
Generieke risicoanalyse Trillingen en bouwlawaai

—
Hamerkwartier



CRUX Engineering BV
Pedro de Medinalaan 3c
NL-1086 XK Amsterdam

Amsterdam
Delft
Eindhoven

+31(0)20 494 30 70
info@cruxbv.nl

cruxbv.nl

Gemeente Amsterdam

5.1.2,e

Postbus 12693
1100 AR Amsterdam

Rapport

Opgesteld

5.1.2,e

5.1.2,e

Gecontroleerd

5.1.2,e

5.1.2,e

i.o.

Onderwerp

Generieke risicoanalyse
Trillingen en bouwlawaai
Hamerkwartier

Vrijgave

5.1.2,e

5.1.2,e

Projectnummer
22228

Formulier
RA-01-v19.1204

Documentnummer
RA22228a6

Versie
6

Datum
16 november 2022

Status
Definitief

© 2022 CRUX Engineering BV

Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, microfilm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CRUX Engineering BV, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Documentenlocatie

P:\221xx\22228 IBA Geluid- en trillingspredictie Hamerkwartier
Amsterdam\01 RAP\RA22228a6 Generieke risicoanalyse
Hamerkwartier.docm

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Algemeen	5
1.2	Leeswijzer	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Referenties	6
2.2	Projectlocatie en fasering	6
2.3	Kavels	6
2.4	Risicoanalyse	7
2.5	Belendingen	7
3	Omgevingsbeïnvloeding door trillingen	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Richtlijn SBR-A voor schade aan gebouwen	10
3.2.1	Algemeen	10
3.2.2	Belendingen	10
3.2.3	Bepaling rekenwaarden van de grenswaarden	11
3.3	Trillingspredictie trillen damwanden	12
3.4	Trillingspredictie heipalen	13
4	Bouwlawaai	15
4.1	Inleiding	15
4.2	Uitgangspunten	15
4.2.1	Beschouwde funderingstechnieken	15
4.2.2	Randvoorwaarden berekeningen	15
4.2.3	Geluidgevoelige objecten	15
4.3	Normstelling Bouwbesluit	16
4.4	Richtlijn Bouwlawaai	17
4.5	Geluidprognose	17
5	Casus fictieve kavel	20
5.1	Inleiding	20

5.2	Uitwerking Casus	20
5.2.1	Gegevens	20
5.2.2	Trillingspredictie	20
5.2.3	Geluidpredictie	20
6	Risico's vervormingen en grondwaterstandverlaging	24
6.1	Invloedsbronnen	24
6.2	Methode van de schadevoorspelling	25
7	Stappenplan	26
7.1	Inleiding	26
7.2	Trillingspredictie	26
7.3	Geluidpredictie	27
7.4	Risico's vervormingen en grondwaterstandverlaging	27
8	Doel monitoring tijdens de uitvoering	28
9	Samenvatting en aanbevelingen	29

CRUX Engineering BV
cruxbv.nl

Ons kenmerk
RA22228a6

Pagina
3/49

Lijst van Figuren

-	
Figuur 1 Overzicht projectlocatie	6
Figuur 2 Belendende panden SBR-A, ref.[1] en [2]	8
Figuur 3 Geluidgevoelige objecten t.o.v. nieuwbouwkavels, ref.[1] en [2]	9
Figuur 4 Voorbeeld minimaal benodigde afstand trillen damwand.13	
Figuur 5 Principe gebouwdiepte t.o.v. heiwerk	13
Figuur 6 Voorbeeld minimaal benodigde afstand heien paal	14
Figuur 7 Sitautie casus	21

Lijst van Tabellen

-	
Tabel 1 Overzicht categorie indeling bouwwerken	11
Tabel 2 Grenswaarden conform SBR-A; frequentie afhankelijk	12
Tabel 3 Maximale blootstellingsduur, Bouwbesluit 2012 tabel 8.3	16
Tabel 4 Maximale blootstellingsduur, Richtlijn Bouwlawaaai	17
Tabel 5 Toets Bouwbesluit	18
Tabel 6 Toets Richtlijn Bouwlawaaai	19
Tabel 7 Afstanden en bepalen categorie Bouwbesluit/Richtlijn Bouwlawaaai cf Tabel 5 en Tabel 6	22
Tabel 8 Toets Bouwbesluit	22
Tabel 9 Toets Richtlijn Bouwlawaaai	23

Lijst van Bijlagen

-	
Bijlage 1 Processchema	
Bijlage 2 Trillingspredictie damwand	
Bijlage 3 Trillingspredictie heipalen	
Bijlage 4 Beoordeling bouwkundige staat, conform SBR-A	

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van gemeente Amsterdam heeft CRUX Engineering een generieke risicoanalyse van trillingen en bouwlawaai opgesteld voor de (her)ontwikkeling van het Hamerkwartier te Amsterdam. De gemeente wil de ontwikkelaars hiermee een handvat geven om risico's inzichtelijk te maken en te beheersen. Het Hamerkwartier verandert in de toekomst van een bedrijventerrein in een wijk met 6700 woningen. Hiertoe worden binnen het Hamerkwartier kavels uitgegeven aan ontwikkelaars die de woningen op de kavels gaan ontwikkelen. Ten gevolge van de toekomstige bouwwerkzaamheden op de verschillende kavels zal naar verwachting omgevingsbeïnvloeding door o.a. trillingen en bouwlawaai ontstaan.

In dit rapport is een generieke risicoanalyse naar de omgevingsbeïnvloeding door trillingen en bouwlawaai beschreven. De generieke risicoanalyse geeft de ontwikkelaars tijdens de ontwerpfase inzicht in het omgaan en beheersen risico's ten aanzien van de te kiezen funderingssystemen. Denk hierbij aan het type fundering, maar ook aan een tijdelijke bouwkuip voor de realisatie van een eventuele kelder. De risicoanalyse gaat daarmee met name in op risico's op trillingsschade en bouwlawaai ten gevolge van (funderings)werkzaamheden. Aanvullend wordt benoemd of en welke risico's er zijn als gevolg van het optreden van grondwaterstandsverlagingen en grondvervormingen in de omgeving, door bijvoorbeeld het ontgraven van een bouwkuip.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de uitgangspunten. De risico's op schade aan de omgeving door trillingen ten gevolge van funderingswerkzaamheden wordt behandeld in hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk worden invloedsgebieden voor verschillende trilblokken en paalsystemen gegeven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 inzichtelijk gemaakt wat de geluidbelasting op geluidgevoelige gevels is bij gebruik van de verschillende funderingssystemen. Deze geluidbelasting wordt getoetst aan het Bouwbesluit en [Richtlijn Bouwlawaai](#). Doormiddel van een toepassing middels een casus in hoofdstuk 5 wordt toegelicht hoe de resultaten uit hoofdstuk 3 en 4 gehanteerd kunnen worden tijdens het ontwerp om een keuze te maken in het toe te passen funderingssysteem.

Naast risico's op trillingsschade en bouwlawaai bestaan tevens risico's ten aanzien van vervormingen en grondwaterstandsverlagingen. Hier wordt in hoofdstuk 6 op ingegaan. Op dit moment is onbekend welke werkzaamheden worden uitgevoerd op de kavels. Daarmee worden in dit hoofdstuk algemene risico's benoemd ten aanzien grondvervormingen en grondwaterstandverlagingen.

In hoofdstuk 7 wordt in een beknopte stappenplan toegelicht hoe de predicties uitgevoerd kunnen worden met behulp van dit rapport. Ook wordt in dit hoofdstuk een toelichting gegeven waar in het ontwerp- en uitvoeringsproces gemeente Amsterdam meegenomen dient te worden.

In hoofdstuk 8 wordt nader ingegaan op het doel van de monitoring om tijdens de uitvoering van de bouwwerkzaamheden is verschillende stadia van de uitvoering, gegevens over de ontwikkeling van mogelijke omgevingsbeïnvloeding ter beschikking te hebben is monitoring benodigd.

Tot slot wordt in hoofdstuk 9 een samenvatting gegeven.

2 Uitgangspunten

2.1 Referenties

Lijst van documenten

- [1] Gemeente Amsterdam; tekening *Hamerkwartier visuele overallplanning*; 21 september 2021;
- [2] Gemeente Amsterdam; tekening *Bouwblokken Hamerkwartier*; d.d. 26 januari 2022;
- [3] Fugro NL Land B.V.; *Geotechnisch onderzoek en bouwrijpmaakadvies Hamerkwartier Amsterdam-Noord*; document Nr.: 1018-0471-001_31.R01; versie 3.2; 29 juli 2020;
- [4] Gemeente Amsterdam; e-mail *RE: 22228 Generieke risicoanalyse trillingen en bouwlawaai Hamerkwartier*; van 5.1.2.e; aan 5.1.2.e; verzonden op 26 april 2022.

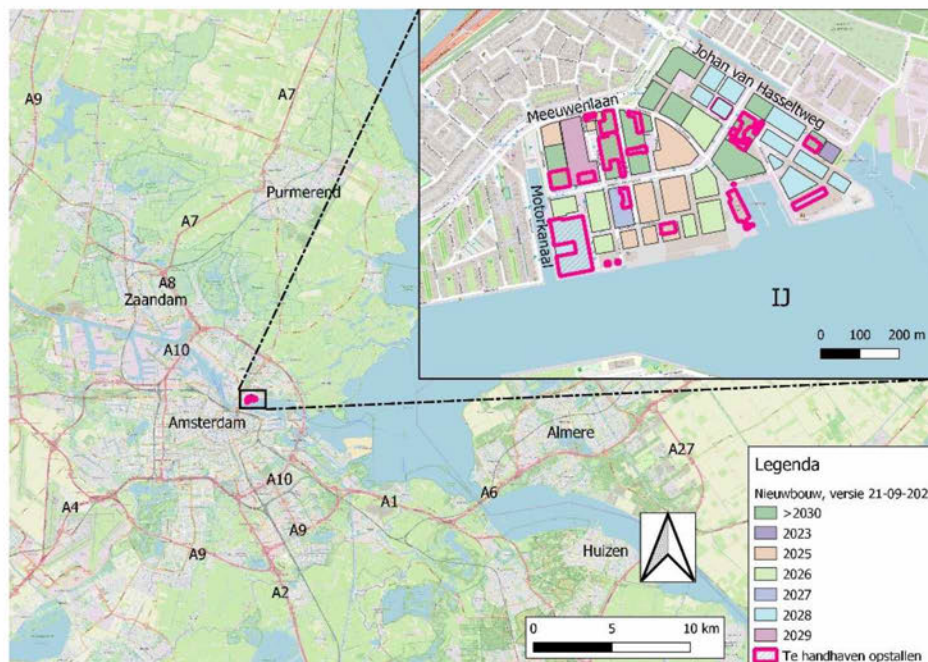
CRUX staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

2.2 Projectlocatie en fasering

Het project bevindt zich in Amsterdam ten noorden van het IJ en ligt ingesloten tussen de Johan Van Hasseltweg, Meeuwenlaan en het Motorkanaal. Aan de oostzijde bevinden zich bedrijfsgebouwen en aan de noord- en westzijde bevinden zich woningen direct aansluitend aan de projectgrenzen. Binnen het projectgebied worden verschillende opstallen gehandhaafd. In Figuur 1 zijn de te realiseren kavels en te handhaven opstallen weergegeven.

2.3 Kavels

Het project bestaat uit de realisatie van in totaal 6700 woningen. Voor elke kavel is de globale bouwhoogte bekend, maar is nog niet bekend of ook kelders worden gerealiseerd en wat het ontwerp van de fundering wordt.



Figuur 1 Overzicht projectlocatie

2.4 Risicoanalyse

Zoals beschreven in de inleiding is het doel van dit rapport 'het om inzicht te geven in de omgevingsbeïnvloeding bij de keuze van funderingssystemen', de hiervoor uitgevoerde risicoanalyses zijn daarmee indicatief en zoveel mogelijk generiek om voor het gehele gebied toegepast te kunnen worden en daarmee als ontwikkelaar de juiste randvoorwaarden te kunnen bepalen. Op het moment dat de daadwerkelijke keuzes worden gemaakt tijdens het ontwerp kan de ontwikkelaar naar verwachting 'kavel specifieke' optimalisaties doorvoeren. CRUX kan in opdracht van de ontwikkelaar ondersteuning verlenen vanuit de ervaring in het projectgebied, maar ook vanuit de ervaring vanuit vergelijkbare projecten (o.a. binnen Amsterdam-Noord).

2.5 Belendingen

Rondom Hamerkwartier bevinden zich belendende panden. Op sommige kavels worden opstallen gehandhaafd. Daarnaast is mogelijk nog bebouwing aanwezig op de te ontwikkelen kavels op het moment dat de bouw op andere kavels al is gestart. In Figuur 2 zijn de belendende bouwwerken ten aanzien van het risico op trillingsschade weergegeven, ref.[1] en [2]. In Figuur 3 is de gedaan voor de geluidgevoelige belendingen. Of bebouwing op andere kavels aanwezig is tijdens de funderingswerkzaamheden dient door de ontwikkelaar nagegaan te worden. In dit rapport worden handvatten gegeven voor de wijze waarop de ontwikkelaar deze belendingen kan classificeren.

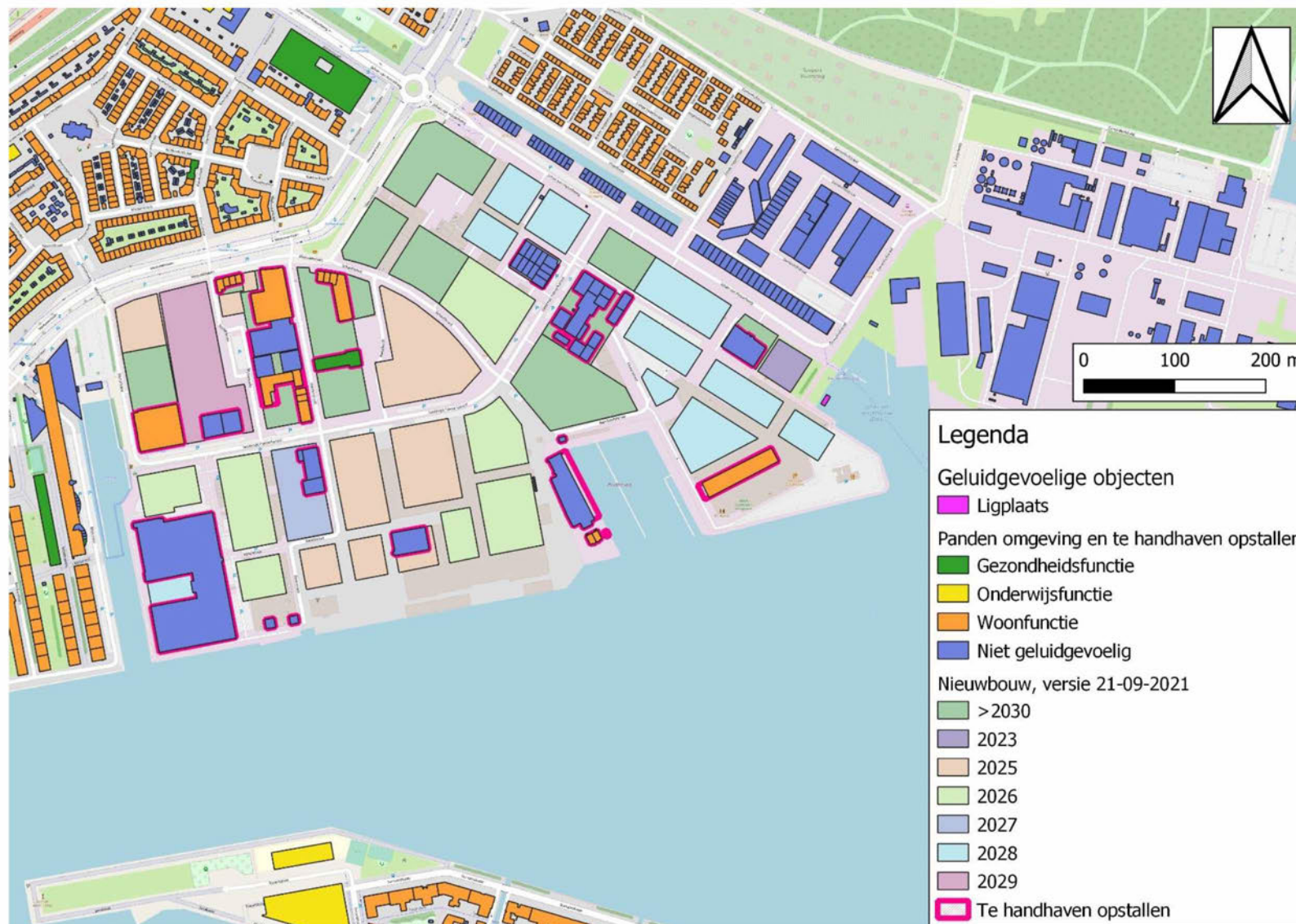
Ten noorden van het projectgebied bevindt zich het Vogeldorp. Het Vogeldorp bestaat uit de straten:

- Vogelkade
- Vogelplantsoen
- Vogelplein
- Eerste t/m Zesde Vogelstraat
- Brede Vogelstraat
- Korte en Lange Vogelstraat

De panden in Vogeldorp hebben een monumentale status en zijn conform ref.[4] op staal gefundeerd. Ten aanzien van het risico op trillingsschade zijn de belendingen niet maatgevend ten opzichte van de belendende panden aan de noordzijde van de Johan van Hasseltweg. Derhalve worden deze panden niet in de generieke trillingspredictie behandeld. Met andere woorden: Indien de panden aan de noordzijde van de Johan van Hasseltweg voldoen aan de toetsing in dit rapport is geen schadelijke trillingsinvloed te verwachten bij de panden in Vogeldorp.



Figuur 2 Belendende panden SBR-A, ref.[1] en [2]



Figuur 3 Geluidgevoelige objecten t.o.v. nieuwbouwkavels, ref.[1] en [2]

3 Omgevingsbeïnvloeding door trillingen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de omgevingsbeïnvloeding ten gevolge van trillingen behandeld volgens de werkwijze beschreven in SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken:2017, hierna SBR-A.

Hiertoe zijn de volgende stappen doorlopen:

- Analyse bebouwing in de omgeving en welke grenswaarde voor trillingen voor deze belendingen moet worden gehanteerd. In Figuur 2 zijn de nu aanwezige panden weergegeven. Afhankelijk van de fasering van de ontwikkeling zijn er mogelijk nog meer belendende panden, voor deze nog te realiseren panden wordt toegelicht hoe de grenswaarden bepaald kunnen worden.
- Kwantificering van de trillingen door het trillen van damwanden danwel het heien van funderingspalen. Om tot een generiek plan te komen wordt de beschouwing uitgevoerd voor het installeren van verschillende typen / lengtes damwanden en palen.
- Wijze van toetsen van de berekende trillingsnelheden aan de grenswaarden voor de belendingen.

3.2 Richtlijn SBR-A voor schade aan gebouwen

3.2.1 Algemeen

De meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-A geeft een procedure voor het meten van trillingen en een procedure voor de beoordeling van de invloed van trillingen op mogelijke schade aan bouwwerken en/of aan onderdelen daarvan.

Volgens de bestaande praktijkervaring bestaat er een aanvaardbaar kleine kans (minder dan 1%), dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden, indien de rekenwaarden uit voorspellingen of metingen de rekenwaarde van de grenswaarden conform de SBR-A richtlijn niet overschrijden.

3.2.2 Belendingen

In Figuur 2 is een overzicht met daar in de locatie van de belendingen ten opzichte van de te ontwikkelen kavels weergegeven. Er is voor zover bekend één monument in de nabije omgeving van het Hamerkwartier aanwezig. De belendende panden met een metselwerkgevel zijn als bouwwerkcategorie 2 geclassificeerd. De panden aan de oostzijde van het gebied hebben geen metselwerkgevel, maar hebben mogelijk wel brosse onderdelen, zoals pleisterwerk binnenwanden, die niet tot de draagconstructie behoren. Derhalve zijn deze panden conservatief geclassificeerd als bouwwerkcategorie 2. Indien geen brosse materialen aanwezig zijn kunnen deze panden als bouwwerkcategorie 1 worden beoordeeld.

De panden die mogelijk op het moment van de bouwwerkzaamheden nog niet zijn geamoveerd dienen door de ontwikkelaar gecategoriseerd te worden. Voor de bepaling van de bouwwerkcategorie kan Tabel 1 worden gehanteerd. Voor de bepaling van de bouwkundige staat wordt verwezen naar Bijlage 4. Over het algemeen kan een bouwwerk in alleen bestaand uit een casco als bouwwerkcategorie 1 worden geclassificeerd en een bouwwerk waar metselwerk of stucwerk aanwezig is als bouwwerkcategorie 2.

Gezien de bodemopbouw is de verwachting dat de belendende panden op palen zijn gefundeerd op palen die een belangrijk deel van hun draagvermogen ontleen aan het puntdraagvermogen en waarvoor geen bijzondere omstandigheden van toepassing zijn die aanleiding kunnen geven tot zakkings. Daarmee worden de panden geclassificeerd als niet-trillingsgevoelige fundering.

Tabel 1 Overzicht categorie indeling bouwwerken

Categorie	Omschrijving
1	<ul style="list-style-type: none"> Onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Draagconstructie van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.
2	<ul style="list-style-type: none"> Onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk. Onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructie die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

Conform SBR-A dient voor een definitieve vaststelling een inspectie plaats te vinden. Het wordt aanbevolen om deze inspectie uit te voeren. Mocht uit de inspectie blijken dat de staat van de bouwwerken afwijkt van wat is aangehouden in dit rapport, dan heeft dit gevolgen voor de predicties en dienen de grenswaarden aangepast te worden.

Beschouwing van de invloed op eventueel nabijgelegen kabels, leidingen en andere zettings- en trillingsgevoelige belendingen maakt geen onderdeel uit van deze generieke risicoanalyse. Per kavel dient te worden bepaald of deze belendingen aanwezig. Indien deze aanwezig zijn, dan moet dit aanvullend beoordeeld worden.

3.2.3 Bepaling rekenwaarden van de grenswaarden

Voor de bepaling van de rekenwaarden van de SBR-A grenswaarden zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- In de berekening is een overschrijdingskans van 5% aangehouden voor de trilwerkzaamheden van damwanden, dit komt overeen met een betrouwbaarheidsindex (β) van 1,64;
- De trillingsbron intrillen stalen damwand wordt als continue trilling gecategoriseerd (conform artikel 10.2.3 SBR-A) met partiële veiligheidsfactor γ_t van 2,5;
- De trillingsbron heien van palen wordt als herhaald kortdurende trilling gecategoriseerd (conform artikel 10.2.3 SBR-A) met partiële veiligheidsfactor γ_t van 1,5;

- Voor de panden met een monumentale of bouwkundig gevoelige staat wordt een partiële veiligheidsfactor γ_s van 1,7 in rekening gebracht;
- Voor de panden in een bouwkundig normale staat wordt een partiële veiligheidsfactor γ_s van 1,0 in rekening gebracht.

De met bovenstaande uitgangspunten afgeleide grenswaarden zijn opgenomen in Tabel 2. De karakteristieke waarden van de grenswaarden zijn afhankelijk van het bouwwerk en de dominante frequentie van de trillingen. Voor de frequentie-bandbreedte van trillingen door het hoogfrequent trillen van damwanden zijn ervaringswaarden van 30Hz en 40Hz aangehouden. Voor het heidend aanbrengen van palen worden veelal trillingen met frequenties tussen 10-15Hz gemeten.

Het wordt benadrukt dat in deze toetsingswaarde voor de voorspellingen geen veiligheidsfactor voor het type meting in rekening is gebracht, te weten een uitgebreide, beperkte of indicatieve meting (conform SBR-A artikel 9.3 Tabel 4). Deze factor varieert van 1 tot 1,6.

Het wordt opgemerkt dat in de trillingsvoorspellingen ervan is uitgegaan dat geen obstakels in de grond worden geraakt. Indien men echter bij het trillen op onvoorziene obstakels zou stuiten (oude funderingsresten en of overige grove puin) kunnen de trillingsnelheden ter plaatse van de belendingen snel oplopen. De aanwezigheid van obstakels in de bovenste lagen kan bijvoorbeeld door het voorprikken van het tracé in beeld worden

Tabel 2 Grenswaarden conform SBR-A; frequentie afhankelijk

Bouwwerk categorie conform SBR-A	Frequentie	Karakteristiek grenswaarden schade	Partiële veiligheidsfactor			Rekenwaarde grenswaarde schade Normaal	Rekenwaarde grenswaarde schade Gevoelig/ monumentaal
			γ_t	γ_s normaal	γ_t gevoelig/ monumentaal		
	[Hz]	[mm/s]	[-]	[-]	[-]	[mm/s]	[mm/s]
1	5-10	20,0	1,5	1,0	1,7	13,3	7,8
	15	22,5				15,0	8,8
	20	25,0				16,7	9,8
	30	30,0	2,5			12,0	7,1
	35	32,5				13,0	7,6
	40	35,0				14,0	8,2
2	5-10	5	1,5	1,0	1,7	3,3	2,0
	15	6,25				4,2	2,5
	20	7,5				5,0	2,9
	30	10	2,5			4,0	2,4
	35	11,25				4,5	2,6
	40	12,5				5,0	2,9

- γ_t = partiële factor op type trilling
 - γ_v = partiële factor op type meting

gebracht. Als er obstakels worden aangetroffen dient, afhankelijk van de diepte te worden voorgesleufd of worden vorgeboord. Deze werkzaamheden dienen echter zorgvuldig uitgevoerd te worden, zodat geen ontoelaatbare grondontspanning en vervormingen optreden in de omgeving.

3.3 Trillingspredictie trillen damwanden

Ten behoeve van het uitvoeren van de trillingspredictie van de damwanden is een overzicht gemaakt van het invloedsgebied voor trillingen bij verschillende energie / slagkracht van het te gebruiken trilblok.

Voor het bepalen van het invloedsgebied voor de trillingen, of de minimaal aan te houden afstand tussen werkzaamheden en belending waarbij kan worden voldaan aan de grenswaarden, dienen de volgende stappen te worden doorlopen:"

- Bepalen funderingswijze belendende panden (houten palen / betonnen of stalen palen);
- Categoriseren belendende panden op basis van Figuur 2 en paragraaf 3.2.2;
- Bepalen afstand van belendende panden tot in te trillen damwand bepalen;
- Bepalen slagkracht in te zetten trilblok / materieel;

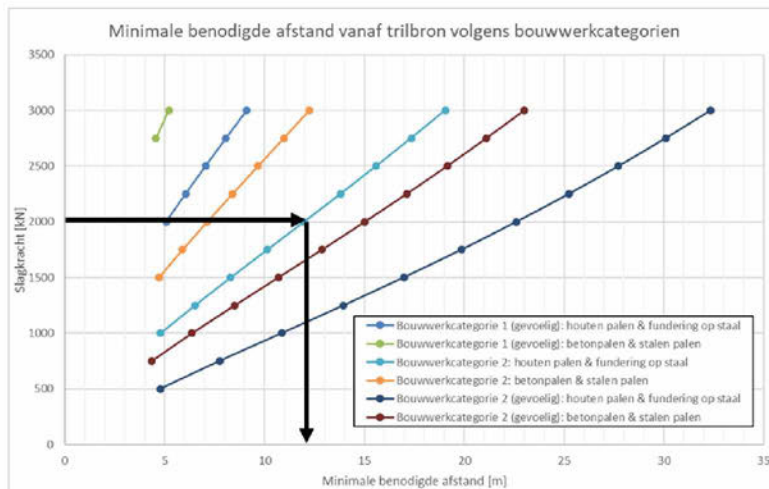
Aflezend tabel/grafieken in Bijlage 2 toetsen of de afstand in de tabel/grafiek groter is dan de afstand tussen de aan te brengen damwand en belendende panden.

In Figuur 4 is een voorbeeld gegeven voor een trilblok met een slagkracht van 2000kN en een belending bouwwerkcategorie 2 gefundeerd op houten palen in normaal bouwkundige staat. Uit de figuur volgt dat een minimale afstand van 12 meter benodigd

is. Indien het pand op een kortere afstand dan 12 meter aanwezig is wordt niet voldaan aan SBR-A. Indien het pand op een grotere afstand aanwezig is, wordt wel voldaan aan SBR-A en is de rekenkundige kans op schade kleiner of gelijk aan 1% en daarmee acceptabel gering.

In paragraaf 5.2.2.1 wordt een voorbeeld gegeven hoe omgegaan kan worden met de in Bijlage 2 toegevoegde grafiek en tabel.

Opgemerkt wordt dat de empirische methode voor het voorspellen van trillingen is opgesteld voor afstanden waarbij de afstand tussen trillingsbron en meetpunt / belending minimaal 5 meter is, kleinere afstanden tussen bron (damwand) en belending zijn derhalve niet gepresenteerd. Indien op kleinere afstand uit een belending damwanden moeten worden geïnstalleerd kan de mogelijkheid via maatwerk worden onderzocht. Naast een verhoogde kans op trillingsschade spelen er bij dergelijk korte afstanden nog meer aspecten een rol welke niet zijn beschouwd in deze generieke risicoanalyse.

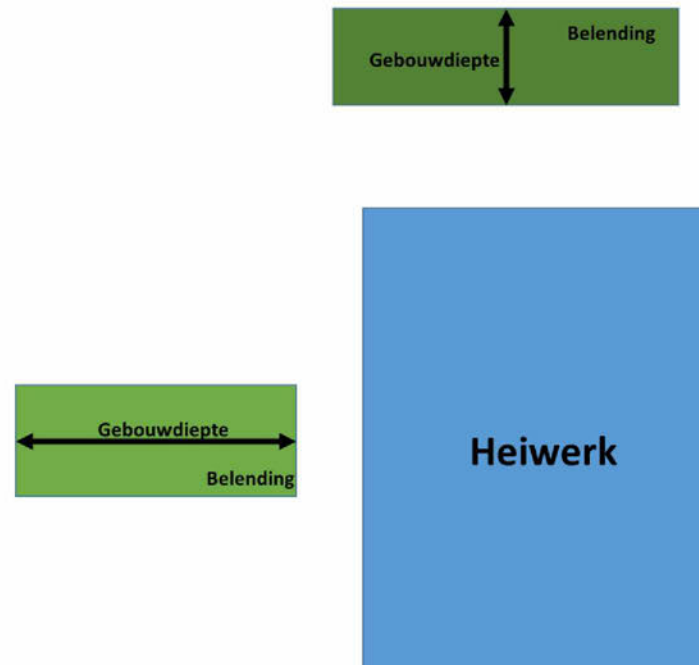


Figuur 4 Voorbeeld minimaal benodigde afstand trillen damwand.

3.4 Trillingspredictie heipalen

Ten behoeve van het uitvoeren van de trillingspredictie is een overzicht gemaakt van de minimaal benodigde afstanden voor verschillende typen paalafmetingen. In de predictie is uitgegaan van vierkante prefab betonpalen. Indien vibropalen worden toegepast kan het oppervlak van de deksel van de vibropalen omgerekend worden naar het oppervlak van prefab betonpalen. De minimaal benodigde afstand, of het invloedsgebied waarbuiten kan worden voldaan aan de grenswaarden volgens SBR-A, is afhankelijk van:

- Maximaal te passeren conusweerstand in de ondergrond;
- Paalpuntoppervlak;
- Bouwwerkcategorie panden;
- Diepte belendend pand ten opzichte van heiwerk, zie Figuur 5;

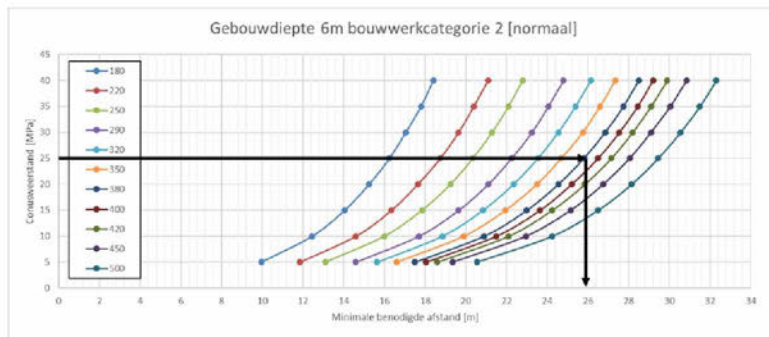


Figuur 5 Principe gebouwdiepte t.o.v. heiwerk

Met behulp van de grafieken en tabellen in Bijlage 3 is het mogelijk om de minimaal benodigde afstand te bepalen waarop ter plaatse van de belendingen wordt voldaan aan SBR-A.

In paragraaf 5.2.2.2 wordt een voorbeeld gegeven hoe omgegaan kan worden met de in Bijlage 3 toegevoegde grafieken en tabellen.

In Figuur 6 is een voorbeeld gegeven voor een te heien prefab betonpaal 380x380mm die een maximale conusweerstand van 25Mpa uit de sondering moet passeren en een belending bouwwerkcategorie 2 in normaal bouwkundige staat met een minimale gebouwdiepte van 6 meter. Uit de figuur volgt dat een minimale afstand van 26 meter benodigd is. Indien het pand op een kortere afstand dan 26 meter aanwezig is wordt niet voldaan aan SBR-A. Indien het pand op een grotere afstand aanwezig is, wordt wel voldaan aan SBR-A en is de rekenkundige kans op schade kleiner of gelijk aan 1% en daarmee acceptabel gering.



Figuur 6 Voorbeeld minimaal benodigde afstand heien paal

Opgemerkt wordt dat de empirische methode voor het voorspellen van trillingen is opgesteld voor afstanden waarbij de afstand tussen trillingsbron en meetpunt / belending minimaal 5 meter is, kleinere afstanden tussen bron (damwand) en belending zijn derhalve niet gepresenteerd. Indien op kleinere afstand uit een belending damwanden moeten worden geïnstalleerd kan de mogelijkheid via maatwerk worden

onderzocht. Naast een verhoogde kans op trillingsschade spelen er bij dergelijk korte afstanden nog meer aspecten een rol welke niet zijn beschouwd in deze generieke risicoanalyse.

4 Bouwlawaai

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is inzichtelijk gemaakt welke geluidgevoelige objecten in de omgeving van het Hamerkwartier aanwezig zijn. Met behulp van de beschrijving in dit hoofdstuk kan de geluidsbelasting op de omgeving als gevolg van de voorgenomen funderingswerkzaamheden worden getoetst aan het Bouwbesluit. Indien niet voldaan wordt, moet gebruik gemaakt worden van de best beschikbare stille technieken of kan ontheffing worden aangevraagd. Voor de ontheffingsaanvraag moet tevens worden getoetst aan Richtlijn Bouwlawaai. Afsluitend wordt in dit hoofdstuk een voorbeeld gegeven hoe omgegaan kan worden met de resultaten en toetsing aan het Bouwbesluit 2012 en Richtlijn Bouwlawaai 2016.

4.2 Uitgangspunten

4.2.1 Beschouwde funderingstechnieken

De minimaal benodigde afstanden worden bepaald voor de volgende funderingstechnieken:

- Heien prefab betonpalen: $L_{WR} = 126\text{dB(A)}$
- Heien prefab betonpalen (incl. heimutsadapter -3dB):
 $L_{WR} = 126\text{dB(A)}$
- Heien vibropalen: $L_{WR} = 140\text{dB(A)}$
- Heien vibropalen met mantel: $L_{WR} = 130\text{dB(A)}$
- Schroeven palen: $L_{WR} = 106\text{dB(A)}$
- Trillen buispalen: : $L_{WR} = 121\text{dB(A)}$
- Trillen damwanden: $L_{WR}=125\text{dB(A)}$
- Drukken damwanden: $L_{WR}=106\text{dB(A)}$

4.2.2 Randvoorwaarden berekeningen

De volgende uitgangspunten gelden bij deze generieke risicoanalyse:

- Ontvanger en bronnen hebben een hoogte van ten minste 5 meter boven maaiveld.

- In de berekening wordt geen rekening gehouden met:
 - Reflecties van geluid tegen gebouwen
 - Damping van geluid door bomen en struiken
- De berekeningen zijn geldig voor afstanden tussen bron en ontvangen kleiner dan 150 meter, daarboven zijn de resultaten tot een afstand van 500m indicatief.
- Werkdagen van 8 uur waarbij
 - voor de effectieve bedrijfstijd van de geheide en getrilde funderingstechnieken wordt uitgegaan van een effectieve bedrijfstijd van 5 uur.
 - voor de effectieve bedrijfstijd van de geschroefde paalsystemen en het drukken van damwanden wordt uitgegaan van een effectieve bedrijfstijd van 8 uur
- Voor de geheide paalsystemen wordt rekening gehouden met een impulstoelag van 5dB

4.2.3 Geluidgevoelige objecten

Geluidgevoelige objecten bestaan uit gebouwen en terreinen.

Geluidgevoelige gebouwen zijn:

- Woningen
- Onderwijsgebouwen
- Ziekenhuizen
- Verpleeghuizen
- Verzorgingstehuizen
- Psychiatrische inrichtingen
- Kinderdagverblijven

Geluidgevoelige terreinen zijn:

- (woon)wagen standplaatsen
- Bestemde ligplaatsen voor woonschepen

Uit bovenstaande opsommingen met geluidgevoelige objecten volgt dat schuren/garages, industriegebouwen en kantoren geen geluidgevoelige objecten zijn en binnen de wetgeving geen bijzondere bescherming tegen (overlast door) bouwlawaai hebben. Ondanks dat deze panden niet beoordeeld hoeven worden, kunnen de gebruikers van deze panden wel hinder ervaren tijdens de werkzaamheden.

In Figuur 3 is inzichtelijk gemaakt welke geluidgevoelige objecten in de omgeving van Hamerkwartier zijn. Opgemerkt wordt dat op de te ontwikkelen kavels mogelijk ook geluidgevoelige tot geluidsgevoelig object worden ontwikkeld. (De eerste ontwikkelde / gerealiseerde woningen worden voor de nog te ontwikkelen kavels een geluidsgevoelig object.) Deze objecten dienen aanvullend op Figuur 3 te worden beschouwd. Verder geldt dat op te ontwikkelen kavels reeds geluidgevoelige bestemmingen aanwezig zijn. Tijdens de werkzaamheden kunnen deze panden door leegstand ten behoeve van de ontwikkeling van de kavel geen geluidgevoelige functie vervullen. Op dit moment is onbekend wanneer de nieuw te realiseren gebouwen op de kavels een geluidgevoelige bestemming hebben. Dit dient door de ontwikkelaar inzichtelijk gemaakt te worden tijdens de beoordeling van het bouwlawaai.

Verder geldt dat reeds gerealiseerde gebouwen mogelijk een positieve invloed hebben door het afschermen van het geluid in de richting van geluidgevoelige objecten afschermen.

4.3 Normstelling Bouwbesluit

In dit akoestisch onderzoek zijn langtijd gemiddelde beoordelingsniveaus per dagdeel berekend in de representatieve situatie ter plaatse van de meest kritisch gelegen geluidgevoelige objecten van derden ten opzichte van de bouwlocatie. Met het onderzoek wordt aangetoond dat de langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,r,LT}$) van het geluid al dan niet voldoet aan de grenswaarden volgens het Bouwbesluit. De voor deze bouwactiviteit relevante onderdelen van het Bouwbesluit (artikel 8.3) zijn in onderstaand kader overgenomen.

Artikel 8.3 Geluidhinder

De op grond van artikel 8.2 te treffen maatregelen worden op aanwijzing van het bevoegd gezag vastgelegd in een bouw- of sloopveiligheidsplan. De maatregelen hebben tenminste betrekking op:

- Bedrijfsmatige bouw- of sloopwerkzaamheden worden op werkdagen en op zaterdag tussen 7.00 uur en 19.00 uur uitgevoerd.
- Bij het uitvoeren van de werkzaamheden als bedoeld in het eerste lid worden de in tabel 8.3 aangegeven dagwaarden en de daarbij behorende maximale blootstellings-duur niet overschreden, zie Tabel 3 voor deze waarden.
- Het bevoegd gezag kan ontheffing verlenen van het eerste en tweede lid. Onverkort het gestelde in de ontheffing, wordt bij het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden gebruikgemaakt van de best beschikbare stille technieken
- Indien het bevoegd gezag met betrekking tot het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden beleidsregels als bedoeld in titel 4.3 van de Algemene wet bestuursrecht heeft vastgesteld, is in afwijking van het derde lid geen ontheffing vereist indien het uitvoeren van de werkzaamheden voldoet aan de beleidsregels en het bevoegd gezag tenminste twee werkdagen voor de feitelijke aanvang van die werkzaamheden in kennis is gesteld van de aanvang van de werkzaamheden.

Tabel 3 Maximale blootstellingsduur, Bouwbesluit 2012 tabel 8.3

Dagwaarde [dB(A)]	≤60	>60	>65	>70	>75	>80
Maximale blootstellingsduur [dagen]	Onbeperkt	50	30	15	5	0

4.4 Richtlijn Bouwlawaai

Wanneer niet wordt voldaan aan het Bouwbesluit dient gebruik gemaakt te worden van de best beschikbare stille technieken en dient een ontheffing aangevraagd te worden. Voor de avond- en nachtperiode en de dagperiode van zon- en feestdagen dient conform het Bouwbesluit ten alle tijden ontheffing aangevraagd te worden. Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied geeft hiervoor kaders in Richtlijn Bouwlawaai. Conform deze richtlijn kan ontheffing verleend worden wanneer de 30 minuten equivalente geluidniveaus $L_{Aeq,30\text{minuten}}$ en het maximale geluidsniveau L_{Amax} voldoen aan de normen uit de richtlijn. De maximale blootstellingsduur conform deze richtlijn behorende bij de 30 minuten equivalent geluidniveaus is gegeven in Tabel 4. Het maximale geluidsniveau (L_{Amax}) mag niet meer bedragen dan:

- Dagperiode ma t/m za: 95dB(A)
- Dagperiode zon- en feestdagen: 85dB(A)
- Avondperiode: 80dB(A)
- Nachtperiode: 75dB(A)

Aanvullend wordt in de Richtlijn Bouwlawaai gesteld dat de blootstellingsduur onbeperkt mag zijn, indien het equivalente geluidsniveau van de werkzaamheden gelijk of lager is dan het geluidsniveau het omgevingslawaai.

4.5 Geluidprognose

In het Bouwbesluit en Richtlijn Bouwlawaai is de toelaatbare blootstellingsduur van bouwlawaai afhankelijk van het geluidsniveau dat wordt veroorzaakt op de gevel van geluidgevoelige objecten, zie Tabel 3 en Tabel 4. In Tabel 5 en Tabel 6 is dit op basis van de algemene bronvermogens en overige uitgangspunten uit vorige paragrafen vertaald naar maximaal aantal dagen bij een minimaal benodigde afstand. Hierbij geldt dat in Tabel 6 het aantal dagen waarop de geluidsbelasting 65 dB(A) overschrijdt maximaal 50 dagen mag zijn, daarvan mag de geluidsbelasting 30 en 10 dagen boven een geluidsbelasting van respectievelijk 70 en 75 dB(A) liggen.

Tabel 4 Maximale blootstellingsduur, Richtlijn Bouwlawaai

Periode	$L_{Aeq,LT,30\text{minuten}} / L_{Aeq,T}$ [dB(A)]									
	≤45	>45	>50	>55	>60	>65	>70	>75	>80	
Maximale blootstellingsduur [dagen]										
ma t/m za dagperiode (07:00-19:00 uur)	onbeperkt					50	30	10	0	
Zon- en feestdagen (07:00-19:00 uur)	Onbeperkt			20		10	0			
Ma t/m zo Avondperiode (19:00-23:00)	Onbeperkt		40		10	0				
Ma t/m zo Nachtperiode (23:00-07:00 uur)	Onbeperkt	20		5	0					

Op basis van ervaring blijkt bij funderingsaannemers in de markt stiller materieel beschikbaar te zijn dan de aangehouden bronvermogens voor de geheide paalsystemen in deze notitie. Indien wenselijk is om geen geschroefd paalsysteem toe te passen, wordt geadviseerd om bij funderingsaannemers na te gaan wat het betreffende bronvermogen van het toe te passen materieel. Op basis van deze specificaties kan mogelijk een optimalisatie gedaan worden voor het heien van prefab betonpalen of vibropalen.

CRUX kan in opdracht van de ontwikkelaar tijdens het ontwerp ondersteuning bieden doormiddel in optimalisaties door aanvullende berekeningen in een 3Dmodel te maken waarbij rekening wordt gehouden met:

- Effecten van omliggende panden;
- Maatregelen, zoals het toepassen van containerwanden;
- Meerdere funderingsmachines tegelijkertijd inzetten;
- Beschouwen optimalisaties in te zetten materieel.

Tabel 5 Toets Bouwbesluit

Maximaal aantal dagen	Minimaal benodigde afstand [m]							
	Heien prefab betonpalen	Heien prefab betonpalen incl heimutsadapter -3dB	Heien vibropalen	Heien vibropalen met mantel	Schroeven palen	Trillen buispalen	Trillen damwanden	Drukken damwanden
0 (Niet toegestaan)	<77	<55	<332	<119	<5	<25	<39	<5
5	77	55	332	119	5	25	39	5
15	132	96	528	202	8	44	69	8
30	223	164	802	332	14	77	119	14
50	366	273	1161	528	25	132	202	25
Onbeperkt	≥576	≥441	≥1601	≥802	≥44	≥223	≥332	≥44

Tabel 6 Toets Richtlijn Bouwlaaai

Maximaal aantal dagen	Minimaal benodigde afstand [m]									
	Heien prefab betonpalen	Heien prefab betonpalen incl heimutsadapter -3dB	Heien vibropalen	Heien vibropalen met mantel	Schroeven palen	Trillen buispalen	Trillen damwanden	Drukken damwanden		
0 (Niet toegestaan)	<93	<67	<393	<144	<6	<31	<48	<6		
10	93	67	393	144	6	31	48	6		
30	160	116			615	241	10	54	84	10
50	267	197			919	393	17	93	144	17
Onbeperkt	≥432	≥325			≥1307	≥615	≥31	≥160	≥241	≥31

5 Casus fictieve kavel

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is aan de hand van een voorbeeld voor een fictieve kavel de uitwerking gegeven voor de omgevingsbeïnvloeding door trillingen en geluid, waarbij de generieke trillings- en geluidsprognose zoals beschreven in dit rapport wordt toegepast.

5.2 Uitwerking Casus

5.2.1 Gegevens

In Figuur 7 is de ligging van een fictieve kavel in het Hamerkwartier weergegeven. Op deze kavel worden ten behoeve van dit voorbeeld damwanden trillend geïnstalleerd en worden prefab betonpalen geheid. Daarbij is het heiblok voorzien van heimutsadapter (-3dB).

Het dichtsbijzijnde belendende pand bevindt zich aan de westzijde en wordt ingedeeld in bouwwerkcategorie 2. Het gebouw bevindt zich op 15 meter afstand. Het dichtsbijzijnde geluidgevoelige object bevindt zich aan de noordwestzijde van het project.

Alle werkzaamheden worden uitgevoerd op werkdagen in de dagperiode.

5.2.2 Trillingspredictie

5.2.2.1 Trillen damwanden

Voor het trillen van de damwanden wordt een trilblok met een slagkracht 2250kN toegepast. Uitgangspunt is dat het belendende pand op betonpalen is gefundeerd en ingedeeld kan worden in bouwwerkcategorie 2 aangezien vanwege de aanwezigheid van brosse bouwmaterialen in of op het pand (metsel- / stucwerk).

Uit de grafiek in Bijlage 2 volgt dat de minimaal benodigde afstand om te voldoen aan de grenswaarde conform SBR-A gelijk is aan 9 meter. De afstand tussen de te trillen damwand en het belendende pand is 15 meter. Derhalve is de berekende trillingsintensiteit ter plaatse van de belending kleiner dan de grenswaarde conform SBR-A en is het risico op schade kleiner dan 1% en aanvaardbaar gering.

5.2.2.2 Heien palen

Uitgangspunten project:

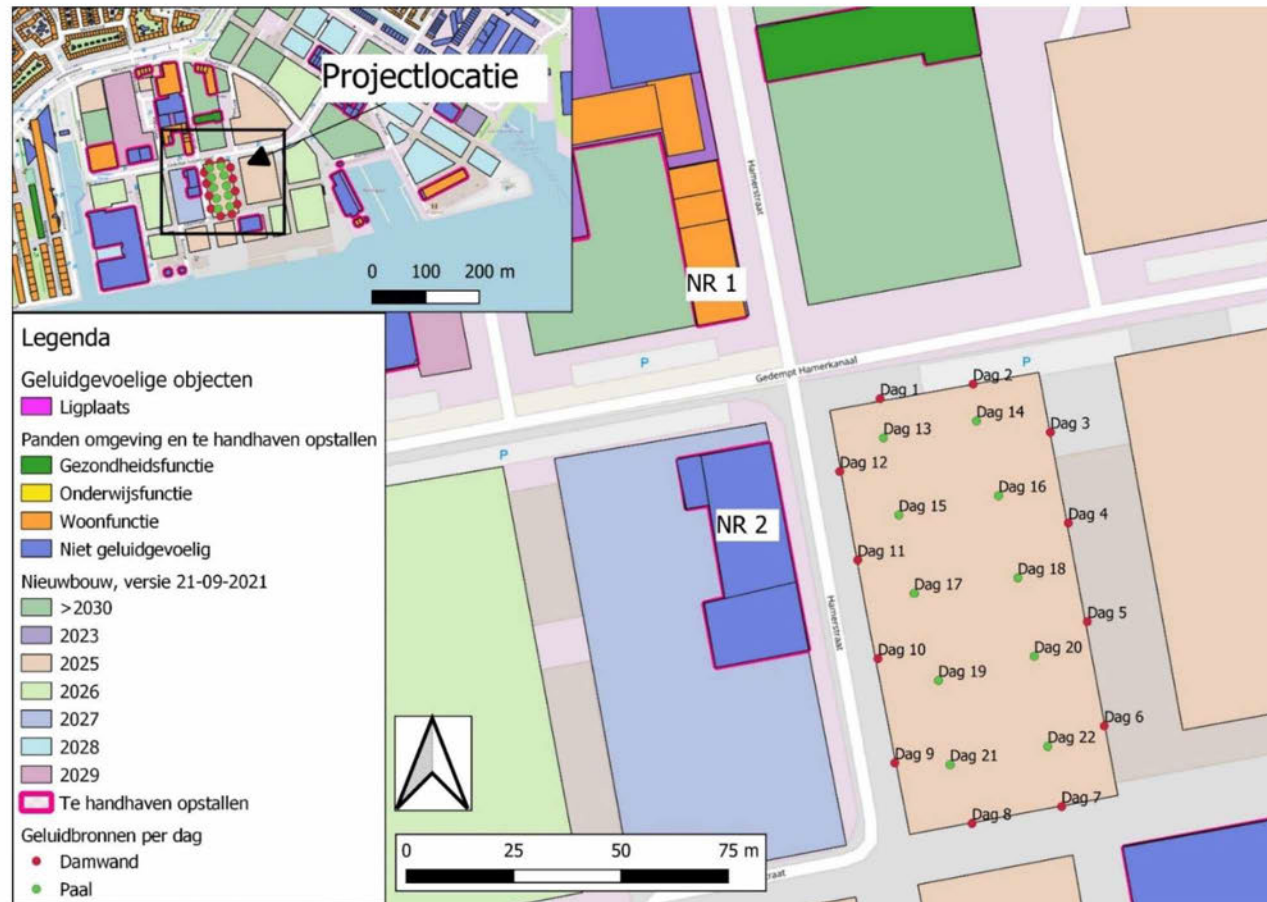
- Minimale gebouwdiepte belending is 16 meter
- Belendend pand is bouwwerkcategorie 2 in bouwkundig 'normale' staat.
- Paalafmeting 400x400mm
- Maximaal te passeren conusweerstand: 25MPa

Uit de grafieken en tabellen in Bijlage 3 volgt dat op een afstand van 24 meter uit het heiwerk precies wordt voldaan aan de grenswaarden conform SBR-A.

Het dichtsbijzijnde belendende gebouw bevindt zich op 15 meter afstand uit het heiwerk. Derhalve wordt de grenswaarde ter plaatse van het belendende pand overschreden en wordt niet voldaan aan SBR-A. Indien over de eerste 7 meter van heiwerk gekozen wordt voor een maatregel, zoals een kleinere paalafmeting (maximaal 220x220mm) of een geschroefd paalsysteem kan voor de overige te heien palen met afmeting 400 x 400mm rekenkundig worden voldaan aan SBR-A.

5.2.3 Geluidpredictie

Voor de geluidpredictie is het uitgangspunt dat de damwanden en palen gedurende de dagperiode op werkdagen worden aangebracht binnen werkdagen van maximaal 8 uur waarbinnen daadwerkelijk 5 uur wordt getrild of geheid. In Figuur 7 zijn de locaties van de bronnen (funderingsmachines) weergegeven per dag.



Figuur 7 Sitautie casus

De afstand van de geluidsbronnen tot het dichtsbijzinde geluidgevoelig object is samengevat in Tabel 7. De bronnen bestaan uit:

- Dag 1 t/m 12: Damwanden trillen met bronvermogen $L_{WR}=125\text{dB(A)}$;
- Dag 13 t/m 22: Prefab betonpalen heien inclusief heimutsadapter -3dB met bronvermogen $L_{WR}:123\text{dB(A)}$.

Middels kleuren is in Tabel 7 aangegeven welke afstand overeenkomt met de bijbehorende blootstellingsduur in dagen uit Tabel 3 en Tabel 4. De in de tabellen gebruikte kleuren komen met elkaar overeen, waarbij geldt dat de donkerste kleur rood staat voor een overschreiding van de maximaal toelaatbare geluidsbelasting waarvoor geen overschreidingsdagen toelaatbaar zijn. Dit is het geval bij dag 1 waarbij op 37 meter uit het geluidgevoelige object damwanden worden getrild. Uit Tabel 3 en Tabel 4 volgt namelijk dat afstanden kleiner dan 39 meter (cf. Bouwbesluit) en 48 meter (cf. Richtlijn Bouwlawaai) niet mogelijk zijn.

Tabel 7 Afstanden en bepalen categorie Bouwbesluit/Richtlijn Bouwlawaai cf Tabel 5 en Tabel 6

Dag	Afstand tot belending		Dag	Afstand tot belending	
	[m]			[m]	
	Kleuren Bouwbesluit	Kleuren Richtlijn Bouwlawaai		Kleuren Bouwbesluit	Kleuren Richtlijn Bouwlawaai
	Trillen damwand		Prefab betonpaeln heien incl. heimutsadapter -3dB		
1	37	37	13	42	42
2	54	54	14	58	58
3	75	75	15	58	58
4	89	89	16	72	72
5	106	106	17	74	74
6	126	126	18	87	87
7	135	135	19	96	96
8	129	129	20	102	102
9	110	110	21	115	115
10	85	85	22	122	122
11	62	62			
12	41	41			

In Tabel 8 en Tabel 9 zijn het aantal dagen blootstellingsduur getoetst aan respectievelijk Bouwbesluit en Richtlijn Bouwlawaai.

Uit toetsing van het aantal overschrijdingsdagen in Tabel 8 volgt dat niet wordt voldaan aan het toelaatbare aantal dagen uit het uit het Bouwbesluit. Derhalve dient een ontheffing aangevraagd te worden en moeten de best beschikbare stille technieken worden toegepast. Het bevoegd gezag kan ontheffing verlenen wanneer wordt voldaan aan Richtlijn Bouwlawaai. Uit de toetsing in Tabel 9 aan Richtlijn Bouwlawaai volgt dat niet wordt voldaan. Derhalve dienen stille technieken toegepast te worden.

Om te voldoen aan het Bouwbesluit zijn 5 zogenaamde 'maatregeldagen' benodigd. De maatregelen moeten er voor zorgen dat de geluidsbelasting op de omgeving daalt en het totaal aantal overschrijdingsdagen daalt. Deze maatregeldagen kunnen bestaan uit:

- 2 dagen drukken damwanden en 3 dagen schroeven palen
- Toepassen van een containerwand ter afscherming van de bron en de ontvanger (op voorwaarde dat dit in een 3D rekenmodel voldoende is onderbouwd)
- Nagaan bij funderingsaannemers of stiller materieel beschikbaar is (toepassen mobiel geluidsscherm/heimutsadapter/mantel)

Op basis van ervaring blijkt dat bij funderingsaannemers in de markt stiller materieel beschikbaar is dan de aangehouden algemene bronvermogens voor de geheide paalsystemen in dit rapport. Indien wenselijk is om geen geschreefd paalsysteem toe te passen, wordt geadviseerd om bij funderingsaannemers na te gaan wat het breffende bronvermogen van het toe te passen materieel is. Op basis van deze specificaties kan mogelijk een optimalisatie worden gedaan. In dit voorbeeld kan dit resulteren in een situatie waarbij de palen wel geheid kunnen worden.

Tabel 8 Toets Bouwbesluit

Maximaal aantal dagen cf. Bouwbesluit	Aantal dagen op basis van Tabel 7	Toets
0	2	Voldoet niet
5	10	Voldoet niet
15	19	Voldoet niet
30	22	Voldoet
50	22	Voldoet
Onbeperkt	-	-

Tabel 9 Toets Richtlijn Bouwlaaai

Maximaal aantal dagen cf. Bouwbesluit	Aantal dagen op basis van Tabel 7	Toets
0	5	Voldoet niet
10	13	Voldoet niet
30	22	Voldoet
50	22	Voldoet
Onbeperkt	-	-

CRUX Engineering BV
cruxbv.nl

Ons kenmerk
RA22228a6

Pagina
23/49

6 Risico's vervormingen en grondwaterstandverlaging

6.1 Invloedsbronnen

Door bouwwerkzaamheden in stedelijke omgeving kunnen trillingen en spanningsveranderingen in de grond worden veroorzaakt. De spanningsveranderingen in de grond kunnen leiden tot grondvervormingen (zettingen), die zich in een bepaald invloedsgebied rondom de bouwwerkzaamheden uitstrekken. Bestaande constructies (gebouwen en leidingen) die zich in dit invloedsgebied bevinden, ondergaan via de fundering deze (verschil)grondvervormingen en kunnen daardoor mogelijk schade ondervinden. De mogelijke schaderisico's door zettingen en door trillingen dienen, in het kader van een risicoanalyse, middels de huidig ter beschikking staande voorspellingsmethodieken rekenkundig te worden onderzocht. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de grondgesteldheid, de manier van inbrengen van de funderingselementen, de invloed van waterstandverlagingen en het incasseringsvermogen van de belendende constructies.

Op dit moment is onbekend welke werkzaamheden worden uitgevoerd op de kavels. Daarmee worden in dit hoofdstuk algemene risico's benoemd ten aanzien grondvervormingen en grondwaterstandverlagingen.

De volgende mogelijke *grondvervormingsbronnen* dienen tijdens het ontwerp van nieuwbouw te worden beschouwd voor de aanleg van een eventueel benodigde bouwkuip:

- **Open ontgraving.** Door de ontlasting van de grond bij een open ontgraving binnen talud ontstaat grondontspanning in de nabije omgeving, die tot grondvervormingen kunnen leiden.
- **Inklinking door het trillen van de damwanden.** Door het trillen van damwanden kunnen grondvervormingen door

inklinking van de grond ontstaan. Dit is met name van belang bij los en matig vast gepakte zandlagen met een lage relatieve dichtheid. Het zettingsverloop als gevolg van het trillen van damwanden (inklinking van de ophooglaag) kan voor Nederlandse omstandigheden rekenkundig worden gekwantificeerd met behulp van het rekenmodel van Hergarden, TUDelft, december 2000.

- **Statisch drukken van damwanden.** Door het drukken van damwanden kan langs de damwand enige zetting ontstaan als gevolg van het meetrekken van de grond. Dit effect kan in een risicoanalyse kwalitatief worden beschouwd op basis van ervaring.
- **Installatie invloed CSM-wanden.** Bij de installatie van CSM-wanden kan grondontspanning optreden. De effecten hiervan zijn door het zware gewicht van het nog niet uitgeharde soilmixmateriaal aanzienlijk minder dan bij het maken van diepwanden. De effecten zijn medeafhankelijk van de volgorde en tijdsplan tussen de verschillende panelen. Ervaringen bij de installatie van CSM panelen zijn zeer positief zowel naast belendingen gefundeerd op palen als gefundeerd op staal.
- **Ontgraving van de bouwkuip.** Door vervorming van de grond- en waterkerende bouwkuipwanden tijdens de ontgraving kunnen grondvervormingen ontstaan. Door de vervorming van de bouwkuipwand vervormt ook de grond achter de wand, met als gevolg mogelijke (schadeveroorzakende) zettingen en horizontale (verschil)vervormingen aan belendingen. Het verloop van deze grondvervormingen als gevolg van de ontgraving van de bouwkuip kan rekenkundig worden gekwantificeerd met behulp van het computerprogramma Plaxis 2D.
- **Trekken van de damwanden.** Door het trekken van de damwand ontstaat er ruimte in de grond. Aangenomen wordt dat deze vrijgekomen ruimte volledig wordt omgezet in maaiveldzakking. Het bepalen van de maaiveldzakking door het trekken van de damwanden kan met een theoretisch model van Hergarden (TUDelft, 2000) worden uitgevoerd.

- **Invloed van grondwaterstandsverlaging in de omgeving.**
Door verlaging van grondwaterstanden ontstaat een verhoging van de korrelspanningen waardoor zettingen in de omgeving kunnen ontstaan.

Op het moment dat een grondkering wordt toegepast die voldoende waterremmend kan worden beschouwd en de onderzijde van de kuip wordt afgesloten door waterremmende grondlagen / injectielaag zal het droogzetten geen noemenswaardige grondwaterstandsverlaging buiten de bouwkuip veroorzaken. Derhalve kan de invloed van grondwaterstandverlaging op dat moment niet in de risicoanalyse worden opgenomen.

Het berekende cumulatieve zettingsverloop kan opgelegd worden aan de belendende panden middels de 'Methode der grensrekken' ter bepaling van de kans op schade.

6.2 Methode van de schadevoorspelling

Zodra meer bekend is over uitvoeringswijze eventuele ontgravingen / ontgravingsdiepte en op welke afstand deze uit omliggende bebouwing (bestaand danwel in aanbouw) worden uitgevoerd, moet het effect hiervan middels risicoanalyse omgevingsbeïnvloeding door grondvervormingen worden beschouwd en moet het resultaat van de beschouwing worden getoetst middels de Limiting Tensile Strain Method (LTSM).

In het BLVC plan moet de risicoanalyse vervormingen en grondwaterstandsverlagingen worden opgenomen.

7 Stappenplan

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is samenvattend een kort stappenplan/stroomschema gegeven voor de te doorlopen stappen voor het uitvoeren van de trillings-, geluidpredictie en risico's vervormingen en grondwaterstandverlaging.

Nadat de ontwikkelaar de risicoanalyse heeft opgesteld voert de gemeente met haar externe adviseurs een beoordeling op de risicoanalyse uit, waarna het monitoringsplan door de ontwikkelaar wordt opgesteld en ter beoordeling aan de gemeente wordt voorgelegd.

Zodra het monitoringsplan is getoetst door de gemeente en haar externe adviseurs en akkoord is bevonden kan, ten aanzien van de in dit rapport benoemde onderdelen, de uitvoering starten. Tijdens de uitvoering wordt de monitoring inclusief toelichting uitgevoerde werkzaamheden (bouwfase) met gemeente Amsterdam gedeeld. Bij afwijking van signalerings- en interventiewaarden wordt de gemeente geïnformeerd in de te nemen maatregelen.

In Bijlage 1 zijn de processchema's opgenomen waarin de momenten zijn aangegeven waarop de gemeente meegenomen dient te worden.

7.2 Trillingspredictie

Onderstaand is het stappenplan gegeven voor het uitvoeren van de trillingspredictie:

1. Bepaal belendende panden;
2. Voer trillingspredictie damwanden uit;
3. Voer trillingspredictie heien palen uit.

1. Bepaal belendende panden

- Voeg eventueel aanvullende belendende panden toe aan Figuur 2;
- Bepaal bouwwerkcategorie van deze panden conform Tabel 1 en bouwkundige staat conform Bijlage 4 en voeg dit toe aan de legenda Bestaand bebouwing categorie;
- Bepaal funderingswijze belendende panden. Indien onbekend: Ga uit van fundering op houten palen.
- Bepaal de kortste afstand van de panden tot de funderingswerkzaamheden

2. Voer trillingspredictie damwanden uit

- Bepaal type trilblok en maximale slagkracht
- Bepaal minimaal benodigde afstand tot belendende panden met behulp van Bijlage 2.
- Bepaal of minimaal benodigde afstand kleiner is dan de daadwerkelijke afstand. Indien deze kleiner is, wordt ter plaatse van de belending voldaan aan de grenswaarden conform SBR-A.

3. Voer trillingspredictie heien palen uit

- Bepaal afmeting paal en paalpuntniveau. Indien een ronde paal wordt toegepast: Deel voetdiameter door 1,12 om een vierkante afmeting te verkrijgen.
- Bepaal welke maximale conusweerstand de paal moet passeren op basis van het paalpuntniveau en de sondering op projectlocatie.
- Bepaal minimaal benodigde afstand tot belendende panden met behulp van Bijlage 3.
- Bepaal of minimaal benodigde afstand kleiner is dan de daadwerkelijke afstand. Indien deze kleiner is, wordt ter plaatse van de belending voldaan aan de grenswaarden conform SBR-A.

7.3 Geluidpredictie

Onderstaand is het stappenplan gegeven voor het uitvoeren van de geluidpredictie:

1. Bepaal belendende panden;
2. Voer geluidpredictie uit

1. Bepaal belendende panden

- Voeg eventueel aanvullende belendende panden toe aan Figuur 3;
- Bepaal of belendend pand geluidgevoelig is o.b.v. paragraaf 4.2.3

2. Voer geluidpredictie uit

- Bepaal locatie bronnen funderingsmaterieel per dag;
- Bepaal vast punt op geluidgevoelig object op kortste afstand uit bronnen;
- Bepaal afstand bron tot vast punt geluidgevoelig object per bron en dag;
- Bepaal hoeveel bronnen (dagen) onder welk maximaal aantal dagen valt uit Tabel 5;
- Toets of het aantal bronnen (dagen) dit maximum niet overschrijdt:
 - Indien dit niet wordt overschreden, wordt voldaan aan de blootstellingsduur conform het Bouwbesluit.
 - Indien dit wel wordt overschreden, wordt niet voldaan aan de blootstellingsduur conform het Bouwbesluit.

Wanneer wordt voldaan aan het Bouwbesluit dient een melding gedaan te worden bij het bevoegd gezag, zie paragraaf 4.3. Indien niet voldaan wordt, dient gebruik gemaakt te worden van de best beschikbare stille technieken en dient ontheffing aangevraagd te worden. Voor de ontheffingsaanvraag kan op de onderstaande wijze een toets Richtlijn Bouwlawaaai worden gedaan:

- Bepaal hoeveel bronnen (dagen) onder welk maximaal aantal dagen valt uit Tabel 6;

- Toets of het aantal bronnen (dagen) dit maximum niet overschrijdt
 - Indien dit niet wordt overschreden, wordt voldaan aan de blootstellingsduur conform de Richtlijn Bouwlawaaai.
 - Indien dit wel wordt overschreden, wordt niet voldaan aan de blootstellingsduur conform de Richtlijn Bouwlawaaai.

Indien wordt voldaan aan Richtlijn Bouwlawaaai verleend het bevoegd gezag over het algemeen ontheffing.

7.4 Risico's vervormingen en grondwaterstandverlaging

Ten gevolge van de werkzaamheden onder 6.1 kunnen grondvervormingen ontstaan. Het berekende cumulatieve zettingsverloop vanuit deze bronnen kan opgelegd worden aan de belendende panden middels de Limiting Tensile Strain Method (LTSM) ter bepaling van de kans op schade.

Het effect van een eventuele grondwaterstandverlaging op de omgeving moet worden bepaald. Indien door deze verlaging zettingen ter plaatse van belendingen te verwachten zijn, moet dit tezamen met de andere invloedsbronnen worden beoordeeld.

In het BLVC plan moet de risicoanalyse vervormingen en grondwaterstandsverlagingen worden opgenomen.

8 Doel monitoring tijdens de uitvoering

Het doel van het monitoren tijdens de uitvoering van de bouwwerkzaamheden is om, in verschillende stadia van de uitvoering, gegevens over de ontwikkeling van mogelijke omgevingsbeïnvloeding (door het meten van bijvoorbeeld damwandvervormingen, vervormingen en trillingen ter plaatse van de belendingen) ter beschikking te hebben. De gemeten waarden worden tijdens de uitvoering met de in een monitoringsplan opgestelde alarm- en grenswaarden vergeleken.

Indien door de metingen onvoorziene afwijkingen van de voorspelling gaandeweg het bouwproces worden geconstateerd, kan door een terugkoppeling van de monitoringsresultaten met de schadepredicties op tijd worden bepaald of het wel of niet noodzakelijk is om een (zettings- of trillingsreducerende) maatregel te treffen en indien ja welke maatregel het meest effectief zal zijn. Op deze manier kan met behulp van de meetdata op de voortgang en de prestatie van het bouwproces **op tijd** worden geanticipeerd en kunnen maatregelen worden genomen. Het monitoringsplan is een belangrijk onderdeel van de proactieve risicobeheersing, waarbij het adagium geldt “op tijd meten is op tijd weten”.

De deskundige interpretatie en beoordeling van de monitoringsresultaten is essentieel voor een proactieve risicobeheersing en vormt de basis om te kunnen beslissen over de noodzaak van het toepassen van een economische (zettings- of trillingsreducerende) maatregel gedurende het bouwproces. Door de combinatie van de verschillende meetinformatie (bijvoorbeeld grondwaterstandsmetingen, hoogtemetingen van maaiveld en de constructies, metingen van de horizontale vervorming van de damwand en trillingsmonitoring) zijn de

invloedsbronnen duidelijk te achterhalen. In de afweging voor het nemen van een maatregel is de monitoring van de belendende constructies als maatgevend te beschouwen.

Geadviseerd wordt om aansluitend op deze risicoanalyse of een project specifieke risicoanalyse een monitoringplan op te stellen waarmee invulling wordt gegeven aan bovenstaande aanpak. CRUX kan hierbij in opdracht van de ontwikkelaar ondersteuning verlenen vanuit de ervaring in het projectgebied, maar ook vanuit de ervaring vanuit vergelijkbare projecten nabij deze werkzaamheden (o.a. binnen Amsterdam-Noord).

9 Samenvatting en aanbevelingen

In opdracht van Gemeente Amsterdam heeft CRUX Engineering B.V. een generieke risicoanalyse trillingen en bouwlawaai opgesteld voor de (her)ontwikkeling van de kavels van het Hamerkwartier te Amsterdam. Het Hamerkwartier verandert in de toekomst van een bedrijventerrein in een wijk met 6700 woningen. Hiertoe worden kavels uitgegeven aan ontwikkelaars. Ten gevolge van de bouwwerkzaamheden op deze kavels bestaat het risico op omgevingsbeïnvloeding door trillingen en bouwlawaai.

Dit rapport geeft de ontwikkelaars tijdens de ontwerpfase inzicht in de wijze waarop omgegaan kan worden met de omgevingsrisico's trillingsschade en bouwlawaai ten aanzien van de te kiezen funderingssystemen. Denk hierbij aan het type funderingspalen, maar ook aan een eventuele tijdelijke bouwkuipwanden voor de realisatie van een kelder.

Ten aanzien van het risico op trillingsschade is in hoofdstuk 3 inzichtelijk gemaakt wat het effect van het trillen van damwanden en het heien van palen op de omgeving is. Hierbij zijn minimaal benodigde afstanden / invloedsgebieden opgegeven waarbuiten wordt voldaan aan de grenswaarden conform SBR-A. Voor het intrillen van damwanden moet de toets worden uitgevoerd aan de hand van de capaciteit van voorgenomen te gebruiken materieel. Voor het heien van palen kan dit worden gedaan aan de hand van de paalafmetingen en het beoogde paalpuntniveau.

Ten aanzien van bouwlawaai is in hoofdstuk 4 voor verschillende funderingssystemen inzichtelijk gemaakt wat de geluidsbelasting is ter plaatse van geluidgevoelige objecten. Op basis van de afstanden tussen de bron (funderingsmachines) en

de geluidgevoelige objecten kan bepaald worden welke funderingssystemen ten aanzien van geluidsbelasting toegepast kunnen worden ten aanzien van de geldende wet- en regelgeving. Aanbevolen wordt dat gemeente Amsterdam voorafgaand aan de werkzaamheden op de kavels een nulmeting geluid doet om inzichtelijk maken wat het achtergrondgeluid is.

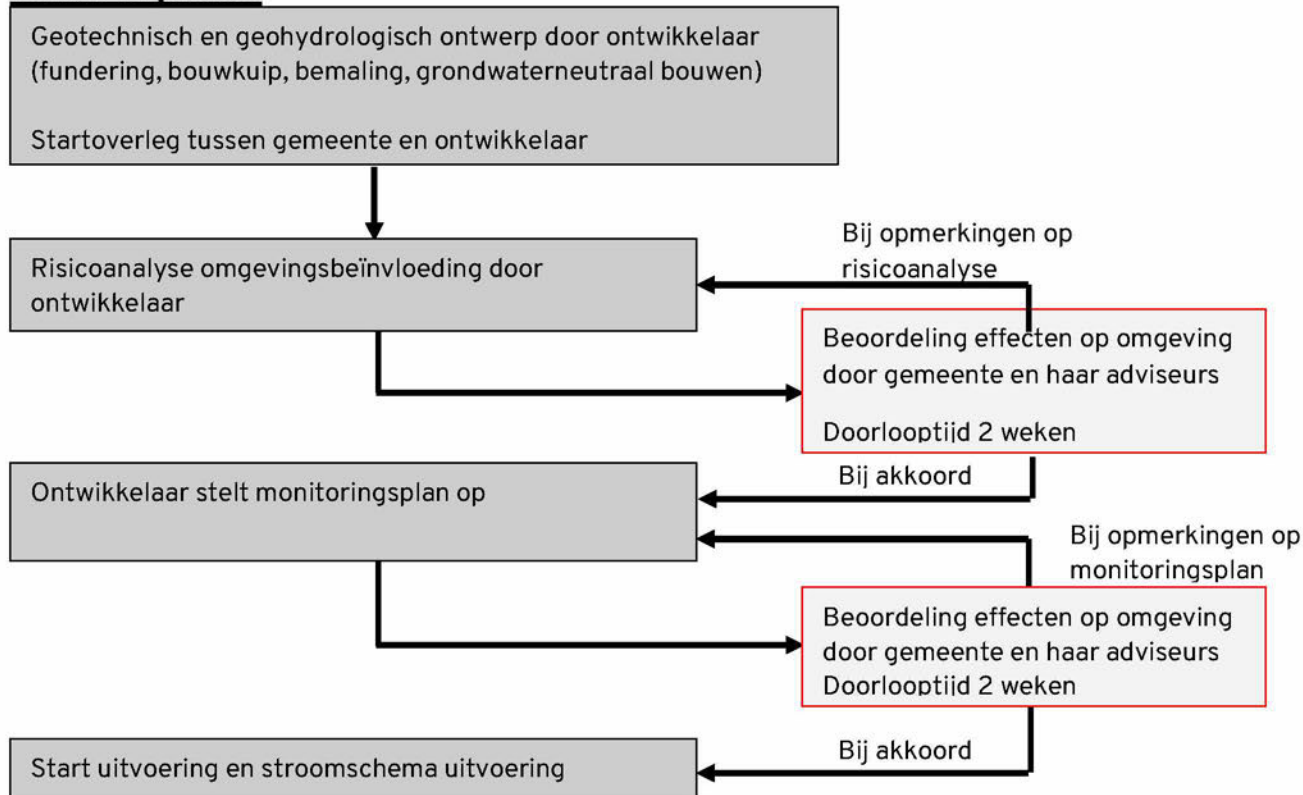
In hoofdstuk 5 is middels een casus de toepassing van de grafieken en tabellen voor een fictieve kavel en ontwerpsituatie binnen het Hamerkwartier beschreven. In deze casus wordt de haalbaarheidstudie van funderingssystemen ten aanzien van omgevingsrisico's trillingsschade en bouwlawaai beoordeeld.

Voor de keuze van het type bouwkuipwand moet naast het risico op trillingsschade en bouwlawaai in de omgeving ook het risico op schade ten gevolge van vervormingen en grondwaterstandverlagingen in de omgeving beoordeeld te worden. Zodra meer bekend is over de uitvoeringswijze, eventuele ontgravingen / ontgravingsdiepte en op welke afstand omliggende bebouwing (bestaand danwel in aanbouw) worden uitgevoerd, moet het effect hiervan middels risicoanalyse omgevingsbeïnvloeding worden beschouwd. Het resultaat van de vervormingen ter plaatse van belendende panden moet worden getoetst middels de Limiting Tensile Strain Method (LTSM). In het BLVC plan moet de risicoanalyse vervormingen en grondwaterstandsverlagingen worden opgenomen.

Deze generieke risicoanalyse betreft een algemene risicoanalyse waarbij afhankelijk van het ontwerp van de te ontwikkelen kavel, fasering binnen het hamerkwartier, etc. optimalisaties mogelijk zijn op het moment dat per kavel naar de specifieke situatie wordt beschouwd. Geadviseerd wordt om aansluitend op deze risicoanalyse of een project specifieke risicoanalyse en monitoringplan op te stellen waarmee invulling wordt gegeven aan bovenstaande aanpak. CRUX kan hierbij in opdracht van de ontwikkelaar ondersteuning verlenen vanuit de ervaring in het projectgebied, maar ook vanuit de ervaring vanuit vergelijkbare projecten (o.a. binnen Amsterdam-Noord).

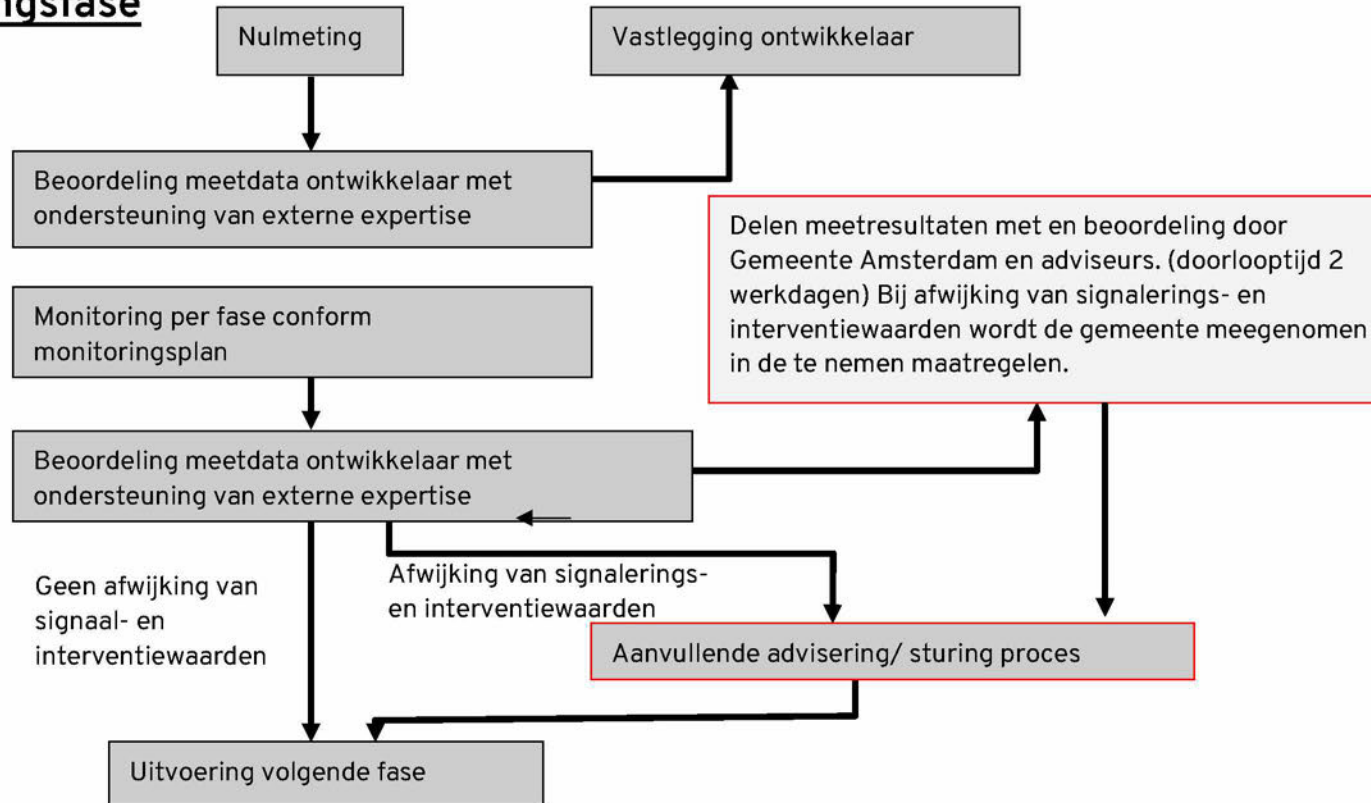
Nadat de ontwikkelaar de risicoanalyse heeft opgesteld voert de gemeente met haar externe adviseurs een beoordeling op de risicoanalyse uit, waarna het monitoringsplan door de ontwikkelaar wordt opgesteld en ter beoordeling aan de gemeente wordt voorgelegd. Zodra het monitoringsplan is getoetst door de gemeente en haar externe adviseurs en akkoord is bevonden kan de uitvoering starten. Tijdens de uitvoering wordt de monitoring inclusief toelichting uitgevoerde werkzaamheden (bouwphase) met gemeente Amsterdam gedeeld. Bij afwijking van signalerings- en interventiewaarden wordt de gemeente geïnformeerd in de te nemen maatregelen. In Bijlage 1 zijn de processchema's opgenomen waarin de momenten zijn aangegeven waarop de gemeente meegenomen dient te worden.

Ontwerpfase

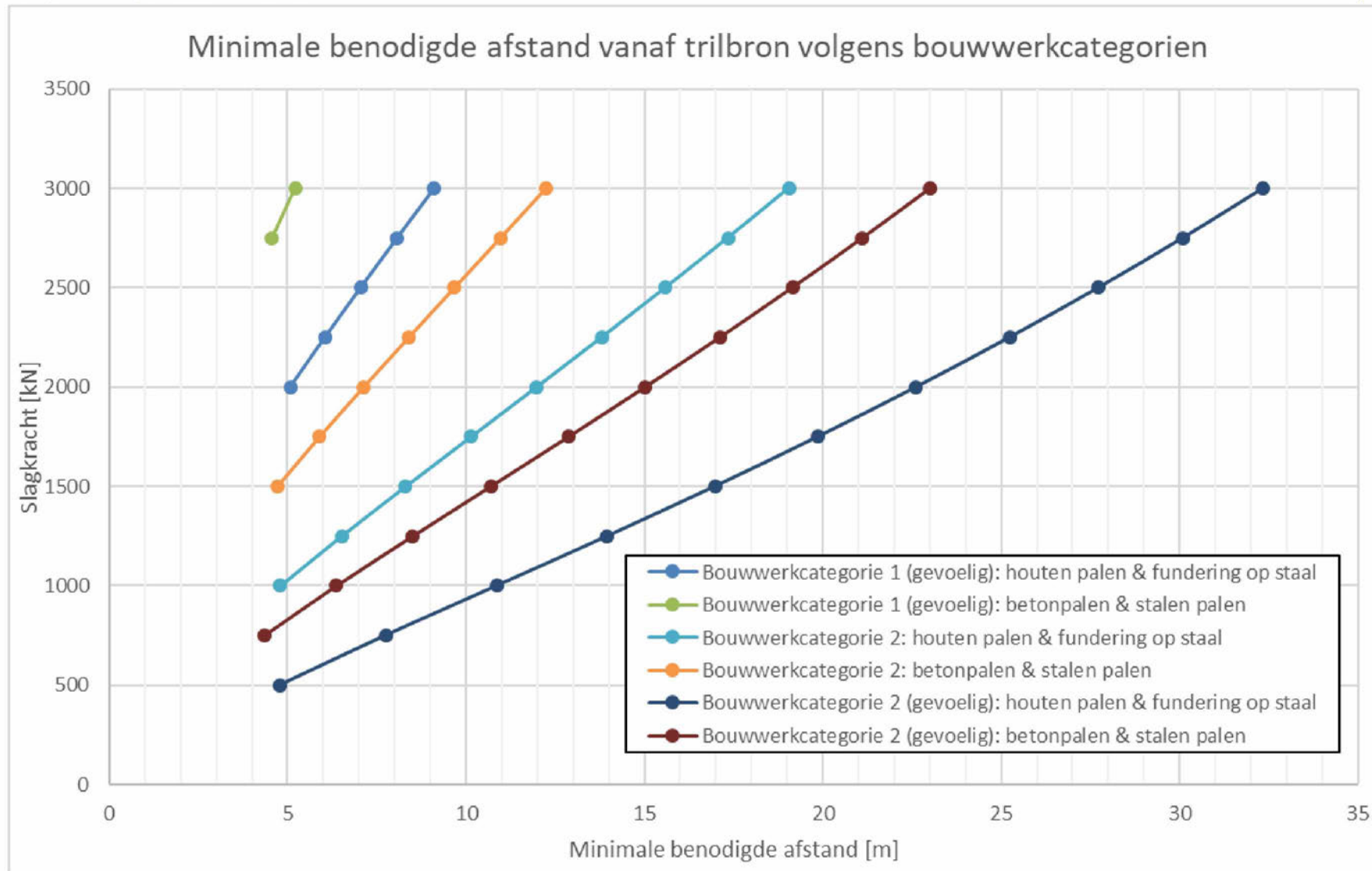


Verantwoordelijkheden ontwikkelaar	Verantwoordelijkheden Gemeente (met externe adviseurs)
Initiëren startoverleg omgevingsbeïnvloeding	Aanwezig bij startoverleg en toelichten generieke risicoanalyse en proces
Opstellen VO risicoanalyse omgevingsbeïnvloeding	Beoordelen risicoanalyse (met externe adviseurs), doorlooptijd 2 weken
Opstellen DO risicoanalyse omgevingsbeïnvloeding	Beoordelen risicoanalyse (met externe adviseurs), doorlooptijd 2 weken
Opstellen monitoringsplan voor de omgevingsbeïnvloeding	Beoordelen monitoringsplan (met externe adviseurs), doorlooptijd 2 weken

Uitvoeringsfase

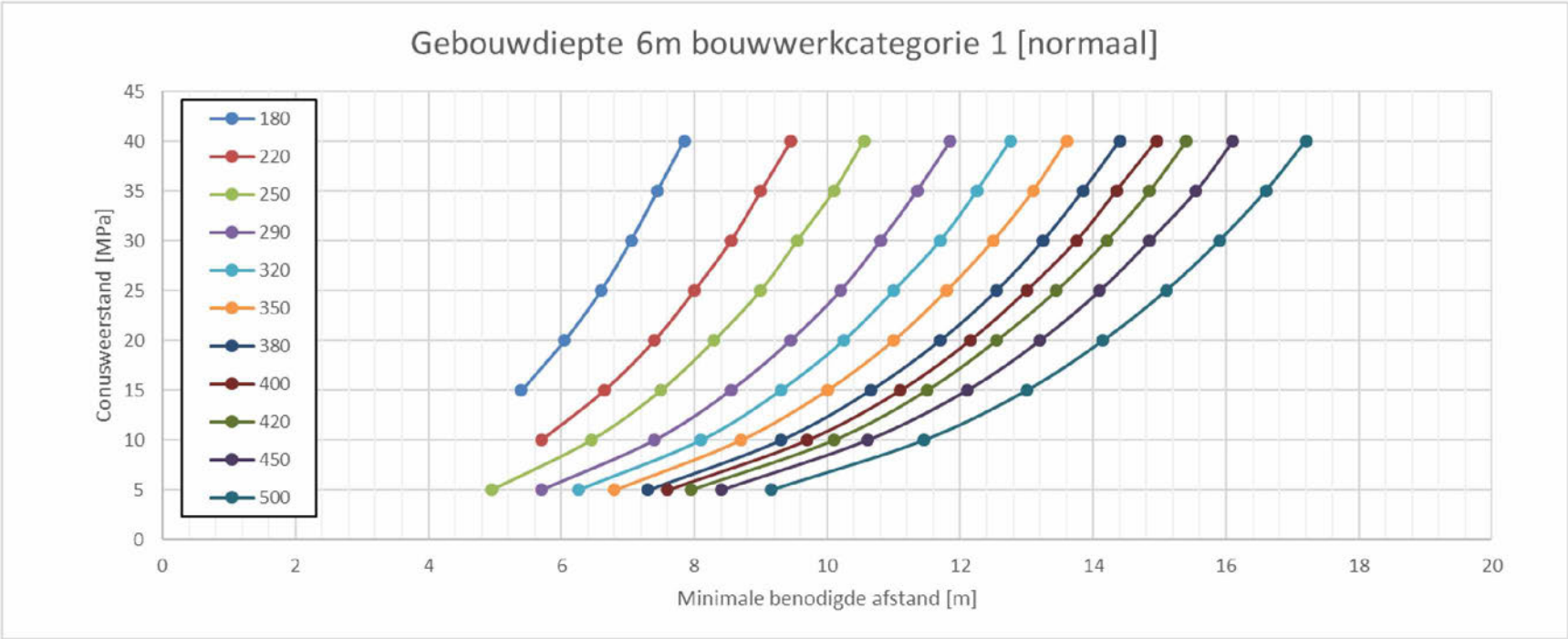


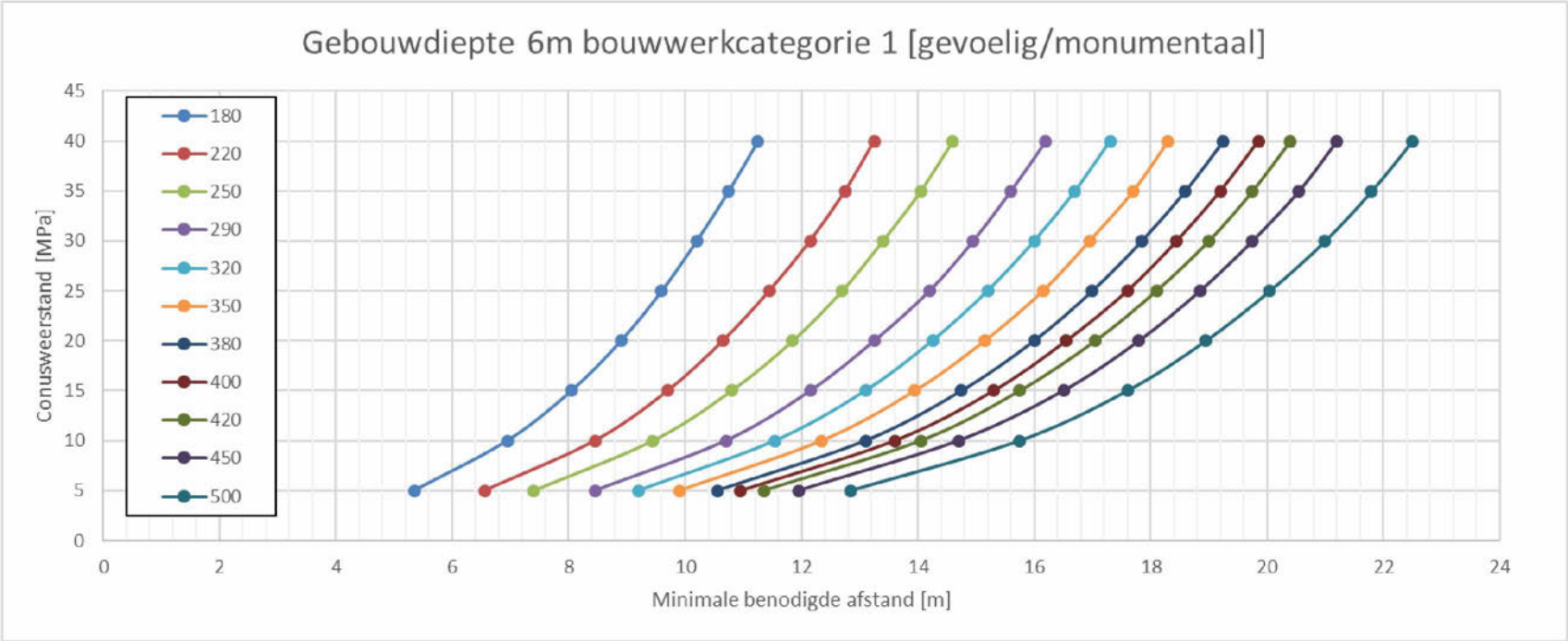
Verantwoordelijkheden ontwikkelaar		Verantwoordelijkheden Gemeente (met externe adviseurs)	
Uitvoeren, beoordelen en vastleggen nulmeting			
Monitoring uitvoeren conform monitoringsplan			
Beoordelen monitoringsdata (met ondersteuning van externe expertise) en delen met Gemeente		Beoordelen monitoringsdata, doorlooptijd 2 werkdagen	
<i>Geen afwijking signalerings- en interventiewaarden en akkoord door Gemeente</i>	<i>Afwijking signalerings- en interventiewaarden</i>	<i>Geen afwijking signalerings- en interventiewaarden</i>	<i>Afwijking signalerings- en interventiewaarden</i>
Uitvoering volgende fase	Aanvullende advisering/ sturing proces	Geen actie tot volgende monitoringsronde	Ondersteuning en beoordeling maatregelen ontwikkelaar
	Uitvoeren maatregelen en/of sturing proces		Geen actie tot volgende monitoringsronde
	Uitvoering volgende fase		



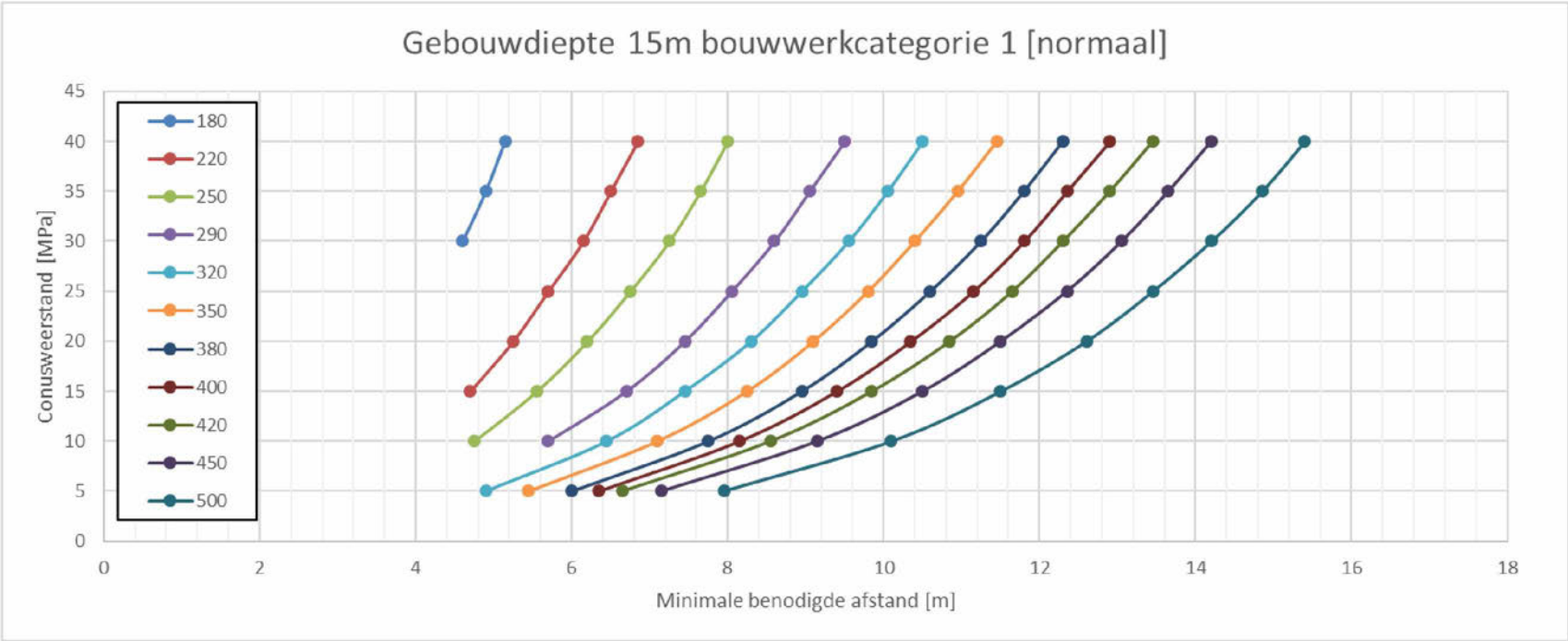
Slagkracht	Minimale benodigde afstand [m]							
	Categorie 1				Categorie 2			
	Normaal		Gevoelig/monumentaal		Normaal		Gevoelig/monumentaal	
	Op staal / houten palen	Betonpalen / stalen palen	Op staal / houten palen	Betonpalen / stalen palen	Op staal / houten palen	Betonpalen / stalen palen	Op staal / houten palen	Betonpalen / stalen palen
500,0	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
750,0	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	<5
1000,0	<5	<5	<5	<5	<5	<5	11	6
1250,0	<5	<5	<5	<5	7	<5	14	89
1500,0	<5	<5	<5	<5	8	<5	17	11
1750,0	<5	<5	<5	<5	10	6	20	13
2000,0	<5	<5	5,1	<5	12	7	23	15
2250,0	<5	<5	6,0	<5	13,	8	25	17
2500,0	<5	<5	7,0	<5	16	10	28	19
2750,0	<5	<5	8,1	<5	17	11	30	21
3000,0	<5	<5	9,1	5,2	19	12	32	23

Gebouwdiepte 6m, bouwwerkcategorie 1 'normaal'

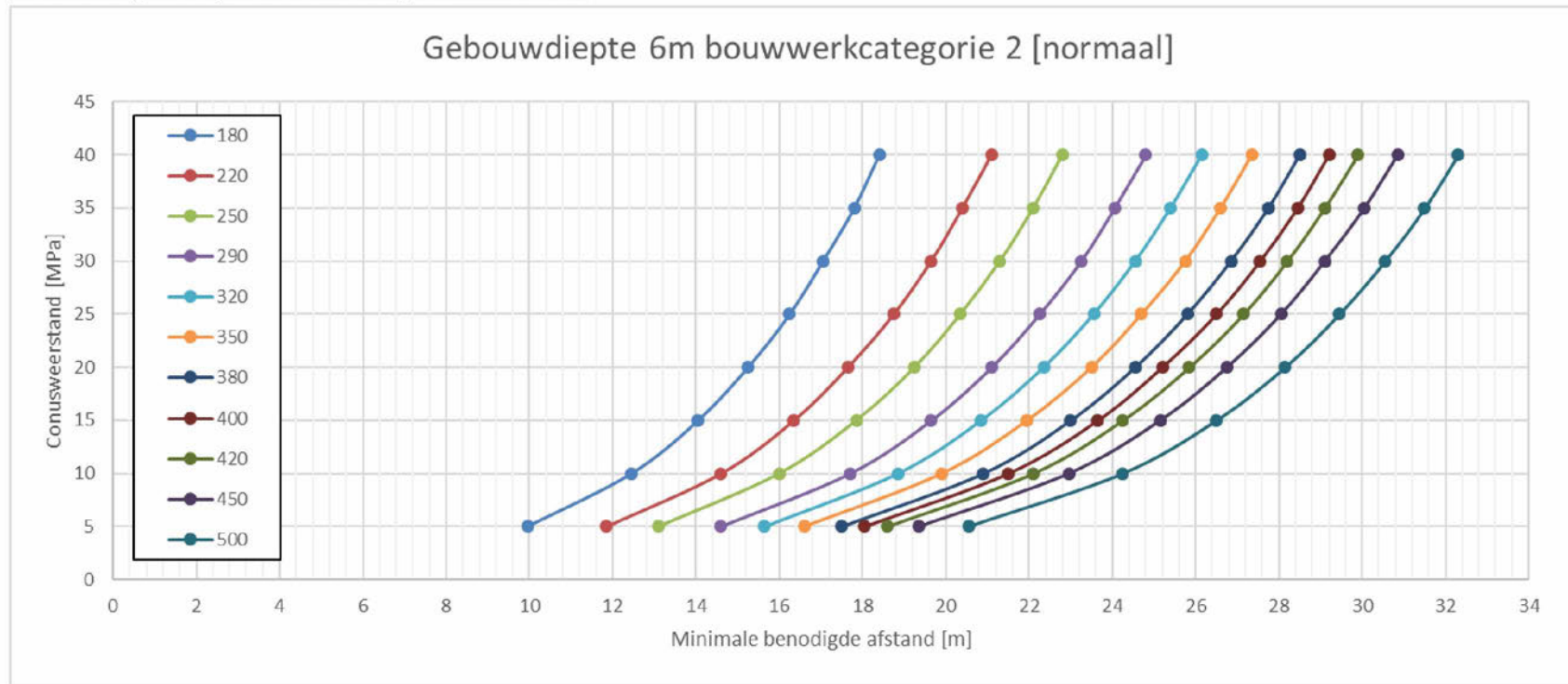


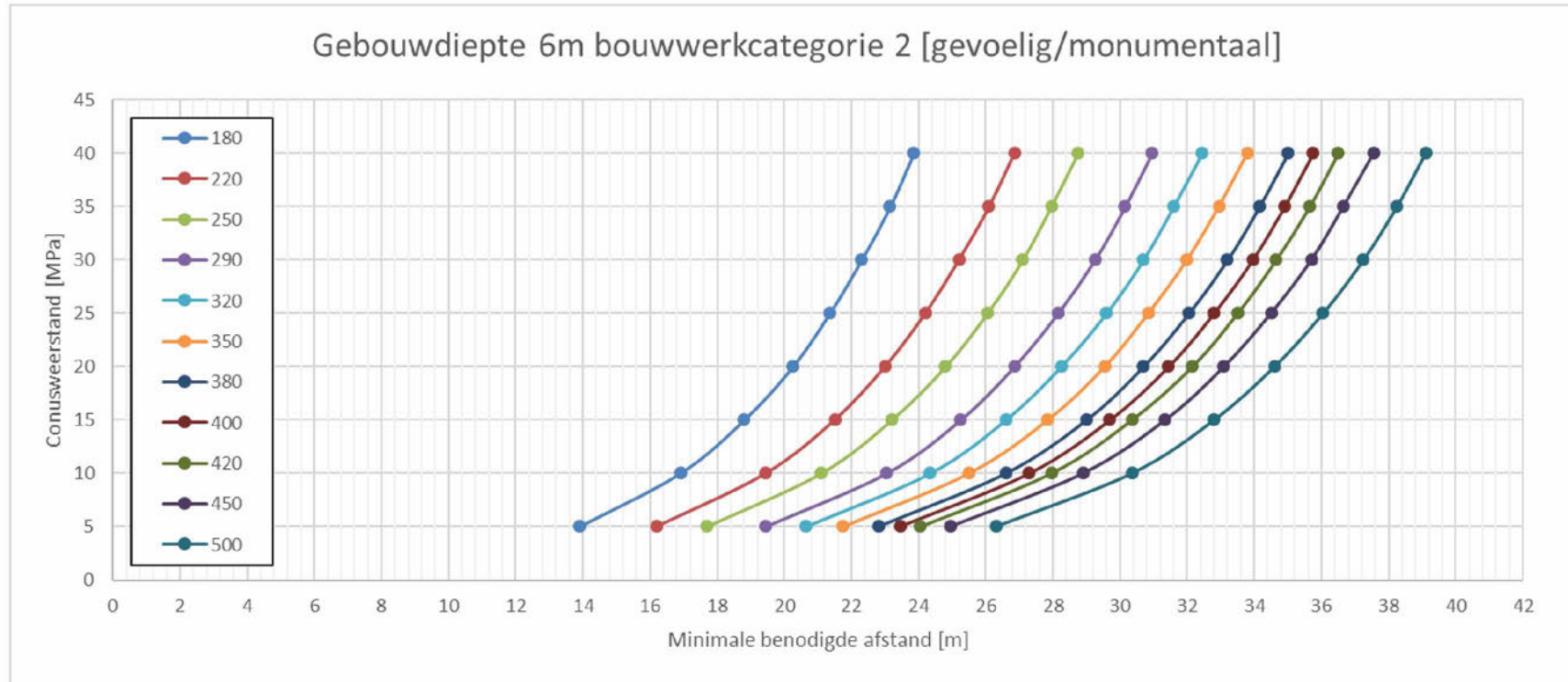


Paal afmeting [mm]	Minimale benodigde afstand Bouwwerkcategorie 1 Gebouwdiepte 6m ¹ [m]															
	Conusweerstand [MPa]															
	Normaal								Gevoelig							
	5	10	15	20	25	30	35	40	5	10	15	20	25	30	35	40
180x180	<5	<5	5	6	7	7	8	8	5	7	8	9	10	10	11	11
220x220	<5	6	7	7	8	9	9	10	7	9	10	11	12	12	13	13
250x250	5	7	8	8	9	10	10	11	7	10	11	12	13	13	14	15
290x290	6	7	9	10	10	11	11	12	9	11	12	13	14	15	16	16
320x320	6	8	9	10	11	12	12	13	9	12	13	14	15	16	17	17
350x350	7	9	10	11	12	13	13	14	10	12	14	15	16	17	18	18
380x380	7	9	11	12	13	13	14	14	11	13	15	16	17	18	19	19
400x400	8	10	11	12	13	14	14	15	11	14	15	17	18	19	19	20
420x420	8	10	12	13	14	14	15	15	11	14	16	17	18	19	20	20
450x450	8	11	12	13	14	15	16	16	12	15	17	18	19	20	21	21
500x500	9	12	13	14	15	16	17	17	13	16	18	19	20	21	22	23

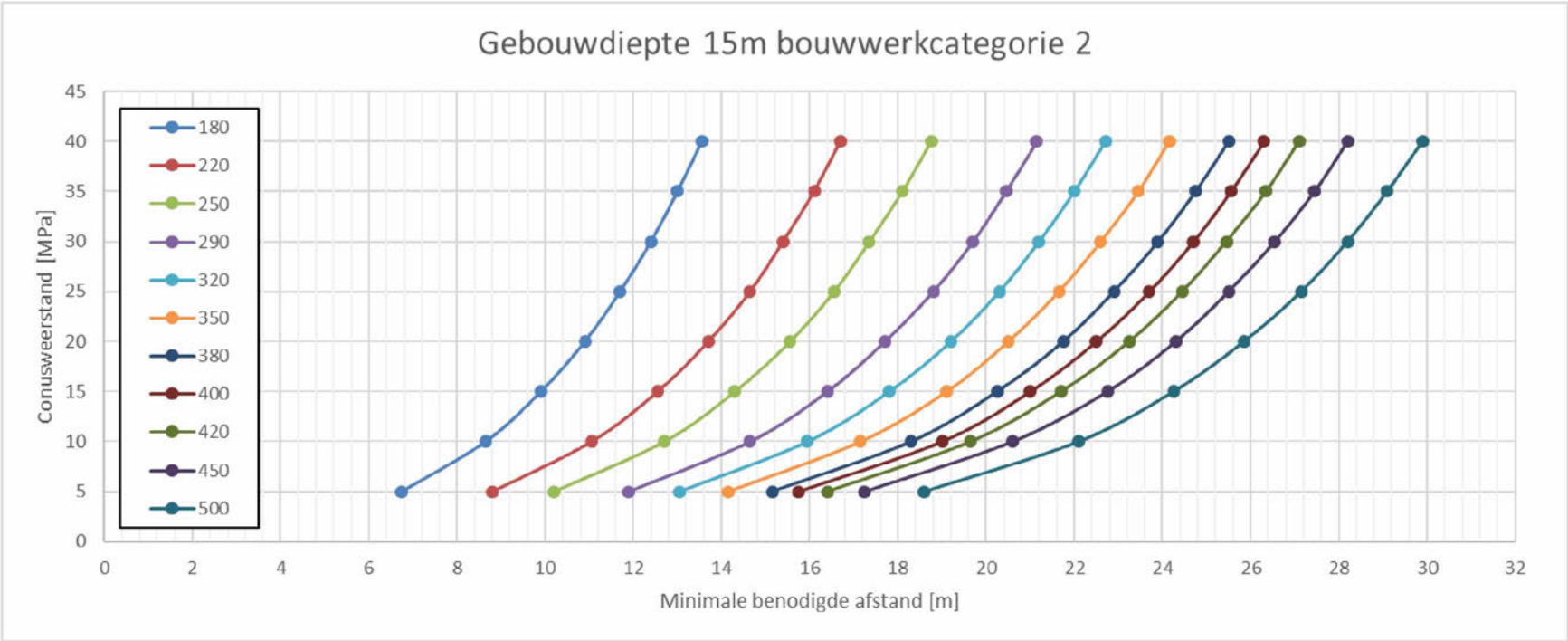


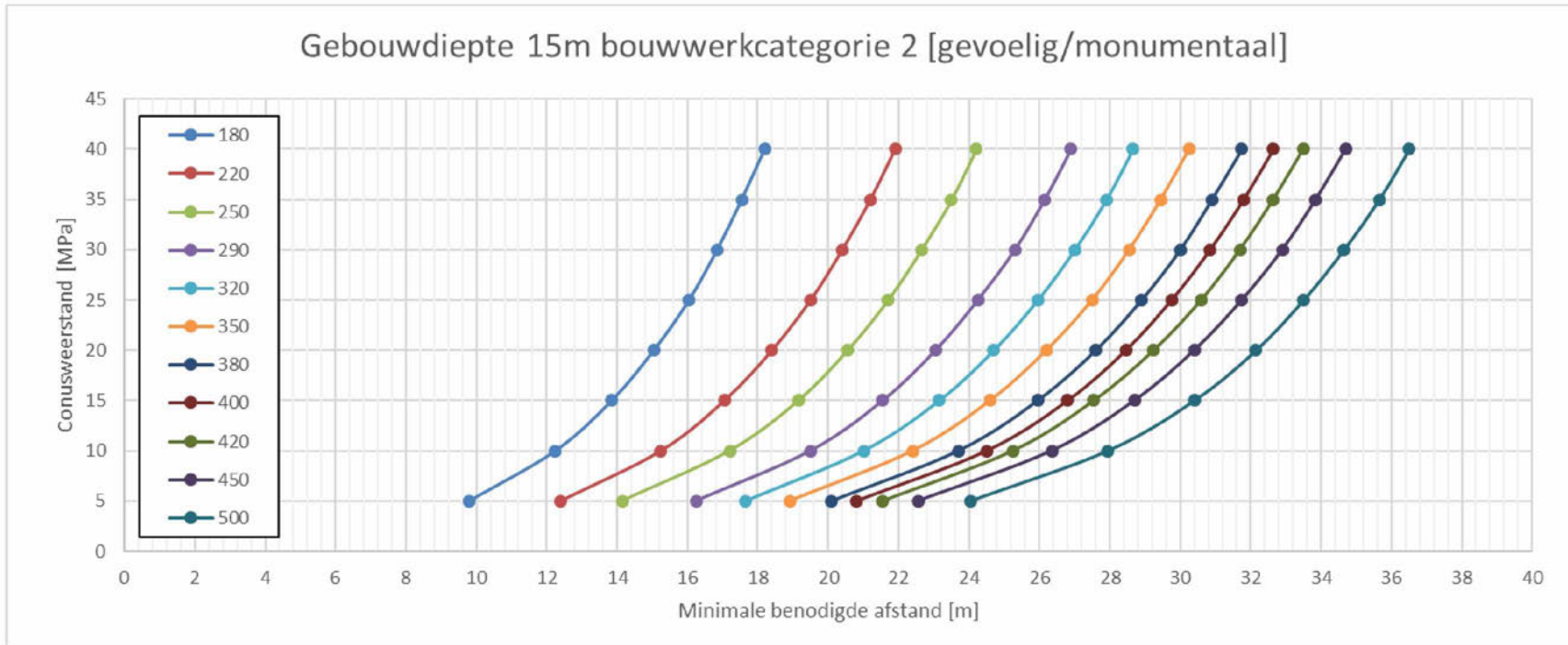
		Minimale benodigde afstand [m] Bouwwerkcategorie 1 Gebouwdiepte 15m ¹															
Bouwkundige staat		Normaal								Gevoelig							
Paal afmeting [mm]	Conusweerstand [MPa]																
	5	10	15	20	25	30	35	40	5	10	15	20	25	30	35	40	
180x180	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	5	6	7	7	7	8	
220x220	<5	<5	<5	5	6	6	7	7	5	6	7	8	9	9	10	10	
250x250	<5	<5	6	6	7	7	8	8	6	7	8	9	10	11	11	12	
290x290	<5	6	7	8	8	9	9	10	7	9	10	11	12	12	13	13	
320x320	5	7	8	8	9	10	10	11	7	9	11	12	13	13	14	15	
350x350	6	7	8	9	10	10	11	12	8	10	12	13	14	15	15	16	
380x380	6	8	9	10	11	11	12	12	9	11	13	14	15	16	16	17	
400x400	6	8	9	10	11	12	12	13	9	12	13	14	15	16	17	18	
420x420	7	9	10	11	12	12	13	14	10	12	14	15	16	17	18	18	
450x450	7	9	11	12	12	13	14	14	10	13	15	16	17	18	18	19	
500x500	8	10	12	13	14	14	15	15	11	14	16	17	18	19	20	20	





Paal afmeting [mm]	Minimale benodigde afstand Bouwwerkcategorie 2 Gebouwdiepte 6m ¹ [m]															
	Conusweerstand [MPa]															
	Normaal								Gevoelig							
	5	10	15	20	25	30	35	40	5	10	15	20	25	30	35	40
180x180	10	13	14	15	16	17	18	18	14	17	19	20	21	22	23	24
220x220	12	15	16	18	19	20	20	21	16	20	22	23	24	25	26	27
250x250	13	16	18	19	20	21	22	23	18	21	23	25	26	27	28	29
290x290	15	18	20	21	22	23	24	25	20	23	25	27	28	29	30	31
320x320	16	19	21	22	24	25	25	26	21	24	27	28	30	31	32	33
350x350	17	20	22	24	25	26	27	27	22	26	28	30	31	32	33	34
380x380	18	21	23	25	26	27	28	29	23	27	29	31	32	33	34	35
400x400	18	22	24	25	27	28	29	29	24	27	30	32	33	34	35	36
420x420	19	22	24	26	27	28	29	30	24	28	30	32	34	35	36	37
450x450	19	23	25	27	28	29	30	31	25	29	31	33	35	36	37	38
500x500	21	24	27	28	30	31	32	32	26	30	33	35	36	37	38	39





Paal afmeting [mm]	Minimale benodigde afstand Bouwwerkcategorie 2 Gebouwdiepte 15m ¹ [m]															
	Conusweerstand [MPa]															
	Normaal								Gevoelig							
	5	10	15	20	25	30	35	40	5	10	15	20	25	30	35	40
180x180	7	9	10	11	12	12	13	14	10	12	14	15	16	17	18	18
220x220	9	11	13	14	15	15	16	17	12	15	17	18	20	20	21	22
250x250	10	13	14	16	17	17	18	19	14	17	19	21	22	23	24	24
290x290	12	15	16	18	19	20	20	21	16	20	22	23	24	25	26	27
320x320	13	16	18	19	20	21	22	23	18	21	23	25	26	27	28	29
350x350	14	17	19	21	22	23	23	24	19	22	25	26	28	29	29	30
380x380	15	18	20	22	23	24	25	26	20	24	26	28	29	30	31	32
400x400	16	19	21	23	24	25	26	26	21	25	27	28	30	31	32	33
420x420	16	20	22	23	24	25	26	27	22	25	28	29	31	32	33	34
450x450	17	21	23	24	26	27	27	28	23	26	29	30	32	33	34	35
500x500	19	22	24	26	27	28	29	30	24	28	30	32	34	35	36	37

Checklist bouwkundige staat

Werkwijze

De checklist is bedoeld om vast te stellen of voor een bouwwerk sprake is van trillingen vanwege (lokaal) verminderde sterkte of verhoogde initiële spanningen.
De checklist is niet geschikt voor een algemene bouwkundige schadebeoordeling van schade.

Wijze van gebruik:

1. Het pand wordt van buiten in ogenschouw genomen. Zijn er geen scheefstand of scheefstand of scheefstand van onderdelen, dan is de bouwkundige staat "normaal".
2. De eerste 7 oorzaken worden één voor één in ogenschouw genomen.
3. Daartoe wordt gekeken of een oorzaak wordt herkend, eventueel na onderzoek.
4. Herkende oorzaken krijgen een vinkje ('oorzaakcheck').
5. Als een oorzaak is herkend, wordt meteen gekeken of gevolgschade is ontstaan.
6. Indien oorzaak en bijbehorende gevolgschade zijn herkend, krijgt die schade een vinkje.
7. Als er een gevolgcheck is gezet bij de eerste 7 oorzaken (en dus ook bij de oorzaken die niet zijn herkend), is de bouwkundige staat "gevoelig". De oorzaak krijgt een vinkje of de gevolgschade krijgt een vinkje en het bijbehorende nummer kan worden gebruikt ter vastlegging in de rapportage.
8. Het is in principe voldoende na het zetten van de eerste oorzaak & gevolgschade het onderzoek te stoppen en de lijst dus niet af te maken. Men kan dus ook de lijst van de eerste 7 oorzaken in eigen volgorde doorlopen.
9. Indien geen van de eerste 7 oorzaken tot een 'oorzaak & gevolg' is herkend, is de bouwkundige staat "normaal".
10. Indien een oorzaak en de bijbehorende gevolgschade worden herkend, worden de bijbehorende puntenwaarde genoteerd.
11. Oorzaak 13, waarvoor de woning dient te worden betreden, hoeft niet te worden behandeld en het puntentotaal op dat moment 2 of 3 b.v.
12. Zodra in totaal 4 of meer punten zijn toegekend, is de bouwkundige staat "gevoelig".
13. Als na het doorlopen van de gehele lijst het puntentotaal minder dan 4 is, is de bouwkundige staat "normaal".

nr	Oorzaak van verhoogde trillingsgevoeligheid	Herkenning oorzaak	Criterium	Oorzaak check	Herkenning gevolgschade <small>Diagonaal = al dan niet gedeeltelijk traps</small>	Gevolg check	Puntenwaarde	oorzaak & gevolg
1	Scheefstand	Lintvoegmeting, vloerwaterpassing Knikkertest	>1:500 meteen rollen		Diagonale scheur tussen twee randen in metselwerk		4	
2	Stijfheidsvariatie in fundering, talud	Landschappelijke ligging (terprand, dijkzijde)	ja / nee		Diagonale scheur tussen twee randen in metselwerk loodrecht op talud		4	
3	Relatieve zetting van de bodem bij fundering op staal	Zie: "trillingsgevoelige fundering"	SBR A		Diagonale scheur tussen twee randen in metselwerk of horizontale scheur vlak boven fundering / maaiveld		4	
4	Slechte paalfundering	Risicogebied en/of funderingsonderzoek en/of: zie "trillingsgevoelige fundering"	Risicokaart, SBR A		Diagonale scheur tussen twee randen in metselwerk of horizontale scheur vlak boven fundering / maaiveld		4	
5	Slechte voegspecie	Voegspecie verkruid	>25% opp.		Scheuren in het voegwerk		4	
6	Lange scheuren	X meter of lopen tussen twee "gaten" (deuren, ramen) in vlak	X >= 2		Scheuren elders in hetzelfde vlak		4	
7	Onvoldoende horizontale stijfheid in de constructie	Niet verankerde wanden / geen verbandingen bij aansluitingen, etc.	ja / nee		Scheefstand van betreffende wanden		4	
8	Uitbreiding pand	Uitbouw aanwezig, constructief verbonden aan oudbouw	ja / nee		Scheur bij aansluiting uitbouw		2	
9	Zwak materiaal (specie, baksteen, etc.) + ouderdom	Kleur/structuur + bouwjaar cq renovatiejaar	Risicolijst		Scheuren door het materiaal		2	
10	Variatie in fundatiewijze	Fundatiegegevens	ja / nee		Scheur ter plekke van overgang		2	
11	Lekkage (grote scheuren in metselwerk, lekkende dakgoot, etc.)	Zoutuitslag / uitloging in metselwerk	Aanwezig op kritieke plekken (bij ramen e.d.)		Scheuren ter plekke en/of in de omgeving van de lekkage		1	
12	Veel (korte) scheuren	#/m2	# >= 1		Lange en/of brede scheuren in hetzelfde vlak of in aansluitende vlakken		1	
13	Sloop van dragende onderdelen (binnenmuren)	Beeld gevel- en binnenwanden niet in overeenstemming met bouwjaar en/of bouwwijze	ja / nee		Diagonale scheur herleidbaar tot weggevallen afdrager		2	

