

A-blad

# Geluid en trillingen bij funderingswerkzaamheden



Werk veilig



Houd plezier



Kijk vooruit

<b>1   Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1 Doelgroep	4
1.2 Geluid	4
1.3 Trillingen	5
1.4 Overige risico's	5
<b>2   Regelgeving</b>	<b>6</b>
2.1 Arbeidshygiënische strategie	6
2.2 Actiewaarden/grenswaarden voor geluid	6
2.3 Actiewaarden/grenswaarden voor lichaamstrillingen	7
2.4 Regelgeving geluid in het kader van het milieu	7
<b>3   Funderingsmethoden en de blootstelling aan geluid en lichaamstrillingen</b>	<b>8</b>
3.1 Geheide paalsystemen	8
3.2 Getrilde technieken	9
3.3 Geboorde paalsystemen	10
3.4 Gedrukte technieken	11
3.5 Ankers	11
3.6 Grondverbetering	12
3.7 Gegraven technieken	12
<b>4   Maatregelen om de blootstelling aan geluid en lichaamstrillingen bij funderingswerken te verminderen</b>	<b>13</b>
4.1 Algemene maatregelen	13
4.2 Gebruik van geluids- en trillingsarme funderingstechnieken	14
4.3 Geluid- en trillingsgedempt materieel	14
4.4 Maatregelen bij geheide paalsystemen en getrilde technieken	14
4.5 Maatregelen bij geboorde paalsystemen	15
4.6 Maatregelen bij gedrukte technieken	16
4.7 Maatregelen bij ankers	16
4.8 Maatregelen bij grondverbetering	16
4.9 Maatregelen bij gegraven technieken	16

<b>5   Bedrijfstakafspraken: arbocatalogi</b>	<b>17</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>18</b>
Keuzewijzer minimaliseren geluidsbelasting funderingswerk door juiste ontwerpkeuzes	18
Bouwbesluit	23
<b>Literatuurlijst</b>	<b>24</b>
Relevante informatie	25
<b>Adressen</b>	<b>26</b>

Met dank voor de foto's aan: Sterk, Volker Staal en Funderingen, H5s, Van 't Hek, Gebr. De Koning, Dimco, Vroom en Voorbij. De praktijkfoto's geven een mooi beeld van het funderingswerk. De gewenste afstand tot de bron, bij blootstelling aan geluid en trillingen, is alleen niet in alle gevallen aanwezig.

# 1 | Inleiding

DE BLOOTSTELLING AAN GELUID IS BIJ FUNDERINGSWERKEN GEREGELD TE HOOG EN ER ZIJN VEEL KLACHTEN OVER LICHAAMSTRILLINGEN. MAATREGELEN OM DE BLOOTSTELLING AAN GELUID EN LICHAAMSTRILLINGEN TE VERMINDEREN ZIJN DUS BELANGRIJK. IN DIT A-BLAD STAAN OPLOSSINGEN EN AANBEVELINGEN DIE DAARAAN BIJDAGEN OP BASIS VAN AFSPRAKEN DIE WERKNEMERS EN WERKGEVERS SAMEN HEBBEN GEMAAKT, REKENING HOUDEND MET DE GEBRUIKELIJKE MANIER VAN WERKEN EN DE STAND VAN DE TECHNIEK.

## 1.1 Doelgroep

In dit A-blad worden werknemers in het funderingsbedrijf die actief werkzaam zijn op en rond de funderingsmachine omschreven als de machinist grote funderingsmachine, de machinist kleine funderingsmachine en de funderingswerker. In de praktijk worden natuurlijk meer functies onderscheiden, vaak horend bij specifieke funderingstechnieken, zoals lasser, boormeester palen en heibaas. Daarnaast bevinden zich anderen op de bouwplaats zoals toezichhouders, onderhoudspersoneel, koppensnellers en uitvoerders.

Volandis verzamelt per beroepsgroep gegevens over onder andere hinder en gezondheidsklachten (Bedrijfstatlas 2015). Wat betreft funderingswerkers is de beroepsgroep "Heier" van belang. De gegevens van de beroepsgroep "Heier" zijn naar verwachting representatief voor het werk en de werkomstandigheden van de funderingswerker. Uit deze gegevens blijkt dat, in vergelijking met het gemiddelde van alle bouwberoepen, er relatief veel klachten zijn over hinderlijk lawaai en trillingen (vooral lichaamstrillingen).

## 1.2 Geluid

Gehoorklachten en lawaaislechthorendheid komen bij funderingswerkers niet vaker voor dan gemiddeld in de bouw. Gehooronderzoek wijst wel uit dat bij een deel van de funderingswerkers het gehoor door lawaai-blootstelling is aangetast. Dit is mogelijk een gevolg van hoge geluidsniveaus en onvoldoende bescherming in het verleden. Gehoorbescherming wordt tegenwoordig consequent toegepast. Uit onderzoek uitgevoerd door de toenmalige Arbeidsinspectie in 2009 werd vastgesteld dat gehoorbescherming altijd werd gedragen en dat nagenoeg iedere werknemer was voorgelicht en geïnstrueerd.

Geluidsmetingen bij in de funderingsbranche veel gebruikte funderingsmachines met een dieselmotor of hydraulisch blok (zonder geluidsdemping) geven vaak waarden aan van 100 dB(A) of hoger. De grenswaarde voor geluid van 87 dB(A)\* wordt daarbij ver overschreden. Hierbij moet worden bedacht dat de grenswaarde een dagdosis over 8 uur betreft. Vraag is voorts hoe sterk het piekgeluid is. In de Europese richtlijn is bepaald dat de blootstelling van de werknemer, rekening houdend met het effect van de gebruikte gehoorbeschermingsmiddelen, in geen geval de grenswaarde van 87 dB(A) of piek van 200 Pa\*\* mag overschrijden.

**Klachten/hinder volgens de Bedrijfstatlas 2015 bij de beroepsgroep "Heier" in vergelijking met het gemiddelde van het bouwplaatspersoneel.**

Klacht	Heier (N=162)	Bouwplaatspersoneel (N=28584)
Hinderlijk lawaai	71 %	42 %
Gehoorklachten	19 %	22 %
Last van lawaaislechthorendheid	17 %	18 %
Lichaamstrillingen	48 %	18 %
Hand-/armtrillingen	30 %	21 %

\* dB(A) is de maat voor geluidsterkte (decibel) die corrigeert voor de geluidsterktes waar het oor gevoelig voor is.

\*\* Pa staat voor Pascal en is de eenheid voor druk.

Door geluiddempende voorzieningen kan het niveau worden verlaagd, maar ook dan ligt het niveau nog vaak boven de grenswaarde.

Volgens de Inspectie SZW is er op een aantal vlakken zeker verbetering mogelijk. Er wordt nog te weinig voor geluidsarme technieken gekozen door de opdrachtgever. Daarnaast worden er te weinig organisatorische maatregelen genomen om geluid te beperken, zoals het vergroten van de afstand tot de bron of het gesloten houden van de cabine.

Funderingsbedrijven moeten bij de aanschaf en het gebruik van funderingsmachines rekening houden met de emissie van geluid. De constructeur schrijft een type fundering voor en bepaalt hierdoor indirect ook de te gebruiken funderingsmachine. De mogelijkheden die het funderingsbedrijf heeft om de funderingstechniek te bepalen, zijn daardoor beperkt. Ook zijn van sommige soorten funderingsmachines nog geen gedempte versies verkrijgbaar. Het toepassen van geluiddempende voorzieningen leidt vaak tot extra kosten voor het funderingsbedrijf en dit heeft invloed op de concurrentiepositie. Het zou goed zijn als er overleg komt over de te gebruiken techniek tussen constructeur en funderingsbedrijf. Daardoor wordt het minder een onderhandelingspunt.

### 1.3 Trillingen

#### Lichaamstrillingen

Funderingswerkers worden blootgesteld aan lichaamstrillingen of schokken. Een te hoge blootstelling aan trillingen kan tot gezondheidsklachten leiden, zoals rugklachten, vermoeidheid, maagklachten, verminderen prestatievermogen en coördinatie en op het moment van blootstelling minder zien.

In Nederland zijn als onderdeel van het opstellen van dit A-blad trillingsmetingen uitgevoerd bij funderingswerkzaamheden. Ook in Duitsland is door BG BAU de trillingsblootstelling door funderingsmaterieel gemeten. De blootstelling aan lichaamstrillingen op en rond de funderingsmachine was lager dan de voor lichaamstrillingen geldende grenswaarde/actiewaarde. Bij ander materieel (bijv. een minigraafmachine) bleek wel overschrijding mogelijk. De kans op gezondheidsaandoeningen door lichaamstrillingen bij het werk op en rond de funderingsmachine is gering. Toch blijkt zowel uit de Nederlandse als de Duitse onderzoeksresultaten dat lichaamstrillingen en/of schokken door werknemers in de funderingsbranche als hinderlijk worden ervaren.

Werkgevers en werknemers hebben besloten dat zij er gezamenlijk naar zullen streven de blootstelling aan geluid en lichaamstrillingen te verminderen. Dat levert niet alleen gezondere werknemers maar ook gezondere bedrijven op. Ook de hinder voor de overige werknemers op de bouwplaats en mensen die in de omgeving van de funderingswerkzaamheden werken of wonen, zal hierdoor worden beperkt.

#### Hand- armtrillingen

Naast lichaamstrillingen zijn ook hand- en armtrillingen aan de orde, zeker bij het toepassen van korventrillers. Gevolgen hiervan zijn: witte en/of dode vingers en gewrichtsklachten in handen en armen. Al deze klachten samen worden het hand-armvibratiesyndroom genoemd.

Bij de funderingstechniek schroefpalen wordt een korf van betonijzer in het zachte beton geduwd. Om de korf sneller en gemakkelijker te laten zakken wordt een handtriller gebruikt. Deze handtriller heeft een geschat gewicht tussen de 10 en 15 kg en draagt de opgewekte trillingen over op de korf. Tijdens het gebruik wordt de triller met de hand bediend waardoor de trillingen en schokken ook worden overgedragen op de handen van de werknemer. Er is hierdoor sprake van een belasting als gevolg van hand-/armtrillingen en schokken.

### 1.4 Overige risico's

Naast geluid en trillingen zijn er meer factoren in het werk en de werkomgeving die de gezondheid van de funderingswerker kunnen schaden, zoals bodemverontreiniging, valgevaar, werken in weer en wind, (diesel)uitlaatgassen en lichamelijke belasting. Deze factoren zijn in dit A-blad buiten beschouwing gelaten. Meer informatie hierover vindt u onder andere in de arbocatalogus funderingen en het Vakboekje Veilig Funderen.

- 2 Bedrijfstatlas 2015 en Humanschwingungen beim Arbeiten mit Maschinen des Spezialtiefbaus, 2008



## 2 | Regelgeving

IN HET KADER VAN DE RISICO-INVENTARISATIE EN -EVALUATIE MOETEN DE GELUIDNIVEAUS EN TRILLINGSNIVEAUS WAARAAN DE WERKNEMERS ZIJN BLOOTGESTELD, WORDEN BEOORDEELD OM TE BEPALEN WAAR EN IN WELKE MATE WERKNEMERS AAN SCHADELIJK LAWAAI OF LICHAAMSTRILLINGEN WORDEN BLOOTGESTELD. DIE VERPLICHTING GELDT OOK REEDS VOOR DE UIT TE VOEREN RISICO-INVENTARISATIE IN DE ONTWERPFASE.

In het Arbobesluit zijn voor blootstelling aan geluid en trillingen actiewaarden en grenswaarden vastgelegd, t.w. voor geluid respectievelijk 80 en 85 dB(A). Voor lichaamstrillingen zijn dat 0,5 m/s<sup>2</sup> en 1,15 m/s<sup>2</sup>. De hand-arm grenswaarde bedraagt 5 m/s<sup>2</sup> en de actiewaarde 2,5 m/s<sup>2</sup> op basis van het 8 uur gemiddelde.

Deze waarden zijn gekoppeld aan een reeks maatregelen die moeten worden getroffen indien de actiewaarde of grenswaarde wordt overschreden. Maatregelen gericht op een reductie van de blootstelling kunnen worden onderscheiden in een aantal soorten, waaraan in de regelgeving een verschillende prioriteit wordt toegekend.

### 2.1 Arbeidshygiënische strategie

De volgorde waarin de werkgever maatregelen moet nemen is in het Arbobesluit vastgelegd en wordt de arbeidshygiënische strategie genoemd.

Eerst moeten maatregelen aan de bron worden getroffen, bijvoorbeeld de keuze van een andere funderingstechniek die minder geluid, trillingen of schokken veroorzaakt. Indien dat niet haalbaar is of onvoldoende resultaat oplevert, is de volgende stap het nemen van collectieve maatregelen: het beperken van de overdracht van bron naar mens. Dit kan bijvoorbeeld door isolatie of door het aanbrengen van geluidwerende schermen. Vervolgens kunnen organisatorische maatregelen worden genomen: het vergroten van de afstand tot de bron, het beperken van de blootstellingsduur of het beperken van het aantal blootgesteld. Pas in laatste instantie mag gekozen worden voor de individuele maatregel persoonlijke bescherming (smiddelen).

#### Volgorde van maatregelen volgens de arbeidshygiënische strategie

- 1 Bronmaatregelen
- 2 Collectief: beperking van de overdracht van bron naar mens
- 3 Individueel: organisatorische maatregelen
- 4 Persoonlijke bescherming

### 2.2 Actiewaarden/grenswaarden voor geluid

In het Arbobesluit worden actiewaarden onderscheiden voor de blootstelling aan geluid. Deze gelden voor een gemiddelde over een werkdag en ook voor geluidspieken. Het niveau van de gemiddelde waarde wordt gemeten in decibel (dB(A)) en van de pieken in Pascal (Pa).

Bij overschrijding van de onderste actiewaarde (80 dB(A)) is er kans op het ontstaan van gehoorschade. Bij overschrijding moeten aan de werknemer passende, goed aangemeten, individuele gehoorbeschermers ter beschikking worden gesteld. Ook moet aan de werknemers voorlichting en instructie over het gebruik van gehoorbeschermingsmiddelen worden gegeven en moet een gehooronderzoek worden aangeboden.

Bij overschrijding van de bovenste actiewaarde (85 dB(A)) moet de werkgever, in aanvulling op de hiervoor genoemde maatregelen, technische of organisatorische maatregelen doorvoeren om de blootstelling tot een minimum te beperken. Ook moet de gevarenzone door middel van passende signaleringen worden afgebakend en waar nodig en mogelijk de toegang ertoe worden beperkt. De werknemer is daarbij verplicht om gehoorbescherming te dragen. Naast de actiewaarden is een grenswaarde vastgesteld. De dagelijkse blootstelling aan geluid mag in geen geval hoger zijn dan 87 dB(A). Ook bij gebruik van gehoorbescherming mag na aftrek van de dempende werking de grenswaarde niet worden overschreden.

#### Actiewaarden en grenswaarden voor geluid

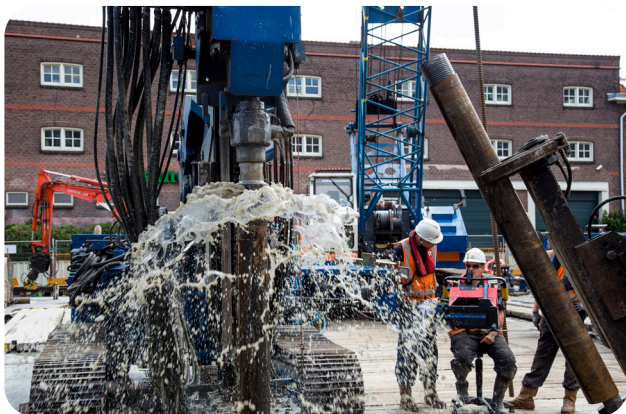
Waarden	Gemiddeld	Geluidspieken
Onderste actiewaarde	80 dB(A)	112 Pa
Bovenste actiewaarde	85 dB(A)	140 Pa

\* Geldt voor geluidblootstelling waarbij rekening is gehouden met de dempende werking van de gehoorbescherming.

### 2.3 Actiewaarden/grenswaarden voor lichaamstrillingen

In het Arbobesluit wordt één actiewaarde onderscheiden voor de blootstelling aan lichaamstrillingen. Deze geldt voor een gemiddelde blootstelling over een werkdag en bedraagt 0,5 m/s<sup>2</sup>. Bij overschrijding ervan is er kans op gezondheidsaandoeningen, met name van de lage rug en beschadigingen van de wervelkolom. Bij overschrijding moet worden nagegaan of het mogelijk is de blootstelling te verlagen. Dit kan bijvoorbeeld door andere werkmethoden of arbeidsmiddelen of door het verstrekken van hulpmiddelen zoals een trillingdempende stoel. Er kunnen ook organisatorische maatregelen genomen worden zoals afwisseling in de werkzaamheden, taakrotatie of rustpauzes. Ook instructie over werkmethoden kan bijdragen aan het beperken van de blootstelling. Verder moet aan werknemers voorlichting over risico's en maatregelen worden gegeven. Naast de actiewaarde is een grenswaarde vastgesteld. De dagelijkse blootstelling aan lichaamstrillingen mag gemiddeld over acht uur niet hoger zijn dan 1,15 m/s<sup>2</sup>. Indien de grenswaarde wordt overschreden, moeten direct maatregelen worden genomen om de blootstelling te verlagen.

Actiewaarde en grenswaarde voor lichaamstrillingen		
Actiewaarde	0,5 m/s <sup>2</sup>	Bij overschrijden maatregelen treffen
Grenswaarde	1,15 m/s <sup>2</sup>	Mag niet worden overschreden



### 2.4 Regelgeving geluid in het kader van het milieu

Door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is de Circulaire Bouwlawaai 2010 uitgegeven. Daarin staan advieswaarden voor bouwlawaai ten behoeve van gemeenten in het kader van het verlenen van ontheffingen van de Algemene plaatselijke verordening. De in de circulaire opgenomen toetswaarden gelden voor de 'dagwaarde'. Deze waarde is het equivalente geluidniveau van 7.00 uur tot 19.00 uur (12 uur). De dagwaarde wordt bepaald op de gevel van woningen/gebouwen en op de grens van geluidsgevoelige terreinen.

In de circulaire is een 'voorkeurswaarde' aangegeven van 60 dB(A). Het in de circulaire opgenomen beoordelingskader is weergegeven in de tabel hieronder.

Verder geldt voor lawaai met een impuls karakter (zoals heilawaai) een 'straf toeslag' van 5 dB(A). Dat houdt in dat voorafgaand aan toetsing de gemeten of berekende dagwaarden met 5 dB moeten worden verhoogd.

Voor de milieutoetsing is de plaats waar de funderingswerkzaamheden worden uitgevoerd relevant. Is dit bijvoorbeeld in stedelijk gebied of op een industrieterrein? Bij gevoelige objecten zoals een ziekenhuis kunnen door de desbetreffende gemeente aanvullende eisen worden gesteld. Ook voor werk dat wordt uitgevoerd op tijdstippen waarop het beoordelingskader niet van toepassing is (in de avond, de nacht of het weekend), zullen door de gemeente vaak aanvullende en verdergaande eisen worden gesteld voordat ontheffing wordt verleend.

Zonder aanvullende geluidsreducerende maatregelen voldoen geheide en getrilde technieken vaak niet aan de criteria in het beoordelingskader, doordat de dagwaarde - rekening houdend met de straf toeslag van 5 dB(A) - de toetswaarde overschrijdt.

Beoordelingskader van bouwlawaai						
Dagwaarde	Tot 60 dB(A)	Boven 60 dB(A)	Boven 65 dB(A)	Boven 70 dB(A)	Boven 75 dB(A)	Boven 80 dB(A)
Max. duur blootstelling (dagen)	Geen beperking	Ten hoogste 50 dagen	Ten hoogste 30 dagen	Ten hoogste 15 dagen	Ten hoogste 5 dagen	0 dagen

Bron: Circulaire Bouwlawaai, 2010

# 3 | Funderingsmethoden en de blootstelling aan geluid en lichaamstrillingen

FUNDERINGSMETHODEN PRODUCEREN ALLEMAAL GELUID EN TRILLINGEN DIE STERK KUNNEN VARIËREN. OOK HET MATERIAAL EN DE BODEM ZIJN BEPALEND IN DE MATE VAN TRILLEN EN GELUID. DE KEUZE VOOR EEN FUNDERINGSMETHODE BEPAALT ONDER ANDERE DE BLOOTSTELLING AAN GELUID EN TRILLINGEN.

Funderingsmethoden kunnen globaal worden onderscheiden in de volgende technieken:

1. Geheide paalsystemen
2. Getrilde technieken
3. Geboorde paalsystemen
4. Gedrukte technieken
5. Ankers
6. Grondverbeteringen
7. Gegraven technieken

In de volgende paragrafen wordt vooral ingegaan op geluid en lichaamstrillingen bij het werken met funderingsmachines. Er kunnen echter ook andere bronnen van geluid of trillingen aanwezig zijn. Soms wordt gebruik gemaakt van materieel zoals een wiellader of een kleine graafmachine om grond of materialen te verplaatsen of de bodem te egaliseren. De blootstelling aan lichaamstrillingen op dergelijk materieel overschrijdt vaak de actiewaarde van  $0,5 \text{ m/s}^2$  (gemiddeld over een 8-urige werkdag).

Verder treedt soms ook blootstelling aan hand-armtrillingen op. Dat geldt vooral bij het werken met een handtriller die wordt gebruikt bij het aanbrengen van wapeningskorven bij in de grond gevormde palen. De grenswaarde voor hand-armtrillingen van  $5 \text{ m/s}^2$  (gemiddeld over een 8-urige werkdag) kan daarbij ver worden overschreden.

## 3.1 Geheide paalsystemen

Bij geheide paalsystemen wordt meestal een hydraulisch blok of een dieselmotor toegepast. Funderingselementen zijn van prefab beton, staal (buizen) of hout.

### Geluid

De belangrijkste bron van geluid bij geheide paalsystemen is de slag van het blok op de paal en bij stalen buizen (vibro) het geluid dat wordt afgestraald door de buis. In de praktijk zijn bij geheide paalsystemen aanzienlijke verschillen in geluidsniveaus mogelijk bij verschillende soorten funderingsmachines, blokken en ook paaltypes. Een verdubbeling van de slagenergie betekent een toename van het geluidsniveau met 3 dB(A). Verder geldt meestal dat hoe meer palen er per dag worden geheid, hoe hoger het gemiddelde niveau over de dag is.

Het geluidsniveau waaraan funderingswerkers tijdens het heien worden blootgesteld ligt meestal tussen 100 en 108 dB(A). Voor de machinist is dat 85 tot 95 dB(A). Het gemiddelde over een werkdag ligt echter lager doordat heiwerk wordt afgewisseld met minder lawaaiige werkzaamheden. Voor funderingswerkers ligt dit meestal tussen 94 en 102 dB(A) en voor de machinist tussen 80 en 90 dB(A). In een gesloten en geïsoleerde cabine is de blootstelling van de machinist 80 dB(A) of lager.

Geluidniveaus bij geheide paalsystemen zonder toepassing van geluiddempende voorzieningen\*)

	niveau dB(A) / gemiddeld (range)	
	prefabbeton	stalen buis
Op 15 meter afstand	95	98 (95-100)
Funderingswerker (tijdens heien)	103	107 (105-108)
Funderingswerker (dagdosis)	97	101 (99-102)
Machinist**) (tijdens heien; cabine open)	90	87 (85-88)
Machinist**) (tijdens heien; cabine open) (dagdosis)	85	82 (<80-84)
Machinist (geïsoleerde cabine; gesloten)	< 80	< 80

\*) Onderzoek naar het geluid op de arbeidsplaatsen binnen de funderingsbranche; DGMR, 2001

\*\*) Indien de machinist tijdens het heien de cabine verlaat zijn hogere niveaus te verwachten.



Het komt regelmatig voor dat de machinist tijdens het heien de cabine verlaat of een raam of deur opent in verband met de communicatie met collega's. Zijn blootstelling is dan hoger en soms gelijk aan die van de funderingswerker.

Een bijzondere heitechniek is het inwendig heien van stalen buizen, waarbij het heiblok zich in de buis bevindt. Daar komt minder geluid bij vrij. Bij een meting met een valblok werd tijdens het heien bij de funderingswerker een geluidniveau gemeten van 90 dB(A); de dagdosis bedroeg circa 84 dB(A).

Voor de verspreiding van het geluid in de omgeving kan worden geschat dat zonder geluiddempende maatregelen de voorkeurswaarde waarbij geen beperkingen gelden (gemiddeld 60 dB(A) over 12 uur) op circa 500 meter afstand wordt overschreden en op circa 1000 meter indien rekening wordt gehouden met de 'strafvoeslag' in verband met impulsachtig geluid.

Door geluiddempende maatregelen kunnen de hiervoor beschreven niveaus worden verlaagd. Met relatief eenvoudige maatregelen (bijv. goed onderhoud, slagdemping, geluiddempende muts) kan het niveau met enkele dB(A) omlaag worden gebracht. Voor een sterkere reductie (4 tot maximaal circa 10-12 dB(A)) zijn ingrijpendere maatregelen noodzakelijk, zoals een dicht blok, geïsoleerd blok, polypenco prop, geluidsabsorberende kap over aansluiting muts/paal en bij stalen buizen een mantel om de buis.

Voor de funderingswerker kan naar verwachting met een combinatie van alle beschikbare maatregelen de dagdosis worden verlaagd tot een niveau van 85-87 dB(A) voor prefab betonnen palen en tot ongeveer 90 dB(A) bij vibropalen. Voor de machinist ligt de dagdosis zonder maatregelen rond de bovenste actiewaarde (85 dB(A)), mits hij de cabine niet verlaat. Met een deel van de hiervoor genoemde maatregelen en het gesloten houden van de cabine ligt de dagdosis voor de machinist meestal rond of onder de onderste actiewaarde (80 dB(A)).

### Trillingen

Bij geheide paalsystemen ligt de trillingsbelasting in verticale richting op de stoel van de machinist in het algemeen op 0,1 – 0,2 m/s<sup>2</sup>. Dat is ruim onder de actiewaarde van 0,5 m/s<sup>2</sup> gemiddeld over een 8-urige werkdag.

In de omgeving van de funderingsmachine werd tijdens het heien een trillingsbelasting in verticale richting (staand, vanuit de bodem) gemeten van 0,1 tot 0,3 m/s<sup>2</sup>.

Ook hier wordt de actiewaarde dus niet overschreden. De lichaamstrillingen worden door de funderingswerkers wel als zeer hinderlijk ervaren. Dat komt vermoedelijk doordat de blootstelling tijdens het heien veel hoger is dan het gemiddelde over 8 uur en doordat de trillingen vooral bestaan uit harde schokken.

### 3.2 Getrilde technieken

Bij het trillen wordt gebruik gemaakt van een trilblok waarmee funderingselementen zoals damwanden of palen van hout of staal in de grond worden gebracht.

#### Geluid

Bij het trillen van stalen damwanden is meestal sprake van hoge geluidniveaus vergelijkbaar met wat wordt gemeten bij het heien van vibropalen. Bij trillen van stalen damwanden is de damwand zelf de belangrijkste geluidsbron. De funderingswerker kan daardoor worden blootgesteld aan een niveau van 100 tot 108 dB(A).

Het geluidniveau wordt sterk bepaald door het type funderingselement. De hoogste niveaus worden gemeten bij stalen elementen. Staal tegen staal veroorzaakt contactgeluid zoals piepen en knarsen. In dat geval is afstand houden tot de bron en gehoorbescherming van belang. Bij houten planken en bij het trillen van stalen buizen is het geluidniveau veel lager dan bij het trillen van stalen damwanden.

Bij getrilde technieken zijn er geen maatregelen in de vorm van een geïsoleerd blok of afscherming beschikbaar. Wel kan de blootstelling door een aantal andere maatregelen worden beperkt. Bij het trillen van stalen damwanden kan door gebruik van een extra zwaar blok het geluid sterk worden verlaagd.

Geluidniveaus bij getrilde technieken*)		
	Niveau dB(A)	
	Stalen damwand	Stalen buis
Op 15 meter afstand	93 - 93	80 - 83
Funderingswerker (tijdens trillen)	100 - 108	80 - 92
Funderingswerker (dagdosis)	91 - 98	67 - 84
Machinist (tijdens trillen)	92 - 101	81 - 82
Machinist (dagdosis)	83 - 92	69 - 77

\*) Onderzoek naar het geluid op de werkplaatsen binnen de funderingsbranche; DGMR, 2001

Bovendien is er dan sprake van sneller werken en daardoor een kortere blootstellingduur. De gemiddelde blootstelling over een werkdag van de funderingswerker en de machinist kan daardoor met circa 10 dB omlaag worden gebracht. Andere mogelijkheden om het niveau of de blootstellingduur te verlagen zijn o.a. spuiten of fluïderen. Die oplossingen zijn om technische redenen echter niet altijd toegestaan. Als het geluid niet voldoende te verminderen is houd dan afstand tot de bron en draag gehoorbescherming.

### Trillingen

In Nederland en ook in Duitsland is onderzoek uitgevoerd naar lichaamstrillingen die optreden bij getrilde technieken. De trillingsbelasting in verticale richting op de stoel van de machinist (0,1 – 0,2 m/s<sup>2</sup>) lag in het algemeen onder de actiewaarde (0,5 m/s<sup>2</sup> gemiddeld over een 8-urige werkdag). In de omgeving van de funderingsmachine werd een trillingsbelasting in verticale richting (staand, vanuit de bodem) gemeten van 0,1 tot 0,3 m/s<sup>2</sup>. De actiewaarde wordt dus niet overschreden. De lichaamstrillingen worden door de funderingswerkers wel als zeer hinderlijk ervaren. Dat komt vermoedelijk doordat de blootstelling tijdens het daadwerkelijke trillen veel hoger is dan het gemiddelde over 8 uur.

### Resonantietechniek

Deze techniek maakt gebruik van een resonator waarmee funderingselementen de grond in kunnen worden gebracht. In tegenstelling tot trillen, waarbij het hele funderingselement in beweging wordt gebracht tot een max. frequentie van ca. 38 Hz, wordt bij resoneren de eigenfrequentie van het fundatie element benaderd. Deze gaat zich gedragen als een veer. Het funderingselement moet voor een maximale inbreng-snelheid en minimale trillingen en geluid continu in resonantie worden gehouden.

De resonantietechniek verbruikt minder energie dan triltechnieken omdat bij resoneren niet het hele element

in beweging gebracht hoeft te worden en de veerbeweging weinig energie nodig heeft om de resonantie gaande te houden. Door real time metingen wordt de ideale frequentie aangehouden om het object op diepte te brengen met minimaal nadelige beïnvloeding in de bodem.

Bij de resonantietechniek zijn de trillingen voor de mens minder voelbaar door de hogere frequentie (frequentie van 80-180 Hz.). Het geluid is sterk afhankelijk van het type funderingselement en de bodem, maar blijft hoog (80-108 dB) en kan als indringend worden ervaren door de hogere frequentie. Funderingsmedewerkers wordt geadviseerd met dubbele geluidsbescherming te werken, otoplastieken tezamen met oorkappen. Naast de geluidsriscos' kan het effect van de geluidsgolven op het lichaam als hinderlijk ervaren worden. Houd daarom afstand tot de bron. Beperk verder de blootstelling door niet langer dan nodig in de nabijheid van het funderingselement te blijven als deze wordt ingebracht.

### Sonische technieken

Dit is een relatief nieuwe techniek die gebruik maakt van een hogere trillingsfrequentie. Het veroorzaakt minder voelbare trillingen en afhankelijk van de omstandigheden variërende geluidsniveaus. Het hoorbare geluid is bij sonische technieken, door de hoge frequentie, vaak minder. Er is nog onvoldoende bekend over eventuele gezondheidsschade van deze methode op termijn. Daarom zijn extra voorzorgsmaatregelen nodig zoals afstand houden tot de bron, het dragen van gehoorbescherming voor het betreffende frequentiegebied en niet langer dan nodig in de buurt van het funderingselement blijven..

### 3.3 Geboorde paalsystemen

Bij dit type paalsystemen wordt de paal door boren of schroeven in de grond gebracht, waarbij gebruik wordt gemaakt van grondverwijdering of grondverdringing. Bij de palen gaat het meestal om in de grond gevormde palen.

Blootstelling aan lichaamstrillingen bij diverse funderingstechnieken	Niveau in m/s <sup>2</sup>	
	Nederland*)	Duitsland**)
	Geheide systemen; machinist	0,1 – 0,2
Geheide systemen; funderingswerker ***)	0,2 – 0,3	0,3
Getrilde technieken; machinist	0,1	0,24
Geboorde paalsystemen	0,1	0,1

\* Meetresultaten uitgevoerd voor dit A-blad (vibrations@work,2011)

\*\* Meetresultaten Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft BG BAU; 2008

\*\*\* Gemeten op de bodem

## Geluid

Bij geboorde paalsystemen ontstaat, in vergelijking met andere funderingstechnieken, relatief weinig lawaai. De belangrijkste bronnen van geluid zijn de motoren van het materieel dat wordt ingezet zoals funderingsmachines, aggregaat en betonpomp.

Bij ouder materieel worden de funderingswerkers naar verwachting blootgesteld aan geluidniveaus rond de bovenste actiewaarde (85 dB(A)). Een hoger niveau (90-92 dB(A)) werd gemeten bij de machinist bij boren in combinatie met cementinjectie.

Bij gebruik van geïsoleerd materieel ligt bij het boren het geluidniveau naar verwachting rond de onderste actiewaarde (80 dB(A)) of lager. Sonisch inbrengen is ook een mogelijk.

## Trillingen

Bij onderzoek naar lichaamstrillingen die optreden bij geboorde paalsystemen lag de trillingsbelasting in verticale richting op de stoel van de machinist onder de actiewaarde ( $0,5 \text{ m/s}^2$  gemiddeld over een 8-urige werkdag) en was gemiddeld  $0,15 \text{ m/s}^2$  (zie de tabel). Sonisch inbrengen is ook mogelijk.

### Hand- en armtrillingen

In de brochure van vibrations@work wordt gesignaleerd wat de effecten zijn van het gebruik van een handtriller. Bij de funderingstechniek schroefpalen wordt een korf van betonijzer in het zachte beton geduwd. Om de korf sneller en gemakkelijker te laten zakken wordt een handtriller gebruikt. Deze handtriller heeft een geschat gewicht tussen de 10 en 15 kg en draagt de opgewekte trillingen over op de korf. Tijdens het gebruik wordt de triller met de hand bediend waardoor de trillingen en schokken ook worden overgedragen op de handen van de werknemer. Er is hierdoor sprake van een belasting als gevolg van hand-armtrillingen en schokken. In de meting zijn 6 korven achtereen "getrild" in 9 minuten. Per werkdag kunnen ruim 90 korven getrild worden. Dat impliceert dat het trillen ruim 2 uur per dag plaatsvindt. In het onderhavige geval bleek 1 werknemer dit trillen dagelijks uit te voeren. De meting leverde de volgende belasting op:

activiteit	Vectorsom ( $\text{m/s}^2$ )	Gemeten tijd	meting
Korven trillen	66	9	@FUNHO

Naast de belasting door het trillen is er ook sprake van fysieke belasting als gevolg van het tillen. Naast het gewicht van de handtriller is er het gewicht van de korven, die afhankelijk van hun afmetingen ook circa 20 kg kunnen wegen maar door hun lengte grotere krachten verlangen om ze te verplaatsen.



## 3.4 Gedrukte technieken

Bij deze funderingstechniek wordt het element (damwand of paal, vaak van beton of staal) door hydraulisch drukken in de grond gebracht. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van elementsegmenten die door lassen met elkaar worden verbonden.

### Geluid en trillingen

Bij hydraulisch drukken ontstaat, in vergelijking met andere funderingstechnieken, relatief weinig lawaai en treedt ook weinig blootstelling aan lichaamstrillingen op. De belangrijkste bron van geluid is het materieel dat wordt ingezet, zoals een aggregaat. Hoge geluidniveaus zijn ook mogelijk bij het bewerken van stalen elementen door bijvoorbeeld slijpen of lassen. De werkmethode zelf kan piepen en knarsen veroorzaken, contactgeluid waar vaak niet veel aan te doen is. Houd in dat geval afstand tot de bron en draag gehoorbescherming. In het algemeen ligt het gemiddelde geluidniveau over een werkdag bij gedrukte technieken onder de onderste actiewaarde (80 dB(A)).

## 3.5 Ankers

Ankers (meestal van staal) kunnen worden ingebracht door slaan, trillen of boren. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van een mantelbuis die na het inbrengen van het anker weer wordt uitgetrokken. Vaak wordt het inbrengen van het anker gecombineerd met het onder druk inspuiten van grout dat na uitharden en hechten aan het element voor voldoende trek-/drukweerstand zorgt en daardoor als een anker functioneert. Het anker (meestal een stalen buis of streng) wordt in z'n geheel of in de vorm van aan elkaar gekoppelde segmenten ingebracht. Ankers kunnen ook sonisch worden aangebracht.

### Geluid en trillingen

Bij het inbrengen door boren of schroeven ontstaat relatief weinig lawaai (zie geboorde paalsystemen). Het materieel is

dan de belangrijkste bron van geluid.

Bij het inbrengen door slaan of trillen ontstaat wel veel lawaai en kan ook blootstelling optreden aan lichaamstrillingen. Voor geluids- en trillingsniveaus, zie 3.1 geheide paalsystemen of 3.2 getrilde technieken. Vaak geeft het contactgeluid tussen anker en damwandplank, een fors hogere geluidsbelasting. Het toepassen van grotere gaten is een eenvoudige en goede oplossing ter voorkoming van contact tussen anker en damwandplank. Daarnaast kan geluids- en trillingbelasting erg afhankelijk zijn van de plaatselijke grondslag.

Het geluidniveau bij het inbrengen door slaan of trillen kan worden beperkt door het onder druk inspuiten van water (fluïderen) of grout waardoor de inbrengweerstand sterk wordt verlaagd.

Ankers worden ook sonisch aangebracht. Bij toepassing van de sonische ankertechniek zijn trillingen minder voelbaar en varieert de geluidsblootstelling met de omstandigheden. Voorzorgmaatregelen als het dragen van afgestemde gehoorbescherming en afstand houden tot de bron zijn nodig.

### 3.6 Grondverbetering

Grondverbetering kan worden gerealiseerd door injectie. Bij een zanderige bodem kan worden geïnjecteerd met gel/waterglas dat na uitharden een versterkte laag vormt. Verder wordt gebruik gemaakt van jetgrouten. Daarbij wordt onder hoge druk een water-/groutmengsel, eventueel nog met toevoer van perslucht, via een roterende lans in de bodem geïnjecteerd, waardoor na het uitharden een stevige laag of kolom ontstaat die als water- of grondkering of als tijdelijke fundering kan dienen.



### Geluid en trillingen

Bij injectie van waterglas kunnen de injectieslangen worden ingebracht door intrillen met een damwandelement, wat leidt tot hoge geluidniveaus en ook tot blootstelling aan lichaamstrillingen (zie 3.2 getrilde technieken). Inbrengen is ook mogelijk door het indrukken van een spuitlans met materieel of met behulp van een boorvloeistof. Daarbij is het geluidniveau veel lager, afhankelijk van het materieel.

Bij het jetgrouten zijn de geluidniveaus relatief laag en vergelijkbaar met boren of schroeven (zie 3.3 geboorde paalsystemen). Ook wat de blootstelling aan lichaamstrillingen betreft zijn de niveaus naar verwachting laag. Sonisch inbrengen is ook mogelijk.

### 3.7 Gegraven technieken

Wanden of diepwanden worden aangebracht door het graven van een sleuf met een draadgrijper, het aanbrengen van een mengsel van bentoniet/cement of het eventueel later vullen van de sleuf met beton en zo nodig wapening. Soms worden voorgespannen betonnen elementen (panelen) aangebracht. Wanden kunnen ook worden gerealiseerd door het aaneengesloten aanbrengen van boor-/schroefpalen (zie 3.3 geboorde paalsystemen) of door aaneengesloten injectie of jetgrouten (zie 3.6 grondverbetering).

### Geluid en trillingen

Bij het aanbrengen van wanden of diepwanden zijn de geluidniveaus relatief laag, afhankelijk van het type materieel dat is ingezet. Afhankelijk van de leeftijd van het materieel en al of niet aanwezige voorzieningen voor geluiddemping, zal het niveau meestal tussen de onderste (80 dB(A)) en de bovenste actiewaarde (85 dB(A)) liggen.

Van de blootstelling aan lichaamstrillingen zijn geen gegevens bekend. Naar verwachting ligt de blootstelling voor de machinist onder de actiewaarde ( $0,5 \text{ m/s}^2$  gemiddeld over een 8-urige werkdag).

# 4 | Maatregelen om de blootstelling aan geluid en lichaamstrillingen bij funderingswerken te verminderen

DE KEUZE VAN DE FUNDERINGSMETHODE WORDT BEPAALD BIJ HET ONTWERP. BIJ HET ONTWERPEN VAN EEN FUNDERING MOETEN OPDRACHTGEVER, CONSTRUCTEUR EN/OF ARCHITECT REKENING HOUDEN MET DE ARBEIDSOMSTANDIGHEDEN BIJ DE UITVOERING. EEN INVENTARISATIE VAN DE RISICO'S IS NOODZAKELIJK. DOOR EEN GOED ONTWERP MOETEN DEZE ZOVEEL MOGELIJK WORDEN VOORKOMEN.

Er zijn diverse maatregelen om geluid- en trillingsniveaus bij funderingswerken te verlagen. Er zijn maatregelen die relatief eenvoudig kunnen worden doorgevoerd en waarvan de kosten beperkt zijn en er zijn maatregelen die meer ingrijpend zijn en die alleen tegen aanzienlijke kosten kunnen worden doorgevoerd. In het laatste geval zijn diverse oplossingen voorhanden, maar in de praktijk zijn deze alleen uitvoerbaar indien de opdrachtgever er voor kiest. Dat is vaak nog niet het geval.

Hieronder volgt een overzicht van mogelijke maatregelen.

## 4.1 Algemene maatregelen

### Onderhoud van materieel:

- Regelmatig onderhoud van materieel helpt de geluidniveaus en ook de trillingsbelasting door funderingsmachines zo laag mogelijk te houden. Daarbij is het belangrijk om tijdens het in bedrijf zijn van de machine geluidsbronnen op te sporen die door onderhoud kunnen worden verholpen. Voorbeelden daarvan zijn rammelende kabels of kettingen, loszittende en rammelende panelen en aanlopende of onvoldoende gesmeerde draaiende delen. Met dit type maatregelen is een geluidsreductie van enkele dB vaak al mogelijk.
- Voor de trillingsbelasting zijn o.a. een trillingdempende stoel en een goede instelling van de demping op het lichaamsgewicht van de machinist van belang. Een goede afstelling van de stoel is erg belangrijk omdat een slechte afstelling de trillingsbelasting kan vergroten.

### Instructie van werknemers:

- Instrueer werknemers om zo veel mogelijk afstand tot belangrijke geluidsbronnen te houden, tenzij een kortere afstand noodzakelijk is voor het werk: door een verdubbeling van de afstand kan het geluidniveau met circa 6 dB worden verlaagd.
- Instrueer de machinist dat hij tijdens het heien of trillen in de cabine moet blijven en de cabine gesloten moet houden.
- Instrueer de machinist hoe hij zijn stoel op de juiste wijze in moet stellen zodat lichaamstrillingen zoveel mogelijk worden gedempt.

- Zorg voor toezicht op het naleven van de afspraken.

### Beschikbaar stellen van hulpmiddelen/persoonlijke bescherming:

- Stel een afstandsbediening ter beschikking, zodat de werknemer tijdens de werkzaamheden buiten de cabine de afstand tot de belangrijke geluidsbronnen zo groot mogelijk kan houden.
- Door het inzetten van communicatiemiddelen (geïntegreerd in de persoonlijke bescherming) kan de machinist zijn cabine gesloten houden en zijn de werknemers niet genoodzaakt om gehoorbescherming af te zetten.
- Stel alleen gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking die voldoende bescherming garanderen.
- Zorg voor toezicht op het naleven van de voorschriften.
- Gebruik CE-gemarkeerde trillingsarme korventrillers.

### Maatregelen bij het opstellen van het materieel / inrichting van het terrein:

- Zorg voor een zo groot mogelijke afstand tussen geluidsbron en werknemers; een verdubbeling van de afstand tot de geluidsbron geeft vaak een daling van het geluidniveau met 6 dB(A).
- Zet de generator op een zo groot mogelijke afstand en 'slim' neer. Het geluid straalt vooral naar één richting af.
- Maak bij het inzetten van meerdere funderingsmachines de onderlinge afstand zo groot mogelijk.
- Zorg voor geëgaliseerde rijroutes om de trillingsbelasting van machinisten te beperken.

#### CE-gemarkeerde hand- en armtrillingsarme korventrillers:

Bij instructie van medewerkers aangaande het gebruik van korventrillers kunnen te hoge hand- en armbelastingen worden tegengegaan, zoals:

- Gebruik de aanwezige (en gekeurde) hulpmiddelen (bijvoorbeeld een minigraver).
- Wissel de werkzaamheden af (met elkaar), met name bij het intrillen van wapening.
- Vermijd zoveel mogelijk ongunstige werkhoudingen.
- Neem bij het intrillen van wapening een ontspannen houding aan.
- Breng wapening zo snel als mogelijk aan na het aanbrengen van de paal.

#### 4.2 Gebruik van geluids- en trillingsarme funderingstechnieken

Door gebruik van geluidsarme funderingstechnieken kan de blootstelling sterk worden beperkt. Voorbeelden van geluidsarme technieken zijn boren, schroeven, drukken en bevroren. Bij deze technieken wordt geen gebruik gemaakt van een blok om het element in de grond te slaan of te trillen, waardoor het geluidniveau veel lager is. Ook bij geluidsarme funderingstechnieken komt uiteraard nog geluid vrij door het materieel dat wordt ingezet: funderingsmachines, generatoren, shovels, e.d.

Als ouder materieel wordt gebruikt zijn bij het toepassen van geluidsarme funderingstechnieken geluidniveaus te verwachten rond de bovenste actiewaarde (85 dB(A)). Bij het werken met nieuw en/of geluidgedempt materieel liggen de geluidniveaus naar verwachting onder de onderste actiewaarde (80 dB(A)).

Geluidsarme funderingstechnieken veroorzaken weinig of geen trillingen in de bodem. Daardoor is er ook minder kans op schade aan aangrenzende bebouwing, wat een extra argument kan zijn om voor een geluidsarme techniek te kiezen. Verder is ook de blootstelling aan lichaamstrillingen voor de machinist in het algemeen laag: onder de actiewaarde (van 0,5 m/s<sup>2</sup> gemiddeld over een 8-urige werkdag). In de praktijk wordt echter door opdrachtgever en ontwerper nog vaak gekozen voor het aanbrengen van funderingen door heien of trillen, omdat dit goedkoper is maar het kan ook zijn dat de ontwerper voorkeur heeft voor deze technieken.

#### 4.3 Geluid- en trillingsgedempt materieel

##### Gedempte funderingsmachine:

- Met een geluidgeïsoleerde cabine is het mogelijk het geluidniveau waaraan de machinist door heien of trillen wordt blootgesteld te verlagen tot onder de bovenste actiewaarde (85 dB(A)). Daarbij moet de cabine wel gesloten zijn.

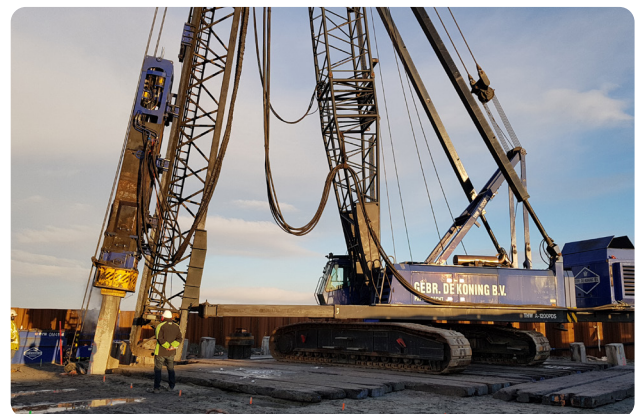
- Voorzie de funderingsmachine van een trillingdempende stoel.
- Voorzie de cabine van een geluidisolatie en klimaatbeheersing. Daardoor kan de machinist zijn werk verrichten in een gesloten cabine, zonder dat hij voor frisse lucht deur of ramen open moet zetten. Hiermee kan de blootstelling van de machinist tot onder 80 dB(A) worden verlaagd, zelfs bij de meest lawaaige funderingstechnieken, mits de cabine consequent (lucht) dicht gesloten is.
- Zorg voor communicatieapparatuur. Daardoor kan de machinist zijn werk verrichten in een gesloten cabine, zonder dat hij voor communicatie met collega's deur of raam open moet zetten. Afspraken over standaard hand- en armseinen kunnen hierbij ook een goede oplossing zijn.

##### Geluidgedempte generatoren:

- Geluidgedempte generatoren kunnen een aanzienlijke bijdrage leveren aan de vermindering van het geluidniveau.

##### Isolatie van bestaand materieel:

- Het isoleren van reeds aanwezig materieel is vaak moeilijk en bovendien duur. Kies daarom bij voorkeur voor nieuw en geïsoleerd materieel.



#### 4.4 Maatregelen bij geheide paalsystemen en getrilde technieken

Bij deze funderingsmethoden is meestal sprake van een hoog geluidniveau door het gebruik van een blok, meestal diesel, hydraulisch of elektrisch (trilblok). Geluidbeperkende maatregelen zijn daarom vooral gericht op de geluidemissie van het blok, op de overdracht van energie van het blok op het funderingselement en - vooral bij stalen funderingselementen - op de afstraling van het element.

Verder kan de geluidemissie worden gereduceerd door de inbrengsnelheid van de elementen te vergroten. Dat kan o.a. door gebruik van een zwaarder blok en/of maatregelen om de weerstand die het element ondervindt te verkleinen (fluideren, voorboren).

Toepassen van resonantietechnieken kan trillingen plaatselijk verder beheersen, de trillingsbelasting voor de omgeving is minder en voor de mens mogelijk ook.

Sonische technieken maken gebruik van hoog frequente trillingen die minder voelbaar zijn en minder trillingsbelasting aan de omgeving geven. Er is echter nog onvoldoende bekend over de gezondheidseffecten. Daarom zijn extra voorzorgsmaatregelen van belang; beperk de blootstellingsduur, houd afstand tot de bron, gebruik gehoorbescherming geschikt voor het betreffende bereik en gebruik eventueel geluidschermen voor de omgeving.

#### **Geluidgedempt blok:**

- Met een geluidgedempt hydraulisch blok kan een goede geluidsreductie worden gerealiseerd. Bij stalen elementen is het voor een goede geluidsreductie noodzakelijk dat het element wordt afgeschermd of van een mantel wordt voorzien.
- Met een prototype van een geluidgedempt dieselblok is een reductie van 9 dB(A) gerealiseerd. Het maken van een goede omkasting bij het dieselblok levert echter problemen op in verband met doorvoeren van leidingen, verbrandingsgassen en de warmteafvoer. Door opbouw van warmte wordt de capaciteit van het blok met 50% gereduceerd. Daardoor worden geluidgedempte dieselblokken nog niet in de praktijk toegepast.

#### **Gedempte adapter en muts:**

- Gebruik een geluiddempende adapter en muts om het vrijkomen van geluid bij de slag op de paal te beperken.

#### **Geluddempende balg of mantel:**

- Met een balg of mantel kan het geluidniveau worden gereduceerd. Een balg of mantel kan de uitvoering van het werk echter hinderen en ook onveiliger maken. Zorg dus dat deze goed zijn afgestemd op de machine en de lengte van de palen. Een goede toepassing van een balg en kalenderen gaan vaak niet samen. Gebruik van een balg of mantel is vooral van belang bij stalen funderingselementen waarbij veel geluid wordt afgestraald door het element.



#### **Damwanden:**

- Bij het inbrengen van damwanden moet worden uitgegaan van een zakking van tenminste 3 meter per minuut. Om dit te realiseren moet gekozen worden voor op het werk afgestemd materieel of andere technieken.
- Las of pons sloten tussen de onderdelen van de damwand zodat het rammelen van de planken beperkt wordt.
- Onderzoek per werk of het inbrengen van damwanden geluidsarmer kan worden gemaakt door te spuiten, te fluïderen of voor te boren.
- Door spuiten, fluïderen of voorboren wordt de trillingsbelasting lager voor de omgeving en voor het menselijk lichaam.
- Dimensioneer damwanden conform CUR 166 Damwandconstructies.

#### **Prefab betonpalen:**

- Maak bij het inbrengen van palen gebruik van een geluiddempende adapter en muts.
- Het gewicht van het vallichaam moet ten minste de helft van het paalgewicht bedragen.
- Gebruik bij het inbrengen met een dieselhamer een geluidsisolerende mantel, tenzij dit om technische, zwaarwegende bedrijfseconomische redenen of veiligheidsoverwegingen niet mogelijk is.
- Verlaag het geluidniveau door spuiten, fluïderen of voorboren.
- Door spuiten, fluïderen of voorboren wordt de trillingsbelasting lager voor de omgeving en voor het menselijk lichaam.
- Als voor zware palen een ongedempt dieselblok noodzakelijk is, kies dan, indien mogelijk, voor een groter aantal lichtere palen die met een geluidgedempt hydraulisch blok kunnen worden geheid.

#### **Vibropalen:**

- Zorg voor slagdemping (kunststofdemping tussen paal en blok).
- Zorg voor een geluidsisolerende mantel die tijdens het heien het blok en de paal omsluit.
- Zorg voor een geluidsisolerende rubber balg, die de geluidsafstraling van de stalen buis afschermt.
- Kies voor op het werk afgestemd materieel of andere technieken (zwaar materieel is vaak geen oplossing vanuit de arbeidshygiënische strategie).
- Inwendig heien. Deze techniek heeft echter beperkingen, zeker waar het gaat om langere paallengtes.

### **4.5 Maatregelen bij geboorde paalsystemen**

Het inbrengen van funderingselementen door grondverdringend of grondverwijderend boren. Door gebruik van verouderd of slecht onderhouden materieel kan het geluidniveau oplopen tot 85 dB(A)

- Pas geïsoleerd/gedempt materieel toe.
- Vervang verouderd materieel door nieuw (gedempt) materieel.
- Zorg voor goed onderhoud en zet rammelende onderdelen vast of vervang deze.
- Voorzie materieel van een trilling dempende stoel.
- Gebruik CE-gemarkeerde hand- en armtrillingsarme korventrillers.
- Bij sonische technieken is het van belang om afstand tot de bron te houden en op de frequentie afgestemde gehoorbescherming te gebruiken.

#### 4.6 Maatregelen bij gedrukte technieken

Het inbrengen van funderingselementen door hydraulisch drukken is een geluidsarme funderingstechniek. Door gebruik van verouderd of slecht onderhouden materieel kan het geluidniveau oplopen tot 85 dB(A).

- Pas geïsoleerd/gedempt materieel toe.
- Vervang verouderd materieel door nieuw (gedempt) materieel.
- Plaats lawaaibronnen (generator) op afstand.
- Voorzie materieel van een trillingdempende stoel.

#### 4.7 Maatregelen bij ankers

Ankers (meestal van staal kunnen worden ingebracht door slaan, trillen, boren, schroeven, drukken of sonisch) kunnen worden ingebracht door slaan, trillen of boren.

- Voor maatregelen bij boren of schroeven, zie 4.5 geboorde paalsystemen.
- Voor maatregelen bij inbrengen door slaan of trillen, zie 4.4 geheide paalsystemen of getrilde technieken.
- Het geluidniveau bij het inbrengen kan worden beperkt door het onder druk inspuiten van water (fluïderen) of grout waardoor de inbrengweerstand sterk wordt verlaagd.
- Voor sonisch inbrengen geldt dat ondanks dat de trillingen minder voelbaar zijn, onvoldoende bekend is of het gezondheidsschade kan veroorzaken. Het is daarom belangrijk om de blootstelling te beperken door zoveel mogelijk afstand te houden tot de bron en niet langer dan nodig in de buurt te blijven. Maak daarnaast gebruik van op de frequentie afgestemde gehoorbescherming.



#### 4.8 Maatregelen bij grondverbeteringen

Grondverbetering kan worden gerealiseerd door injectie via injectieslangen met een spuitlans of door jetgrouten.

- Voor maatregelen bij indrukken van een spuitlans met materieel of bij jetgrouten, zie 4.5 geboorde paalsystemen.
- Voor maatregelen bij het inbrengen van injectieslangen door het intrillen met een damwandelement, zie 4.4 geheide paalsystemen of getrilde technieken.

#### 4.9 Maatregelen bij gegraven technieken

Wanden of diepwanden worden aangebracht door het graven van een sleuf en het vullen met een mengsel van bentoniet/cement, beton of voorgespannen betonelementen. Wanden kunnen ook worden gerealiseerd door het aaneengesloten aanbrengen van boor-/schroefpalen of door aaneengesloten injectie of jetgrouten. Door gebruik van verouderd of slecht onderhouden materieel kunnen geluidniveaus oplopen tot 85 dB(A).

- Pas geïsoleerd/gedempt materieel toe.
- Vervang verouderd materieel door nieuw (gedempt) materieel.
- Zorg voor goed onderhoud en zet rammelende onderdelen vast of vervang deze.
- Voorzie materieel van een trillingdempende stoel.



## 5 | Bedrijfstakafspraken

- De bedrijfstak wil het bewustzijn over gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan schadelijk geluid en schadelijke lichaamstrillingen verder vergroten, zodat alle werkgevers en werknemers op de hoogte zijn van de risico's en oplossingen.
- De bedrijfstak wil de blootstelling aan geluid en lichaamstrillingen van funderingswerkers verlagen door het toepassen van (een combinatie van) de maatregelen die in dit A-blad staan.



- De bedrijfstak vindt het noodzakelijk dat alle werknemers adequate gehoorbescherming dragen bij overschrijding van de blootstellingsgrens van voor het gehoor schadelijk geluid van 80 dB(A).
- Bij vervanging van materieel zal worden gekozen voor geluidgedempte oplossingen, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat dit om technische of zwaarwegende bedrijfseconomische redenen niet mogelijk is.
- De bedrijfstak stimuleert het voorschrijven/toepassen van geluidsarme funderingstechnieken door opdrachtgevers en ontwerpers.
- De bedrijfstak stimuleert het toepassen van stoelen (op materieel) waarmee lichaamstrillingen adequaat kunnen worden gedempt.
- De bedrijfstak informeert werkgevers en machinisten over het belang van een goede instelling van de stoel en de wijze waarop dit kan worden gerealiseerd om de blootstelling aan lichaamstrillingen te beperken.

Deze afspraken zijn inmiddels nader uitgewerkt en nagenoeg volledig opgenomen in de vigerende arbocatalogus voor de bouw & infra en de (deel-)arbocatalogus funderingen (kies een risico: lawaai / trillingen / lichaamstrillingen).

## Bewerking van de “Keuzetabel funderingsmethode bij ontwerp in relatie tot geluidsbelasting” ontleend aan concept NVAF-Richtlijn

Nr	Funderings-methodiek	Funderingssysteem	Geluidsniveau (dagdosis)	Voordelen	Nadelen	Mogelijke beheersmaatregelen risico's (opnemen in V&G-plan ontwerp)
01	Geheide paalsystemen (hydraulisch blok of dieselblok)	prefabpalen	vanaf 92 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch voordelig</li> <li>• geschikt voor “slappe” bodemlagen</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• beperkte risico's verontreinigd(e) grond(water) (niet t.a.v. vluchtige stoffen)</li> <li>• lange levensduur</li> <li>• bij toepassen segmenten minder risico voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risico paalbreuk door “rijgen”/heien/obstakels in de grond</li> <li>• bij lange lengtes risico's voor hijsen en positioneren palen (ook voor omgeving)</li> <li>• relatief lange levertijd</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• impulsgeluiden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluid gedempte adapter en muts</li> <li>• slagdemping</li> <li>• fluideren of voorboren</li> <li>• aggregaten op afstand</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie of anders toepassen segmentpalen</li> </ul>
		vibropalen	vanaf 99 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch voordelig</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• relatief snel leverbaar</li> <li>• toepasbaar bij veranderende draagkracht bodem</li> <li>• paallengte direct aan te passen aan grondgesteldheid</li> <li>• beperkt risico verontreinigd(e) grond(water) (niet t.a.v. vluchtige stoffen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• minder geschikt voor “slappe” bodemlagen</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• impulsgeluiden</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluidsmantel / -balg</li> <li>• slagdemping</li> <li>• toepassen Sound Reducing Tower (bijv. zeecontainers)</li> <li>• toepassen zwaarder blok dan nodig voor heikbaarheid</li> <li>• fluideren of voorboren</li> <li>• aggregaten op afstand</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone/ beschermingsconstructie</li> </ul>
		stalen buispalen	vanaf 99 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor “slappe” bodemlagen</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• beperkte risico's verontreinigd(e) grond(water) (niet t.a.v. vluchtige stoffen)</li> <li>• bij toepassen segmenten minder risico voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch duurdere oplossing</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• hoge impulsgeluiden</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluid dempende adapter en muts</li> <li>• slagdemping</li> <li>• fluideren of voorboren</li> <li>• aggregaten op afstand</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie of anders toepassen segmentpalen</li> </ul>
		houten palen	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch voordelig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relatief korte levensduur (m.n. bij wisselende grond(water)stand)</li> <li>• laag draagvermogen</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• hoge impulsgeluiden</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluid gedempte adapter en muts</li> <li>• toepassen geïsoleerd/gedempt materieel</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone/ beschermingsconstructie</li> </ul>

Nr	Funderings-methodiek	Funderingssysteem	Geluidsniveau (dagdosis)	Voordelen	Nadelen	Mogelijke beheersmaatregelen risico's (opnemen in V&G-plan ontwerp)
		vibro-combi-palen	Vanaf 99 dB (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor "slappe" bodemlagen</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• lange levensduur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch duurdere oplossing</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• hoge impulsgeluiden</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluidsmantel / -balg</li> <li>• slagdemping</li> <li>• toepassen Sound Reducing Tower</li> <li>• toepassen zwaarder blok dan nodig voor heikbaarheid</li> <li>• fluideren of voorboren</li> <li>• aggregaten op afstand</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
02	Getrilde technieken (trilblok, sonisch, resonantie)	damwanden (trilblok)	vanaf 91 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grond en water kerend</li> <li>• geschikt voor alle bodemlagen</li> <li>• economisch voordelig</li> <li>• mogelijkheid voor tijdelijke toepassing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• contactgeluid, vibreren en klapperen planken</li> <li>• bij trekken na tijdelijke toepassing risico op verontreinigd(e) grond(water)</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• kans op impulsgeluiden door piepen/knarsen</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren damwanden mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen zwaarder trilblok dan nodig voor heikbaarheid</li> <li>• toepassen hoog frequent trilblok met variabel moment</li> <li>• ponsen damwandslot</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone/beschermingsconstructie</li> <li>• toepassen samengestelde/gesegmenteerde planken - vastlassen sloten</li> <li>• toepassen stijvere damwand (hoger W en I)</li> <li>• toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>• aggregaten op afstand</li> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• bekleden stelgording met geluiddempend materiaal</li> </ul>
		stalen buispalen (trilblok)	vanaf 67 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor "slappe" bodemlagen</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• beperkte risico's verontreinigd(e) grond(water) (niet t.a.v. vluchtige stoffen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch duurdere oplossing</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen zwaarder trilblok dan nodig voor heikbaarheid</li> <li>• toepassen hoog frequent trilblok met variabel moment</li> <li>• toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>• aggregaten op afstand</li> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• bekleden stelgording met geluiddempend materiaal</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
		houten palen (trilblok)	vanaf 67 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch voordelig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relatief korte levensduur (m.n. bij wisselende grond(water)stand)</li> <li>• niet geschikt voor slappe bodemlagen</li> <li>• laag draagvermogen</li> <li>• risico op trillings-/deformatieschade</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen hoog frequent trilblok met variabel moment</li> <li>• toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• bekleden stelgording met geluiddempend materiaal</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone/beschermingsconstructie.</li> </ul>

Nr	Funderings-methodiek	Funderingssysteem	Geluidsniveau (dagdosis)	Voordelen	Nadelen	Mogelijke beheersmaatregelen risico's (opnemen in V&G-plan ontwerp)
		micropalen (sonisch)	vanaf 75 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relatief snel aan te brengen</li> <li>• in zéér harde bodemlagen</li> <li>• op diepte af te hangen</li> <li>• in beperkte ruimte aan te brengen</li> <li>• trillingen en zettingen beperkt</li> <li>• modulair systeem</li> <li>• bij sonisch inbrengen, beperkt groutspil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beperkt capaciteit paalmoment</li> <li>• ultrasoon geluid</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
		staalprofielen (sonisch)	vanaf 75 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• snel aan te brengen</li> <li>• in zéér harde bodemlagen</li> <li>• trillingen en zettingen beperkt</li> <li>• mogelijkheid voor tijdelijke toepassing</li> <li>• door beperkte afmeting risico's voor hijsen en positioneren profiel beperkt (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beperkte draagkracht elementen</li> <li>• afmetingen beperkt</li> <li>• ultrasoon geluid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• toepassen geluidsdempende geleideblokken</li> </ul>
		damwanden en buispalen met resonantietechniek	vanaf 90 dB vanaf 100 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• voorkomt hulpwerk</li> <li>• beperkt risico</li> <li>• trillings-deformatie</li> <li>• bijna geen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hoog geluidsniveau</li> <li>• productie vrij laag</li> <li>• snelheid vrij laag</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren damwanden/palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• afstand houden &gt; 5 meter</li> <li>• gehoorbescherming otoplastieken en eventueel oorkap</li> <li>• gehoorbescherming met antigeluid</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> <li>• toepassen samengestelde/gesegmenteerde planken - vastlassen sloten</li> </ul>
03	Geboorde / geschroefde paalsystemen (grondverdringend boren of grond-verwijderend)	grondverwijderend schroeven / boren	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grote diameters mogelijk</li> <li>• geen risico trillings-/deformatieschade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risico verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen</li> <li>• extra kosten afvoer vrijkomende grond</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren boor mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enkel geluid van funderingsmachine zelf, niet van aanbrengen funderingselement</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
		grondverdringend boren / schroeven	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grote diameters mogelijk</li> <li>• behoorlijk draagvermogen</li> <li>• beperkt risico trillings-/deformatieschade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risico verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen en kosten afvoer vrijkomende grond zijn beperkt edoch mogelijk</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren boor mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enkel geluid van funderingsmachine zelf, niet van aanbrengen funderingselement</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie.</li> </ul>
		boor-combi palen	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor "slappe" bodemlagen</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• lange levensduur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch duurdere oplossing</li> <li>• risico verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen en kosten afvoer vrijkomende grond zijn beperkt edoch mogelijk</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren boor/palen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bij gebruik hulpkraan "werken met meer funderingsmachines in elkaars valbereik"</li> <li>• vergroot gevarenbereik op de locatie</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijezone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>

Nr	Funderings-methodiek	Funderingssysteem	Geluidsniveau (dagdosis)	Voordelen	Nadelen	Mogelijke beheersmaatregelen risico's (opnemen in V&G-plan ontwerp)
		sonisch boren (micropalen)	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relatief snel aan te brengen</li> <li>• in zéér harde bodemlagen</li> <li>• op diepte af te koppelen</li> <li>• in beperkte ruimte aan te brengen</li> <li>• trillingen en zettingen beperkt</li> <li>• modulair systeem</li> <li>• bij sonisch inbrengen, beperkt groutspil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beperkt capaciteit paalmoment</li> <li>• ultrasoon geluid</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren boor mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
04	Gedrukte technieken (hydraulisch)	damwanden	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grond en water kerend</li> <li>• geschikt voor zandige grond</li> <li>• economisch voordelig</li> <li>• tijdelijke toepassing</li> <li>• beperkt risico trillings-/deformatieschade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bij trekken na tijdelijke toepassing risico op verontreinigd(e) grond(water)/ vluchtige stoffen</li> <li>• per plank aanbrengen</li> <li>• zware planken nodig om drukkracht op te kunnen vangen</li> <li>• contra ballast nodig bij start met een silent piler</li> <li>• kans op impulsgeluiden door piepen/knarsen</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren damwanden mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geluid door rek en trek in de planken tijdens het drukken</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> <li>• toepassen samengestelde/ gesegmenteerde planken - vastlassen sloten</li> </ul>
		stalen buispalen	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor "slappe" bodemlagen</li> <li>• hoog draagvermogen</li> <li>• beperkte risico's verontreinigd(e) grond(water) (niet t.a.v. vluchtige stoffen)</li> <li>• beperkt risico trillings-/deformatieschade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• economisch duurdere oplossing</li> <li>• relatief lange levertijd</li> <li>• contra ballast nodig</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren buis mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enkel geluid van funderingsmachine zelf, niet van aanbrengen funderingselement</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
05	Verankering (boren, slaan/ drukken/sonisch)	stalen buis (boren)	vanaf 90 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor klein benodigd draagvermogen</li> <li>• verankering van kades, muren en kuipen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risico verontreinigd(e) grond(water)/ vluchtige stoffen</li> <li>• vrijkomend spoelwater / grond</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren buis mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enkel geluid van funderingsmachine zelf, niet van aanbrengen funderingselement</li> <li>• toepassen geluidsscherm aggregaat</li> <li>• omkassen boormotor</li> <li>• hitte bij aflassen ankers</li> <li>• straling bij aflassen ankers</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie.</li> </ul>
		stalen streng (slaan/ drukken/ trekken)	vanaf 85 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschikt voor klein benodigd draagvermogen</li> <li>• verankering van kades, muren en kuipen</li> <li>• beperkt risico verontreinigd(e) grond(water) (niet t.a.v. vluchtige stoffen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tot beperkte diepte mogelijk</li> <li>• springen van het draadanker/spanblok</li> <li>• ruimte rondom bouwkuip benodigd (bij trekken)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enkel geluid van funderingsmachine zelf, niet van aanbrengen funderingselement</li> <li>• toepassen geluidsscherm aggregaat / op afstand</li> <li>• omkassen boormotor</li> <li>• hitte bij aflassen ankers</li> <li>• straling bij aflassen ankers</li> </ul>
		ankerstangen/ schotel-ankers/ strengen (sonisch) aanbrengen	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sonisch aangebrachte ankers geheel te verwijderen</li> <li>• economisch interessant (huur)</li> <li>• geen stempelraam in bouwkuip</li> <li>• in zéér harde bodemlagen</li> <li>• trillingen en zettingen beperkt</li> <li>• mogelijkheid voor tijdelijke toepassing</li> <li>• weinig tot geen groutspil</li> <li>• verankering van kades, muren en kuipen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• homogene zandlagen benodigd</li> <li>• ultrasoon geluid</li> <li>• bij lange lengtes extra risico's voor hijsen en positioneren stangen mogelijk (ook voor omgeving)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassen geluidsscherm</li> <li>• hitte bij aflassen ankers</li> <li>• straling bij aflassen ankers</li> <li>• (tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>

Nr	Funderings-methodiek	Funderingssysteem	Geluidsniveau (dagdosis)	Voordelen	Nadelen	Mogelijke beheersmaatregelen risico's (opnemen in V&G-plan ontwerp)
		ankers verwijderen (sonisch)	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>sonisch aangebrachte ankers geheel te verwijderen</li> <li>economisch interessant (huur)</li> <li>blijven geen stalen elementen achter in de grond</li> <li>geen explosieven benodigd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ruimte rondom bouwkuip benodigd</li> <li>ultrasoon geluid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>toepassen geluidsscherm</li> <li>(tijdelijke ver)grote verkeersvrijzone (tijdelijke BVZ)/beschermingsconstructie</li> </ul>
06	Grondverbeteringen (injecteren of jetgrouten)	gel/waterglas	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>geschikt voor zandige grond</li> <li>economisch voordelig</li> <li>creëren waterdichte laag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>injectieslangen</li> <li>vrijkomende spoil met eventueel verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>omkassen/geluidsarme pompen</li> <li>toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>aggregaten op afstand</li> </ul>
		grout	vanaf 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>geschikt voor zandige grond</li> <li>economisch voordelig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vrijkomende spoil met eventueel verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>enkel geluid van funderingsmachine zelf, niet van aanbrengen funderingselement</li> <li>toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>omkassen boormotor</li> </ul>
		trillend aanbrengen injectie slangentjes met behulp van een stalenbalk / damwandplank	vanaf 85 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>gaat sneller dan boren</li> <li>meerdere slangentjes tegelijk aan te brengen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>contactgeluid, vibreren</li> <li>bij trekken stalenbalk/damwandplank kan verontreinigd(e) grond(water) /vluchtige stoffen mee omhoog komen</li> <li>risico op trillings-/deformatieschade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>toepassen zwaarder trilblok dan nodig</li> <li>toepassen hoog frequent trilblok met variabel moment</li> <li>toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>aggregaten op afstand</li> </ul>
		sonisch aanbrengen van PE-slangen met injectielans	vanaf 75 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>gaat relatief snel</li> <li>nauwkeurige aanbrengmethode</li> <li>trillingen en zettingen beperkt</li> <li>geschikt voor harde ondergronden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 slang tegelijk</li> <li>stalen balk/damwandplank kan verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen mee omhoog komen</li> <li>ultrasoon geluid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>toepassen geluidsdempende geleideblokken</li> <li>toepassen geluidsscherm</li> </ul>
		borend aanbrengen injectie slangentjes	vanaf 85 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>beperkt risico op trillings-/deformatieschade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>per boring 1 slangentje</li> <li>gaat langzamer dan trillend aanbrengen</li> <li>bij het omhoog halen van de boorstang kan verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen mee omhoog komen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>enkel geluid van funderingsmachine zelf</li> <li>omkassen boormotor</li> <li>toepassen geluidsarm aggregaat</li> <li>aggregaten op afstand</li> </ul>
		(prefab)beton	< 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>op maat gemaakt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relatief bewerkelijk</li> <li>niet geschikt voor "slappe" bodemlagen</li> <li>beperkt draagvermogen</li> <li>risico afschuiven / extra ruimte benodigd voor glijvlak</li> <li>extra kosten afvoer vrijkomende grond</li> <li>risico verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>enkel geluid van materieel en hulpmiddelen, niet van aanbrengen funderingselement</li> </ul>
07	Gegraven technieken	bekisting	< 80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>op maat gemaakt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relatief bewerkelijk</li> <li>niet geschikt voor "slappe" bodemlagen</li> <li>beperkt draagvermogen</li> <li>risico afschuiven / extra ruimte benodigd voor glijvlak</li> <li>extra kosten afvoer vrijkomende grond</li> <li>risico verontreinigd(e) grond(water)/vluchtige stoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>enkel geluid van materieel en hulpmiddelen, niet van aanbrengen funderingselement</li> </ul>

## Bouwbesluit 2012

### Art. 8.3 Geluidhinder (Nieuwbouw)

- Lid 1 Bedrijfsmatige bouw- of sloopwerkzaamheden worden op werkdagen en op zaterdag tussen 7.00 uur en 19.00 uur uitgevoerd.
- Lid 2 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 blootstellingsduur niet overschreden.

Tabel 8.3

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

- Lid 3 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 gebruik gemaakt van de best beschikbare stille technieken.
- Lid 4 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 die beleidsregels en het bevoegd gezag ten minste twee werkdagen voor de feitelijke aanvang van die werkzaamheden in kennis is gesteld van de aanvang van de werkzaamheden.

### Artikel 8.4 Trillingshinder (Nieuwbouw)

- Lid 1. Trillingen veroorzaakt door het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden bedragen in geluidsgevoelige ruimten als bedoeld in artikel 1 van de Wet geluidhinder en in verblijfsruimten als bedoeld in artikel 1.1, onderdeel e, van het Besluit geluidhinder niet meer dan de trillingsterkte, genoemd in tabel 4 van de Meet- en beoordelingsrichtlijn deel B «Hinder voor personen in gebouwen» 2006.
- Lid 2. Het bevoegd gezag kan ontheffing verlenen van de trillingsterkte, bedoeld in het eerste lid.

## **Arboconvenant Funderingsbranche - eindevaluatie**

Rapport EIB, drs. G. Blomsma.  
EIB, Den Haag, 2006.

Basisinspectiemodule Blootstelling aan geluid,  
ISZW, Den Haag 2017

## **BedrijfstakAtlas**

overzicht van gegevens volgend uit het Periodiek Arbeids Gezondheidskundig Onderzoek.  
Volandis, Harderwijk, 2015.

## **Circulaire bouwlawaai 2010**

Ministerie van infrastructuur en milieu, Den Haag, 2010.

## **Artikel 8.3 en 8.4 Bouwbesluit, 2012**

Bouwbesluit, 2012

Geluid op de arbeidsplaatsen binnen de funderingsbranche  
DGMR, 2001

## **Geluid in Cabines**

geluidniveaus in cabines.  
Arbouw, Harderwijk, 2005.

## **Geluidsonderzoek Dieselheihamer**

verslag van een onderzoek naar dieselheihamers dat in samenwerking met een Nederlandse fabrikant en TNO TPD is gedaan.  
Arbouw, Harderwijk, 2002.

## **Humanschwingungen beim Arbeiten mit Maschinen des Spezialtiefbaus**

door Dipl. Ing. Wolfgang Kummer  
Artikel in Tiefbau september 2008,

## **Lichaamstrillingen en –schokken in de funderingsbranche**

Rapport vibrations@work, Zaltbommel, 2011.

## **Onderzoek naar het geluid op de arbeidsplaatsen binnen de funderingsbranche - eindrapportage**

Rapport W.00.1213.C DGMR.  
Den Haag, 2001.

## **Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai**

## **Technische mogelijkheden ter reductie van het lawaai op de arbeidsplaats: funderingswerkers**

overzicht van maatregelen om geluidniveaus te reduceren bij funderingswerkzaamheden.  
Arbouw, Harderwijk, 2003.



## Relevante informatie

### **A-blad Cabines van mobiele machines in de bouwnijverheid - Funderingsmachines**

Het A-blad bevat aanbevelingen om de lichamelijke belasting van de machinisten van funderingsmachines te verminderen en de blootstelling aan trillingen en lawaai zoveel mogelijk te beperken. <https://www.volandis.nl/a-bladen-in-revisie-uitgave-arbouw/>  
Arbouw, Harderwijk, 2007

### **Arbocatalogus funderingen:**

<http://www.arbocatalogus-funderingen.nl> → kies een risico → lawaai / trillingen

### **Arbocatalogus bouw en infra:**

<http://www.arbocatalogus-bouweninfra.nl>

### **Handboek Arbeidsmiddelen voor de bouwnijverheid**

bevat keuringslijsten van de meest gebruikte arbeidsmiddelen, waarmee een passend keuringssysteem kan worden gevoerd. Het handboek is digitaal te verkrijgen:

<https://www.volandis.nl/werk-veilig/instrumenten/handboek-arbeidsmiddelen/>.

Volandis, Harderwijk, 2016.

### **Vakboekje Veilig Funderen**

NVAF, derde druk, 2018

### **V&G-planner (software)**

voor het opstellen van een veiligheids- en gezondheidsplan in de ontwerp- en uitvoeringsfase.

Volandis, Harderwijk, 2017.

# Adressen



Postbus 85, 3840 AB Harderwijk  
T 0341 - 499 299  
[info@vollandis.nl](mailto:info@vollandis.nl)  
[www.vollandis.nl](http://www.vollandis.nl)



Postbus 2525, 3500 GM Utrecht  
T 030 751 15 00 / CNV Info 030 751 10 01  
[info@cnvvakmensen.nl](mailto:info@cnvvakmensen.nl)  
[www.cnvvakmensen.nl](http://www.cnvvakmensen.nl)



Postbus 9208, 3506 GE Utrecht  
T 088 368 03 68  
[info@fnv.nl](mailto:info@fnv.nl)  
[www.fnv.nl](http://www.fnv.nl)



Postbus 2060, 3430 CH Nieuwegein  
T 030 - 600 60 70  
[info@hzc.nl](mailto:info@hzc.nl)  
[www.hzc.nl](http://www.hzc.nl)



Postbus 1218, 3840 BE Harderwijk  
T 0341 - 45 61 91  
[secretariaat@nvaf.nl](mailto:secretariaat@nvaf.nl)  
[www.nvaf.nl](http://www.nvaf.nl)

Wij zijn kennis- en adviescentrum Vollandis. We bouwen aan een gezonde en bloeiende bouw- en infrasector. Waarin mensen veilig werken. Plezier houden in hun werk. En op tijd vooruit kijken. Dat is goed voor iedereen: werknemer, werkgever én opdrachtgever. Want gezonde en gemotiveerde mensen halen de beste resultaten. We dagen je uit hier zélf actief mee aan de slag te gaan. Weet hoe je bezig bent. En waar je naartoe werkt. Merk het zelf: bewust werken wérkt.

Vollandis is een organisatie van:



**Vollandis**  
Ceintuurbaan 2-100a  
3847 LG Harderwijk  
Postbus 85  
3840 AB Harderwijk

0341 - 499 299  
[info@vollandis.nl](mailto:info@vollandis.nl)

**vollandis.nl**