boekje: 4.7, 3.7 en 3.4, 5.6, 5.7 en 5.9	
Veilig werken bij het autogeen lassen of branden, elektrisch lassen of solderen			
• Brand- en explosiegevaar; lekkage van slangen en appendages of door hete slakken	• Als een vergunningsysteem van toepassing is, werk dan volgens de vergunning • Brandbare delen verwijderen of afschermen • Zorg voor een brandblusser in de nabijheid van de werkzaamheden • Flessensleutel op fles • Laswagen op veilige plaats • Lastrafo op een veilige plaats	• Blauwe boekje: 4.16, 4.12 en 3.11	
• Contact met (milieu)gevaarlijke stoffen; lasrook en verdampende oppervlakte verontreinigingen	• Bestudeer de VGM-informatie van het product en volg instructies stipt op. • Gebruik van (bron)zuiging en/of ventilatie • Maak het lasoppervlak schoon • Gebruik PBM's, zoals een veiligheids-(ruimzicht)bril, adembescherming, werkkleding, werkhandschoenen	• Blauwe boekje: 4.16, 4.7, 3.7 en 3.4	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Thermische inwerking; bijvoorbeeld UV-straling, huidverbrandingen en lasogen	• Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals lasscherm of lasbril, werkkleding en werkhandschoenen	• Blauwe boekje: 4.14 en 3.7	
Bedrijfshulpverlening / EHBO			
• Geen of onvoldoende EHBO-ers / BHV-ers • De juiste (bijgevulde) EHBO-doos niet aanwezig of onvolledig • Niet bekend met maatregelen en/of alarmering • Vluchtwegen niet goed aangegeven	• Calamiteitenplan opstellen, afhankelijk van calamiteitenscenario's • Alarmkaart ophangen • BHV middelen op orde houden • Voldoende vluchtwegen • BHV-oefeningen • Herkenbare verzamelplaats • AED (optioneel) • Voldoende opgeleide EHBO-ers / BHV-ers Specifieke opleiding: Bedrijfshulpverlener (BHV) EHBO	• BAM MAP: - BHV middelen - Leren van kaart: leven gered door inzet AED • Abomafoon 2.18	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Fysieke belasting			
• Ongunstige houdingen	• Inzet hulpmiddelen • Materialen > 25 kg mogen niet door één persoon laten tillen. • Voorwerpen > 25 kg en < 50 kg door 2 personen laten tillen • Materialen > 50 kg altijd verplaatsen met hulpmiddelen • Verpakkingseenheden (o.a. cement) max. 25 kg • Metsel en lijmblokken > 14 kg hulpmiddelen gebruiken • Lift inzetten bij transport personen en materialen >15m • Werkzaamheden afwisselen • Instructie	• BAM MAP - Veiligheidsinstructie: fysieke belasting - Leren van kaart: beklemde vingers bij werkzaamheden - Toolbox: fysieke belasting - Leren van kaart: beklemde vingers bij werkzaamheden • Abomafoons 1.20, 3.22, 3.23	
Geluid			
• Hoge geluidsniveaus	• Bij aanschaf / huur apparatuur rekening houden met geluidsniveau • Indien nodig gehoorbescherming dragen • Toezicht op gebruik gehoorbescherming • > 80dB (A) gehoorbescherming verstrekken • > 85dB (A) dragen gehoorbescherming verplicht • Instructie	• BAM MAP: - Veiligheidsinstructie: lawaai in de bouw - Toolbox: lawaai in de bouw • Abomafoons 1.22, 1.28, 1.29	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Trillingen			
• Blootstelling aan hand / arm trillingen • Blootstelling aan schokken • Blootstelling aan terugslag bewegingen	• Bij aanschaf / huur nieuwe apparatuur rekening houden met trillingsdemping • Werknemers met gewrichtsproblemen deze werkzaamheden niet laten uitvoeren • Werkzaamheden afwisselen met werkzaamheden zonder trillingen • Paalkoppen bij voorkeur machinaal snellen	• BAM MAP: - Veiligheidsinstructie: fysieke belasting - Toolbox: fysieke belasting • Abomafoon 1.21	
Klimaat			
• Blootstelling aan weeromstandigheden • Tocht- en comfortproblemen • Blootstelling aan lage temperaturen • Werken in de zon	• Steigers zo mogelijk afschermen • Gebruik aangepaste kleding • Draag goed passende handschoenen, behalve bij nabijheid draaiende delen • Draag bij fijn motorische werkzaamheden contacthandschoenen • Extra pauzes inlassen, beschermende kleding en eventueel zonnecrème gebruiken • Werkzaamheden staken bij gevoelstemperatuur ≤ -6 °C	• BAM MAP: - Veiligheidsinstructie: werken in de zon - Toolbox: werken in de zon • Abomafoon 2.31 • Blauwe boekje: 3.7	
• Onweer en bliksem	• Indien de tijdsduur tussen de lichtflits en de donder minder dan 10 seconden is, zoek dan een veilige schuilplaats; blijf niet op steigers, ladders of hoogwerkers in open terrein of op daken werken. Schuil niet onder een boom • Voer tijdens onweer en bliksem geen werkzaamheden uit aan elektrische installaties in de open lucht of aan toestellen die direct is verbonden met een dergelijke installatie	• Blauwe boekje: 4.4	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Brandgevaarlijke werkzaamheden			
• Werkzaamheden met open vuur • Slijpen • Kortsluiting	• Beschermende kleding • Vlamdovende kleding • Brandsblusser in nabijheid • Blusvoorzieningen vroegtijdig aanbrengen c.q. in bedrijf laten • BHV-plan	• Abomafoon 6.26	
Toxische stoffen			
• Blootstelling aan bijvoorbeeld: - (hout)stof - oplosmiddelen - glas- en steenwol - kitten, lijmen en PUR - bekistingsolie - schuimen en harsen - verf- en laksoorten - (las)rook en gassen - brand- en explosie gevaarlijke stoffen - bodemverontreiniging	• Inventarisatie toxische stoffen • Material Safety Data Sheets (MSDS) beschikbaar maken en de voorgeschreven maatregelen toepassen • PBM's volgens etikettering gebruiken • Productinformatie verzorgen en producten verwerken volgens deze informatiebladen (PISA) • Goede ventilatie / afzuiging • Bij houtzaagmachines in een binnenruimte of zaagloods afzuiging toepassen.	• BAM MAP: - Keuzewijzer handschoenen - Veiligheidsinstructie: houtstof - Toolbox: houtstof • Abomafoon 6.02, 8.01, 8.05, 8.20, 8.22 • Toxische stoffenregister • PISA Arbouw	

• Blootstelling aan (verborgen) asbest	• Inventarisatie aanwezigheid asbest (verplicht bij gebouwen ouder dan 1994) • Asbest laten verwijderen door SC530 gecertificeerd bedrijf • Bij het aantreffen van verdacht materiaal, navraag doen bij eigenaar of beheerder van het gebouw of de installatie naar de identiteit van het materiaal; stop de werkzaamheden indien de identiteit onbekend is • Voorkom aanraking door het nemen van afstand, zet de locatie af (lint) en waarschuw operationele werkplekleiding • Verzoek eigenaar of beheerder om het materiaal te analyseren op de aanwezigheid van asbest • Indien asbest is aangetoond, dient een deskundige te bepalen of verwijdering noodzakelijk is • Nadat asbest is verwijderd, mag je de ruimte pas betreden nadat de deskundige een schriftelijke asbestvrijgave heeft afgegeven	• BAM MAP: - Asbestprocedure + bijlage • Abomafoon 8.12, 8.13 en 8.14 • Blauwe boekje: 4.9	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
• Blootstelling aan kwartsstof bij: - boren in beton en kalkzandsteen (< 50mm) - zagen van kwartsstofhoudende materialen behalve gasbeton en kalkzandsteen - schoonmaken en opruimen van stof na bouw- en sloopwerkzaamheden - puinruimen na sloopwerkzaamheden - bewerken zandsteen in geval van monumentale gebouwen	• Seriematig boorwerk uitbesteden. • Langdurig intensief boorwerk door 1 persoon vermijden ter voorkoming van overschrijding van MAC-waarde van 0,075 mg/m3. Anders uitbesteden. • Zagen kwartshoudende materialen met zaagmachine met watertoevoer of met afzuiging. • Voorafgaand aan opruimen grof vuil bevochtigen vloer met water. • Stofzuiger gebruiken om stof van vloer op te zuigen. • Personen aanwezig in een ruimte waar kwartsstof vrijkomt dienen een adembeschermingsmiddel te dragen van minimaal P3 kwaliteit.	• BAM MAP: - Veiligheidsinstructies: kwartsstof en poster 'voorkom stofhappen' - Poster stofafzuiging BAM Materieel - Toolbox kwartsstof - Naslag: Gevaarlijke stoffen (stofbeheersing) • Abomafoons 7.16, 8.22 • TNO – gereedschappen voor stofvrij werken	
• Verstikkingsgevaar (O2 < 21 vol. %); verdringen van zuurstof	• Zorg voor een goede ventilatie (koelgassen zijn meestal zwaarder dan lucht en kunnen hierdoor vanaf vloerniveau de zuurstof verdringen) • Voorkom het uitstromen van koelgassen door te werken volgens de wettelijke richtlijnen en uitvoering door (STEK-) gecertificeerde medewerkers	• Blauwe boekje: 4.10 en 3.3	
• Contact met (milieu)gevaarlijke stoffen; gevaar voor vergiftiging of verstikking	• Vermijd verhitting van gechloreerde koelmiddelen, ter voorkoming van de vorming van chloorgas • Controleer of de installatie drukloos is • Bestudeer de VGM-informatie van het product en volg instructies stipt op. • Gebruik PBM's, zoals adembescherming	• Blauwe boekje: 4.7, 3.7 en 3.3	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Veilig werken bij het vervangen van luchtbehandelingfilters (MOB)			
• Contact met (milieu)gevaarlijke stoffen; stofdeeltjes, (nitreuze) dampen	• Laat de installatie, afzuiging en/of ventilatie uitschakelen • Ga na met welke stoffen gewerkt wordt en welke uiteindelijk op het filterdoek kunnen achterblijven • Verkom stuiven, behandel de oude filterdoeken rustig • Gebruik voor het afvoeren van de gebruikte filterdoeken de dozen waar de nieuwe filterdoeken in zaten • Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals adembescherming, werkkleding, werkhandschoenen e.d.	• Blauwe boekje: 4.7, 3.7 en 3.4	
• Besmetting; bijvoorbeeld omdat product via de huid en/of door inademing het lichaam is binnengedrongen	• Neem bij twijfel contact op met de bedrijfsarts of huisarts en neem dan de verpakking en/of de VGM- informatie van het product mee	• Blauwe boekje: 4.7 en 3.4	

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Veilig werken in de nabijheid van GSM-antennes			
• Inwerking van straling; • bijvoorbeeld door blootstelling aan de elektromagnetische straling van (GSM)antennes • PAS OP: ook antennes van radio-, politie-, brandweer- en amateurzenders zenden elektromagnetische straling uit	• Verricht dit werk niet als je een metalen implantaat hebt, zoals metalen verbindingen, een pacemaker of een onderhuidse medicijninjectie • Laat de veilige afstanden bepalen en werk buiten de veilige cirkels (hoe hoger het zendvermogen van de antenne des te groter de veilige afstand is) • Als je binnen de veilige cirkel moet werken, laat dan de installaties uitschakelen of in vermogen reduceren en/of neem contact op met een deskundige	• Abomafoon 6.29: • Blauwe boekje: 4.14	
Veilig werken in een nauwe ruimte (kruipruimten, kelders en schachten)			
• Bedwelming en vergiftiging; • bijvoorbeeld door rotting- of gistingsprocessen en lassen en branden • Toegankelijkheid en vluchtweg • Onderling contact	• Als een vergunningensysteem van toepassing is, werk dan volgens de vergunning en leg de meetresultaten vast • Laat een deskundige de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen meten, voordat je de ruimte betreedt, en monitoren tijdens het werk • Maak gebruik van (bron)zuiging en/of ruimteventilatie • Gebruik zo nodig adembescherming (dat wil zeggen een onafhankelijke adembescherming; een filtermasker is niet toegestaan i.v.m. mogelijk zuurstoftekort) • Zorg voor voldoende verlichting. Op accu (batterij) in verband spanning in relatie tot vocht. --> luchtlamp. • Maak gebruik van portofoon(s) in plaats gsm om contact te houden.	• Blauwe boekje: 4.3 en 3.7	

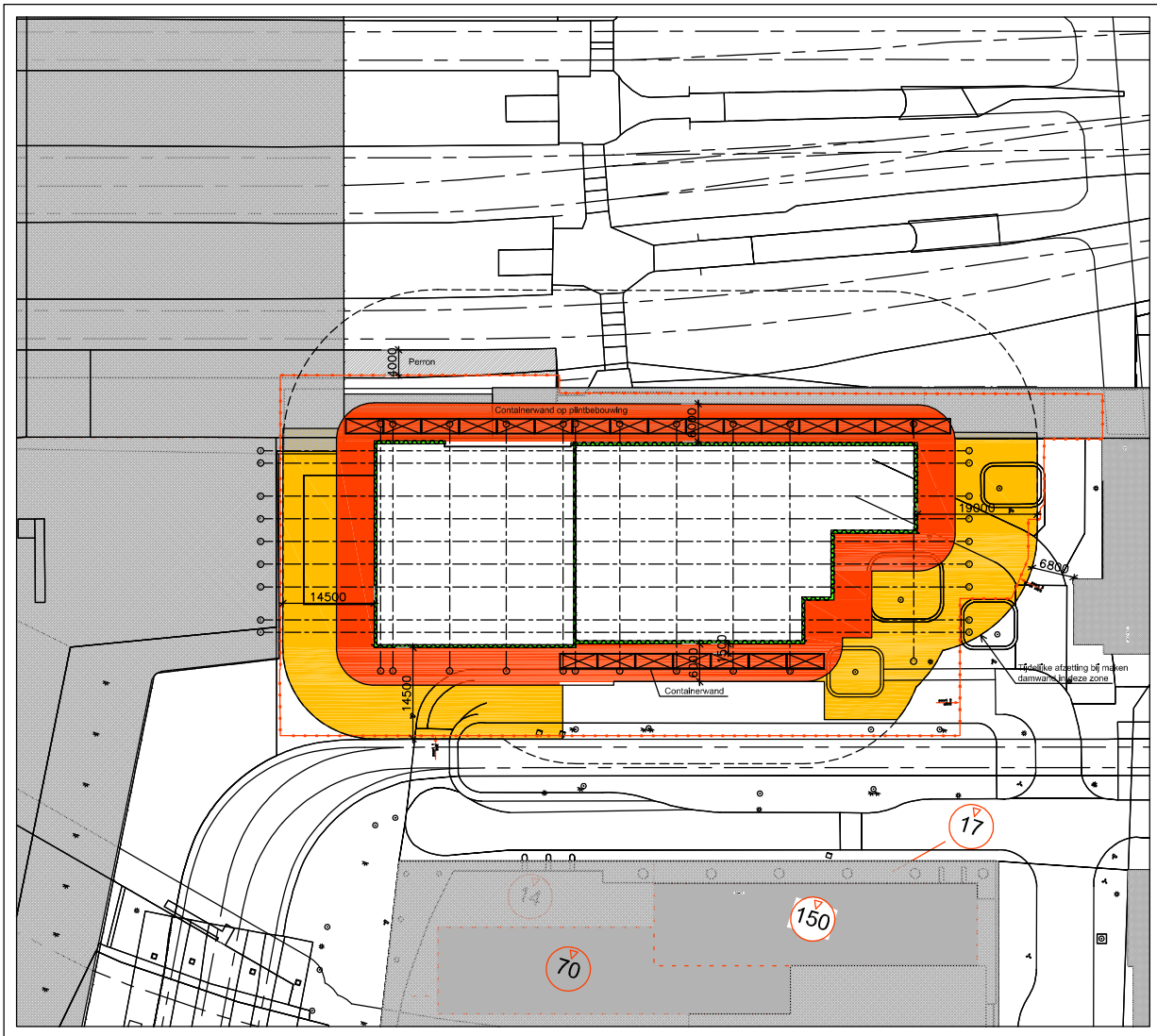
V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Besmetting			
• Verwond raken door in contact komen met drugsgebruiker of injectienaald, waardoor de mogelijkheid op besmetting met het hepatitis-B virus bestaat	• Probeer niet gewond te raken • Bij prikaccident altijd (binnen 24 uur) naar het ziekenhuis voor toediening immunoglobuline	• Abomafoon 8.24	
• Infectieziekten; bijvoorbeeld door contact met afvalwater	• Vermijd contact zoveel mogelijk • Geef extra aandacht aan de persoonlijke hygiëne • Vaccinaties (in overleg met de bedrijfsarts), bijvoorbeeld tegen tetanus	• Blauwe boekje: 3.7 en 3.7	
Persoonlijke Beschermingsmiddelen			
• Geen of onjuist gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen	• Bij indiensttreding en per project afspraken maken over aanschaf en gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen • Voorlichting over gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen • Toezicht op gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen	• BAM MAP: - Keuzewijzer handschoenen - Veiligheidsinstructie: werken met een harnasgordel - Toolbox: valbeveiliging (keuzewijzer + presentatie) - Leren van kaarten: harnasgordel voorkomt val van grote hoogte en harnasgordel voldeed niet aan de eisen • Abomafoon Hfst. 8	

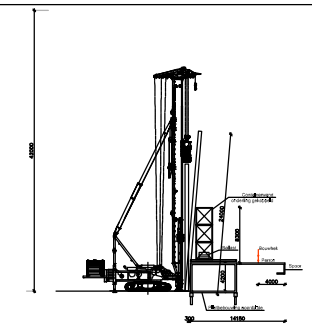
V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Personeel projectlocatie			
Personeel alleenwerkend			
• Tijdens incident en/of calamiteit komt de hulpverlening vertraagd op gang; bijvoorbeeld wanneer je zonder toezicht werkt of met indirect toezicht van collega('s) of opdrachtgever	• Geef door aan collega of opdrachtgever op welke tijd en plaats je de werkzaamheden zult uitvoeren • Maak vaste afspraken voor een regelmatige controle • Maak gebruik van communicatiemiddelen, zoals een portofoon, intercom en mobiele telefoon • Voer de werkzaamheden uit binnen het waarnemingsvermogen van een tweede persoon	• Blauwe boekje 3.10 en 3.9	
	NB. *De maatregelen voor alleen werken, gelden ook als je op een afgelegen plek werkt, zonder collega's in de buurt. Goed communiceren kan van levens belang zijn. Meld je daarom altijd aan en af. Soms kan dit een probleem zijn, bijvoorbeeld buiten de normale werkuren. In die gevallen kun je bijvoorbeeld een afspraak maken met derden, zoals partner, familielid of een collega. Vertel waar je naar toe gaat, wat je gaat doen en wanneer je contact opneemt. Geef telefoonnummers en namen van mensen of instanties die men moet waarschuwen als je niet tijdig contact hebt opgenomen.*		
Veilig werken in een openbaar gebouw bij service en onderhoud			
• Verstoring van het verwachtingspatroon van derden, bijvoorbeeld de gebouwgebruikers tijdens werk in uitvoering	• Gebruik afbakening en/of wegafzetting of rand- en vloerbeveiliging, zodat onbevoegden niet door het werk kunnen lopen	• Blauwe boekje: 3.1	
• Onheus bejegend worden	• Blijf gewenste omgangsvormen toepassen		

V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Spoorveiligheid			
Werken in nabijheid van spoorwegen			
• Aanrijdgevaar • Meegezogen worden • Uitglijden • Raken van hoogspanningskabels bij werken met een kraan • Schrikeffect van langsrijdende trein	• Door scheiding werkenden en treinen kans op aanrijding nihil houden • Werken volgens NVW (Normenkader Veilig Werken) • Werken volgens werkplekbeveiligingsinstructie en paragraaf spoorveiligheid. Hierin staan de specifieke risico's en matregelen bij werken in risicogebied • Veiligheidsfuncties: medische en psychologische keuring • Iedere medewerker in bezit toegangsbewijs • Dragen van veiligheidsschoenen • Dragen van geel veiligheidsvest • Opvolgen van instructies • Zorg voor veiligheid treinreizigers en publiek • Bij inhuren graafmachine / kraan letten op hoogtebegrenzing: max. 4.60m Specifieke opleiding: Veilig werken langs het spoor (digitaal veiligheidspaspoort (DVP))	• BAM MAP: - Projectplan ProRail • Abomafoon 3.05, 6.06 • DVP	De bouwplaats wordt afgezet tussen het spoor en het werkgebied middels een bouwhek. Dit geldt ook bij de trambaan.

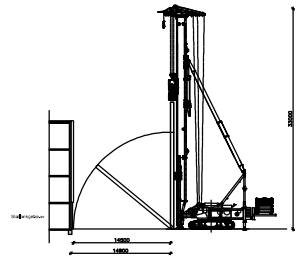
V&G risico's	Maatregelen	Referentie	Projectspecifiek / opmerking
Spoorveiligheid			
Werken in nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen			
• Contact met hoogspanningslijn	• Kraan / graafmachine voorzien van hoogte-begrenzer • Aanraking spanning voerende delen voor-komen • Bovenleidingen nimmer op minder dan 1,5m naderen • Spanningsloos stelling • Aarding materieel	• BAM MAP: - Projectplan ProRail • Abomafoon 3.05, 6.06	
Werken in aanwezigheid van publiek			
• Onvoorspelbaarheid publiek • Misdragingen • Werkplek blokkade voor reizigers • Vallen van perronrand of struikelen reizigers • (als gevolg van 'mensenvloedgolf' van reizi-gers bij arriveren trein) • Belemmeren in- en uitstappen in trein • Spetteren en vallen van materialen tijdens gebruik gereedschap	• In het voor publiek toegankelijke deel van het station gele signaleringsvesten dragen • Normale omgangsvormen respecteren • Adequaat met misdragingen publiek om-gaan • Voldoende duidelijke afzetting werkplek • Voldoende doorgang vrijlaten • Eventueel werkzaamheden tijdelijk staken bij perronrand tijdens in- en uitstappen in treinen • Bij beëindigen werkzaamheden werkplek opruimen • Geen middelen (gereedschap) onbeheerd achterlaten	• BAM MAP: - Projectplan ProRail • Abomafoon 3.05, 6.06	

Bijlage 3 - Bouwveiligheidszones diverse fases

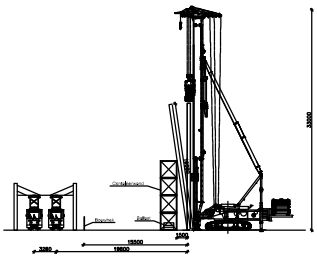




Noordzijde

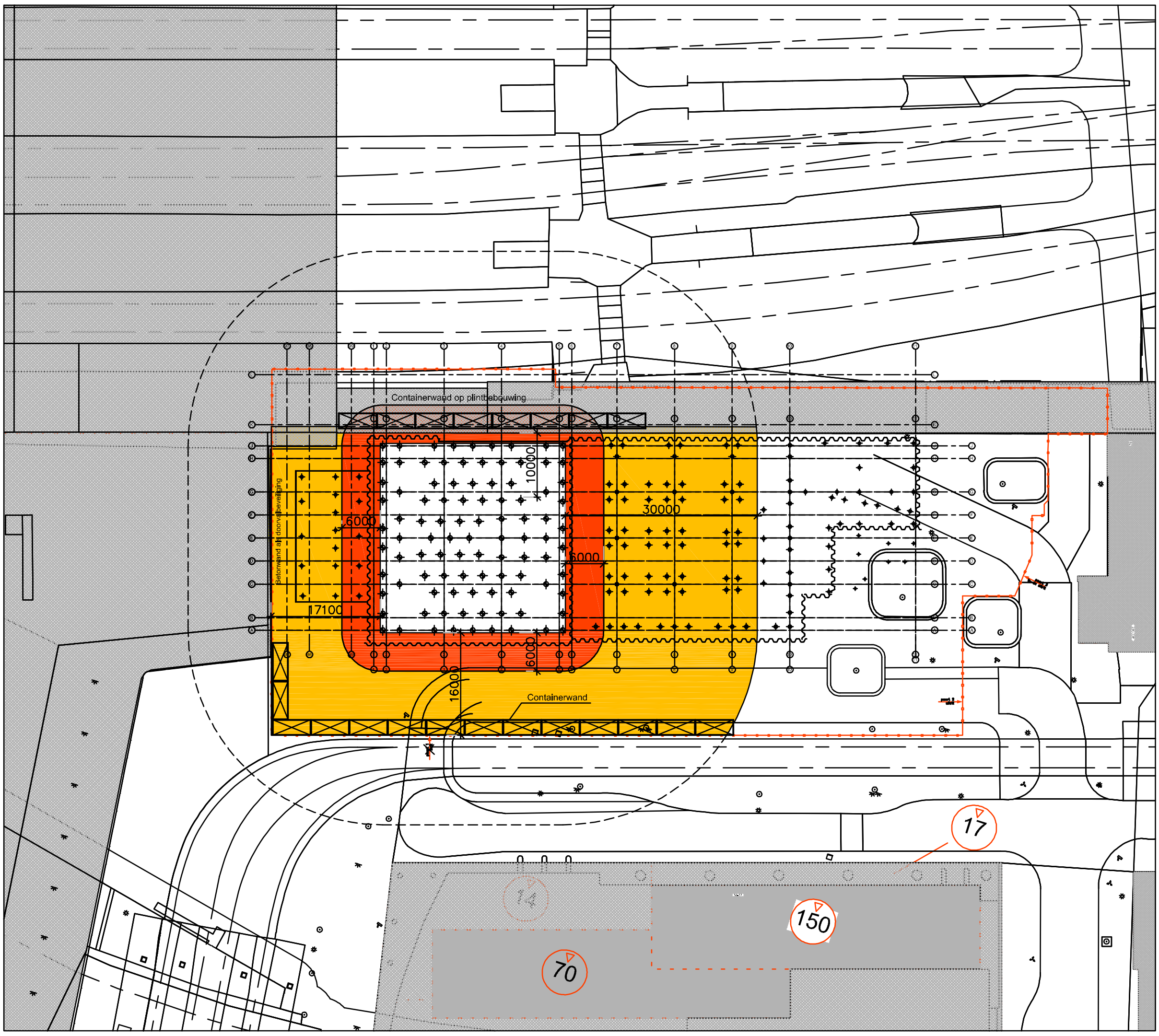


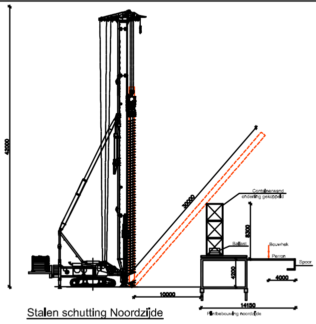
Westzijde



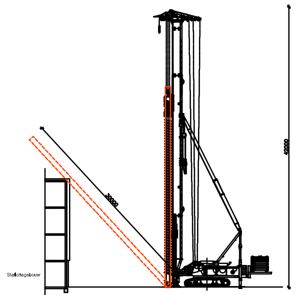
Zuidzijde

Tree House Rotterdam			K009464
bouwveiligheidszone aanbrengen damwanden na genomen maatregelen			1:200
bam			BVZ-01B

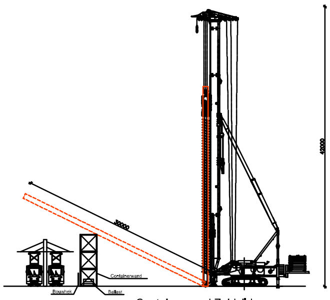




Stalen schutting Noordzijde



Westzijde

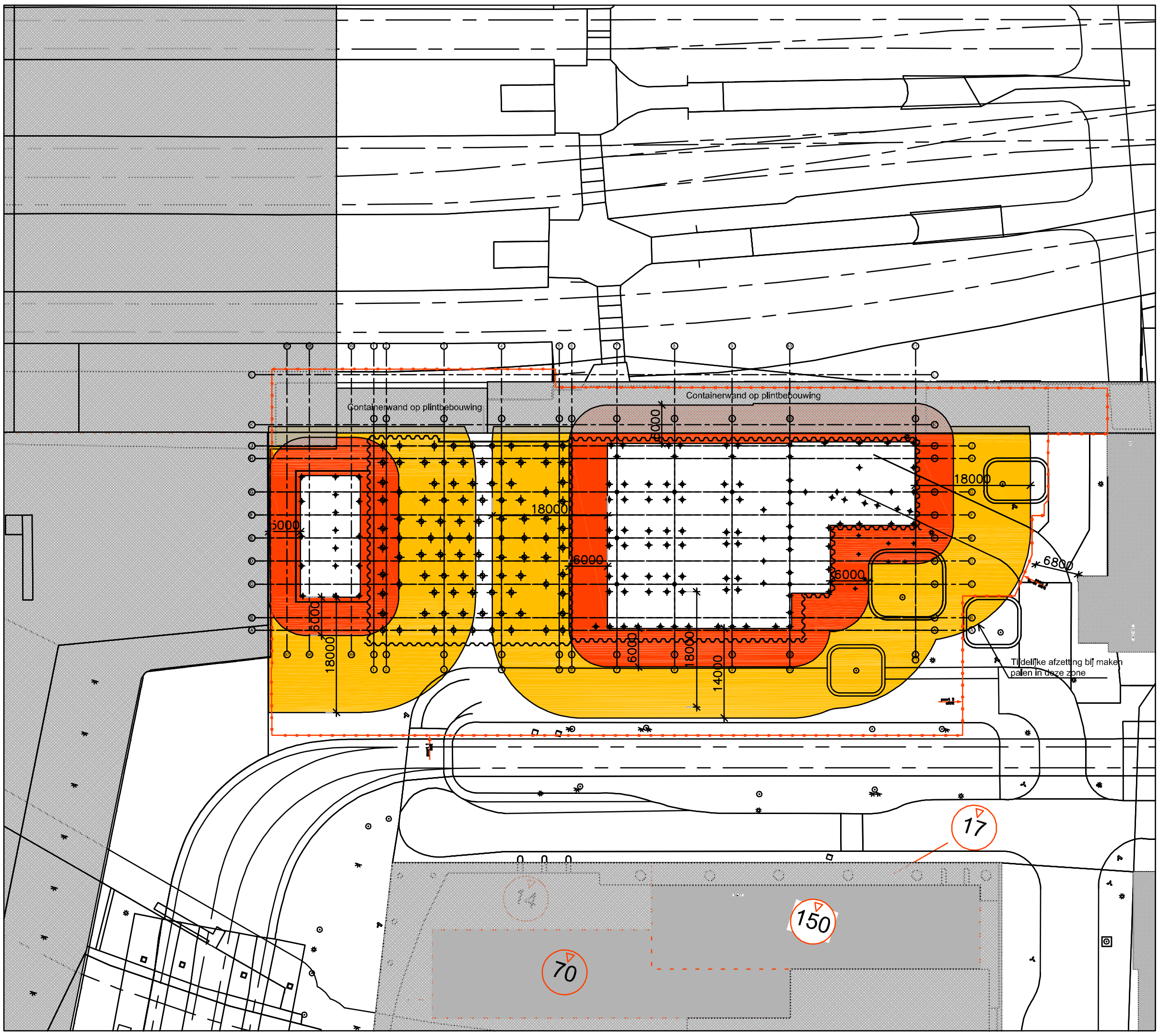


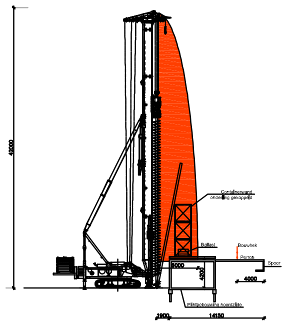
Containerwand Zuidzijde

wijz.	datum	omschrijving revisie	getekend	gecontroleerd
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
B	07-06-22	Definitief gemaakt	JHes	-
A	13-05-22	Aangepast naar "Plan B"	JHes	-
0	05-01-22		JHes	-

project	Tree House Rotterdam	project nr	K009464
deelproject		deelcode	
omschrijving	bouwveiligheidszone aanbrengen Tubex-palen na genomen maatregelen	vakgroep	
		schaal	1:200
bam	BAM Advies & Engineering	status	wijz.
		tekening nr	BVZ-02B

bestandsnaam Tree House-Bouwveiligheidszones_plan_B.dwg



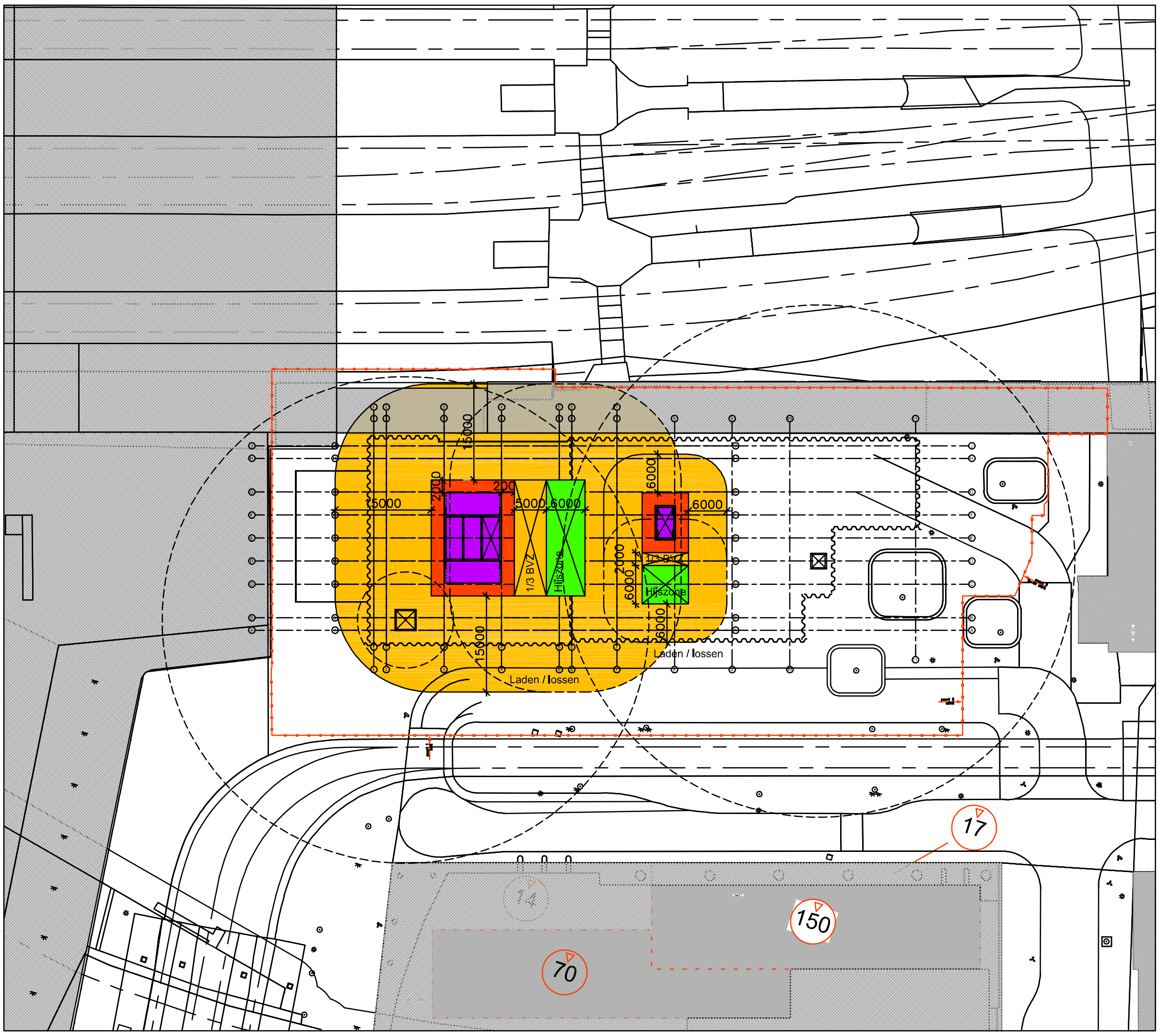


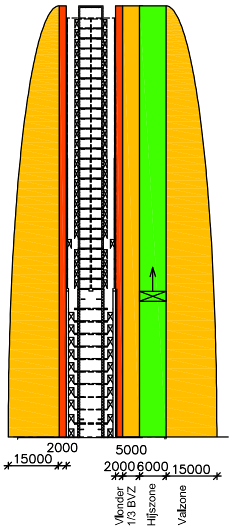
Stalen schutting Noordzijde en tijdelijke bredere perronafzetting

wijz.	datum	omschrijving revisie	getekend	gecontroleerd
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
B	07-06-22	Definitief gemaakt	JHes	-
A	13-05-22	Aangepast naar "Plan B"	JHes	-
0	05-01-22		JHes	-

project	Tree House Rotterdam	project nr	K009464
deelproject		deelcode	
omschrijving	bouwveiligheidszone aanbrengen Fundex-palen na genomen maatregelen	vakgroep	
		schaal	1:200
bam	BAM Advies & Engineering	status / wijz.	
		tekening nr	BVZ-03A

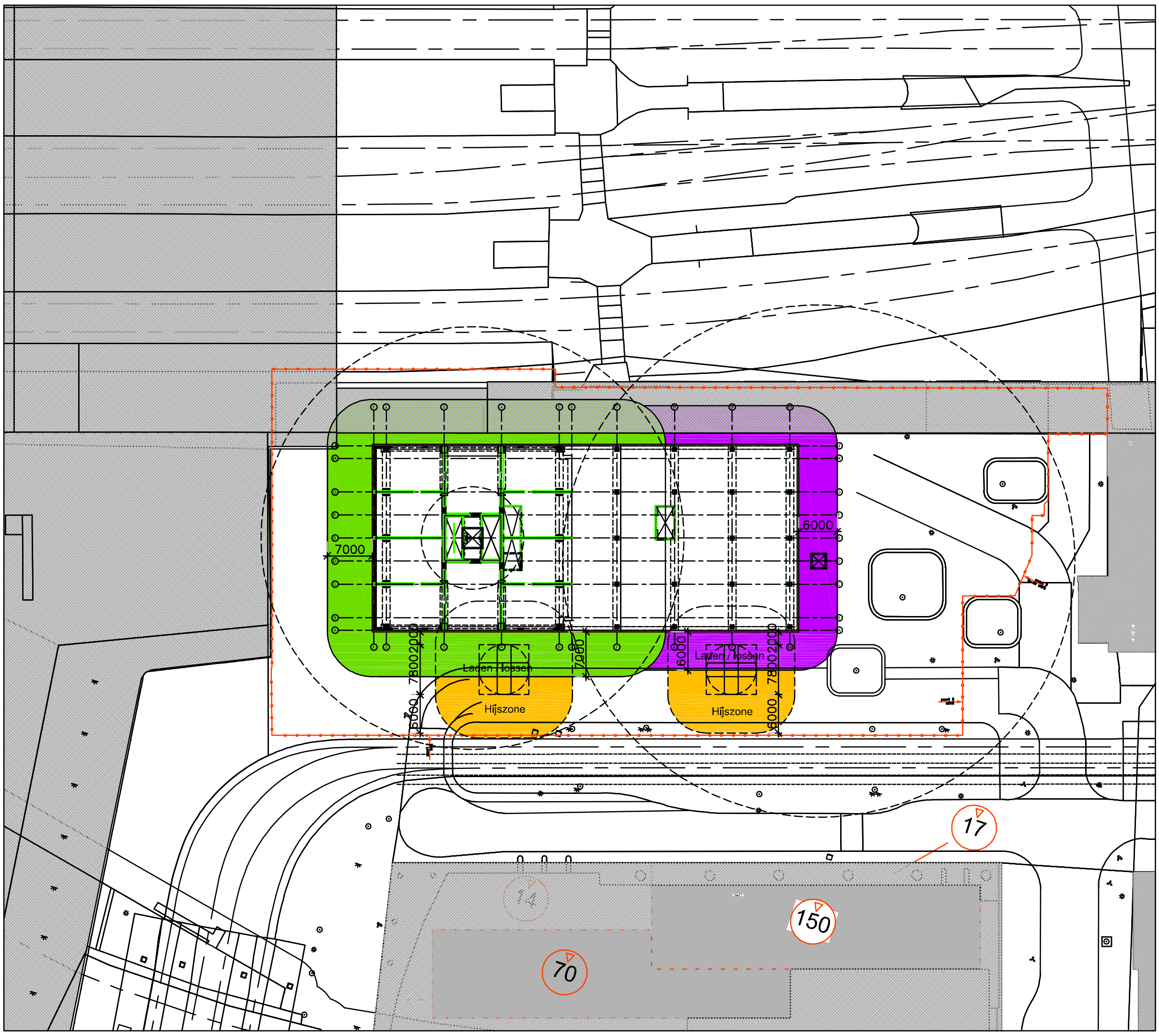
bestandsnaam: Tree House- Bouwveiligheidszones_plan_B.dwg

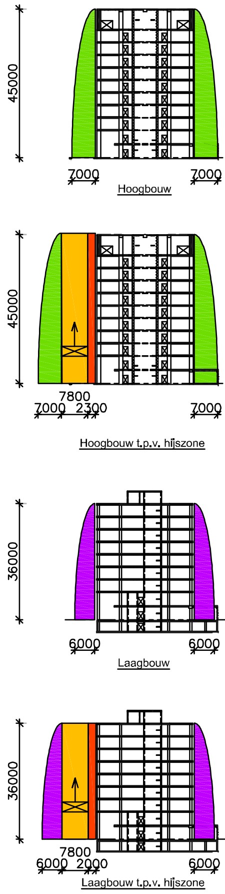




wijz.	datum	omschrijving revisie	getekend	gecontroleerd
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
A	13-05-22	Aangepast naar "Plan B"	JHes	-
0	05-01-22		JHes	-

project	Tree House Rotterdam	project nr	K009464
deelproject		deelcode	
omschrijving	bouwveiligheidszone Glijbekisting kern tot 37e verdieping zonder maatregelen	vakgroep	
		schaal	1:200
BAM Advies & Engineering		status / wijz.	
		tekening nr	BVZ-04A

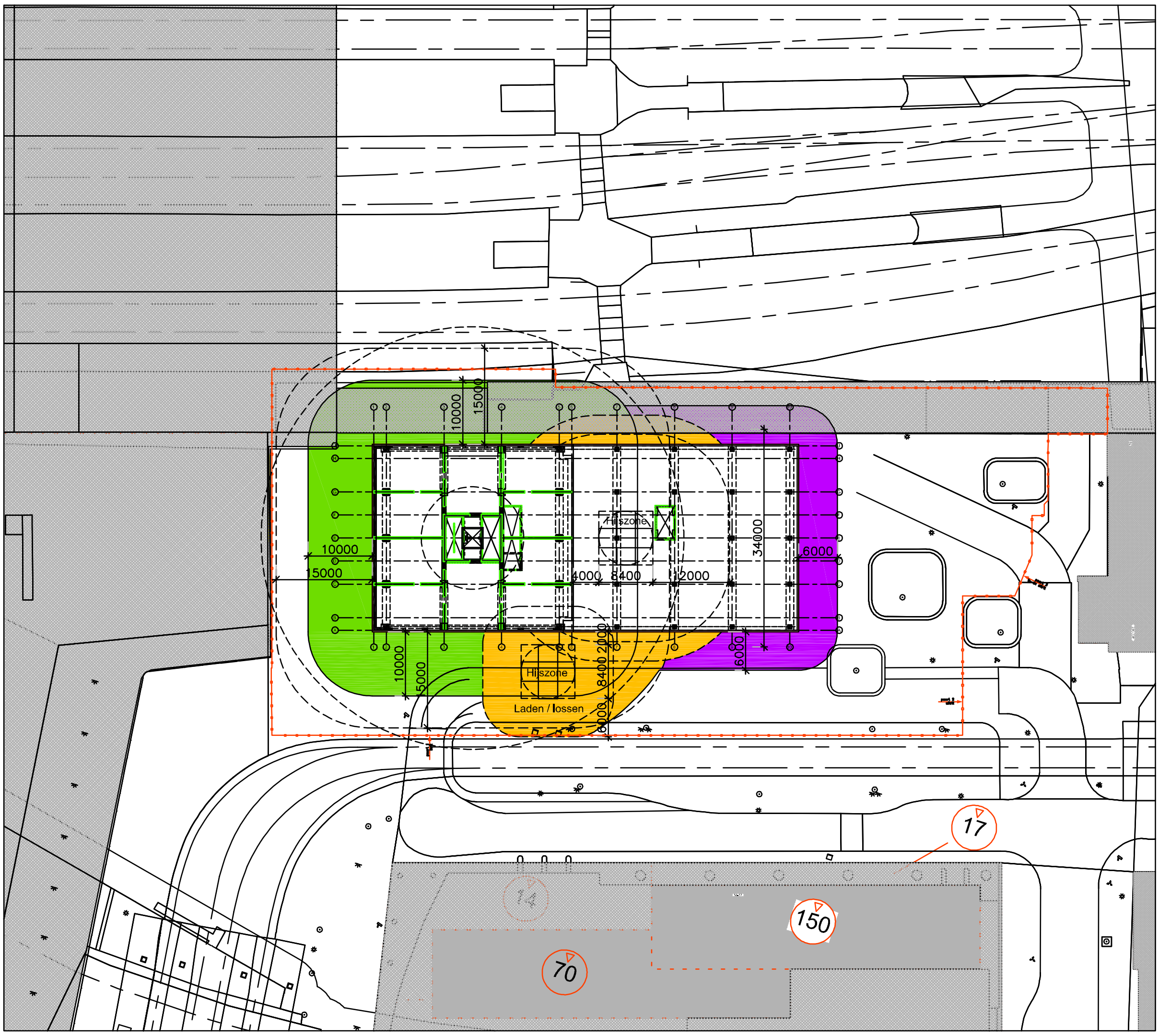


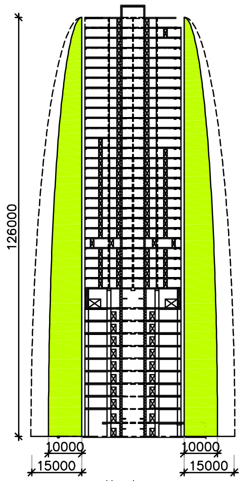


wijz.	datum	omschrijving revisie	getekend	gecontroleerd
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
A	13-05-22	Aangepast naar "Plan B"	JHes	-
0	05-01-22		JHes	-

project	Tree House Rotterdam	project nr	K009464
deelproject		deelcode	
omschrijving	bouwveiligheidszone Maken onderbouw tot 11e verdieping	vakgroep	
		schaal	1:200
bam	BAM Advies & Engineering Runnenburg 12, 3981 AZ, Postbus 54, 3980 CB Bunnik Telefoon (030) 659 89 83 Fax (030) 659 82 59	status / wijz.	
		tekening nr	BVZ-05A

bestandsnaam: Tree House - Bouwveiligheidszones_plan_B.dwg





Hoogbouw

wijz.	datum	omschrijving revisie	getekend	gecontroleerd
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
A	13-05-22	Aangepast naar "Plan B"	JHes	-
0	05-01-22		JHes	-

project	Tree House Rotterdam	project nr	K009464
deelproject		deelcode	
omschrijving	bouwveiligheidszone Hijszone bij bovenbouw	vakgroep	
		schaal	1:200
bam	BAM Advies & Engineering Runnenburg 12, 3981 AZ, Postbus 54, 3980 CB Bunnik Telefoon (030) 659 89 83 Fax (030) 659 82 59	status / wijz.	
		tekening nr	BVZ-06A

bestandsnaam: Tree House-Bouwveiligheidszones_plan_B.dwg

Bijlage 4 – Constructieve onderbouwing maatregelen BVZ

Beschermingsconstructies t.b.v. kantelende objecten uit een heistelling

Tree House

BBT-K009464-MSP-Respons kantelende objecten
23 februari 2023
Revisie 3

BAM Advies & Engineering

Beschermingsconstructies t.b.v. kantelende objecten uit een heistelling

Tree House

Documentnummer BBT-K009464-MSP-Respons kantelende objecten

Opdrachtgever

[redacted]

Opsteller

Naam
Telefoon
E-mail
Bedrijf
Adres

[redacted]

3.0	Definitief	MSp		23-02-‘23	JHes		24-02-‘22		
2.0	Definitief	MSp		02-06-‘22	JHes		07-06-‘22		
1.0	Concept	MSp		18-01-‘22	JHes		18-01-‘22		
Revisie	Status	Opsteller		Datum	Geverifieerd		Datum	Vrijgegeven	Datum

© Niets van dit rapport mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt en / of overhandigd aan derden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van BAM Advies & Engineering.

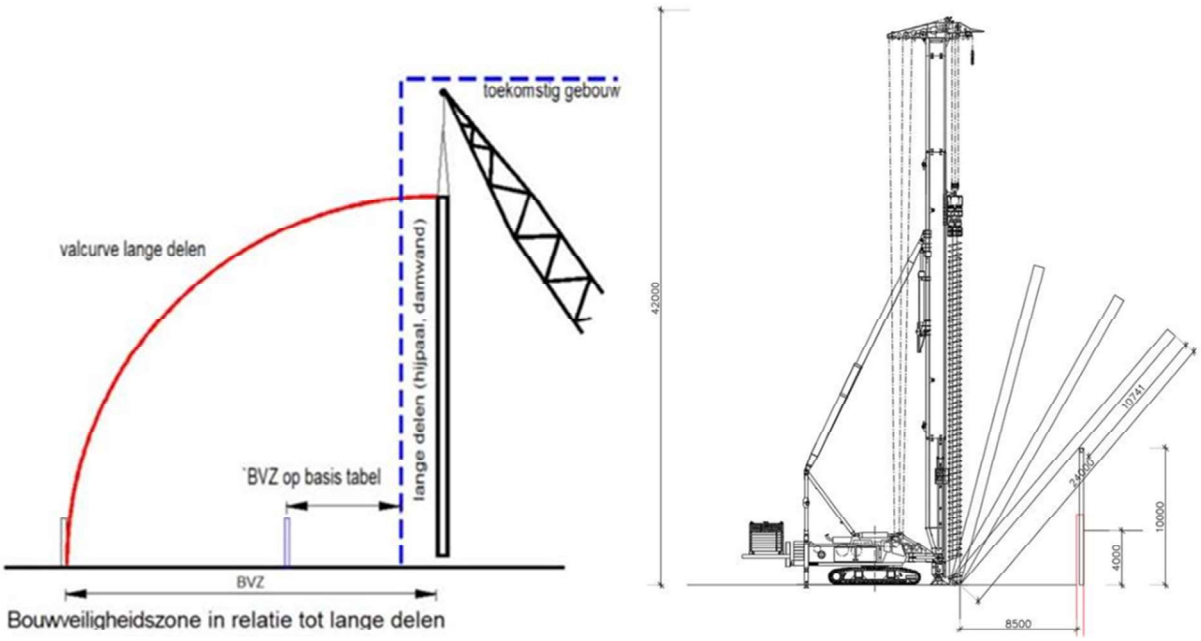
Inhoudsopgave

1. Inleiding 1
2. Analyse methodiek algemeen 2
2.1 Analyse valbeweging 2
2.2 Botsingen van puntmassa's – algemene beschouwing 3
2.3 Botsing van starre roterende systemen 5
2.4 Respons constructie 6
2.5 Ductiliteit 6
3. Noordzijde: containerwand langs spoor 7
3.1 Overzicht situatie 7
3.1.1 Beschrijving containerwand 7
3.1.2 Belastingsituaties 8
3.1.3 Afmeting zeecontainer 8
3.2 Bezwijkcapaciteit onderdelen 9
3.2.1 Buiging Tubex-paal 9
3.2.2 Lokale indrukking Tubex-paal 15
3.2.3 Lokaal indrukken container 15
3.2.4 Buiging ondersteuningsligger 17
3.3 Berekening impact belastingen situatie 1 17
3.3.1 Situatie 17
3.3.2 Kinetische energie valbeweging 17
3.3.3 Analyse mechanismen 18
3.4 Berekening impactbelasting situatie 2 18
3.4.1 Situatie 18
3.4.2 Kinetische energie valbeweging 19
3.4.3 Analyse mechanismen 19
3.5 Berekening impactbelasting situatie 3 20
3.5.1 Situatie 20
3.5.2 Kinetische energie valbeweging 20
3.5.3 Analyse mechanismen 20
3.6 Berekening ondersteuningsconstructie 21
3.6.1 Primaire functie ligger t.b.v. energie absorptie 21
3.6.2 Belastingschema container 21
3.6.3 Berekening ondersteuningsligger 22

3.7 Eindconclusie 26
4. Westzijde: impact op bestaand gebouw 28
4.1 Overzicht situatie 28
4.2 Berekening impact belasting 28
4.2.1 Schatting model parameters bestaande gebouw 28
4.2.2 Berekening impact belasting starre botsing 29
4.3 Analyse mechanismen 31
4.3.1 Buiging Tubex-paal 31
4.3.2 Lokale indrukking Tubex-paal 32
4.3.3 Maatgevend mechanisme 32
4.4 Conclusie impact belasting 33
5. Zuidzijde: containers langs trambaan 34
5.1 Overzicht situatie 34
5.1.1 Damwanden 34
5.1.2 Tubex-palen 34
5.1.3 Gegevens containers 35
5.2 Berekeningsmethodiek kantelstabiliteit containers 35
5.3 Berekening impact belasting damwand 36
5.3.1 Kinetische energie 36
5.3.2 Analyse kantelstabiliteit 36
5.4 Berekening impact belasting Tubex 38
5.4.1 Kinetische energie 38
5.4.2 Analyse mechanismen 39
5.4.3 Berekening verplaatsingen v.d. mechanismen 40

1. Inleiding

Bouwprojecten moeten veilig uitgevoerd kunnen worden, zonder dat er risico's zijn voor omstanders/publiek welke dichtbij het bouwproject aanwezig zijn. Om dit te waarborgen wordt er een buffer aangebracht tussen de bouwplaats en het publiek/omstanders. Dit wordt een bouwveiligheidszone genoemd. De grootte van de bouwveiligheidszone wordt bepaald door het gebied dat een vallend object nodig heeft om vrij te kunnen vallen zonder iets te raken. Voor lange elementen, zoals palen of damwanden in een heistelling, is al daarom al snel een bouwveiligheidszone van >20 meter rondom het bouwterrein nodig, zie de figuur hieronder uit de richtlijn Bouw- en Sloopveiligheid. In binnenstedelijke gebieden is deze ruimte er vaak niet en zijn opvangconstructies nodig om te voorkomen dat lange elementen op het publiek kan komen.



Bouwveiligheidszone in relatie tot lange delen

Deze memo gaat over het bepalen van krachten van elementen die uit een heistelling op een beschermingsconstructie vallen en de voorzieningen die daarvoor getroffen moeten worden.

2. Analyse methodiek algemeen

Voor de analyse methodiek wordt gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

[1] Rekenmodel voor belastingen op crashdecks gevalideerd, artikel Bouwen met Staal #281, juni 2021, M.M.J. Spanenburg.
[2] Mechanica voor technici – Dynamica, 1e druk, 3e oplage, Pearson, Amsterdam oktober 2002, R.C. Hibbeler.
[3] NEN-EN 1991-1-7, Eurocode 1 – Belastingen op constructies, Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen.

In [1] is er uit een test uitgevoerd waarbij objecten uit een kraan op een crashdeck vallen en de krachten op de constructie als gevolg hiervan zijn gemeten. Vervolgens is met de leer van de dynamica (o.a. met [2]) een rekenmodel opgesteld en zijn de berekende krachten vergeleken met de gemeten krachten. Deze bleken zeer goed overeen te komen. Ook was het interessant om te zien dat sommige formules of delen daarvan gelijk waren aan formules uit bijlage C.2 van [3]. Om deze reden wordt dezelfde aanpak gevolgd voor vallende objecten uit heistellingen.

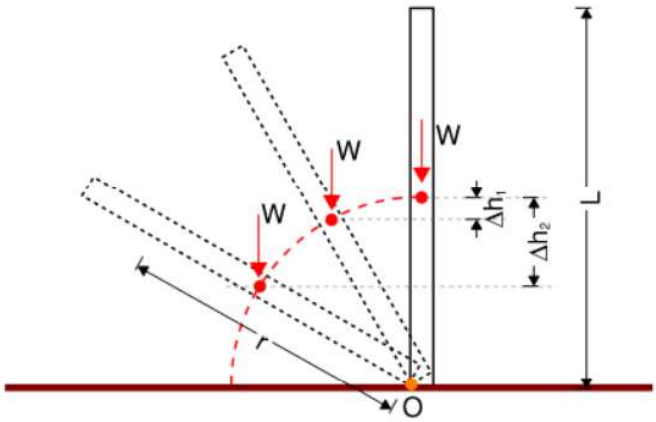
De analyse is in 3 stappen onder te verdelen (conform [1]), namelijk;

1. Valbeweging element.
2. Botsing element met (opvang)constructie.
3. Respons (opvang)constructie.

Voor de berekening van vallende objecten uit een heistelling wordt dezelfde procedure gevolgd. Omdat in [1] vooral de verticale beweging en botsing is geanalyseerd, dient in deze memo juist de roterende beweging en botsing beschouwd te worden. De (dynamica) principes zijn echter hetzelfde. Hieronder wordt dat verder uitgewerkt.

2.1 Analyse valbeweging

In onderstaande figuur is de valbeweging van een element uit een heistelling getoond.



De arbeid die door het gewicht wordt verricht (potentiële energie) is:

$$E_{pot} = m \times g \times \Delta h = W \times \Delta h \qquad (1)$$

Waarbij Δh de verticale valhoogte van het zwaartepunt is. Dit komt omdat er alleen arbeid verricht kan worden als de (gewichts-) kracht en verplaatsing in dezelfde richting zijn.

De kinetische energie van het roterende object om het punt O is:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \times I_O \times \omega^2 \qquad (2)$$

Hierin is I_O het massatraagheidsmoment [kgm^2] en ω de hoeksnelheid van de rotatie [rad/s].

Het traagheidsmoment is als volgt te berekenen:

$$I_0 = \frac{1}{3} \times m \times L^2 \qquad (3)$$

De hoeksnelheid van de rotatie vermenigvuldigd met de afstand tot het rotatiepunt r [m] geeft de snelheid van het element (vector staat loodrecht op het element) op dat punt:

$$v = \omega \times r \qquad (4)$$

Substitutie van (3) en (4) in (2) geeft:

$$E_{kin} = \frac{1}{6} \times m \times L^2 \times \left(\frac{v}{r}\right)^2 = \frac{1}{6} \times m \times \left(\frac{L \times v}{r}\right)^2 \qquad (5)$$

Het gelijkstellen van (1) met (5) geeft de hoeksnelheid en de snelheid van een willekeurig punt:

$$m \times g \times \Delta h = \frac{1}{6} \times m \times \left(\frac{L \times v}{r}\right)^2$$

$$v = \left(\frac{r}{L}\right)\sqrt{6g \times \Delta h} \qquad (6a)$$

$$\omega = \frac{1}{L}\sqrt{6g \times \Delta h} = \sqrt{2\left(\frac{m}{I_o}\right) g\Delta h} \qquad (6b)$$

De valsnelheid van het object is dus onafhankelijk van de massa. Deze vergelijking kan met de vrije valsnelheid van een puntmassa worden vergeleken: $v=\sqrt{(2gh)}$. Vergelijking (6b) is hieraan nagenoeg identiek, met een correctie voor de rotatie van m/I_O. De valsnelheid van een punt op het roterende object en een verticaal vallend object zijn aan elkaar gelijk als $r/L = 1/\sqrt{3} = 0.58$, ofwel op $r=L/\sqrt{3}=0.58L$.

2.2 Botsingen van puntmassa's – algemene beschouwing

Wanneer het element voldoende rotatie heeft ondergaan, zal deze de opvangconstructie raken. Tijdens de botsing vindt er energie- en impulsoverdracht plaats.

Uit [1] is gebleken dat een botsing nagenoeg altijd "plastisch" is, dat wil zeggen dat beide massa's blijvend met elkaar meebewegen na de botsing. Dit is teruggerekend uit de terugstuiterhoogte die in de test is waargenomen. De plastische botsing is hier vooral het geval omdat de massa van het object veel kleiner was dan de massa van het crashdeck ($m_o << m_d$).

Om te beoordelen of dit ook geldig is bij constructies die even zwaar zijn of zelfs lichter dan het vallende object, wordt hier een korte studie naar gedaan.

Stel er botst een massa m_a tegen massa m_b, waarbij de snelheid van massa m_a voor de botsing v_{a1} is en de snelheid na de botsing v_{a2}. De snelheid van de massa m_b voor de botsing is 0 en na de botsing v_{b2}. Behoud van impuls geeft dan:

$$m_a \times v_{a1} = m_a \times v_{a2} + m_b \times v_{b2} \qquad (7a)$$

$$v_{b2} = \frac{m_a}{m_b} \times (v_{a1} - v_{a2}) \qquad (7b)$$

De definitie van de restitutiecoëfficiënt e is:

$$e = \frac{v_{b2} - v_{a2}}{v_{a1} - v_{b1}} = \frac{v_{b2} - v_{a2}}{v_{a1}} \qquad (8a)$$

$$v_{a2} = v_{b2} - e \times v_{a1} \qquad (8b)$$

Substitutie van

$$v_{b2} = \frac{m_a}{m_b} \times (v_{a1} - v_{a2}) = \frac{m_a}{m_b} \times (v_{a1} - v_{b2} + e \times v_{a1})$$

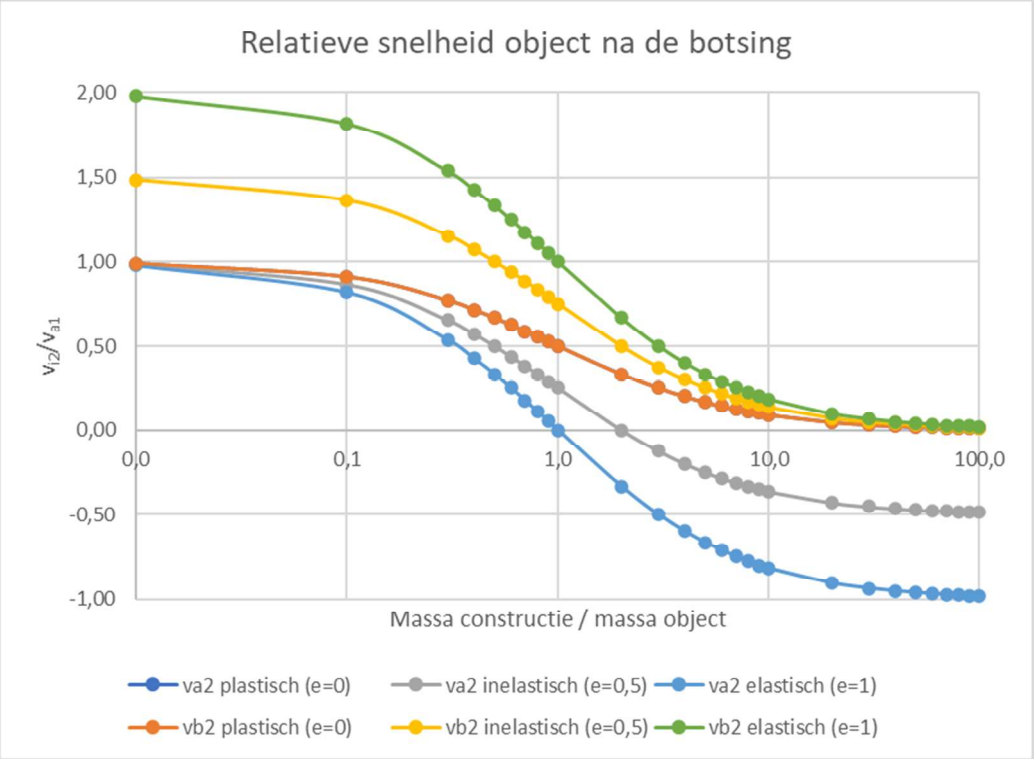
$$v_{b2}\left(1 + \frac{m_a}{m_b}\right) = \frac{m_a}{m_b} \times (1 + e) \times v_{a1}$$

$$v_{b2} = \frac{(1+e)}{\left(1+\frac{m_b}{m_a}\right)} v_{a1} \qquad (9)$$

Hieruit kan ook direct de snelheid van massa m_a na de botsing bepaald worden:

$$v_{a2} = v_{b2} - e \times v_{a1} = \frac{\left(1-\frac{m_b}{m_a}e\right)}{\left(1+\frac{m_b}{m_a}\right)} v_{a1} \qquad (10)$$

In onderstaande grafiek is de snelheid van het object na de botsing ten opzicht van de snelheid van het object voor de botsing getoond.



Waar de snelheid negatief wordt, is sprake van terugstuiteren. Bij een plastische botsing wordt de snelheid nergens negatief. Bij een elastische botsing en $m_b >> m_a$ is de relatieve snelheid precies omgekeerd aan de valsnelheid.

De terugstuiterhoogte Δh_2 volgt dan uit:

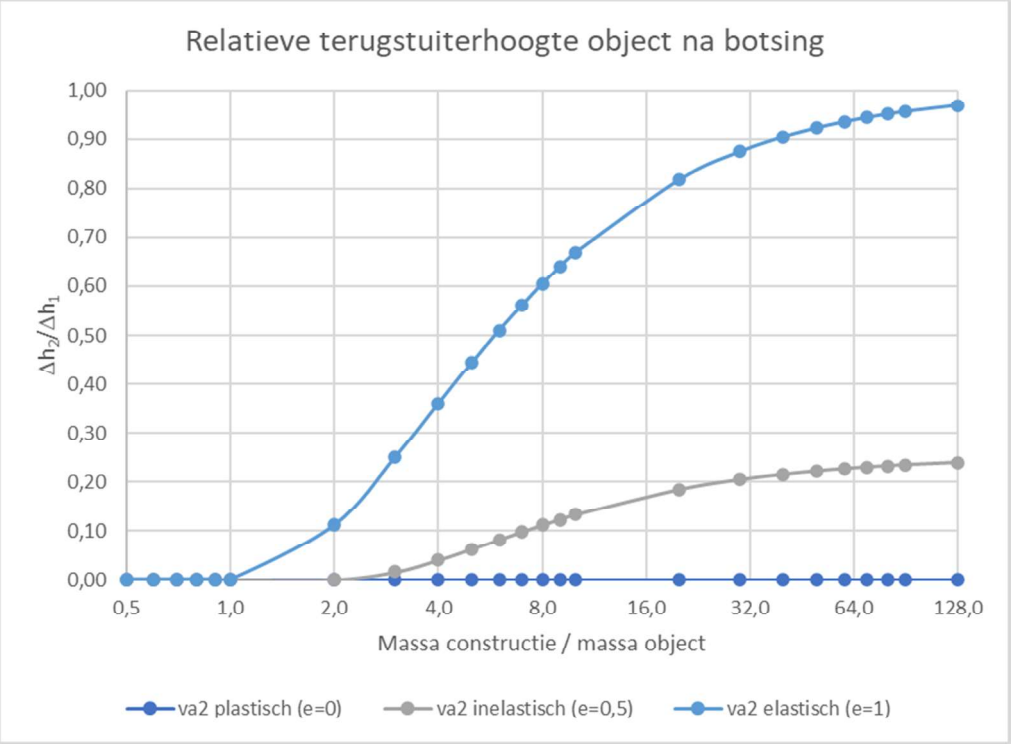
$$m_a g \Delta h_2 = \frac{1}{2} m_a \times {v_{a2}}^2$$

$$\Delta h_2 = \frac{1}{2g} \times {v_{a2}}^2 = \frac{1}{2g} \frac{\left(1-\frac{m_b}{m_a}e\right)^2}{\left(1+\frac{m_b}{m_a}\right)^2} {v_{a1}}^2 \qquad (11)$$

Met $v_{a1} = \sqrt{(2g\Delta h_1)}$ wordt de relatieve terugstuiterhoogte $\Delta h_2/\Delta h_1$:

$$\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} = \frac{\left(1-\frac{m_b}{m_a}e\right)^2}{\left(1+\frac{m_b}{m_a}\right)^2} \qquad (12)$$

Dit is in onderstaande grafiek getoond voor waardes waar $v_{a2}<0$.

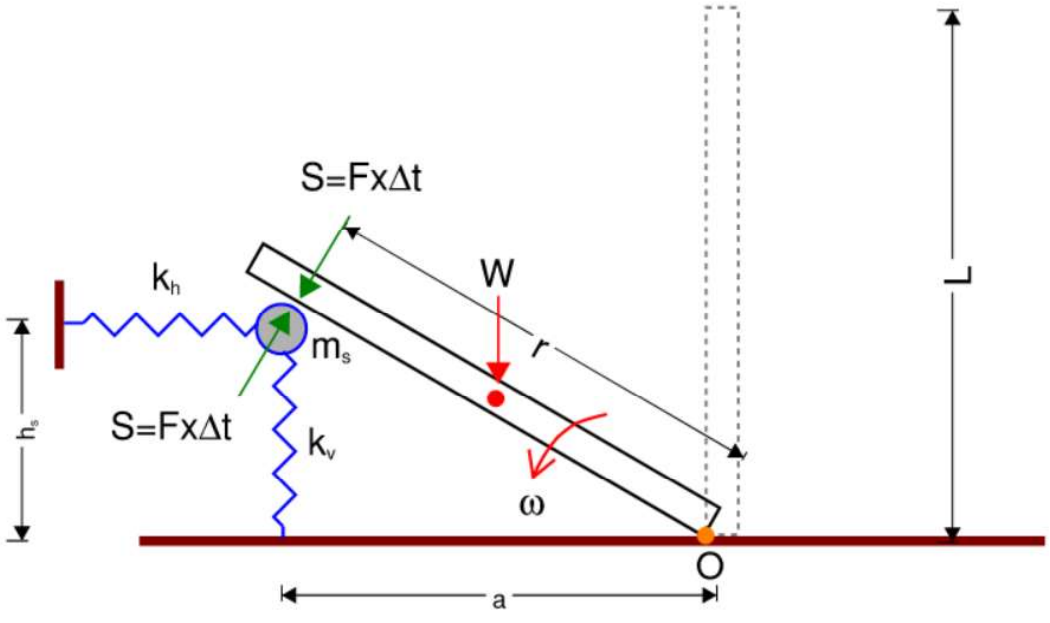


In het gebied waar de massa van het object gelijk is aan de massa van de constructie, of groter is dan de massa van de constructie, stuitert de constructie niet of nauwelijks op. Er kan dus vooraf uitgegaan worden van een elastische of plastische botsing wanneer de massa van het vallende object dicht bij de massa van constructie ligt, zoals hier het geval zal zijn.

2.3 Botsing van starre roterende systemen

Het impulsmoment H_O van een roterend element om O net voor de botsing op t_1 is gelijk aan:

$$H_{o1} = I_O \times \omega_1 \qquad (14)$$



Om het systeem te vereenvoudigen, wordt het roterende systeem omgeschreven naar een equivalente massa m_a dat dezelfde impulsmoment en energie heeft. Voor behoud van impulsmoment geldt:

$$H_{o1} = r(m_a \times v_e) = r(m_a \times \omega_1 r) = m_a \omega_1 r^2 \quad (15)$$

Gelijkstellen van (14) aan (15) geeft:

$$m_a = \frac{I_O}{r^2} \quad (16)$$

Controle voor energiebehoud:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m_a {v_{a1}}^2 = \frac{1}{2} \frac{I_O}{r^2} (\omega_1 r)^2 = \frac{1}{2} I_O {\omega_1}^2$$

Zowel impuls en energie van een roterend systeem blijft behouden. Er kan verder gewerkt worden met de equivalente massa m_a. Hiermee kan direct de theorie van de vorige paragraaf gebruikt worden voor de uitwerking.

De vector v_{b2} (snelheid constructie na botsing) staat loodrecht op het element. Deze dient nog ontbonden te worden in horizontale en verticale richting:

$$v_{b2h} = v_{b2} \frac{h_s}{r} \quad (17a)$$

$$v_{b2v} = v_{b2} \frac{a}{r} \quad (17b)$$

2.4 Respons constructie

De respons van de constructie is afhankelijk van of deze elastisch of plastisch vervormd.

De elastische respons kan berekend worden uit vergelijking C.1 van [3] of uit vergelijking (5c) van [1]. Deze vergelijking is gelijk aan:

$$F_{max} = v_{b2} \sqrt{m \times k} \quad (18)$$

Wanneer de elastische capaciteit van de constructie overschreden wordt, dan geldt vergelijking C.5 uit [3]:

$$E_{kin2} = F_{pl} \times u_p$$

De kinetische energie van de constructie na de botsing moet door plastische arbeid van de constructie opgenomen worden.

2.5 Ductiliteit

Bij impact- en botsbelastingen treedt vaak plastische vervorming op. Onderstaande tabel is overgenomen uit Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen “PGS 1, Deel 2B: effecten van explosie op constructies, tabel 6-2”.

Constructie	Du
Gewapend betonnen balken	$\frac{0{,}1}{\omega_0 - \omega_0'}$
Stalen balken, op buiging belast	26,4
Stalen balken, op buiging en druk belast	8,1
Gelaste portalen, verticaal belast	6 - 16
Samengestelde T balk	8

Hieruit blijkt dat voor stalen balken een ductiliteit Du = 8 á 26 toelaatbaar is. Doordat de liggers op dubbele buiging worden belast en de kolommen op druk en buiging, wordt Du = 8 als grenswaarde aangehouden.

3. Noordzijde: containerwand langs spoor

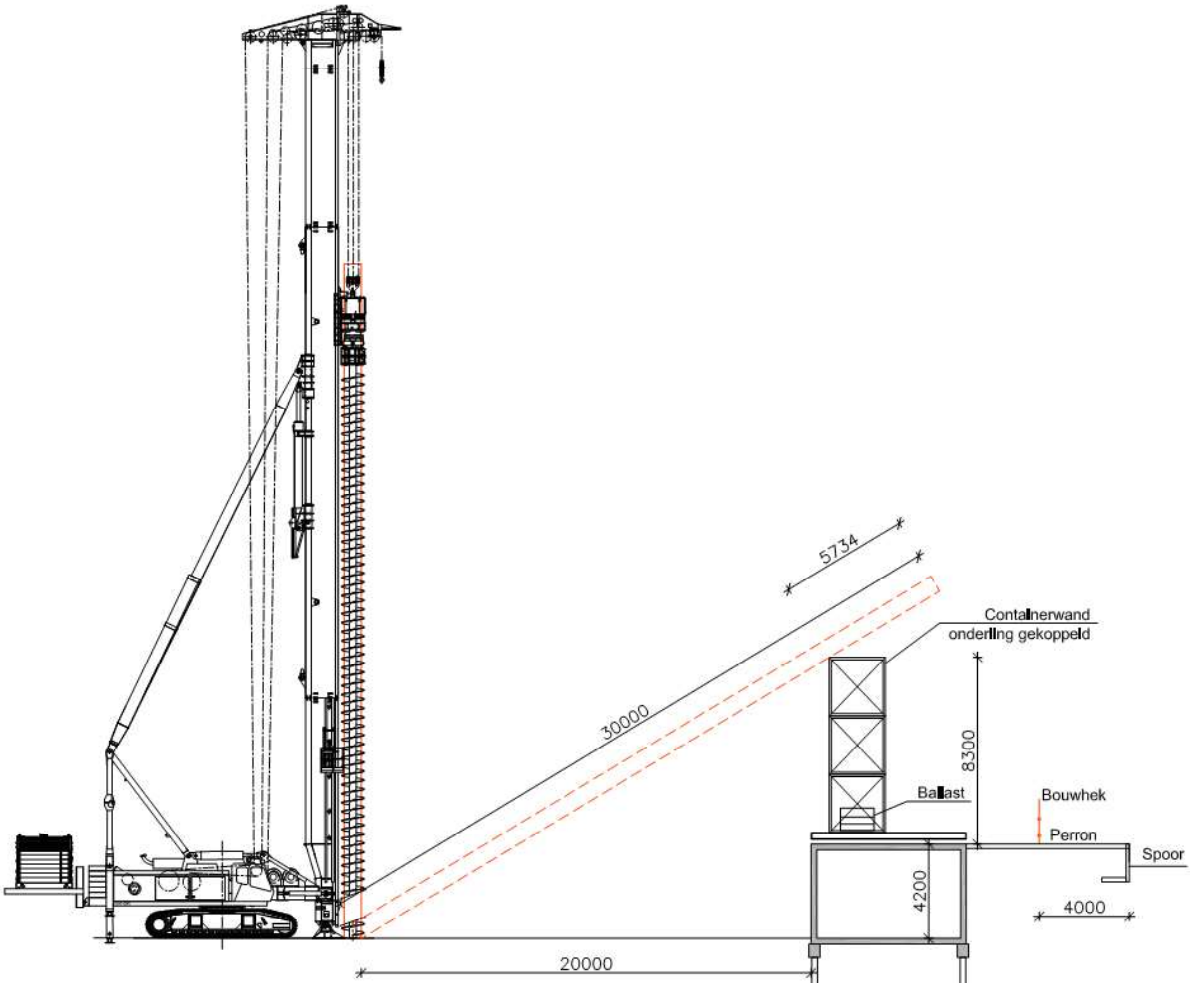
3.1 Overzicht situatie

3.1.1 Beschrijving containerwand

Om het spoor te beschermen van vallende objecten van de bouwplaats wordt een schutting van zeecontainers gemaakt. Deze schutting dient Tubex-palen van 30 meter lang (ø762x10) en damwanden (AZ36-700) van 24 meter lang op te kunnen vangen welke vanaf maaiveld op 0.0 meter NAP worden geïnstalleerd. Het perron ligt op ca. 4.2 meter hoogte en de containerwand is 12.5 meter hoog.

De situatie met de Tubex palen is maatgevend en daarom wordt alleen deze beschouwd.

De schutting draagt de belasting af op de dragende wanden/kolommen van de bestaande gebouwen met een stramien van ca. 7m.

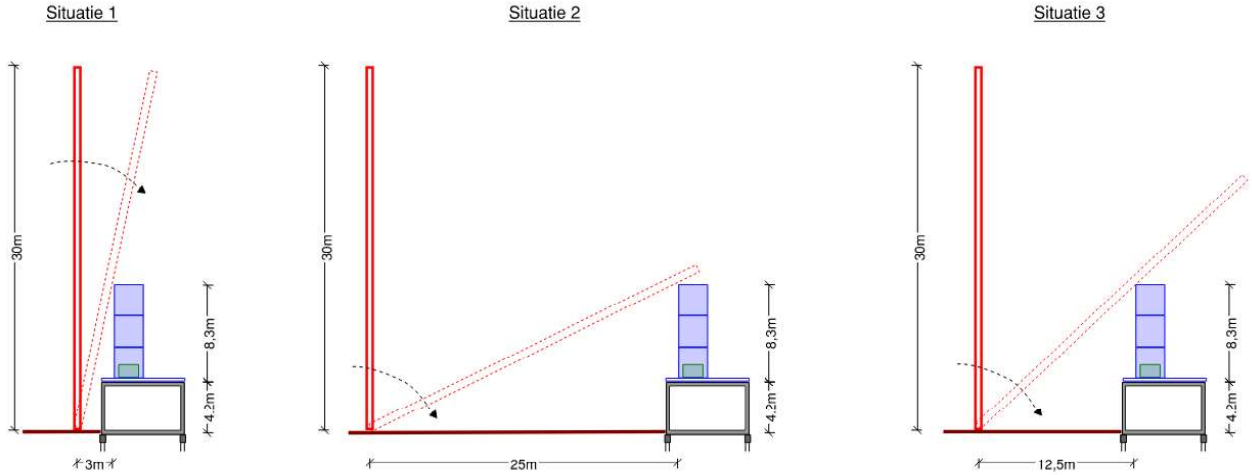


3.1.2 Belastingsituaties

Er zijn verschillende belastingsituaties mogelijk.

1. Object staat dichtbij de bouwschutting (damwand en/of Tubex-paal).
2. Object staat ver van de bouwschutting (Tubex-paal).
3. Object staat halverwege (Tubex-paal).

In onderstaande figuur zijn deze situaties getoond.



De Tubex-paal zorgt voor de maatgevende situatie t.o.v. de damwand doordat:

- De damwand (119 kg/m) is lichter dan de Tubex-paal (188 kg/m).
- De damwand (24m) is korter dan de Tubex-paal (30m).
- De damwand komt alleen maar voor in belastingsituatie 1, waarbij deze ook dichter op de bouwschutting staat. Hierdoor is de valhoogte / beweging kleiner voor deze situatie ook kleiner.
- De damwand komt bij de andere belastingsituaties niet voor.

3.1.3 Afmeting zeecontainer

Hieronder is een tabel met standaard gegevens van zeecontainers gegeven. Deze geldt als uitgangspunt van het ontwerp.

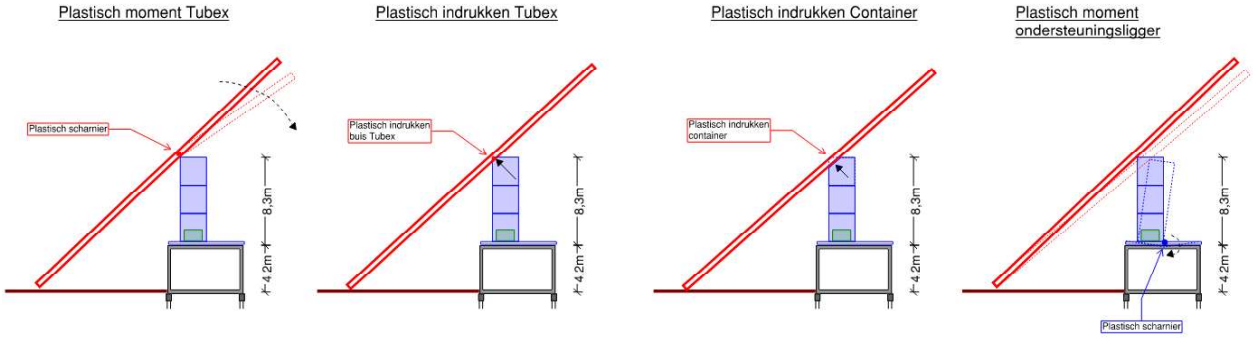
		20'-container		40'-container		45'-high-cube-container	
		imperial	metrisch	imperial	metrisch	imperial	metrisch
buiten-maten	lengte	19' 10½"	6,06 m	40' 0"	12,19 m	45' 0"	13,72 m
	breedte	8' 0"	2,44 m	8' 0"	2,44 m	8' 0"	2,44 m
	hoogte	8' 6"	2,59 m	8' 6"	2,59 m	9' 6"	2,90 m
binnen-maten	lengte	18' 10 "	5,87 m	39' 5 "	12,03 m	44' 4"	13,56 m
	breedte	7' 8 "	2,35 m	7' 8 "	2,35 m	7' 8 "	2,35 m
	hoogte	7' 9 "	2,39 m	7' 9 "	2,39 m	8' 9 "	2,70 m
deuropening	breedte	7' 8 ⅛"	2,34 m	7' 8 ⅛"	2,34 m	7' 8 ⅛"	2,34 m
	hoogte	7' 5 ¾"	2,28 m	7' 5 ¾"	2,28 m	8' 5 "	2,59 m
inhoud		1169 ft³	32,9 m³	2385 ft³	67,5 m³	3040 ft³	86,0 m³
maximum geladen massa		52 910 lb	24 000 kg	67 200 lb	30 480 kg	67 200 lb	30 480 kg
leeg gewicht		4850 lb	2200 kg	8380 lb	3800 kg	10 580 lb	4800 kg
netto lading		48 060 lb	21 800 kg	58 820 lb	26 680 kg	56 620 lb	25 680 kg

Er wordt uitgegaan van een 20'-container (6.06x2.44x2.59 – LxBxH, 2200 kg leeggewicht).

3.2 Bezwijkcapaciteit onderdelen

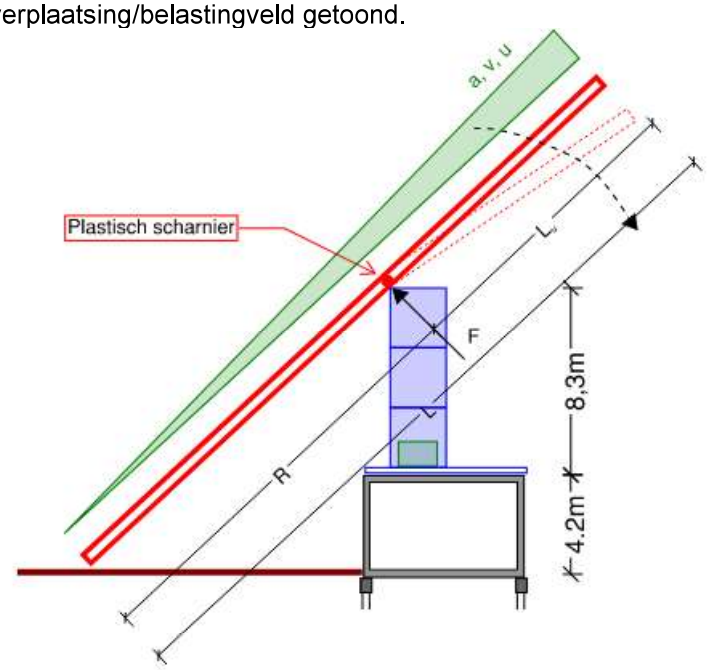
Wanneer de Tubex-paal tegen de container komt, dan kunnen onderdelen plastisch vervormen als gevolg van de impact. In deze paragraaf wordt onderzocht bij welke belasting de plastische capaciteit / vervorming van een onderdeel optreedt. De volgende mechanismen worden beschouwd:

- Plastisch moment Tubex
- Plastisch indrukken Tubex
- Plastisch indrukken container
- Plastisch moment ondersteuningsligger containers



3.2.1 Buiging Tubex-paal

In onderstaande figuur is het mechanisme getoond. In het groen is het versnelling/snelheid/ verplaatsing/belastingveld getoond.



Doorsnede classificatie, momentweerstand en bezwijken

De Tubex-paal heeft de volgende verhouding voor d/t = 762/10 = 76 (S355). Dit is een klasse 4 doorsnede voor S355.

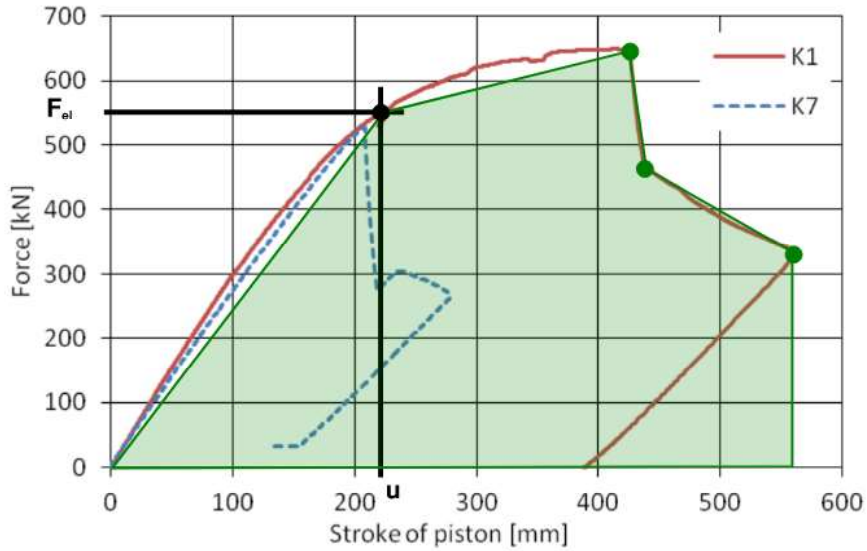
Op TU-Delft en de KIT in Karlsruhe is veel onderzoek gedaan naar bezwijkgedrag van buizen in de Offshore, zie onderstaande figuur.

Met name de testsetup van Karlsruhe komt goed overeen met de beschouwde Tubex-palen (ø762*10) van het Tree House, zowel qua slankheid (d/t=76) als staalkwaliteit (X52: f_y = 360 N/mm^2 / f_u = 570 N/mm^2 → vergelijkbaar met S355).

In onderstaande tabel staan de testresultaten van KIT Karlsruhe. De buizen K1 en K2 zijn representatief voor de beschouwde Tubex buizen (d/t = 820/11 = 75 ~ 76).

I.D.	$t_{failure}$ ($t_{nominal}$) [mm]	D_{out} [mm]	Slenderness $(D_{out}-t)/t$	Slenderness $D_{out}/(t\varepsilon^2)$	Maximum force F_{max} [kN]	Deflection u_y [mm]	Lever arm L [mm]	M_{max}/M_{el} [-]
K1	11 (11)	820	73.5	140.5	649.0	183.2	4000	1.084
K2	11.1 (11)	820	72.9	125.1	595.7	126.7	4000	1.083
K3	9.1 (8)	820	89.1	114.7	445.7	116.8	4000	1.306
K4	7.8 (8)	820	104.1	206.7	465.2	86.9	4000	1.018
K5	7.5 (8)	820	108.3	194.5	531.8	37.5	3000	0.994
K6	8.4 (8.4)	863	101.7	181.4	661.2	81.9	3000	1.019
K7	8.4 (8.4)	863	101.7	194.1	526.6	76.9	4000	1.004
K8	8.6(8.6)	863	99.3	174.2	530.1	68.4	3000	0.808

In onderstaande figuur is het last-verplaatsingsdiagram getoond. Hierbij valt op dat bij de aanwezige slankheid (K1) nog enige verplaatsingscapaciteit is van ongeveer 2x de elastische verplaatsing. Na bezwijken valt de belasting terug naar nul, maar blijft de verplaatsing behouden.



De geabsorbeerde energie is dan:

E_{abs} = oppervlak onder F-u-diagram = 2*F*u

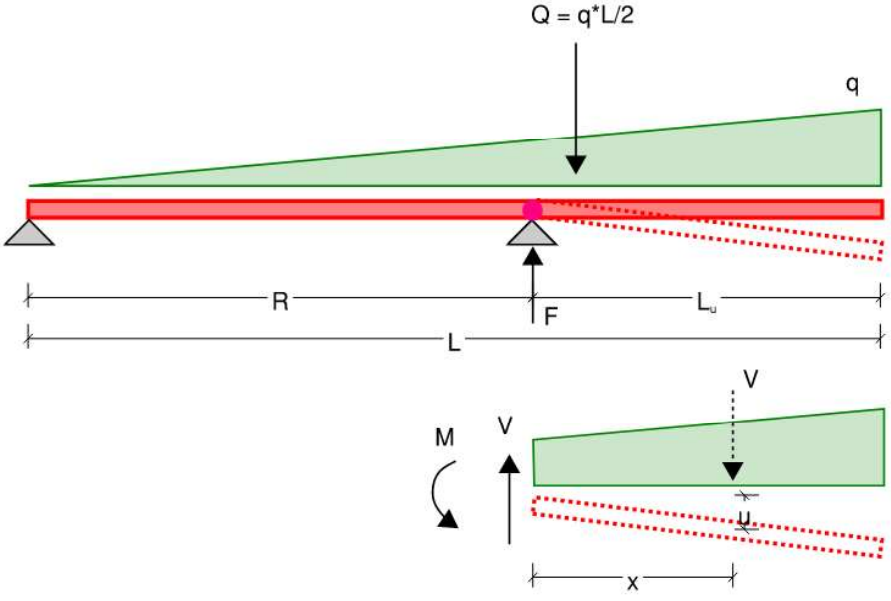
Het elastische momentweerstand van de Tubex (ø762*10) is:

$W_{el} = \pi/4*t*D^2 = \pi/4*10*762^2 = 4560367$ mm^3

$M_{el} = 355*4560367/10^6 = 1619$ kNm

Situatie 1: 3.0 m afstand

Hieronder is het schema van situatie 1 getoond.



De belasting (groene vlak) is gelijk aan Q = q*L/2. Het moment t.g.v. de uitkraging is:

$M = ½*q*L_u^2 – 1/6*(q/L*L_u)*L_u^2 = q*L_u^2*(1/2 -L_u/6L) = (2Q/L)*L_u^2*(1/2 -L_u/6L)$

De totale kracht op de Tubex waarbij het maximale moment in de uitkraging optreedt is dan:

$Q_{el;M\text{-}tubex} = M_{el} * L / (*L_u^2*(1 -L_u/3L))$

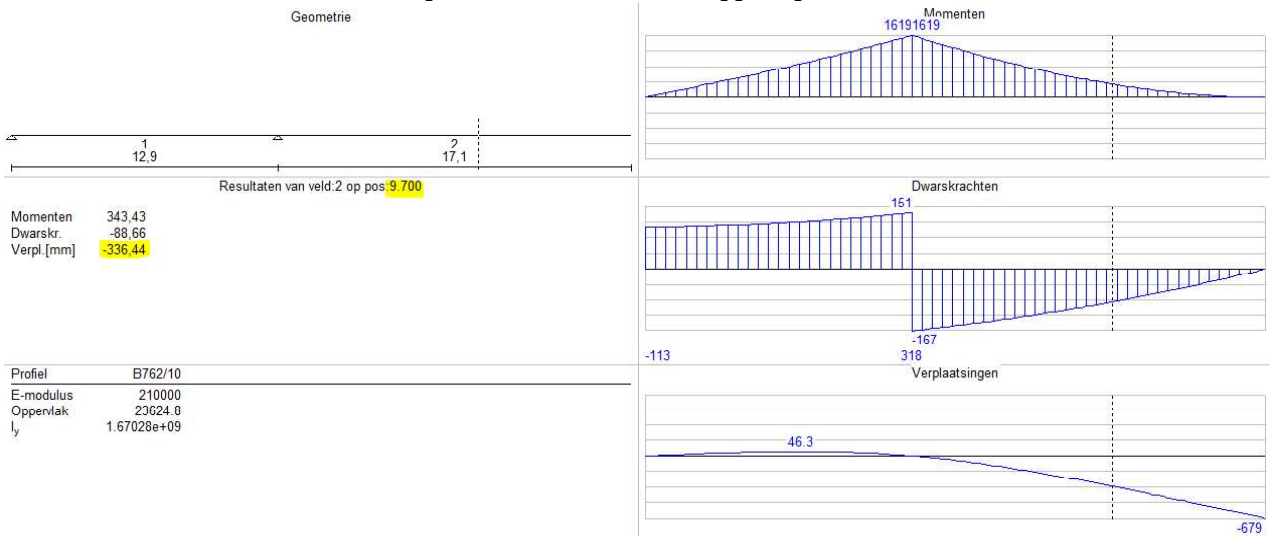
In situatie 1 geldt L=30 m en L_u = 30-12,9 = 17,1 m wordt de impactkracht op de container bij bezwijken:

$Q_{el;M\text{-}tubex} = M_{el} * L / (L_u^2*(1 -L_u/3L)) = 1619*30 / (17,1^2*(1-17,1/90) = 205$ kN

q = 2*Q/L = 2*205/30 = 13,7 kN/m

F = 205*(30*2/3 / 12,9) = 318 kN

Hieronder is bovenstaande belastingsituatie in Technosoft Liggers gezet.



Wanneer de uitkraging van de Tubex bezwijkt, wordt energie geabsorbeerd. Deze energie is gelijk aan de kracht op de uitkraging maal de verplaatsing in het zwaartepunt van die kracht. Het zwaartepunt van deze belasting ligt op:

x = M/V = 1619 / 167 = 9,7 m vanaf het impactpunt

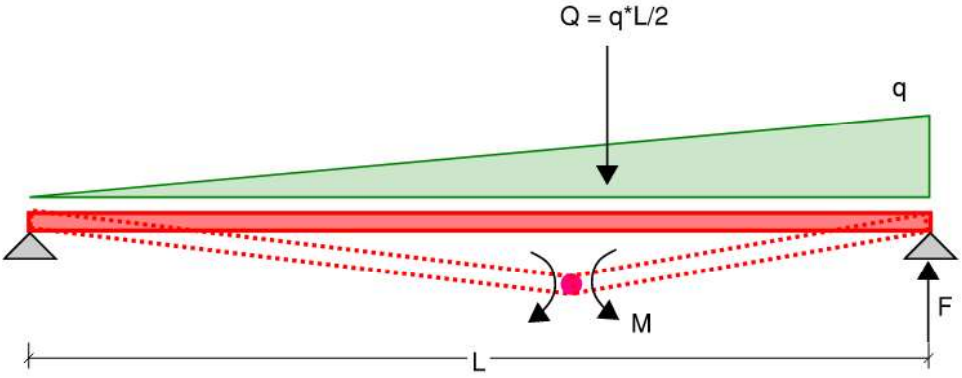
u = 336 mm (zie bovenstaande figuur, geel gearceerd)

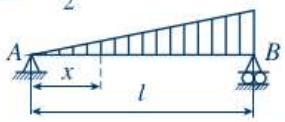
F_{eq} = V = 167 kN

$E_{abs} = 1,5*F_{eq}*u = 1,5*167*0,336 = 84$ kNm

Situatie 2: 25.0 m afstand

In geval van situatie 2 ontstaat onderstaat schema:



$Q = \frac{q \cdot l}{2}$ 	$R_A = \frac{Q}{3}$ $R_B = \frac{2Q}{3}$ $D = Q\left(\frac{1}{3} - \frac{x^2}{l^2}\right)$	$M = \frac{Q}{3}\left(x - \frac{x^3}{l^2}\right)$ $M_{max} = 0,128Q \cdot l$ bij $x = 0,5774l$	$f = \frac{Q \cdot x}{180EI \cdot l^2}(3x^4 - 10l^2x^2 + 7l^4)$ $f_{max} = -0,01304\frac{Q \cdot l^3}{EI}$ bij $x = 0,519l$ $\varphi_A = \frac{7Q \cdot l^2}{180EI}$ $\varphi_B = \frac{2Q \cdot l^2}{45EI}$

Het maximale moment bij deze belasting is:

M_{max} = 0,128*Q*L = M_{el} → Q = 7,8*M_{el}/L

De oplegreactie bij B is gelijk aan de impactkracht, dus:

F = R_b = 2/3Q = 5,2*M_{el}/L = 5,2*1619/25 = 337 kN.

De elastische doorbuiging is:

Q = 3/2*F_{el} = 3/2*337 = 506 kN

u_{max} = 0,013*506000*25000^3 / (210000*1670283528) = 293 mm.

De geabsorbeerde energie is de oppervlakte onder kracht-verplaatsingsdiagram. Hiervoor moet de q-last omgerekend worden naar een equivalente puntlast ter plaatse van het bezwijkmoment (x=0,58L=14,5m).

M = F_{eq} * (L-x)*x/L = M_{el}

F_{eq} = M_{el}*L / [(L-x)*x] = 1619*25 / [(25-14,5)*14,5] = 266 kN

E_{abs} = 1,5*F_{eq}*u_{el} = 1,5*266*0,293 = 117 kNm

Situatie 3: 12.5 m afstand

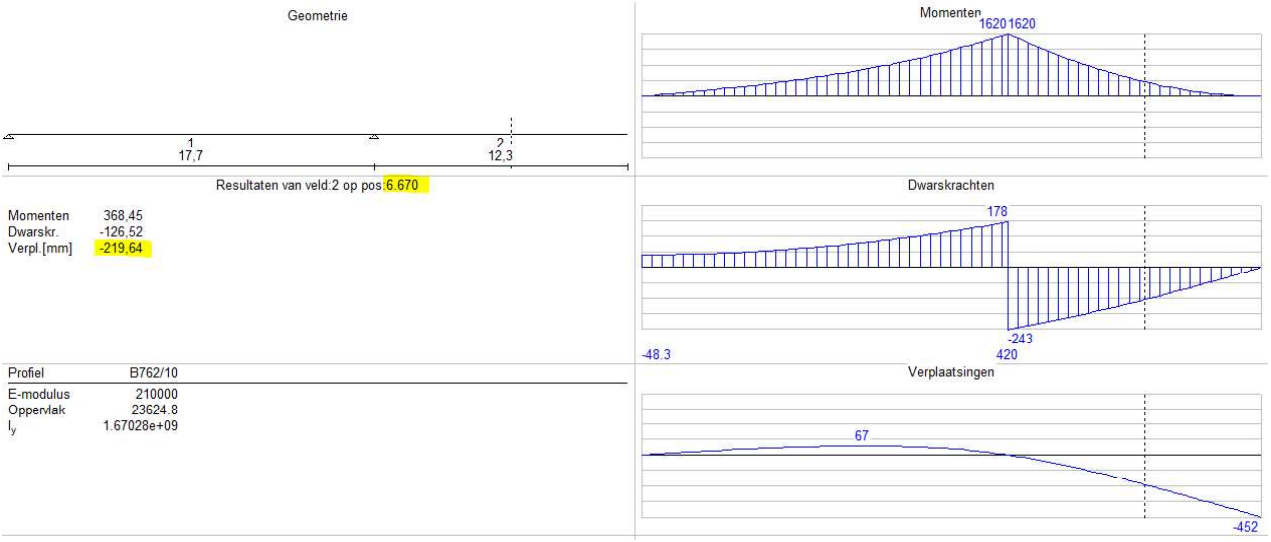
De principes zijn gelijk aan situatie 1, alleen zijn de parameters afwijkend. Voor situatie 3 geldt L=30 m en L_u = 30-17,7 = 12,3m. Hiermee wordt de impactkracht op de container:

$Q_{el;M\text{-}tubex} = M_{el} * L / (L_u^2*(1 - L_u/3L)) = 1619*30 / (12,3^2*(1-12,3/90) = 372$ kN

q = 2*Q/L = 2*372/30 = 24.8 kN/m

F = 372*(30*2/3 / 17,7) = 420 kN

Hieronder is bovenstaande belastingsituatie in Technosoft liggers gezet.



Wanneer de uitkraging van de Tubex bezwijkt, wordt energie geabsorbeerd. Deze energie is gelijk aan de kracht op de uitkraging maal de verplaatsing in het zwaartepunt van die kracht. Het zwaartepunt van deze belasting ligt op:

x = M/V = 1620 / 243 = 6,67 m vanaf het impactpunt

u = 220 mm (zie bovenstaande figuur, geel gearceerd)

F_{eq} = V = 243 kN

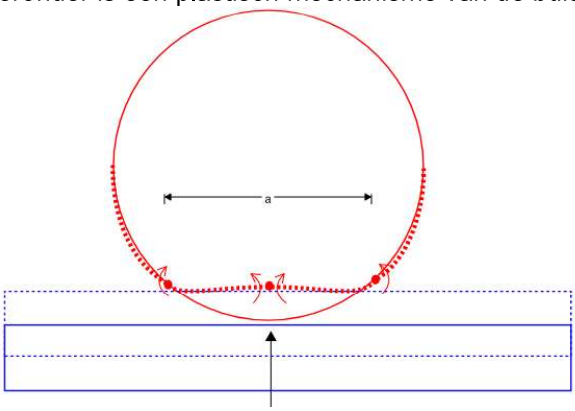
$E_{abs} = 1,5*F_{eq}*u = 1,5*243*0,22 = 80$ kNm

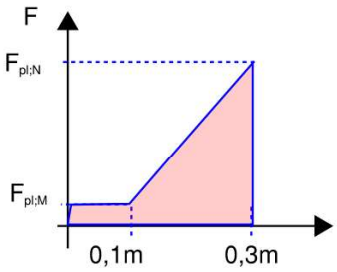
Samenvatting

Situatie	*1*	*2*	*3*
F	318 kN	337 kN	420 kN
E_{abs}	84 kNm	117 kNm	80 kNm

3.2.2 Lokale indrukking Tubex-paal

In de analyse is veronderstelt dat de buis een star object is. Dit is een conservatieve aanname. In werkelijkheid is dit niet het geval en zal deze tijdens de botsing / impact ook plastisch gaan vervormen. Hieronder is een plastisch mechanisme van de buis getoond.





De plastische capaciteit van het eerste mechanisme op buiging van de buiswand is (uitgaande van 1,0 meter lengte van de plastische scharnieren):

$F_{pl;M} = 16*m_{pl}/a = 16*(1/4*1000*10^2*355/1^E6)/0.50 = 16*8.9/0.5 = 284$ kN

u = ~100 mm

Daarna gaan de zijwanden meer weerstand geven totdat deze de drukbelasting van de zijwanden heeft bereikt. Deze kracht is:

$F_{pl;N} = 2*10*500*355/1000 = 3550$ kN

u = ~300mm

De energie die dit mechanisme op kan nemen is:

$E_{pl} = 0,3*284 + 0,2*(3550-284)/2 = 412$ kNm

3.2.3 Lokaal indrukken container

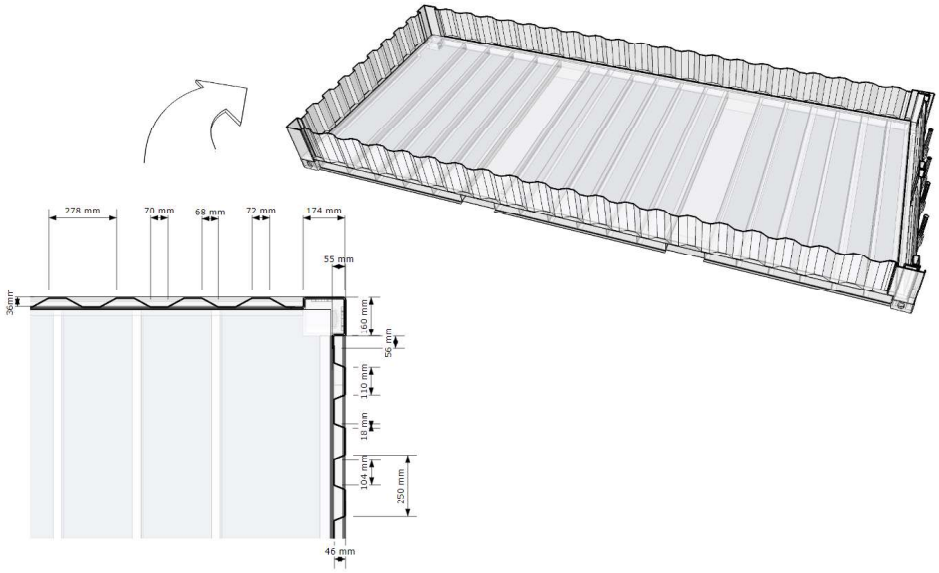
Op de volgende pagina is een figuur van een zeecontainer getoond. Een zeecontainer heeft vaak een plaatdikte van 1,5 mm á 2,0 mm. De staalkwaliteit wordt verondersteld als Cortenstaal S355.

Als eerste wordt de effectieve breedte van één wandstrip bepaald met NEN-EN 1993-1-5:

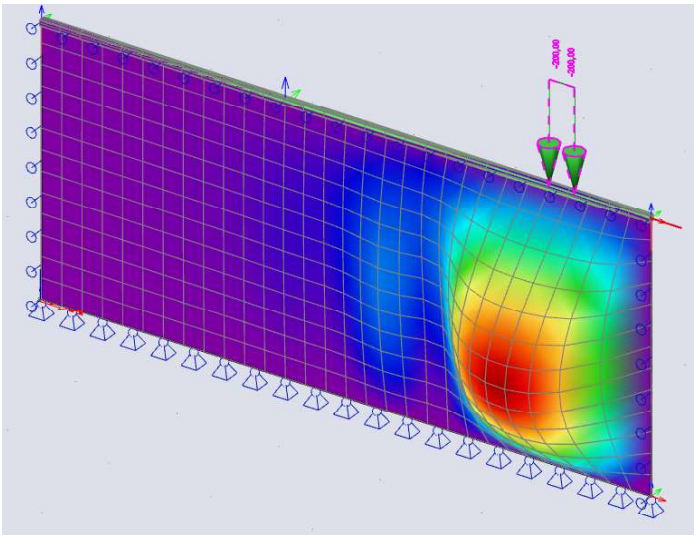
- $\lambda_p = (b/t) / (28,4*\varepsilon*\sqrt{k_\sigma}) = (70/2) / (28,4*0,81*\sqrt{4}) = 0,76$
- $\rho = (\lambda_p - 0,055*(3+\psi)) / \lambda_p^2 = (0,76 - 0,055*(3+1)) / 0,76^2 = 0,93$

Dit is nagenoeg de volledige doorsnede (93%). Gezien alle onzekerheden, lijkt het redelijk om dit aan te nemen. De doorsnede eigenschappen zijn:

- $I = 332*10^3$ mm³/m
- $A = 2195$ mm²/m



Op basis van deze doorsnede eigenschappen is in Scia Engineer een knikberekening gemaakt. Hierbij is een q-last van 200 kN/m, lang 0,5 meter op de wand geplaatst. De knikfactor is 5,6 – 5,9, afhankelijk van de locatie. Dit geeft een relatieve slankheid van $\lambda = \sqrt{(N_{pl} / N_{cr})} = \sqrt{((2195*355/1000) / (5,75*100))} = \sqrt{(779 / 575)} = 1,16$ en een knikfactor van χ=~0,4.



Voorgaande analyse resulteert in een gemiddelde plooi/knikspanning bij impact van $0,40*f_y = 142$ N/mm^2. Dit geeft de volgende capaciteit:

- $q_{Rd} = 142*2195/1000 = 311$ kN/m

Uitgaande van een effectieve breedte van 3x de buisdiameter:

- $b_{eff} = 3*0,762 = 2,3$ m
- $F_{pl;wand/dak} = 2,3*311 = 715$ kN (in het vlak van de wand / dak)

Stel dat de container tot de buisdikte plastisch kan vervormen (0,76m), dan is de opneembare energie van de wand / het dak: $E_{abs} = 715*0,76 = 543$ kNm per vlak.

Omgerekend naar de 3 situaties geeft dit:

Situatie	*1*	*2*	*3*
F	730 kN	800 kN	1010 kN
E_{abs}	554 kNm	608 kNm	768 kNm

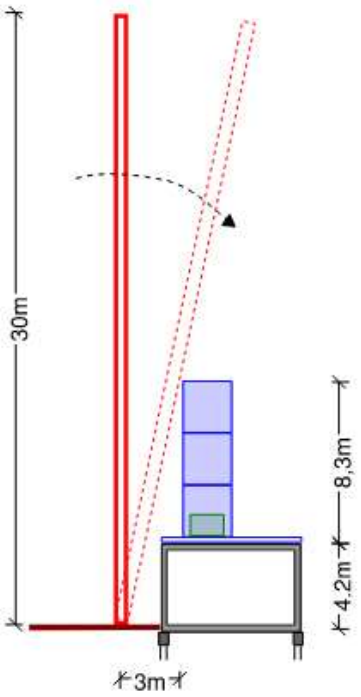
3.2.4 Buiging ondersteuningsligger

Deze wordt nader bepaald. In eerste instantie wordt een starre ondersteuning verondersteld.

3.3 Berekening impact belastingen situatie 1

3.3.1 Situatie

In de figuur hieronder is situatie 1 getoond.



3.3.2 Kinetische energie valbeweging

De Tubex slaat in deze situatie mogelijk door, tenzij deze aan de onderzijde tegen gehouden wordt. Deze situatie kan worden tegen gegaan door de buis op een zekere afstand in de machine te hijsen. Hier wordt verderop in de memo op ingegaan. De berekening wordt toch uitgevoerd, zodat ook de situatie met de damwand is aangetoond. De damwand zal niet doorslaan, aangezien deze korter is dan de Tubex-paal.

De kinetische energie van dit mechanisme is E_{kin} = 23 kNm, zie hieronder.

NEN-EN 1991-1-7 (bijlage C) & MEMO BAM	Respons van constructies bij starre kantelende objecten						
Object							
Lengte object	L =	30,0	m				
Gewicht per m object	$q_{g;k}$ =	1,8	kN/m	=	188	kg/m	
Gewicht totaal object	W =	55,3	kN	=	5639	kg	
Traagheidsmoment object	I_O =	1691743	kgm2				$I_O = 1/3*(W/g)*L^2$
Constructie							
Geometrie		**Doorslaggevaar, vergroot afstand/hoogte constructie!**					
Hoogte kolom	h_s =	12,5	m				
Hoh afstand kolommen	c =	7,0	m				
Afstand constructie tot kantelpunt object	a =	3,0	m				
Afstand botspunt tot kantelpunt object	r =	12,9	m	$r = \sqrt{(h_s^2+a^2)}$			
Valbeweging							
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =			$L/2*(1-h_s/r)$ =	0,4	m	
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =			$W * \Delta h_1$ =	22913	Nm	MEMO BAM (1)
Equivalente massa kantelend object	m_a =			I_O / r^2 =	10237	kg	MEMO BAM (16)
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =			$(r/L) * \sqrt{(6*g*\Delta h_1)}$ =	2,1	m/s	MEMO BAM (6a)

3.3.3 Analyse mechanismen

De mechanismen hebben de volgende capaciteiten:

- Buiging Tubex: F = 318 kN
- Lokaal indrukking Tubex: F = 284-3550 kN
- Lokaal indrukken container: F = 805 kN
- Buiging ondersteuningsligger: NTB

De plastische indrukking van de Tubex heeft in eerste instantie de laagste capaciteit, tot een verplaatsing van ca. 0,105 m. De geabsorbeerde energie is dan E_{abs} = 284*0,105 = 30 kNm. Dit is al voldoende om de kinetische energie op te nemen en de Tubex tot stilstand te krijgen.

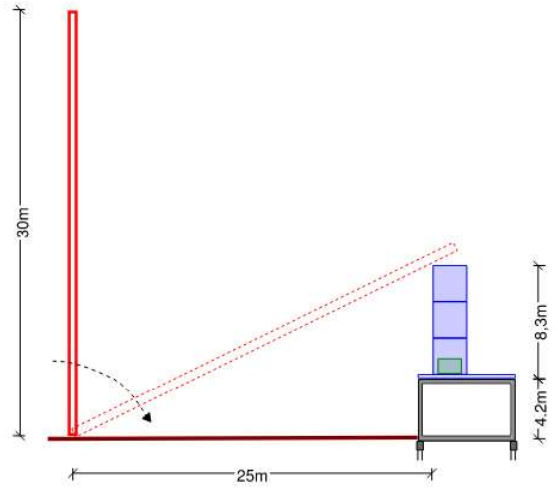
De maatgevende kracht op de containers is dan F=284 kN. In verband met oversterkte wordt F_{ov} = 1,4*284 = 400 kN aangehouden. De kracht staat loodrecht op de Tubex paal net voor de impact.

3.4 Berekening impactbelasting situatie 2

3.4.1 Situatie

Hieronder is situatie 2 schematisch weergegeven.

Situatie 2



3.4.2 Kinetische energie valbeweging

De kinetische energie net voor de botsing is E_{kin} = 459 kNm, zie onderstaande berekening.

NEN-EN 1991-1-7 (bijlage C) & MEMO BAM	Respons van constructies bij starre kantelende objecten					
Object						
Lengte object	L =	30,0	m			
Gewicht per m object	$q_{g;k}$ =	1,8	kN/m	=	188	kg/m
Gewicht totaal object	W =	55,3	kN	=	5639	kg
Traagheidsmoment object	I_O =	1691743	kgm2			$I_O = 1/3*(W/g)*L^2$
Constructie						
Geometrie						
Hoogte kolom	h_s =	12,5	m			
Hoh afstand kolommen	c =	7,0	m			
Afstand constructie tot kantelpunt object	a =	25,0	m			
Afstand botspunt tot kantelpunt object	r =	28,0	m	$r = \sqrt{(h_s^2+a^2)}$		
Valbeweging						
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =			$L/2*(1-h_s/r)$ =	8,3	m
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =			$W * \Delta h_1$ =	458702	Nm
Equivalente massa kantelend object	m_a =			I_O / r^2 =	2165	kg
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =			$(r/L) * \sqrt{(6*g*\Delta h_1)}$ =	20,6	m/s

3.4.3 Analyse mechanismen

De mechanismen hebben de volgende capaciteiten:

- Buiging Tubex: F = 337 kN
- Lokaal indrukking Tubex: F = 284-3550 kN
- Lokaal indrukken container: F = 805 kN
- Buiging ondersteuningsligger: NTB

De plastische indrukking van de Tubex heeft in eerste instantie de laagste capaciteit, tot een verplaatsing van ca. 0,105 m. De geabsorbeerde energie is dan E_{abs} = 284*0,105 = 30 kNm. Vervolgens neemt de capaciteit van dit mechanisme toe en zal de Tubex op buiging plastisch gaan vervormen. De Tubex moet op buiging dan de volgende energie opnemen:

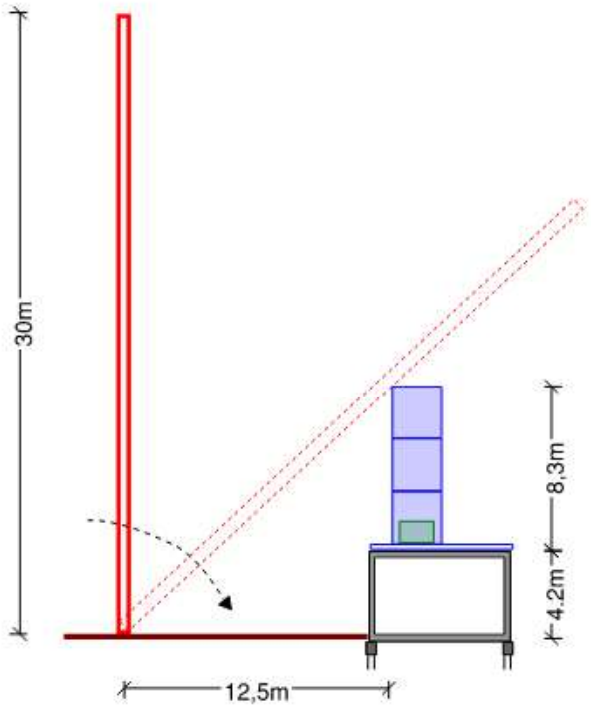
E ≥ 459 – 30 = 429 kNm

Dit is meer dan de opneembare energie (E_{abs} = 111 kNm) waardoor de Tubex waarschijnlijk bezwijkt op buiging. Het bezwijken gebeurt wel binnen de muren van de bouwplaats en niet op publiek gebied. Dit is daarom acceptabel.

De maatgevende kracht op de containers is dan F=357 kN. In verband met oversterkte wordt F_{ov} = 1,4*357= 500 kN aangehouden. De kracht staat loodrecht op de Tubex paal net voor de impact.

3.5 Berekening impactbelasting situatie 3

3.5.1 Situatie



3.5.2 Kinetische energie valbeweging

De kinetische energie net voor de botsing is E_{kin} = 243 kNm, zie onderstaande berekening.

NEN-EN 1991-1-7 (bijlage C) & MEMO BAM	Respons van constructies bij starre kantelende objecten					
Object						
Lengte object	L =	30,0	m			
Gewicht per m object	$q_{g;k}$ =	1,8	kN/m	=	188 kg/m	
Gewicht totaal object	W =	55,3	kN	=	5639 kg	
Traagheidsmoment object	I_O =	1691743	kgm2			$I_O = 1/3*(W/g)*L^2$
Constructie						
Geometrie						
Hoogte kolom	h_s =	12,5	m			
Hoh afstand kolommen	c =	7,0	m			
Afstand constructie tot kantelpunt object	a =	12,5	m			
Afstand botspunt tot kantelpunt object	r =	17,7	m	$r = \sqrt{(h_s^2+a^2)}$		
Valbeweging						
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =			L/2*(1-h_s/r) =	4,4 m	
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =			W * Δh_1 =	243043 Nm	MEMO BAM (1)
Equivalente massa kantelend object	m_a =			I_O / r^2 =	5414 kg	MEMO BAM (16)
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =			(r/L) * $\sqrt{(6*g*\Delta h_1)}$ =	9,5 m/s	MEMO BAM (6a)

3.5.3 Analyse mechanismen

De mechanismen hebben de volgende capaciteiten:

- Buiging Tubex: F = 420 kN
- Lokaal indrukking Tubex: F = 284-3550 kN
- Lokaal indrukken container: F = 805 kN
- Buiging ondersteuningsligger: NTB

De plastische indrukking van de Tubex heeft in eerste instantie de laagste capaciteit, tot een verplaatsing van ca. 0,105 m. De geabsorbeerde energie is dan E_{abs} = 284*0,105 = 30 kNm. Vervolgens neemt de capaciteit van dit mechanisme toe en wordt buiging maatgevend. Het buigmechanisme kan E_{abs} = 80 kNm opnemen. Totaal is dit E_{abs} = 30 + 80 = 110 kNm. Dit is niet genoeg om de kinetische energie (243 kNm) te absorberen met als risico dat de paal knikt en doorslaat op het spoor.

De maatgevende kracht op de containers is dan F=284 kN. In verband met oversterkte wordt F_{ov} = 1,4*284 = 400 kN aangehouden. De kracht staat loodrecht op de Tubex paal net voor de impact.

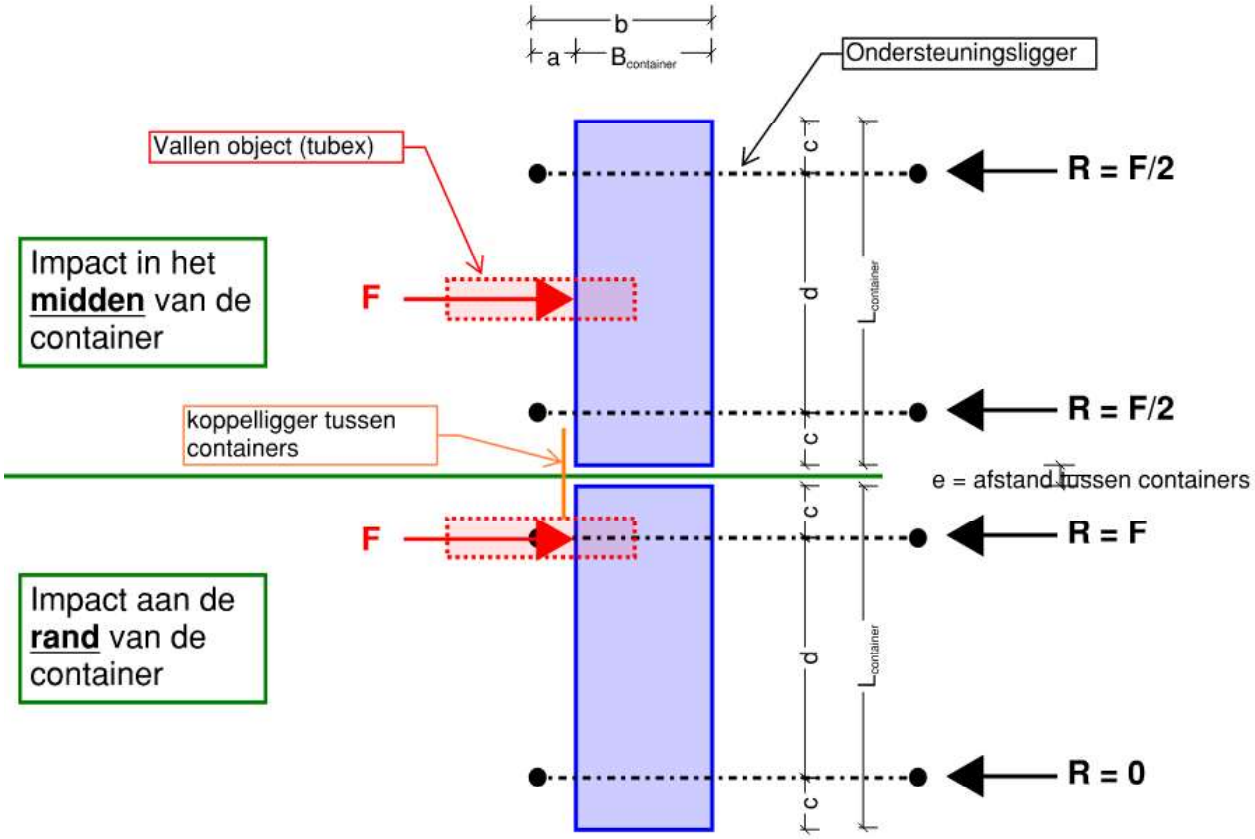
3.6 Berekening ondersteuningsconstructie

3.6.1 Primaire functie ligger t.b.v. energie absorptie

Uit voorgaande analyses blijkt dat de Tubex-paal op buiging kan bezwijken en theoretisch gezien kan doorslaan op het spoor. Om dit te voorkomen dient de ondersteuningsconstructie als eerste te bezwijken en zodoende de bewegingsenergie op te nemen. Dit wordt in de volgende paragrafen uitgewerkt.

3.6.2 Belastingschema container

In onderstaande figuur is een bovenaanzicht van het principe van de ondersteuningsliggers ten opzicht van de containers getoond. Het vallende object kan in het midden van de container of aan de zijkant van de container terecht komen. Dit maakt een behoorlijk verschil in de kracht van de ondersteuningsconstructie en dit dient in de uitwerking van de ondersteuningsconstructie meegenomen te worden.



3.6.3 Berekening ondersteuningsligger

Hieronder worden de belastingen en energie absorptie van de van de ondersteuningsligger berekend voor alle 3 de mechanismen. Vervolgens wordt terug gerekend welk plastisch weerstandsmoment maximaal toegestaan is om het bezwijken van de ondersteuningsligger maatgevend te maken ten opzichte van de overige mechanismen. Dit geeft de bovengrens van het weerstandsmoment, uitgaande van een impact aan de rand van de container.

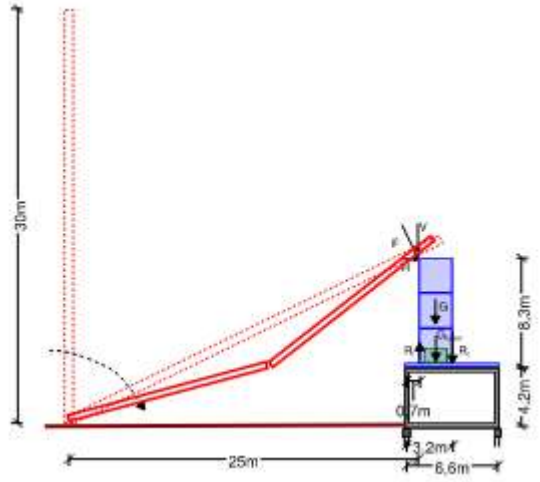
Tevens is het minimaal benodigde weerstandsmoment bepaald om de windbelasting op te nemen. Deze is aanzienlijk lager dan maximaal toelaatbaar voor de impact.

		Situatie 1			Situatie 2			Situatie 3		
		Situatie 1			Situatie 2			Situatie 3		
Geometrie	r	x	y	r	x	y	r	x	y	
	12,9	3	12,5	28,0	25	12,5	17,7	12,5	12,5	
		Situatie 1			Situatie 2			Situatie 3		
Bezwijkmechanismen	F	H	V	F	H	V	F	H	V	
Buiging buis	318	309	74	337	151	301	420	297	297	
Indrukking buis (min)	284	276	66	284	127	254	284	201	201	
Indrukking buis (max)	3550	3452	828	3550	1588	3175	3550	2510	2510	
Indrukking container	730	710	170	800	358	716	1010	714	714	
Gekozen	318	309	74	337	151	301	420	297	297	
		Situatie 1			Situatie 2			Situatie 3		
Buiging ondersteuningsligger	G	11	kN	G	11	kN	G	11	kN	
	Gballast	25	kN	Gballast	25	kN	Gballast	25	kN	
	h	8,3	m	h	8,3	m	h	8,3	m	
	a	0,7	m	a	0,7	m	a	0,7	m	
	b	3,2	m	b	3,2	m	b	3,2	m	
	L	6,6	m	L	6,6	m	L	6,6	m	
	Rc	848	kN	Rc	487	kN	Rc	865	kN	
	Rt	-738	kN	Rt	-149	kN	Rt	-532	kN	
	MEd	1132	kNm	MEd	748	kNm	MEd	1234	kNm	
	S	355	N/mm2	S	355	N/mm2	S	355	N/mm2	
Maximaal plastisch weerstandsmoment	**Wpl**	**3189**	**cm3**	**Wpl**	**2108**	**cm3**	**Wpl**	**3477**	**cm3**	
Windbelasting op containter	Winddruk	0,8	kN/m2							
	Cpe	1,3	[-]							
	B	6	m							
	gamma	1,5	[-]							
	MwEd	322	kNm							
	Rc	147	kN							
	Rt	-111	kN							
	MEd;ligger	202	kNm							
	S	355	N/mm2							
Minimaal plastisch weerstandsmoment	**Wpl**	**570**	**cm3**							

In onderstaande berekening wordt de gekozen ondersteuningsligger getoetst. Hierbij wordt zowel impact aan de rand als impact (F=R) in het midden van de container (F=2R) getoetst.

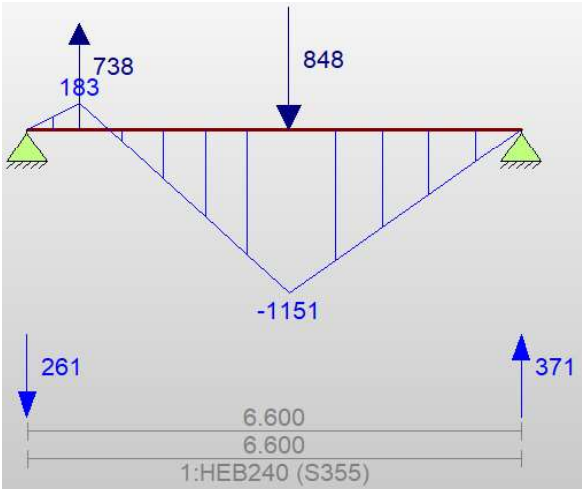
Verplaatsingen mechanisme		profiel	HEB240								
		I	11259	cm4							
		Wp	1053	cm3							
		S	355	N/mm2							
		Mp	374	kNm							
		Rcp	280	kN							
		Rct	-244	kN							
		δel	90,2	mm							
		Du	8								
		δpl	722	mm							
		φ	0,23	rad							
		uh;top	1,87	m							
		uv;top	0,72	m							
		Situatie 1				**Situatie 2**			**Situatie 3**		
Energie absorptie per ligger		H	102	kN		H	75	kN	H	90	kN
		V	25	kN		V	151	kN	V	90	kN
		Fpl	105	kN		Fpl	168	kN	Fpl	127	kN
		Wh	191	kNm		Wh	141	kNm	Wh	168	kNm
		Wv	18	kNm		Wv	109	kNm	Wv	65	kNm
		Wtot	209	kNm		Wtot	250	kNm	Wtot	233	kNm
Impact midden container		**Situatie 1**				**Situatie 2**			**Situatie 3**		
Buiging buis		F	318	kN		F	337	kN	F	420	kN
Indrukking buis (min)		F	284	kN		F	284	kN	F	284	kN
Indrukking buis (max)		F	3550	kN		F	3550	kN	F	3550	kN
Indrukking container		F	730	kN		F	800	kN	F	1010	kN
Buiging ondersteuningsligger		2F	210	kN		2F	337	kN	2F	254	kN
Maatgevend mechanisme		Ondersteuningsligger				Buis + ondersteuningsligger			Ondersteuningsligger		
Energie absorptie mtg mechanisme		Eabs	418	kNm		Eabs	499	kNm	Eabs	467	kNm
Kinetische energie valbeweging		Ekin	23	kNm		Ekin	459	kNm	Ekin	122	kNm
Unity Check		UC	0,06			UC	0,92		UC	0,26	
Controle		**Voldoet**				**Voldoet***			**Voldoet**		
		* bezwijken buis op buiging is mogelijk. Dit vindt plaats binnen contour bouwplaats --> geen risico voor omstanders / spoor									
Impact rand container		**Situatie 1**				**Situatie 2**			**Situatie 3**		
Buiging buis		F	318	kN		F	337	kN	F	420	kN
Indrukking buis (min)		F	284	kN		F	284	kN	F	284	kN
Indrukking buis (max)		F	3550	kN		F	3550	kN	F	3550	kN
Indrukking container		F	730	kN		F	800	kN	F	1010	kN
Buiging ondersteuningsligger		F	105	kN		F	168	kN	F	127	kN
Maatgevend mechanisme		Ondersteuningsligger				Buis (indrukking + buiging)			Ondersteuningsligger		
Energie absorptie mtg mechanisme		Eabs	209	kNm		Eabs	250	kNm	Eabs	233	kNm
Kinetische energie valbeweging		Ekin	23	kNm		Ekin	459	kNm	Ekin	122	kNm
Unity Check		UC	0,11			UC	1,84		UC	0,52	
Controle		**Voldoet**				**Voldoet****			**Voldoet**		
		** bezwijken buis op buiging vindt plaats binnen contour bouwplaats --> geen risico voor omstanders / spoor.									

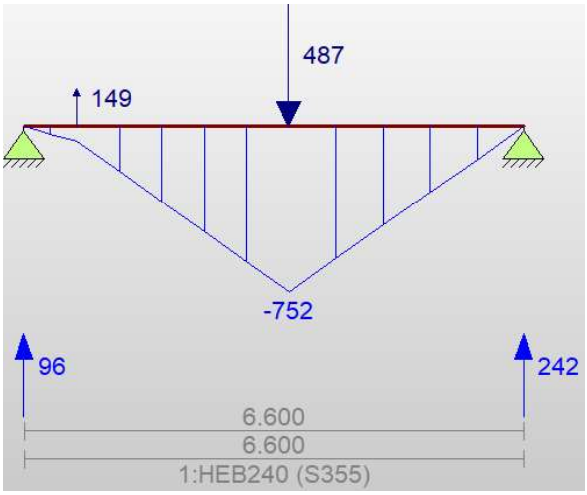
Bij situatie 2 kan de Tubex-paal bezwijken op buiging. Doordat de buis dan halverwege bezwijkt op buiging, valt deze binnen de bouwplaats (zie onderstaande figuur) en is dit geen risico voor omstanders of het spoor.

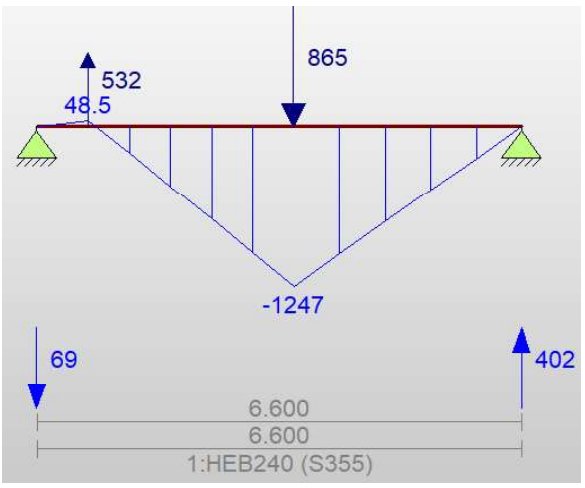


3.7 Afdracht ondersteuningsconstructie op plintgebouw

De reactiekrachten van de container op de stalen ligger zijn in voorgaande paragraaf gegeven. De drie situaties zijn in Technosoft Liggers gezet en de reactiekracht op de plintbebouwing is gegeven, zie hieronder:

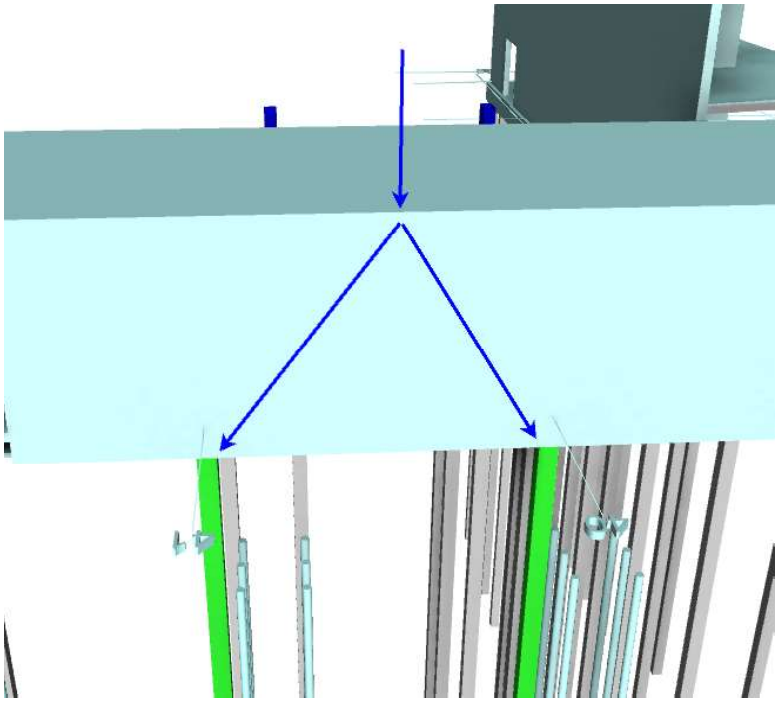






De maatgevende krachten zijn 261kN opwaarts en 402 kN neerwaarts.

De neerwaartse belasting van 402kN komt terecht op de achterwand van het plintgebouw. Deze wand is een massieve betonwand van 300mm dik en is 4,9 meter hoog. De kracht zal worden gespreid door de achterwand over meerder palen, ten minste 2 stuks. Dit levert 201kN per paal op aan belasting.



De veranderlijke belastingen op het gebouw zijn gegeven in berekening "*30134831 - Constructief ontwerp*" van Arcadis:

ROTTERDAM CS DELFTSEPLEIN

ARCADIS

4.4 Gebruiksbelasting

Voor de veranderlijke belasting wordt uitgegaan van de volgende belastingen:

- Perron (dak) = 5 kN/m²
- Begane grond = 4 kN/m²

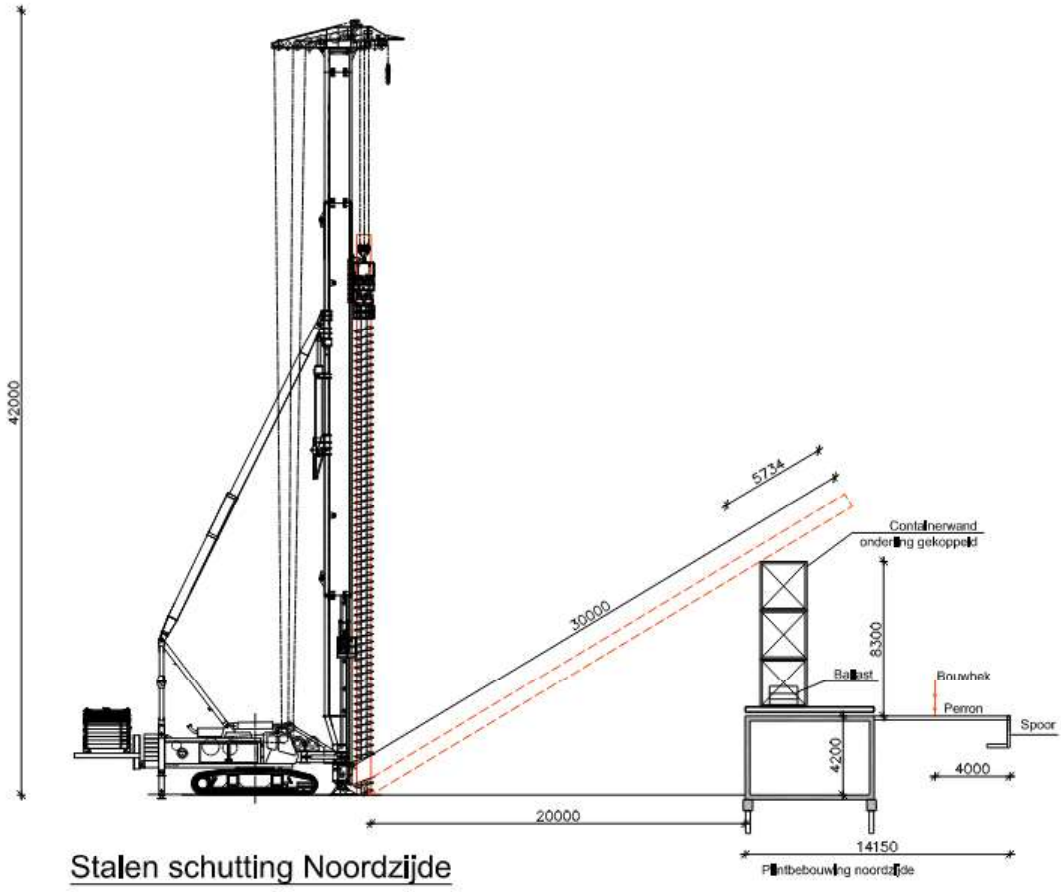
Per paal wordt een vloeroppervlakte van 6,83 * 6,6/2 = 22,5m² opgenomen. Dit is 22,5*5+22,5*4 = 202,5kN veranderlijke belasting (karakteristiek). Dit is meer dan 201kN welke er in het geval van een calamiteit op komt, derhalve akkoord.

Aan de voorzijde kan de kracht niet worden gespreid, omdat hier kolommen staan en geen wand. De maximale belasting aan de voorzijde bedraagt 96kN (neerwaarts). De veranderlijke belasting van het dek bedraagt 22,5*5 = 112,5kN. Dit is meer dan de belasting in het geval van een calamiteit, dus de kolom kan deze belasting opnemen. Ook de funderingspaal aan de voorzijde is dus in staat op deze belasting op te nemen.

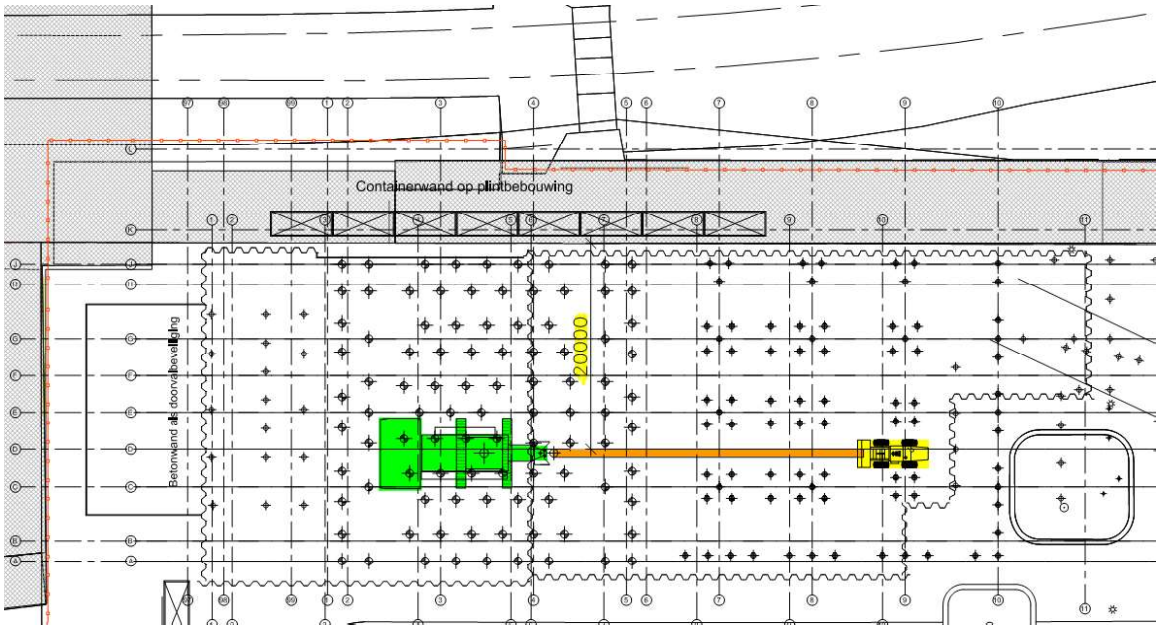
Het plintgebouw kan de optredende belastingen in geval van een calamiteit opnemen.

3.8 Eindconclusie

Hoewel volgens voorgaande berekening geen vallende objecten of onderdelen daarvan op het spoor kunnen komen, heeft BAM toch besloten om nog een aanvullende maatregel te treffen. Deze betreft een minimum afstand van het object van 20 meter tot de containerwand, zie onderstaande figuren. De palen worden horizontaal gelost vanaf de vrachtwagen en opgeslagen op het bouwterrein met behulp van een hulpkraan. Vanaf deze positie worden de paalsegmenten ingehesen in de heimachine. Maatgevend in deze bewerking is het vallen van het paalsegment wanneer deze van een horizontaal liggende positie naar een verticale positie wordt gebracht. Eenmaal in de machine ingebracht is deze geborgd in de boormotor waardoor het valgevaar is geweken. Door de buis niet vlak naast het spoor in de machine te brengen, maar op minimaal 20 meter afstand vanaf zijkant bouwput en vanaf daar richting spoor draaien / manoeuvreren kan de buis niet op het spoor vallen.



Stalen schutting Noordzijde

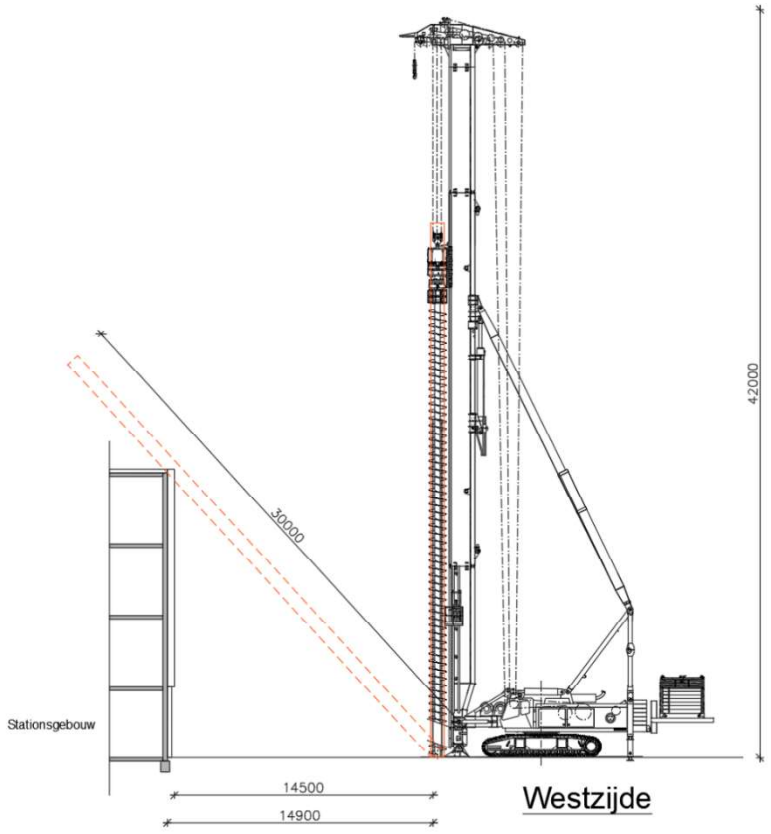


Hiermee wordt het risico van de tegenreactie bij situatie 1 voorkomen en is het uitkragende deel minimaal. Dit geval valt tussen situatie 2 en 3 en beiden zijn aangetoond dat ze de energie uit de valbeweging op een veilige manier kunnen opnemen.

4. Westzijde: impact op bestaand gebouw

4.1 Overzicht situatie

Op het stationsgebouw aan de westzijde kan een Tubex-paal terecht komen. Impact van een damwand is uitgesloten gezien de damwandlengte en de afstand. Beide gevallen zijn onderbouwd in het bouwveiligheidsplan.



4.2 Berekening impact belasting

4.2.1 Schatting model parameters bestaande gebouw

De afmetingen van het gebouw zijn ongeveer 50x30x16 m^3 (lxbxh). Het is een betonnen gebouw. De massa van de dakvloer wordt conservatief ingeschat op 400 kg/m^2. Dit geeft een massa van 600.000 kg voor het totale dakvlak. Dit wordt aangehouden als gebouwmassa, waarbij de massa van de overige vloeren en de eindwand worden verwaarloosd.

De verticale wand wordt ondersteund door palen. Stel dat er 10 palen onder de wand zitten met een stijfheid van k_v = 100.000 kN/m per paal, ofwel 1.000.000 kN/m totaal. De verticale capaciteit wordt geschat op 10x500 kN/paal = 5000 kN totaal.

In horizontale zin wordt de capaciteit geschat op basis van de windbelasting. Deze is F_h = 16[m]x30m[]x1.0[kN/m^2] = ~500 kN. Inclusief veiligheid op de belasting van γ_F=1.5 en oversterkte van materialen γ_{OV} = 1.4 is een capaciteit van $F_{h;R}$ = 1000 kN een redelijke aanname. De stijfheid wordt geschat o.b.v. een maximale verplaatsing bij wind van 32 mm bij een kracht van 500 kN, ofwel k_h = 500/0.020 = 25000 kN/m.

4.2.2 Berekening impact belasting starre botsing

Wanneer een buispaal op het bestaande gebouw terecht komt, wordt de val gebroken door het gevelmateriaal en plastische vervorming van de buis. Om deze reden wordt uitgegaan van een plastische botsing.

De berekening staat op de volgende pagina. In onderstaande tabel staan de resultaten samengevat.

F_{hor} [kN]	F_{ver} [kN]	u_{hor} [mm]	u_{ver} [mm]	Du_{hor} [-]	Du_{ver} [-]	e
358	2029	14	2	1	1	0

De totale kracht op de buis is $F=\sqrt{(358^2+2029^2)}$ = 2060 kN. Dit is vele malen hoger dan de plastische capaciteit van de buis (zie paragraaf 3.2.1). In de volgende paragraaf worden daarom de bezwijkmechanismen verder onderzocht.

NEN-EN 1991-1-7 (bijlage C) & MEMO BAM	Respons van constructies bij starre kantelende objecten				
Object					
Lengte object	L =	30,0 m			
Gewicht per m object	$q_{g;k}$ =	1,8 kN/m	=	188 kg/m	
Gewicht totaal object	W =	55,3 kN	=	5639 kg	
Traagheidsmoment object	I_O =	1691743 kgm2			$I_O = 1/3*(W/g)*L^2$
Constructie					
Geometrie					
Hoogte kolom	h_s =	16,2 m			
Hoh afstand kolommen	c =	7,0 m			
Afstand constructie tot kantelpunt object	a =	14,5 m			
Afstand botspunt tot kantelpunt object	r =	21,7 m	$r = \sqrt{(h_s^2+a^2)}$		
			Invoer fout profielen!		
Profieleigenschappen	*Beschouwde hoofdelement*		*Ondersteunend element*		
Profiel		HEB400		HEB500	
Elementtype		Geen		Geen	
Staalkwaliteit		S 355		S 355	
Equivalente massa constructie	m_b =	0 kg	m_b =	0 kg	
Horizontale stijfheid constructie	k_h =	0 kN/m	k_h =	0 kN/m	
Verticale stijfheid constructie	k_v =	0 kN/m	k_v =	0 kN/m	
Horizontale plastische weerstand constructie	$F_{pl;h}$ =	0 kN	$F_{pl;h}$ =	0 kN	
Verticale plastische weerstand constructie	$F_{pl;v}$ =	0 kN	$F_{pl;v}$ =	0 kN	
Aantal ondersteunende elementen			n =	1,0 [-]	
Constructie eigenschappen	*Overige constructie elementen*		*Totale constructie (seriesysteem)*		
Equivalente massa constructie	m_b =	160000 kg	m_b =	160000 kg	
Horizontale stijfheid constructie (serie)	k_h =	25000 kN/m	k_h =	25000 kN/m	k=1/(1/k+1/k+1/k)
Verticale stijfheid constructie (serie)	k_v =	1000000 kN/m	k_v =	1000000 kN/m	k=1/(1/k+1/k+1/k)
Horizontale plastische weerstand constructie	$F_{pl;h}$ =	1000 kN	$F_{pl;h}$ =	1000 kN	
Verticale plastische weerstand constructie	$F_{pl;v}$ =	5000 kN	$F_{pl;v}$ =	5000 kN	
Valbeweging					
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =		L/2*(1-h_s/r) =	3,8 m	
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =		W * Δh_1 =	211499 Nm	MEMO BAM (1)
Equivalente massa kantelend object	m_a =		I_O / r^2 =	3579 kg	MEMO BAM (16)
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =		(r/L) * $\sqrt{(6*g*\Delta h_1)}$ =	10,9 m/s	MEMO BAM (6a)
Botsing					
Verhouding massa constructie - object	m_b/m_a =	44,706 [-]			
Restitutie coëfficiënt (e=0-1)	e =	0,0 [-]	(Plastische botsing)		
Snelheid kantelend object na de botsing	v_{a2} =		$(1-m_b/m_a*e)/(1+m_b/m_a)*v_{a1}$ =	0,2 m/s	MEMO BAM (10)
Snelheid constructie na de botsing	v_{b2} =		$(1+e)/(1+m_b/m_a)*v_{a1}$ =	0,2 m/s	MEMO BAM (9)
Relatieve terugstuiterhoogte	$\Delta h_2/\Delta h_1$ =		$(1-m_b/m_a*e)^2/(1+m_b/m_a)^2$ =	0,00 [-]	MEMO BAM (12)
Terugstuiterhoogte	Δh_2 =		$(\Delta h_2/\Delta h_1)$ * Δh1 =	0,00 m	MEMO BAM (11)
Kinetische energie object na botsing	$E_{kin;a;2}$ =		1/2*m_a* v_{a2}^2 =	101 Nm	0% $E_{kin;a;1}$
Kinetische energie constructie na botsing	$E_{kin;b;2}$ =		1/2*m_b* v_{b2}^2 =	4526 Nm	2% $E_{kin;a;1}$
Totale kinetische energie na botsing	$E_{kin;2}$ =		$E_{kin;a;2}$ + $E_{kin;b;2}$ =	4627 Nm	2% $E_{kin;a;1}$
Gedissipeerde kinetische energie na botsing	E_{diss} =		$E_{kin;1}$ - $E_{kin;2}$ =	206871 Nm	98% $E_{kin;a;1}$
			(	98%)	
Respons constructie					
Equivalente massa	m =	163579 kg			
Horizontaal					
Horizontale snelheid constructie na botsing	v_{b2h} =		v_{b2}*h_s/r =	0,2 m/s	
Elastische horizontale kracht in constructie	$F_{max;h}$ =		$v_{b2h}*\sqrt{(k_h*m)}$ =	358,4 kN	NEN-EN-1991-1-7 (C.1)
Elastische horizontale verplaatsing constructie	$u_{el;h}$ =		F_{max} / k_h =	14,3 mm	
Horizontale verplaatsing constructie bij vloeien	$u_{y;h}$ =		$F_{pl;h}$ / k_h =	40 mm	(Elastisch)
Plastische horizontale verplaatsing constructie	$u_{pl;h}$ =			0 mm	NEN-EN-1991-1-7 (C.5)
Benodigde ductiliteit	D_u =		$u_{pl;v}$ / $u_{y;v}$ =	0,0 [-]	**Akkoord**
Toelaatbare ductiliteit	$D_{u;max}$ =			8 [-]	
Verticaal					
Verticale snelheid constructie na botsing	v_{b2v} =		v_{b2}*a/r =	0,2 m/s	
Elastische verticale kracht in constructie	$F_{max;v}$ =		$v_{b2v}*\sqrt{(k_v*m)}$ =	2028,9 kN	NEN-EN-1991-1-7 (C.1)
Elastische verticale verplaatsing constructie	$u_{el;v}$ =		F_{max} / k_v =	2,0 mm	
Verticale verplaatsing constructie bij vloeien	$u_{y;v}$ =		$F_{pl;hv}$ / k_v =	5,0 mm	(Elastisch)
Plastische verticale verplaatsing constructie	$u_{pl;v}$ =			0 mm	NEN-EN-1991-1-7 (C.5)
Benodigde ductiliteit	D_u =		$u_{pl;v}$ / $u_{y;v}$ =	0,0 [-]	**Akkoord**
Toelaatbare ductiliteit	$D_{u;max}$ =			8 [-]	

4.3 Analyse mechanismen

De volgende mechanismen zijn van toepassing:

- Buiging Tubex-paal → F = NTB i.v.m. andere lengte Tubex
- Lokale indrukking Tubex → F = 284 -3350 kN (E_{abs} = 30- 459 kNm)
- Lokaal indrukken container of gebouw → niet van toepassing hier.
- Buiging ondersteuningsligger → niet van toepassing hier.

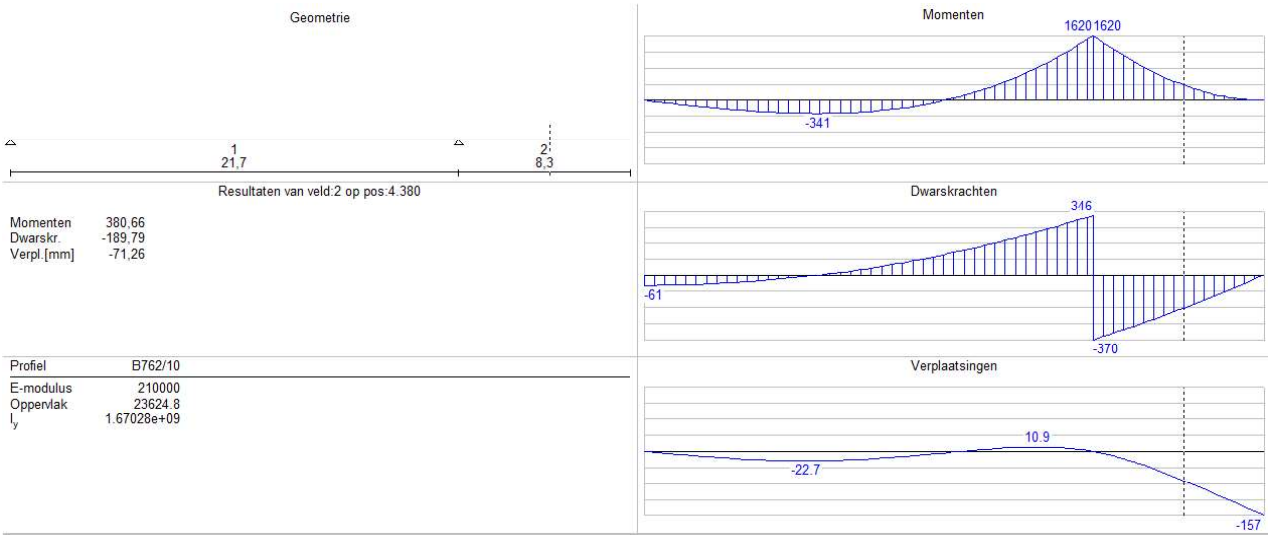
4.3.1 Buiging Tubex-paal

Met behulp van paragraaf 3.2.1 wordt de nieuwe kracht bij het bezwijken van de uitkraging bepaald. Hier geldt L=30 m en L_u = 30-21,7 = 8,3 m en daarmee wordt de impactkracht op de container bij bezwijken:

$Q_{el;M\text{-}tubex} = M_{el} * L / (L_u^2*(1 - L_u/3L)) = 1619*30 / (8,3^2*(1-8,3/90) = 777$ kN

q = 2*Q/L = 2*777/30 = 51,8 kN/m

F = 777*(30*2/3 / 21,7) = 716 kN



Wanneer de uitkraging van de Tubex-paal bezwijkt, wordt energie geabsorbeerd. Deze energie is gelijk aan de kracht op de uitkraging maal de verplaatsing in het zwaartepunt van die kracht. Het zwaartepunt van deze belasting ligt op:

x = M/V = 1620 / 370 = 4,38 m vanaf het impactpunt

u = 71 mm (zie bovenstaande figuur, geel gearceerd)

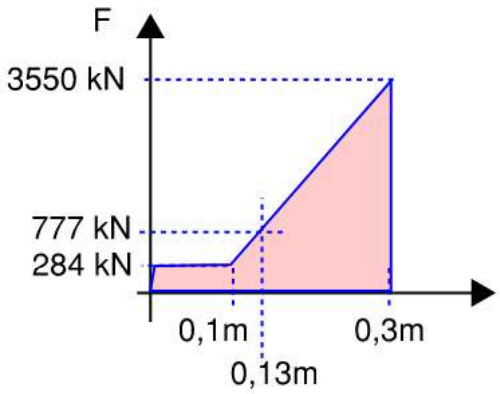
F_{eq} = V = 370kN

$E_{abs} = 1,5*F_{eq}*u = 1,5*370*0,071 = 39$ kNm

4.3.2 Lokale indrukking Tubex-paal

De lokale indrukking van de Tubex-paal begint bij een kracht van 284 kN en loopt dan op tot maximaal 3550 kN. De initiatie van dit mechanisme is minder dan die van buiging van de Tubex (777 kN), echter na een verplaatsing van ca 0,15 zal de lokale indrukking dusdanig ver gevorderd zijn dat buiging van de Tubex-paal maatgevend wordt. De energie die tot dit overgangspunt geabsorbeerd is (zie ook onderstaande figuur), is:

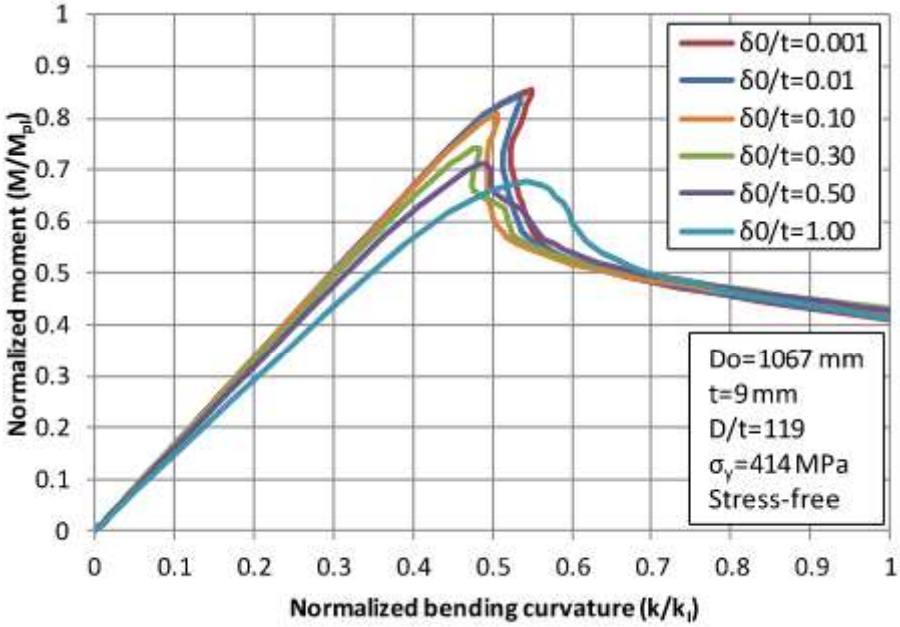
E_{abs} = 0,13*284+(777-284)*0,03/2 = 37 + 7 = 44 kNm



4.3.3 Maatgevend mechanisme

De totale kinetische energie die opgenomen moet worden is E_{kin} = 211 kNm. De lokale indrukking van de Tubex neem 44 kNm op en de buiging van de Tubex 39 kNm. Dit is in totaal 83 kNm en nog onvoldoende.

Het is niet duidelijk wat er precies gebeurt nadat de Tubex 44 kNm aan energie heeft opgenomen, omdat de test hier gestopt is. Wel is het waarschijnlijk dat de buis nog veel vervormingscapaciteit overhoud, echter met een lager momentweerstand, zie onderstaande figuur.



Stel dat de kinetische energie minus de absorptie voor de indrukking van de Tubex-paal volledig door buiging van de Tubex-paal opgenomen wordt. Laten we uitgaan van een gemiddelde plastisch moment van 0,35*M_{pl} op basis van bovenstaande grafiek. Dan geldt: E_{abs} = (0,35*M_{pl})*φ = 211-44 = 167 kNm.

Het plastische momentweerstand van de Tubex-paal (ø762*10) is:

$W_{pl} = t*D^2 = 10*762^2 = 5806440$ mm^3

$M_{pl} = 355*5806440/10^6 = 2061$ kNm

De hoekverdraaiing wordt dan φ = 167 / (0,35*2061) = 0,23 rad en de verplaatsing van het uiteinde van de Tubex-paal u = 0,23*8,3 = 1,9 m. Dit is fors, maar hiermee raakt de buis het dak niet.

4.4 Conclusie impact belasting

De impact belasting op basis van het maatgevende mechanisme (buiging Tubex-paal) is:

- F = 777 kN
- F_{hor} = h/r*F = 16.2/21.7*777 = 580 kN < 1000 kN (zie 4.2.1)
- F_{ver} = a/r*F = 14.5/21.7*777 = 519 kN < 5000 kN (zie 4.2.1)

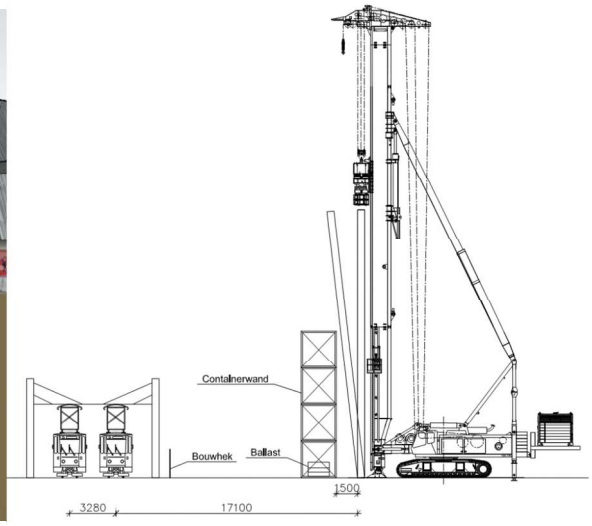
Deze krachten treden zeer kort op en zijn opneembaar door de constructie van het bestaande gebouw. Er zal schade aan het gebouw optreden, maar de veiligheid van de mensen in het gebouw is gewaarborgd.

5. Zuidzijde: containers langs trambaan

5.1 Overzicht situatie

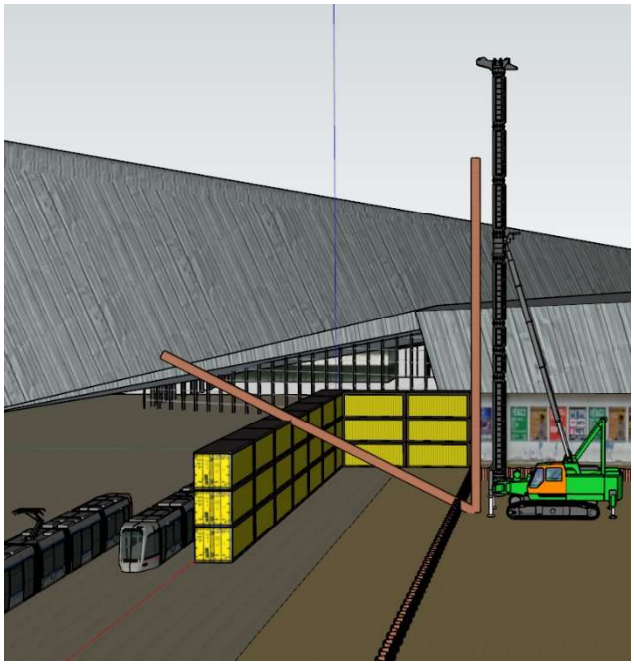
5.1.1 Damwanden

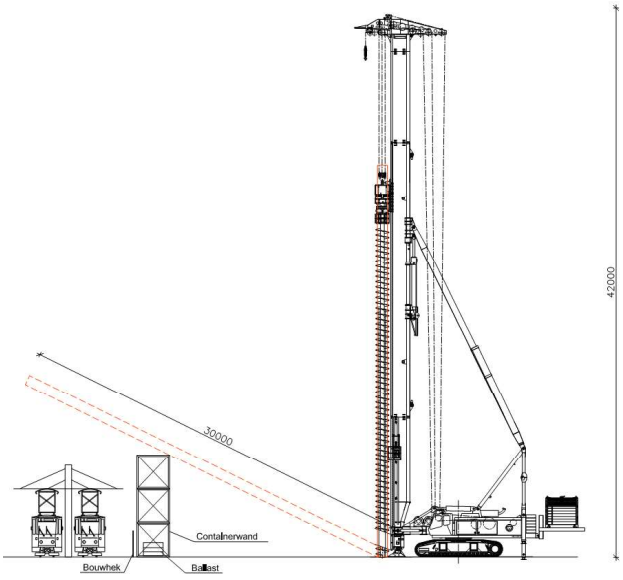
AZ36-700 L=19m a=1.5



5.1.2 Tubex-palen

Hieronder staat de situatie langs de trambaan gegeven in geval van een vallende Tubex paal. De afstand van de Tubex tot de container is 15,9 meter.





5.1.3 Gegevens containers

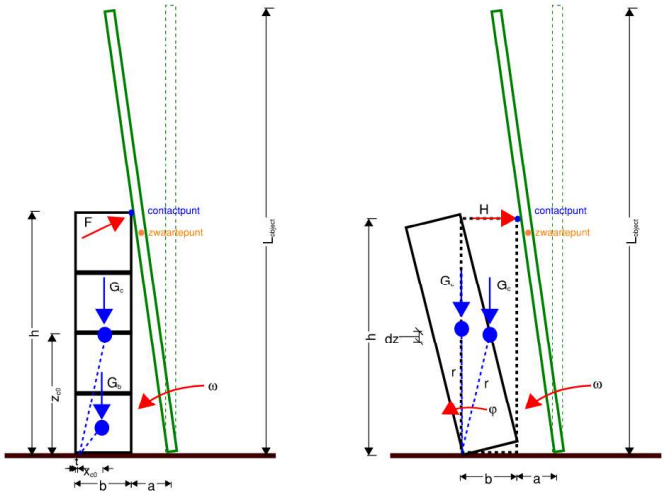
Hieronder is een tabel met standaard gegevens van zeecontainers gegeven. Deze geldt als uitgangspunt van het ontwerp.

		20'-container		40'-container		45'-high-cube-container	
		imperial	metrisch	imperial	metrisch	imperial	metrisch
buiten-maten	lengte	19' 10½"	6,06 m	40' 0"	12,19 m	45' 0"	13,72 m
	breedte	8' 0"	2,44 m	8' 0"	2,44 m	8' 0"	2,44 m
	hoogte	8' 6"	2,59 m	8' 6"	2,59 m	9' 6"	2,90 m
binnen-maten	lengte	18' 10 "	5,87 m	39' 5 "	12,03 m	44' 4"	13,56 m
	breedte	7' 8 "	2,35 m	7' 8 "	2,35 m	7' 8 "	2,35 m
	hoogte	7' 9 "	2,39 m	7' 9 "	2,39 m	8' 9 "	2,70 m
deuropening	breedte	7' 8 ⅛"	2,34 m	7' 8 ⅛"	2,34 m	7' 8 ⅛"	2,34 m
	hoogte	7' 5 ¾"	2,28 m	7' 5 ¾"	2,28 m	8' 5 "	2,59 m
inhoud		1169 ft³	32,9 m³	2385 ft³	67,5 m³	3040 ft³	86,0 m³
maximum geladen massa		52 910 lb	24 000 kg	67 200 lb	30 480 kg	67 200 lb	30 480 kg
leeg gewicht		4850 lb	2200 kg	8380 lb	3800 kg	10 580 lb	4800 kg
netto lading		48 060 lb	21 800 kg	58 820 lb	26 680 kg	56 620 lb	25 680 kg

Er wordt uitgegaan van een 20'-container (6.06x2.44x2.59 – LxBxH, 2200 kg leeggewicht).

5.2 Berekeningsmethodiek kantelstabiliteit containers

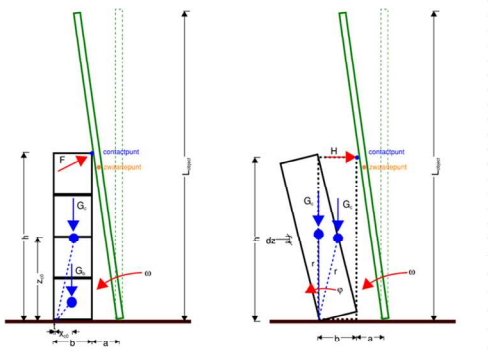
In onderstaande figuur staat het principe van het kantelevenwicht gegeven.



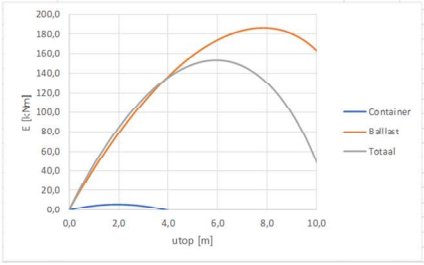
De berekeningsmethodiek is als volgt. Van zowel de massa van de containers als de massa van de ballast wordt bij een variërende hoek dφ de verticale verplaatsing van het zwaartepunt van de containers en ballast berekend. Hierbij is het rotatiepunt 0,1*b naar binnen gezet om rekening te houden met de grootte van de drukzone. Hieruit wordt verrichte arbeid berekend met E=G*dz. Dit is in een Excelsheet uitgevoerd, zie hieronder.

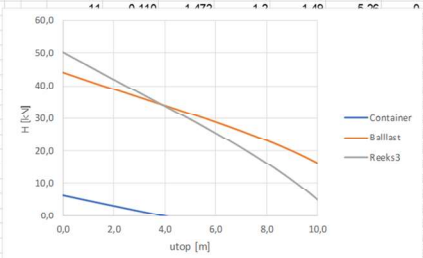
Kantelevenwicht container

Container				
b	breedte container	2,44	m	
n	aantal containers	3		
hi	hoogte container	2,59	m	
h	totale hoogte containers	10,36	m	
L	lengte containers (uit het vlak)	3,06	m	
Gi	gewicht container	22	kN	
G	totale gewicht containers	66	kN	
Ballast				
b	breedte ballast	2,44	m	
h	hoogte ballast	2,00	m	
L	lengte ballast	4,00	m	
ρ	soortelijk gewicht ballast	24	kN/m3	
G	gewicht ballast	468	kN	
Onverplaatste toestand				
t	afstand drukpunt tot rand container	0,1	b	
x_{c0}	horizontale afstand drukpunt tot zwaartepunt container	0,98	m	
z_{c0}	verticale afstand drukpunt tot zwaartepunt container	5,18	m	
φ_{c0}	hoek radius zp container met grondvlak	1,38	rad	(79,3 °)
r_{b0}	radius drukpunt tot zwaartepunt container	5,27	m	
x_{b0}	horizontale afstand drukpunt tot zwaartepunt ballast	0,98	m	
z_{b0}	verticale afstand drukpunt tot zwaartepunt ballast	1,00	m	
φ_{b0}	hoek radius zp ballast met grondvlak	0,80	rad	(45,7 °)
r_{b0}	radius drukpunt tot zwaartepunt ballast	1,40	m	
r_{top}	radius drukpunt tot bovenhoek containers	10,59	m	
Kinetische energie op te nemen uit vallend object				
E_{kin}	op te nemen kinetische energie	211	kNm	
Energie tijdens kantelen				
dφ	stapgrootte kantelhoek	0,01		
E_{max}	maximale kantelenergie	153,4	kNm	
$u_{top;max}$	topverplaatsing bij maximale energie	5,9	m	
H_{max}	Maximale H-kracht voor kantelen (u_{top}=0m)	60,4	kN	
M_{max}	Maximale kantelmoment (u_{top}=0m)	522	kNm	



n	dφ	φtop	utop	φ_c	zc	dzc	Ec	φb	zb	dzb	Eb	Etot	Hc	Hb	H
0	0,000	1,362	0,0	1,38	5,18	0,00	0,0	0,80	1,00	0,00	0,0	0,0	6,2	44,1	50,4
1	0,010	1,372	0,1	1,39	5,19	0,01	0,6	0,81	1,01	0,01	4,5	5,2	6,0	43,9	49,9
2	0,020	1,382	0,2	1,40	5,20	0,02	1,2	0,82	1,02	0,02	9,1	10,3	5,9	43,6	49,5
3	0,030	1,392	0,3	1,41	5,21	0,03	1,8	0,83	1,03	0,03	13,5	15,3	5,7	43,3	49,0
4	0,040	1,402	0,4	1,42	5,21	0,03	2,3	0,84	1,04	0,04	17,9	20,2	5,5	43,0	48,6
5	0,050	1,412	0,5	1,43	5,22	0,04	2,8	0,85	1,05	0,05	22,3	25,1	5,4	42,8	48,1
6	0,060	1,422	0,6	1,44	5,23	0,05	3,2	0,86	1,06	0,06	26,6	29,8	5,2	42,5	47,7
7	0,070	1,432	0,7	1,45	5,24	0,06	3,7	0,87	1,07	0,07	30,8	34,5	5,0	42,2	47,3
8	0,080	1,442	0,8	1,46	5,24	0,06	4,1	0,88	1,07	0,07	35,0	39,1	4,9	42,0	46,8
9	0,090	1,452	0,9	1,47	5,25	0,07	4,4	0,89	1,08	0,08	39,2	43,6	4,7	41,7	46,4
10	0,100	1,462	1,0	1,48	5,25	0,07	4,7	0,90	1,09	0,09	43,3	48,0	4,5	41,4	46,0
11	0,110	1,472	1,2	1,49	5,26	0,08	5,0	0,91	1,10	0,10	47,4	52,4	4,4	41,2	45,5
						08	5,3	0,92	1,11	0,11	51,4	56,6	4,2	40,9	45,1
						08	5,5	0,93	1,12	0,12	55,3	60,8	4,0	40,6	44,6
						09	5,6	0,94	1,13	0,13	59,2	64,9	3,8	40,4	44,2
						09	5,8	0,95	1,13	0,13	63,1	68,9	3,7	40,1	43,8
						09	5,9	0,96	1,14	0,14	66,9	72,8	3,5	39,8	43,3
						09	6,0	0,97	1,15	0,15	70,6	76,6	3,3	39,6	42,9
						09	6,0	0,98	1,16	0,16	74,3	80,3	3,2	39,3	42,5
						09	6,0	0,99	1,17	0,17	77,9	83,9	3,0	39,0	42,0
						09	6,0	1,00	1,17	0,17	81,5	87,5	2,8	38,8	41,6
						09	5,9	1,01	1,18	0,18	85,0	90,9	2,7	38,5	41,2
						09	5,8	1,02	1,19	0,19	88,5	94,3	2,5	38,2	40,8
						09	5,7	1,03	1,20	0,20	91,9	97,6	2,3	38,0	40,3
						08	5,5	1,04	1,20	0,20	95,3	100,8	2,2	37,7	39,9
						08	5,3	1,05	1,21	0,21	98,6	103,9	2,0	37,5	39,5
						08	5,1	1,06	1,22	0,22	101,8	106,9	1,9	37,2	39,0
						07	4,8	1,07	1,22	0,22	105,0	109,8	1,7	36,9	38,6
						07	4,5	1,08	1,23	0,23	108,1	112,6	1,5	36,7	38,2





5.3 Berekening impact belasting damwand

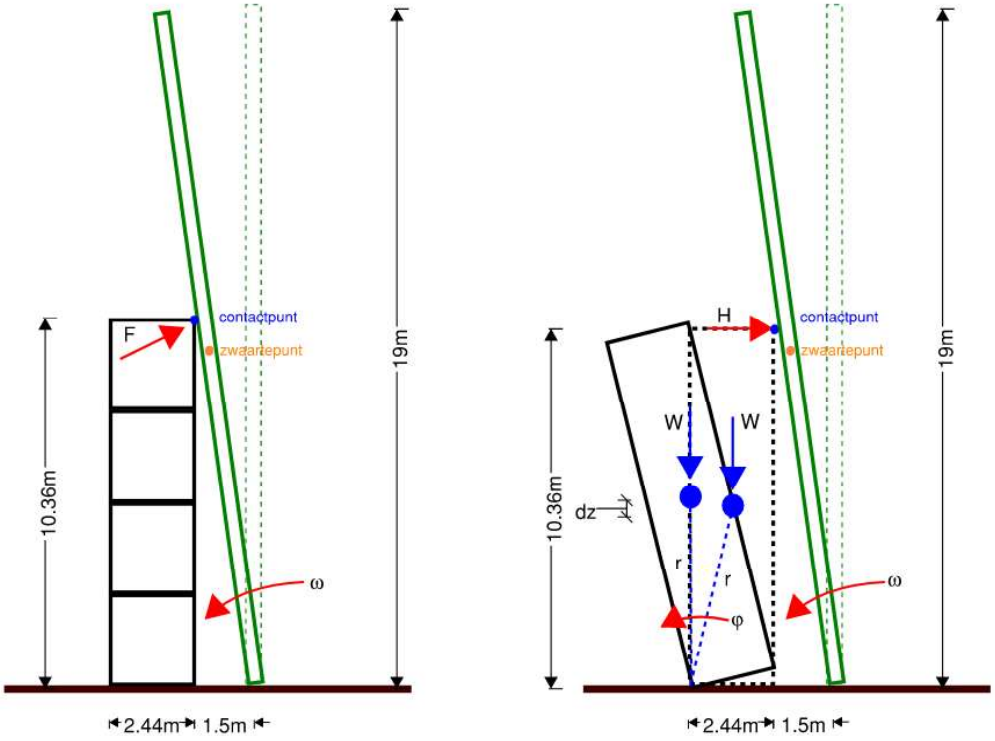
5.3.1 Kinetische energie

Hieronder wordt de kinetische energie tijdens de valbeweging bepaald. Deze is 2,2 kNm.

NEN-EN 1991-1-7 (bijlage C) & MEMO BAM	Respons van constructies bij starre kantelende objecten				
Object					
Lengte object	L =	19,0 m			
Gewicht per m object	$q_{g;k}$ =	1,2 kN/m	=	118 kg/m	
Gewicht totaal object	W =	22,0 kN	=	2247 kg	
Traagheidsmoment object	I_O =	270351 kgm2			$I_O = 1/3*(W/g)*L^2$
Constructie					
Geometrie					
Hoogte kolom	h_s =	10,4 m			
Hoh afstand kolommen	c =	6,0 m			
Afstand constructie tot kantelpunt object	a =	1,5 m			
Afstand botspunt tot kantelpunt object	r =	10,5 m	$r = \sqrt{(h_s^2+a^2)}$		
Valbeweging					
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =		L/2*(1-h_s/r) =	0,1 m	
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =		W * Δh_1 =	2161 Nm	MEMO BAM (1)
Equivalente massa kantelend object	m_a =		I_O / r^2 =	2467 kg	MEMO BAM (16)
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =		(r/L) * √(6*g*Δh_1) =	1,3 m/s	MEMO BAM (6a)

5.3.2 Analyse kantelstabiliteit

Wanneer de damwand tegen de containers valt, ontstaat het contactpunt bovenaan op de containers. Met 4 gestapelde containers is het contactpunt hoog genoeg om de damwandplank stabiel op te vangen. De containers worden aan elkaar gekoppeld zodat ze als één wand samenwerken.



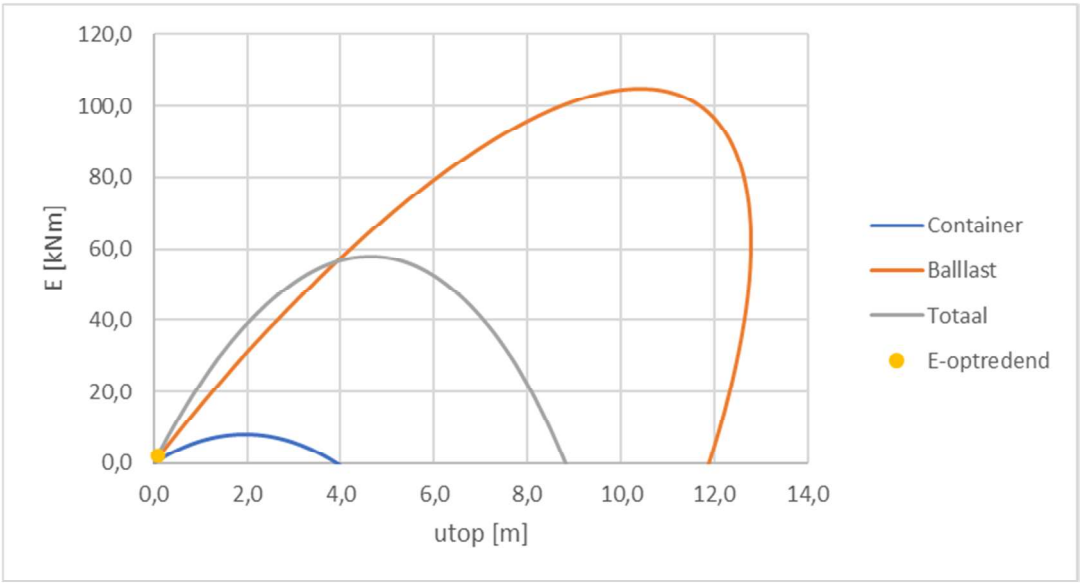
De kinetische energie net voor de botsing is 2,2 kNm. Deze dient opgenomen te worden door het kantelevenwicht van de containers.

Tevens dient het windmoment opgenomen te worden. Het windmoment is:

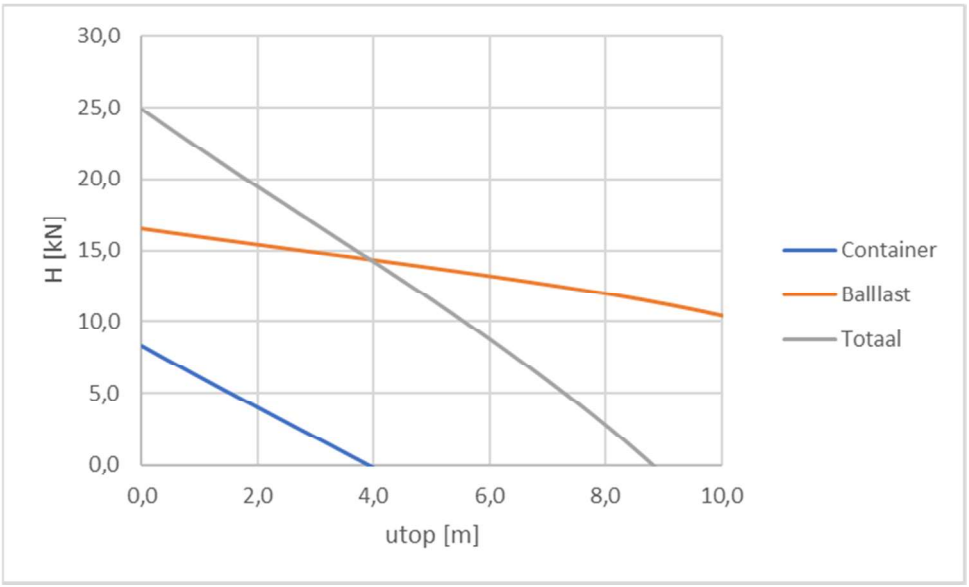
- Windbelasting = 0.58 kN/m^2 (windgebied II, bebouwd gebied, 15 jaar & h=10 meter)
- Winddruk- en zuigingcoëfficiënt = (0.8+0.5) = 1.3
- Windmoment = 0.5*(6.06*0.58*1.3)*10.36^2 = 245 kNm

Zonder ballast is het opneembare moment 4*22*0,98 = 86 kNm. Wanneer 176 kN aan betonnen ballast in de container geplaatst wordt, neemt het kantelmoment toe naar 4*22*0,98+176*0.98 = 257 kNm en waaien de containers niet meer om. Dit wordt aangehouden voor de berekening van de kantelstabiliteit door de impact.

In de onderstaande figuur is energie nodig voor kantelen getoond. Hieruit blijkt dat optredende kinetische energie veel te klein is om de containers te laten kantelen. De optredende verplaatsing van de containers ~0,10 m.



De optredende H-kracht op de container is hieronder getoond. Deze is maximaal 25 kN. Dit is verreweg het laagste ten opzichte van de andere mechanismen, waardoor kantelevenwicht maatgevend is.



Aandachtspunten:

- Containers moeten verticaal gekoppeld zijn.
- Containers moeten horizontaal gekoppeld zijn.
- Containers op uiteinden moeten minimaal voor de helft voorbij de damwand steken.
- Ballast moet in de onderste container zitten voor kantelstabiliteit.

5.4 Berekening impact belasting Tubex

5.4.1 Kinetische energie

Hieronder wordt de kinetische energie berekend. Deze is 465 kNm

NEN-EN 1991-1-7 (bijlage C) & MEMO BAM	Respons van constructies bij starre kantelende objecten			
Object				
Lengte object	L =	30,0 m		
Gewicht per m object	$q_{g;k}$ =	1,8 kN/m	=	188 kg/m
Gewicht totaal object	W =	55,3 kN	=	5639 kg
Traagheidsmoment object	I_O =	1691743 kgm2		
Constructie				
Geometrie				
Hoogte kolom	h_s =	7,8 m		
Hoh afstand kolommen	c =	7,0 m		
Afstand constructie tot kantelpunt object	a =	15,9 m		
Afstand botspunt tot kantelpunt object	r =	17,7 m	$r = \sqrt{(h_s^2+a^2)}$	
Valbeweging				
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =		$L/2*(1-h_s/r)$ =	8,4 m
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =		$W * \Delta h_1$ =	465470 Nm
Equivalente massa kantelend object	m_a =		I_O / r^2 =	5402 kg
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =		$(r/L) * \sqrt{(6*g*\Delta h_1)}$ =	13,1 m/s

5.4.2 Analyse mechanismen

De volgende mechanismen zijn van toepassing:

- Buiging Tubex
- Indrukken Tubex
- Indrukken container
- Kantelen container

Hieronder worden deze mechanismen onderzocht.

Buiging Tubex

In dit geval geldt L=30 m en L_u = 30-17,7 = 12,3m. Dit is identiek aan situatie 3 van paragraaf 3.2.1, waarvan de resultaten als volgt zijn:

- F = 420 kN
- E_{abs} = 80 kNm

Indrukken Tubex

Hiervoor geldt:

- F = 284 – 3550 kN
- E_{abs} = 30 kNm

Indrukken container

Dit mechanisme is met name verticaal van toepassing. Per richting is de capaciteit:

- H = V = 715 kN
- E_{abs} = 543 kNm per richting

Kantelen container

Het kantelen van de container geldt alleen in horizontale richting. Uitgaande van dezelfde ballast is het kantelevenwicht:

- M = 3*22*0,98+176*0.98 = 236 kNm

Het windmoment is:

- Windmoment = 0.5*(6.06*0.58*1.3)*7.77^2 = 138 kNm < 236 kNm → stabiel

Het kantelevenwicht van de containers wordt door de verticale component positief beïnvloed. Deze is minimaal 284 kN. Dit geeft de volgende horizontale capaciteit:

- M = 236 + 0,9*2,44*284 = 236 + 624 = 860 kNm
- H = 860 / 7,77 = 111 kN

Maatgevende mechanismen:
Verticaal is buiging van de Tubex maatgevend (V=420 kN). Horizontaal is kantelen van de container maatgevend (H=111 kN).

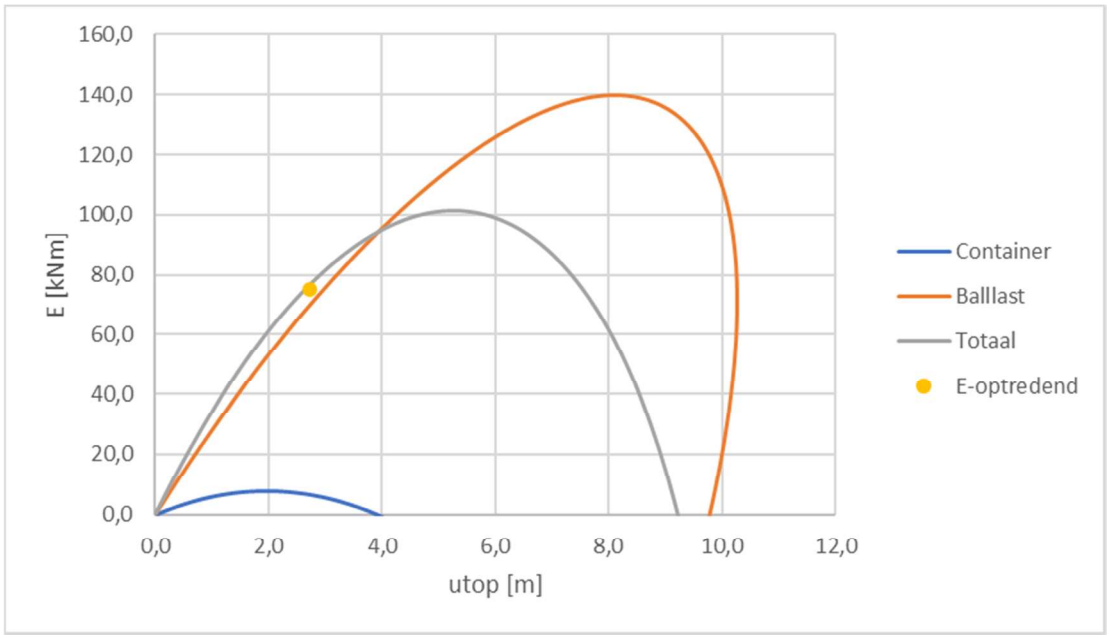
5.4.3 Berekening verplaatsingen v.d. mechanismen

In onderstaande sheet zijn de maatgevende mechanismen ingevoerd. Omdat de mechanismen een constante plastische tak veronderstellen zijn de volgende plastische capaciteiten ingevoerd:

- Buiging Tubex: V = 0,45*420 = 189 kN
- Kantelen container: H = 0,9*111 = 100 kN

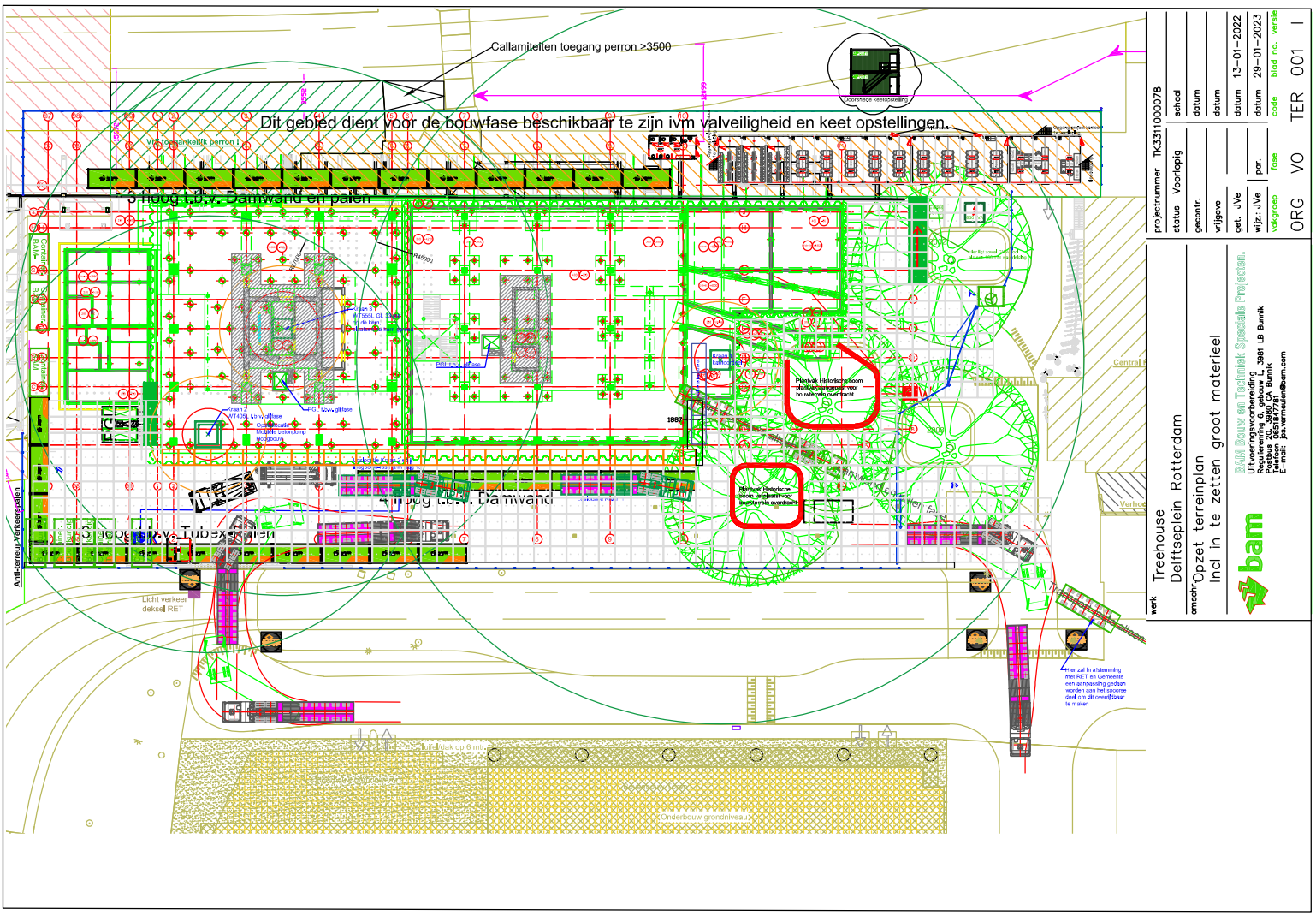
Constructie eigenschappen	*Overige constructie elementen*		*Totale constructie (seriesysteem)*		
Equivalente massa constructie	m_b =	1100 kg	m_b =	1100 kg	
Horizontale stijfheid constructie (serie)	k_h =	1500 kN/m	k_h =	1500 kN/m	k=1/(1/k+1/k+1/k)
Verticale stijfheid constructie (serie)	k_v =	1100 kN/m	k_v =	1100 kN/m	k=1/(1/k+1/k+1/k)
Horizontale plastische weerstand constructie	$F_{pl;h}$ =	100 kN	$F_{pl;h}$ =	100 kN	
Verticale plastische weerstand constructie	$F_{pl;v}$ =	189 kN	$F_{pl;v}$ =	189 kN	
Valbeweging					
Verticale verplaatsing massacentrum object	Δh_1 =		L/2*(1-h_s/r) =	8,4 m	
Kinetische energie net voor botsing	$E_{kin;a;1}$ =		W * Δh_1 =	465470 Nm	MEMO BAM (1)
Equivalente massa kantelend object	m_a =		I_O / r^2 =	5402 kg	MEMO BAM (16)
Equivalente snelheid kantelend object	v_{a1} =		(r/L) * √(6*g*Δh_1) =	13,1 m/s	MEMO BAM (6a)
Botsing					
Verhouding massa constructie - object	m_b/m_a =	0,204 [-]			
Restitutie coëfficiënt (e=0-1)	e =	0,0 [-]	(Plastische botsing)		
Snelheid kantelend object na de botsing	v_{a2} =	(1-m_b/m_a*e)/(1+m_b/m_a)*v_{a1} =		10,9 m/s	MEMO BAM (10)
Snelheid constructie na de botsing	v_{b2} =	(1+e)/(1+m_b/m_a)*v_{a1} =		10,9 m/s	MEMO BAM (9)
Relatieve terugstuiterhoogte	$\Delta h_2/\Delta h_1$ =	(1-m_b/m_a*e)^2/(1+m_b/m_a)^2 =		0,00 [-]	MEMO BAM (12)
Terugstuiterhoogte	Δh_2 =	($\Delta h_2/\Delta h_1$) * Δh1 =		0,00 m	MEMO BAM (11)
Kinetische energie object na botsing	$E_{kin;a;2}$ =	1/2*m_a* v_{a2}^2 =		321292 Nm	69% $E_{kin;a;1}$
Kinetische energie constructie na botsing	$E_{kin;b;2}$ =	1/2*m_b* v_{b2}^2 =		65427 Nm	14% $E_{kin;a;1}$
Totale kinetische energie na botsing	$E_{kin;2}$ =	$E_{kin;a;2}$ + $E_{kin;b;2}$ =		386719 Nm	83% $E_{kin;a;1}$
Gedissipeerde kinetische energie na botsing	E_{diss} =	$E_{kin;1}$ - $E_{kin;2}$ =		78750 Nm	17% $E_{kin;a;1}$
			(	17%)	
Respons constructie					
Equivalente massa	m =	6502 kg			
Horizontaal					
Horizontale snelheid constructie na botsing	v_{b2h} =	v_{b2}*h_s/r =	4,8 m/s		
Elastische horizontale kracht in constructie	$F_{max;h}$ =	v_{b2h}*√(k_h*m) =	472,9 kN		NEN-EN-1991-1-7 (C.1
Elastische horizontale verplaatsing constructie	$u_{el;h}$ =	F_{max} / k_h =	NVT mm		
Horizontale verplaatsing constructie bij vloeien	$u_{y;h}$ =	$F_{pl;h}$ / k_h =	67 mm	(Plastisch)	
Plastische horizontale verplaatsing constructie	$u_{pl;h}$ =		779 mm		NEN-EN-1991-1-7 (C.5
Benodigde ductiliteit	D_u =	$u_{pl;v}$ / $u_{y;v}$ =	11,7 [-]	**Akkoord**	
Toelaatbare ductiliteit	$D_{u;max}$ =		100 [-]		
Verticaal					
Verticale snelheid constructie na botsing	v_{b2v} =	v_{b2}*a/r =	9,8 m/s		
Elastische verticale kracht in constructie	$F_{max;v}$ =	v_{b2v}*√(k_v*m) =	828,7 kN		NEN-EN-1991-1-7 (C.1
Elastische verticale verplaatsing constructie	$u_{el;v}$ =	F_{max} / k_v =	NVT mm		
Verticale verplaatsing constructie bij vloeien	$u_{y;v}$ =	$F_{pl;hv}$ / k_v =	171,8 mm	(Plastisch)	
Plastische verticale verplaatsing constructie	$u_{pl;v}$ =		1738 mm		NEN-EN-1991-1-7 (C.5
Benodigde ductiliteit	D_u =	$u_{pl;v}$ / $u_{y;v}$ =	10,1 [-]	**Akkoord**	
Toelaatbare ductiliteit	$D_{u;max}$ =		100 [-]		

De container zal uiteindelijk ~0,8 meter kantelen. Uit veiligheidsoverwegingen wordt wel de ballast voor deze situatie verhoogd tot 240 kN per container om meer kantelstabiliteit te krijgen. Zonder de verticale impactbelasting als stabiliserend moment (= zeer conservatief) heeft de container nog steeds voldoende absorptie vermogen, zie de grafiek op de volgende pagina.



De buiging van de Tubex-paal is uiteindelijk 1738 mm op 6,67 m vanaf het impactpunt. Dit is acceptabel.

Bijlage 5 - Bouwplaatsinrichting



projectnummer TK3311000078
schaal
status Voorlopig
datum
gecontr.
datum
vrijgave
datum 13-01-2022
get. JVe
datum 29-01-2023
wijz.: JVe
par.
volgroep
fase
code
blad no.
versie
ORG VO TER 001 I

werk Treehouse
Delftseplein Rotterdam
omschr Opzet terreinplan
Incl in te zetten groot materieel

BAM Bouw en Techniek Specialist Projecten.
Uitvoeringsvoorbereiding
Postbus 20, 3980 CA Bunnik
Postbus 20, 3980 CA Bunnik
Telefoon 0651847781
E-mail: jos.vermeulen@bam.com