

Prognose van bouwlawaai en bouwtrillingen zinvol?

Het bouwen van grote (infrastructurele) werken is oorzaak van veel hinder. In dit artikel wordt aangegeven hoe de hinder van bouwlawaai en bouwtrillingen, op basis van knelpunten, kan worden opgespoord.

Door Ronald Gijzel en Marc Burgmeijer

Over de auteurs:

Ing. R. Gijzel is werkzaam als senior adviseur industriellawaai bij M+P raadgevende ingenieurs bv te Aalsmeer.
Ing. M. Burgmeijer is werkzaam als adviseur bouwakoestiek bij M+P raadgevende ingenieurs bv te Aalsmeer.

Bij het tijdig vaststellen van knelpunten ten gevolge van bouwlawaai kunnen maatregelen worden ontworpen. Zo nodig is er voldoende tijd voor het bevoegd gezag om een afweging te maken voor een eventuele ontheffing van de van toepassing zijnde grenswaarden. Het artikel is gesplitst in een deel geluid en een deel trillingen, hoewel in de praktijk beide effecten vaak gelijktijdig voorkomen, zoals in figuur 1 wordt geïllustreerd.

Deel A: prognose van bouwlawaai

WANNEER WORDT EEN PROGNOSE BOUWLAWAAI OPGESTELD?

Aan de hand van de informatiefolder van SenterNovem (Infomil geluid), "Bouwlawaai, handvatten voor de gemeente", (zie figuur 2) kan een eerste indicatie worden verkregen of een bouwproject mogelijk geluidshinderproblemen zal opleveren. Indien alle vragen van deze lijst met nee worden beantwoord, is er geen probleem te verwachten. Indien een of meerdere vragen met ja wor-

den beantwoord, verdient het aanbeveling om nader akoestisch onderzoek te vragen c.q. te verrichten.

OPZET PROGNOSE BOUWLAWAAI

M+P heeft voor diverse grote bouwprojecten prognoses opgesteld voor het bouwlawaai. Meestal wordt onderstaande opzet gebruikt om een aantal invoergegevens te verzamelen:

- planning van de werkzaamheden
- geplande machine-inzet bij de verschillende werkzaamheden:
 - technische of akoestische gegevens van de in te zetten machines
 - gemiddelde bedrijfsduur per machine per dag

De machine-inzet is afhankelijk van de werkmethode. Soms wordt deze voorgeschreven in het bestek, soms wordt de aannemer vrijgelaten in de werkmethode. In het laatste geval is de machine-inzet vaak meer onderhevig aan wijzigingen, waardoor een prognose minder goed overeen kan komen met de uiteindelijk veroorzaakte geluidsniveaus op de reken- en meetpunten. In het algemeen is de aannemer niet in staat om geluidsvermogens van het in te zetten materieel aan te leveren. Een akoestisch adviseur heeft normaal gesproken wel een database waaruit kan worden geput. Eventueel kan nuttige informatie worden gevonden in literatuur of op Internet. Een voorbeeld is de Rigolett geluid database (<http://www.xs4all.nl/~rigolett/GV/>). Hierin heeft Martin van den Berg op persoonlijke titel een groot aantal (bron)gegevens verzameld. Deze gegevens zijn echter niet altijd actueel en dienen daarom vooral ter indicatie.

Indien de planning, de machine-inzet en de geluidsvermogens van de machines bekend zijn kan een rekenmodel worden opgesteld. Indien de deelwerkzaamheden van een werkzaamheid niet ver van elkaar plaatsvinden, kan het model worden opgezet op basis van een equivalent geluidsvermogen van een complete werkzaamheid (en niet van deelwerkzaamheden), wat de hoeveelheid te verwerken gegevens in belangrijke mate kan beperken. Het equivalente geluidsvermogen van alle deelgeluidsbronnen samen wordt dan als één bron in het model gebruikt (zijnde het equivalente geluidsvermogen van bijvoorbeeld betonwerk) en niet de geluidsvermogens van de afzonderlijke bronnen (betonmixers, betonpomp, mobiele kraan etc.). Met het rekenmodel wordt de geluidsbelasting op het rekenpunt bepaald per werkzaamheid. Vervolgens wordt de geluidsbelasting van de werkzaamheden die op dezelfde dagen of in dezelfde weken plaatsvinden per dag-, avond- en nachtperiode gecumuleerd. Dit geeft de geluidsbelasting die kan optreden als gevolg van de bouwwerkzaamheden.



FIGUUR 1: GELUID EN TRILLINGEN INTRILLEN DAMWAND CONRADSTRAAT ROTTERDAM

Vragenlijst bouwlawaai		
Vraag	Ja	Nee
1. Vinden er werkzaamheden/activiteiten* plaats op het bouwterrein na 19,00 uur en voor 07,00 uur?		
2. Vinder er heilwerkzaamheden plaats?		
3. Vinden er trillwerkzaamheden plaats?		
4. Vinder er (sloop)werkzaamheden met (pneumatische) beitels of hamers plaats?		
5. Vinden er werkzaamheden met graafmachines, bulldozers of kranen plaats?		
6. Is de afstand tussen de omliggende woningen en de bouwplaats < 50 m?		
7. Vindt er veel transport per as plaats (meer dan 6 vrachtwagens/uur)?		
8. Liggen er woningen aan de directe toegangsweg naar de bouwplaats?		
9. Vinden er op de bouwplaats werkzaamheden plaats met een mobiele puinbreker?		
* denk ook aan pompen, aggregaten enz.		
Als één van de vragen 1 t/m 8 met 'ja' wordt beantwoord, kan bouwlawaai tot hinder leiden en is nader akoestisch onderzoek nodig.		
Denk bij de vragen 2, 3 en 4 ook aan de gevolgen van trillingen voor gebouwen (schade) en personen (hinder). In de richtlijnen van de Stichting Bouwresearch (www.sbr.nl) is aangegeven op welke wijze de trillingen bij bouwwerkzaamheden moeten worden gemeten en hoe de trillingssterkten dienen te worden beoordeeld. Deel A handelt over schade aan bouwwerken terwijl deel B ingaat op de hinder voor personen ten gevolge van trillingen.		
Als u vraag 9 met 'ja' beantwoordt, moet door de sloper een akoestisch onderzoek voor de puinbreker worden uitgevoerd. Het Besluit mobiel breken bouw- en sloopafval (2004) vormt het wettelijk kader voor de beoordeling van het geluid.		

FIGUUR 2: CHECKLIST SENTERNOVEM

TOETSING AAN DE GRENSSWAARDEN

De per etmaalperiode gecumuleerde geluidsbelasting dient te worden getoetst aan de van toepassing zijnde grenswaarden. Normaal gesproken betreft de berekende situatie een maximale werksituatie. Als de berekende geluidsbelasting de van toepassing zijnde grenswaarden niet overschrijft, zullen waarschijnlijk geen knelpunten wat bouwlawaai betreft optreden.

Indien wel knelpunten worden signaleerd, moet een studie worden gemaakt van aanvullende akoestische maatregelen. De zogenaamde BBT (best beschikbare technieken) zullen dan ingezet moeten worden.

Indien ook na het treffen van maatregelen overschrijdingen van de van toepassing zijnde grenswaarden resteren, zal het bevoegd gezag een afweging moeten maken of de berekende waarden toelaatbaar zijn. Bij de toetsing dient wel onderstaande paragraaf in de overwegingen te worden meegenomen.

Omdat de prognoseberekening in het algemeen enkele maanden voor de uitvoering van de werkzaamheden wordt opgesteld, is het onvermijdelijk dat er diverse (mogelijk grote) onnauwkeurigheden in zitten.

Dit betreft met name:

- de planning: als werkzaamheden plaatsvinden in andere periodes dan in de oorspronkelijke planning is aangegeven, zal er ook een andere cumulatie optreden
- het in te zetten materieel:
 - op basis van de op dat moment voor ogen staande werkmethode geeft de aannemer aan welk materieel hij daarbij nodig heeft. Als de werkmethode verandert, verandert ook het in te zetten materieel
 - de aannemer kan vaak wel lang van te voren aangeven welk type materieel hij zal gaan inzetten (shovel, mobiele kraan, trilblok, etc.), maar niet exact welke machine (merk en

type)

- de bedrijfsduur per machine kan slechts bij benadering worden aangegeven
- de locatie waar het materieel exact wordt ingezet (deze kan ook gedurende de looptijd van het werk variëren)
- aanpassing van de werktijden waardoor de equivalente geluidsniveaus worden beïnvloed

CONCLUSIE

Alles in ogenschouw nemende kan wat het prognosticeren van bouwlawaai betreft het volgende gesteld worden:

- het is zinvol om een prognose uit te voeren indien uit de vragenlijst van Infomil blijkt dat er knelpunten zouden kunnen optreden;
- een prognose dient de maximale werksituatie te beschrijven;
- het is voor de aannemer belangrijk om een zo nauwkeurig mogelijke opgave te doen van de planning en de machine-inzetlijst, om niet met onnodige maatregelen te worden geconfronteerd;
- een prognose van bouwlawaai bevat onvermijdelijk een aantal onnauwkeurigheden;
- als een prognose aangeeft dat er knelpunten zullen optreden, is het goed om rekening te houden met aanvullende akoestische maatregelen;
- het bevoegd gezag dient omzichtig om te gaan met het verbieden van werkzaamheden op basis van een prognose. Er kan met name aan de bovenzijde een relevante foutenmarge inzitten.

Deel B: prognose van trillingen

INLEIDING

Trillingen en bouwwerkzaamheden gaan veelvuldig samen.

Vooraf in een dichtbebouwde omgeving kunnen bouwwerkzaamheden leiden tot hinder en mogelijk schade aan gebouwen. Gedacht kan worden aan activiteiten zoals het transport van en naar de bouwplaats, het intrillen van damwanden of buispalen en heilwerkzaamheden.

De kans op schade is afhankelijk van het vermogen van de trillingsbron en de hierbij behorende dominante frequentie van de trilling, de bodemsamenstelling en de afstand tot de aangrenzende bebouwing. Aan de kant van de ontvanger is het type van de toegepaste fundering, de aard van de bouwconstructie en de onderhoudsstaat van de bebouwing van belang.

Bovendien moet er bij het beoordelen van trillingshinder ook worden gelet op het type trilling (continu of kortdurend), het achtergrondniveau, de gebouwfunctie, afmetingen van het gebouw en de hierbij aanwezige vloeroverspanningen, de etmaalperiode en de duur van de werkzaamheden.

Een aantal van deze variabelen zijn niet altijd eenvoudig en eenduidig vast te stellen.

PROGNOSES

Toch is er de laatste jaren in toenemende mate de vraag om een voorspelling te doen over de optredende trillingsniveaus om mogelijke knelpunten te onderkennen en daarmee een onderbouwde keuze te kunnen maken met betrekking tot de machine-inzet. Deze behoefte ontstaat vooral daar waar middelgrote tot grote bouwprojecten, dus waar sprake is van zware en diepe funderingen, in de buurt komen van trillingsgevoelige objecten. Hierbij kan gedacht worden aan bestaande woningen die in slechte staat zijn of op slechte funderingen rusten. Ook kan vanwege de functie van een gebouw sprake zijn van trillingsgevoeligheid. Denk aan de opstelling van gevoelige apparatuur in laboratoria of in ziekenhuizen.

WETTELIJK KADER

Op grond van het burgerlijk Wetboek artikel 6:162 is een ieder die schade toebrengt aan een ander verplicht deze schade te vergoeden. In dat kader is de bouwer dus aansprakelijk voor ontstane schade aan omringende gebouwen. De schuldvraag is vaak lastig vast te stellen. Scheuren en zettingen in gebouwen kunnen immers al aanwezig zijn. Daarom is het van belang voor aanvang van de werkzaamheden een 'nul' opname uit te voeren. Vaak worden bij de grotere projecten ook continu eventuele zettingen aan gebouwen gemeten veelal in combinatie met het continu monitoren van trillingen.

Om tot een eenduidig toetsingskader te komen, is een commissie opgericht die in 1993 in opdracht van het SBR richtlijnen heeft opgesteld voor het uitvoeren en beoordelen van trillingen. Deze SBR richtlijnen deel I, II en III zijn inmiddels vervangen door de delen A, B en C uit 2002. De SBR richtlijnen zijn grotendeels gebaseerd en vergelijkbaar met de Duitse DIN4150. Deel A gaat over Schade aan gebouwen, deel B gaat over Hinder voor personen in gebouwen en deel C behandelt Schade aan apparatuur.

In deel A worden 3 categorieën gebouwen genoemd, elk met een specifiek toelaatbare grenswaarde. Ook wordt bij trillingsgevoelige funderingen getoetst aan de mogelijke zettingen vanwege trillingen. In figuur 3 en figuur 4 zijn de grenswaarden voor schade aan de hoofddragconstructie en zettingen bij trillingsgevoelige funderingen grafisch weergegeven zoals deze in de SBR richtlijn worden aangehouden.

Getoetst wordt aan de maximaal optredende snelheidsniveaus in het frequentiebereik van 1 tot 100 Hz. Het betreft hier kortdurende piekniveaus waaraan getoetst wordt. Er wordt rekening gehouden met het type trilling en met de meetmethode waarbij veiligheidsfactoren worden gehanteerd.

Bij het beoordelen van hinder wordt een andere methodiek gehanteerd. Hier wordt de voortschrijdende effectieve waarde van de optredende trillingssnelheid beoordeeld. Getoetst wordt dan aan het maximale niveau dat optreedt in een tijdsinterval van 30 seconden. Omdat wordt getoetst aan voor de mens voelbare trillingen is ook nog een weging toegepast, trillingen onder de 16 Hz worden minder zwaar meegeteld. De SBR deel B stelt grenswaarden voor specifieke bouwwerkzaamheden. De toelaat-

bare mate van hinder is in de SBR afhankelijk van de duur van de werkzaamheden. Is deze korter dan 3 maanden dan gelden ruimere grenswaarden. Hoe korter de werkzaamheden des te hoger de grenswaarde. Bij langere duur gelden de standaard grenswaarden. Hiermee stelt de SBR commissie dat enige mate van hinder voor kortdurende werkzaamheden toelaatbaar moet zijn.

Vaak komt hinder vanwege trillingen voort uit angst voor schade. Bij de door ons in praktijk gemeten situaties blijkt dat er zelden overschrijdingen zijn van de grenswaarden voor schade, maar er veelvuldig hinder wordt ondervonden.

Voor het beoordelen van de trillingen conform de SBR richtlijnen bestaat geen wettelijk kader, in tegenstelling tot bijvoorbeeld geluid waarvoor grenswaarden zijn opgenomen in de Wet geluidshinder. Een uitzondering hierop is de regelgeving zoals deze in het activiteitenbesluit is opgenomen. Hier wordt verwezen naar de SBR richtlijnen. Zodoende is een wettelijke grondslag gelegd. Dit kan van belang zijn voor langdurige bouwwerkzaamheden waarbij in het kader van het activiteitenbesluit een melding moet worden gedaan. Meestal gaat het dan om installaties.

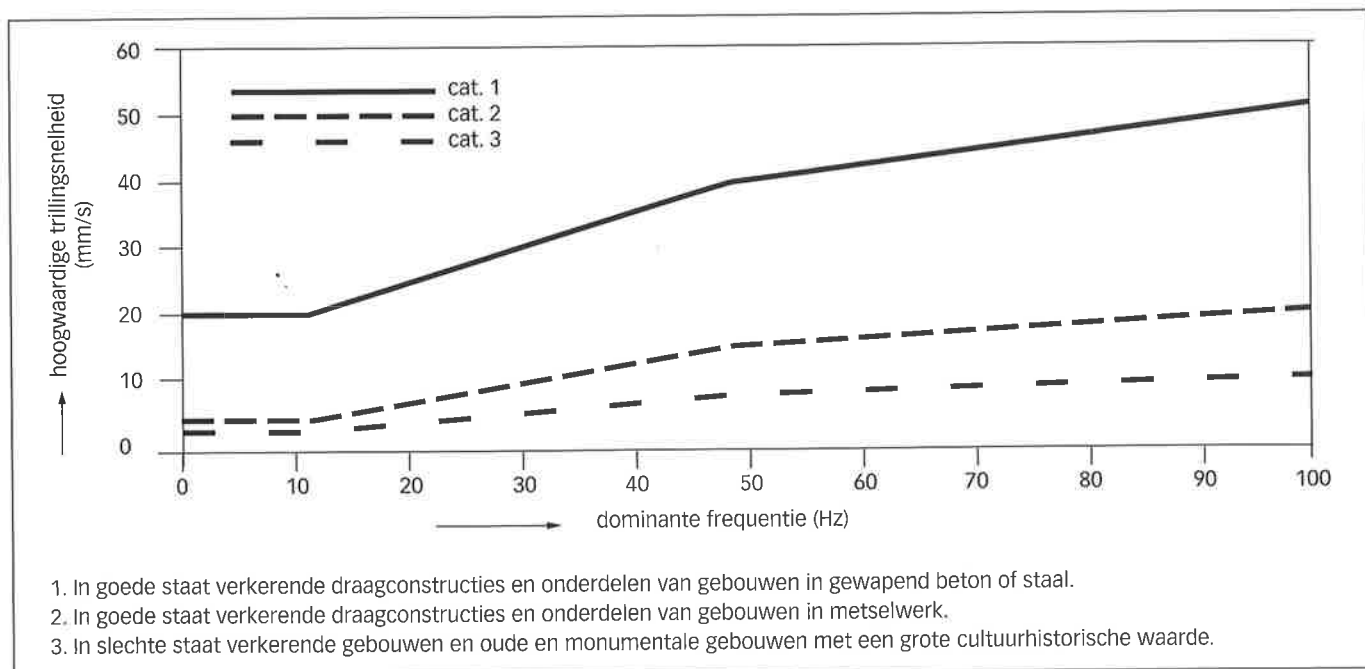
Bij het vergunnen van activiteiten onder de Wet milieubeheer kan het bevoegd gezag maatwerkvoorschriften hanteren. Deze zijn vastgelegd in paragraaf 6.3.4[noot] van de Handreiking Industrielawaai en Vergunningverlening. De handreiking Industrielawaai en vergunningverlening stelt diverse grenswaarden afhankelijk van een gebiedstypering.

Noot: Zowel de SBR richtlijnen als de grenswaarden uit de Handreiking zijn door Raad van State in het kader van vergunningverlening geaccepteerd; de keuze voor een bepaald toetsingskader hoort bij de beoordelingsvrijheid van het bevoegd gezag. Zie ook ABRvS 9 oktober 2002, nr. 200104793/1. Echter, de richt- en grenswaarden behorende bij de gebiedstypering 4 en 5 uit de Handreiking Industrielawaai en Vergunningverlening zijn volgens de Afdeling Bestuursrechtspraak onvoldoende onderbouwd, ABRvS 12 december 2001, nr. 200005338/1.*)

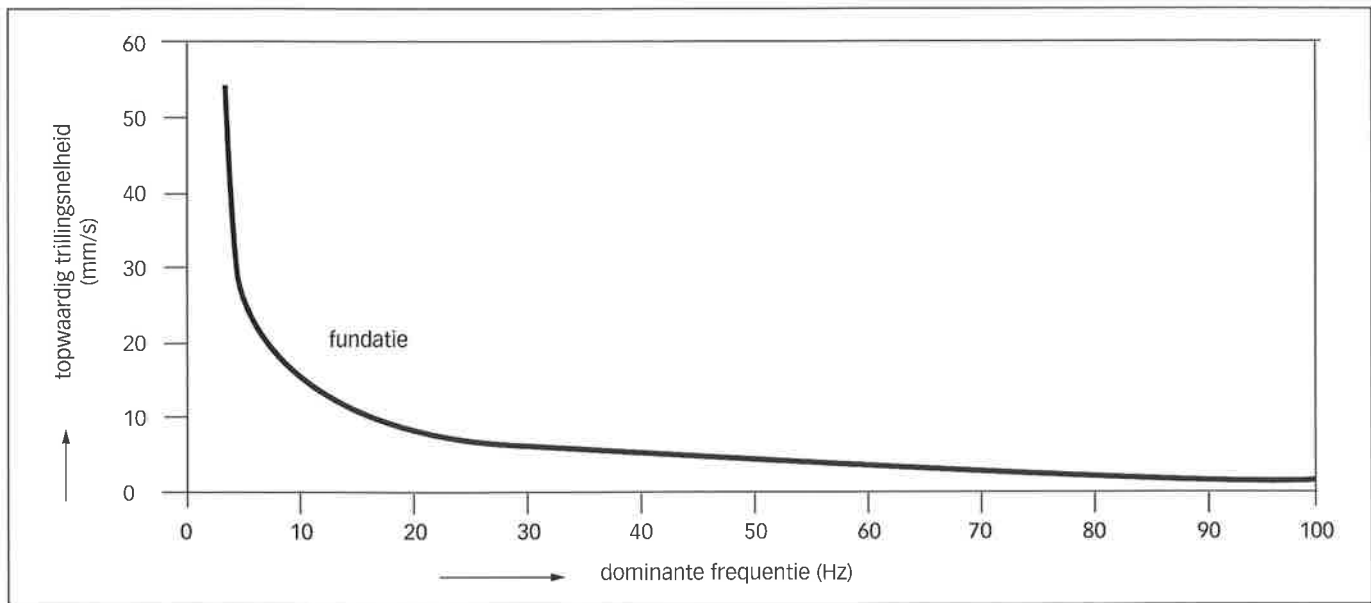
*) bron Infomil

MODELLEN

Voor het voorspellen van trillingen moet een onderscheid gemaakt worden in de manier waarop trillingen een gebouw of



FIGUUR 3: GRENWAARDE TER VOORKOMING VAN SCHADE AD HOOFDDRAAGCONSTRUCTIE



FIGUUR 4: GRENSWAARDE TER VOORKOMING VAN ZETTINGEN BIJ TRILLINGSGEVOELIGE FUNDERINGEN

een persoon bereiken. Ten eerste is er het bronmodel. Dit model beschrijft hoe trillingen vanuit een bron worden doorgegeven naar de bodem. Dit kunnen redelijk eenvoudige modellen zijn tot complexe systemen. Vaak wordt een relatie gelegd tussen frequentie en toegevoegd vermogen om het bronmodel te beschrijven. Denk bijvoorbeeld aan de verschillende soorten trilblokken die worden gebruikt om damwanden in te trillen of aan de verschillende soorten heimachines.

Het tweede model beschrijft de overdracht door de bodem. De bodem is echter alles behalve homogeen. Verschillende lagen wisselen elkaar af op verschillende dieptes. Bij het beschrijven van uitbreiding van trillingen wordt grofweg onderscheid gemaakt tussen 3 typen golven: drukgolven, buigspanningsgolven en oppervlaktgolven. Ieder type golf heeft zijn specifieke voortplantingssnelheid die bovendien weer afhankelijk is van de grondsoort waarin deze zich beweegt. Door reflecties tussen grondlagen en door looptijdverschillen kunnen interferentiepatronen ontstaan van golven die elkaar kunnen versterken of uitdoven. Neem daarbij het feit dat de bodemsamenstelling per locatie sterk kan verschillen. Het voorspellen van overdracht door de bodem is daarom niet eenvoudig.

Ten derde is er nog de overdracht van de bodem naar een gebouw. Hierbij is onder andere het funderingstype van belang, maar ook de stijfheid van het gebouw speelt mee. Ook in het gebouw kunnen resonanties van gebouwdelen de trillingen versterken.

In de CUR publicatie 166 Damwandconstructies uit 1993 is beschreven hoe een voorspelling kan worden gedaan aan de hand van empirische formules. Beschreven zijn het inheien van buispalen en het in- en uittrillen van damwandprofielen. Een nadeel is dat in genoemde publicatie maar enkele referentietekeningen zijn gegeven voor het bron- en overdrachtsmodel.

In de CUR 95-2 uit 1995 is een eerste stap gezet naar het ontwerpen van een integraal prognosemodel. Dit heeft tot heden ten dage nog niet geleid tot algemeen beschikbare software. Weliswaar zijn door grotere adviesbureaus eigen rekenprogramma's ontwikkeld, maar deze zijn niet algemeen verkrijgbaar. Hier worden veelal FEM rekenprogramma's gebruikt die door middel van een eindige elementenmethode de overdracht door de bodem voorspellen. Dergelijke uitgebreide berekeningen

worden vrijwel uitsluitend toegepast bij grote infrastructurele projecten.

Een uitzondering hierop is het programma VibraPrediction-Damwand van TNO. Dit model kan gebruikt worden om lokaal trillingsniveaus te voorspellen vanwege het aanbrengen van damwanden. Bij TNO is het programma VP-Heien in ontwikkeling- de status van deze ontwikkeling is momenteel onbekend.

CONCLUSIE

Bij het bouwen in een bebouwde omgeving moet zonder meer de kans op schade beoordeeld worden vanwege trillingsopwekkende werkzaamheden. Gesteld kan worden dat buiten een straal van 100 meter de bodemdemping dermate hoog is dat de kans op schade nihil is. Binnen deze straal moet wel rekening worden gehouden met trillingen door de bodem. In een dichtbebouwde omgeving kan dit om tientallen gebouwen gaan. Op voorhand dient dan een risico-inschatting gemaakt te worden voor trillingsopwekkende werkzaamheden.

Beschikbare 'tools' om op voorhand een inschatting te kunnen maken met betrekking tot schade en mogelijke hinder zijn op dit moment erg beperkt. Het maken van een voorspelling is nu slechts voorbehouden aan enkele grotere projecten waar budgetruimte is voor kostbare onderzoeken. Hier liggen mogelijkheden om bijvoorbeeld de VibraPrediction software verder te valideren, uit te werken en uit te breiden. Onder het mom van "voorkomen is beter dan genezen" zouden dan in probleemgevallen tijdig trillingsarme alternatieven overwogen kunnen worden zoals boorpalen of het drukken van damwanden.

Mocht te verwachten zijn dat de werkzaamheden wel trillingen zullen opwekken, dan is het raadzaam voor aanvang door een expertisebureau een nulopname te laten maken waarbij eventuele aanwezige schade goed in kaart wordt gebracht. Tijdens de werkzaamheden kan geregistreerd worden of grenswaarden voor trillingen worden overschreden of dat er zettingen optreden. De mogelijkheid bestaat dan om tijdens het bouwproces bij te sturen indien het mis blijkt te gaan.

Eventuele hinder ontstaan bij kortdurende werkzaamheden vallen binnen het kader van de SBR richtlijn deel B en worden in het algemeen bij bevoegd gezag als acceptabel gezien. Bij langdurende bouwwerkzaamheden kan hinder echter meespelen in de keuze van funderingssysteem en machine-inzet.