

Koppensnellen leidt tot een onaanvaardbare trillingsbelasting

H. Hessels, W. Verhoeven, studenten LU Wageningen
D. van Drimmelen, Y. Musson, medewerkers Vakgroep Veiligheidskunde TU Delft
L. Burdorf, idem Instituut Bedrijfsgezondheidszorg EU Rotterdam

Summary

Impact power tools are still widely used by many professions. Users of these tools are exposed to both vibrations and shocks. Reported health effects due to hand-arm vibration are Vibration induced White Finger and skeletal injuries. A case study was made on an activity in the construction sector: removing the concrete from the heads of piles in order to allow them to be connected to the rest of the foundations. An evaluation was made of the severity of the total workload and the factors determining the vibration exposure. Comparison of different production principles (impact breaking, crushing with hydraulic power and the use of chemicals) and different methods of execution was made. This method of solution-directed workplace analysis showed that improvement in unacceptable workloads is possible.

Tijdens het werken met trillend en stotend handgereedschap worden trillingen en schokken via handen en armen aan het hele lichaam doorgegeven. Een specifiek gezondheidseffect van deze handarmtrillingen is het optreden van het witte vingersyndroom (Vibration induced White Finger), ook wel dode vingers genoemd. Kenmerken voor dit syndroom zijn: een dood gevoel in vingers en bleekheid van de vingers. Tevens kan het werken met trillend handgereedschap leiden tot pijn en stijfheid in de spieren en een verminderde spierkracht in vingers, handen en armen. Ook kunnen degeneratieve bot- en gewrichts-afwijkingen ontstaan [Burdorf e.a. 1986, Carlsöö 1982].

Het doel van de uitgevoerde praktijkstudie is geweest: het opsporen van de factoren die van invloed zijn op handarmtrillingen en het aandragen van praktijkoplossingen, waarbij de trillingsbelasting lager is.

Een sector waar veelvuldig gebruik gemaakt wordt van stotend handgereedschap is de bouwnijverheid. Daarom is binnen de bouwsector onderzoek verricht. Probleem is dat de stoten veelal functioneel zijn en niet een ongewenst bijproduct vormen. De drie categorieën van uitgevoerde functies zijn in het algemeen, vervormen zoals bij heien en spijkeren, breken en verdichten, bijvoorbeeld door stampers [Drimmelen 1985]. De onderzochte productiefunctie is: het blootleggen van de wapening in de kop van een funderingspaal, het zogenaamde koppensnellen. Deze functie moet worden uitgevoerd om de funderingspalen met de rest van de fundering te kunnen verbinden.

Het koppensnellen

Voor het uitvoeren van de functie koppensnellen worden op dit moment twee verschillende werkwijzen toegepast. Traditionele worden de koppen van heipalen en ter plaatse gegoten funderingspalen met behulp van een pneumatische sloophamer (handwerktuig) 'gesneld'. Een nieuwere werkwijze is het koppensnellen met een palenkraker. De palenkraker bestaat uit een kraakjuk dat met behulp van een hydraulische kraan om de kop van een funderingspaal wordt geschoven. In dit juk bevinden zich beitels, die hydraulisch in de kop van de paal worden gedrukt. Zodra er een betonlaag (± 10 cm) is 'gekraakt' laat men het juk verder over de paal zakken om dezelfde bewerking opnieuw uit te voeren. Deze bewerking wordt herhaald totdat de funderingspaal tot op de gewenste hoogte is gekraakt. Vervolgens worden de losgekomen betonplakken met behulp van de kraan van het wapeningsijzer 'afgestroopt'. Het breken van het beton met een sloophamer gebeurt door de uitoefening van een impulsvormige kracht op het materiaal, waardoor breuk ontstaat. Het kraken van funderingspalen gebeurt met een statische krachttuioefening waarbij geen trillingen ontstaan.

Op dit moment wordt er een nieuwe methode ontwikkeld om de wapening van een funderingspaal bloot te leggen. De paalkop wordt bij deze ►

nieuwe werkwijze chemisch opgelost. Een roestvrijstalen plaat waarin een uitsparing is aangebracht, wordt om de paal geschoven en op de gewenste hoogte vastgeklemd. Vervolgens wordt met een soort poederblusser een kleverige substantie op de paal gespoten waarna het grind en cement zich van de wapening lost en op de stalen plaat terecht komt. Deze werkwijze zal naar verwachting binnen één jaar operationeel zijn.

Van werkplekanalyse tot oplossingen

Om de factoren op te sporen die van invloed zijn op de trillingsbelasting zijn op een vijftal bouwplaatsen vragenlijsten afgenomen en trillingsmetingen verricht. De vragenlijst heeft betrekking op gegevens over het apparaat, onderhoud, het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, te bewerken materiaal en de blootstellingsduur aan de handarmtrillingen. Tevens zijn op de bezochte werkplekken twee andere vragenlijsten afgenomen. De één heeft betrekking op de overige risikofactoren waaraan de werknemers worden blootgesteld, uit de andere vragenlijst moet blijken waarom de bedrijfsleiding gekozen heeft voor een bepaalde werkwijze.

De trillingsmetingen zijn verricht tijdens de meest voorkomende werkzaamheden waarbij een hoge trillingsbelasting wordt verwacht. Het doel van het meetprogramma is geweest zoveel mogelijk factoren indicatief te meten. De trillingen die de sloophamer produceert worden met een opnemer B&K 4392 die aan een handadapter bevestigd is, geregistreerd. Via een kabel worden de trillingen van deze handadapter doorgegeven aan de trillingsmeter B&K 2513. Van het inkomende signaal is het Leq-60 seconde-niveau geregistreerd. Dit is het gemiddelde niveau van de gewogen effectieve versnelling, geïntegreerd over een tijdsperiode van één minuut. Het Peak-1 seconde-niveau (de piekwaarde van de effectieve versnelling over een tijdsperiode van één seconde) voor slaggereedschap is met de gebruikte meetapparatuur niet goed te bepalen.

De sloophamer

Aan de hand van de meetresultaten en de vragenlijst is bepaald welke factoren bijdragen aan de blootstelling aan handarmtrillingen tijdens het werken met een pneumatische sloophamer. Per faktor wordt hieronder beschreven welke invloed deze heeft op de trillingsbelasting. Tijdens het koppensnellen houdt een rechtshandige werknemer het sloophamerhandvat met de rechterhand vast en drukt hiermee de hamer tegen de paal. De linkerhand omklemmt de cilinder of de beitelkaphouder, waarbij deze hand voor de positionering en ondersteuning van het apparaat zorgt. Trillingsmetingen bij bedrijf I wijzen uit dat de trillingsbelasting voor beide handen ongeveer even groot is, ondanks hun verschillende taak en positie op de hamer. Het Leq-60 seconde-niveau bedraagt voor de linkerhand 15 m/s² en voor de rechterhand 16 m/s².

Sloophameronderdelen zoals de zuiger en cilinder verslijten bij veelvuldig

nen grote overeenkomsten wat betreft uiterlijk, gewicht (circa 13 kg) en de slagfrequentie van de beitel (ongeveer 800 slagen/min.). In bedrijf II waar met beide merken wordt gewerkt, zijn onder identieke omstandigheden trillingsmetingen verricht bij zowel een Flottmann als een Spitze sloophamer. Ondanks dat de Spitze hamer ongeveer één jaar oud is blijkt de trillingsintensiteit van deze hamer aanmerkelijk hoger te zijn dan de in nieuwstaat verkerende Flottmann hamer.

De luchtdruk waarmee de sloophamers worden aangedreven is te varië-

Tabel 1. Overzicht meetresultaten

| Bedrijf | hamersoort merk ouderdom | werkdruk (bar) | ervaring | buffering | trillings- intens. ± s.d. (m/s ₂) |
|---------|---------------------------------|-------------------|----------|-----------|---|
| I | Fl. 1 jaar | 7 | 25 jaar | + | 11 ± 1,7 |
| | Fl. 1 jaar | 7 | 25 jaar | - | 18,7 ± 3,1 |
| | Fl. 1 maand | 7 | 25 jaar | + | 16 ± 2 |
| | Idem, met loszittende beitelkap | | | | 17 ± 1 |
| II | Sp. 1 jaar | 7 | 1 jaar | + | 20,7 ± 0,6 |
| | Fl. Nieuw | 7 | 1 jaar | + | 12 ± 2 |
| III | Fl. < 1 jaar | 5 | 3 jaar | - | 15,8 ± 1,7 |
| | Fl. < 1 jaar | 7 | 3 jaar | - | 32,3 ± 6,5 |
| IV | Sp. 3 weken | 7 | 4 mnd. | - | 22,3 ± 3,5 |
| | Sp. 3 weken | 7 | 2½ jaar | - | 17,3 ± 1,2 |
| V | Fl. 1 jaar | 8 | 11 jaar | + | 24 ± 2 |
| | Idem, met botte beitelpunt | | | | 24 ± 3,5 |

N.B. Fl. = Flottmann
Sp. = Spitze

* Gebaseerd op drie metingen van één minuut, in de meest intensieve richting.

Tabel 2. Grenswaarden voor blootstelling aan handarmtrillingen volgens de A.C.G.I.H. (1984)

| Dagelijkse blootstellingsduur | Gewogen effectieve versnelling, geïntegreerd over één minuut (Leq-60 seconde-niveau) |
|-------------------------------|--|
| 4-8 uur per dag | 4 m/s ₂ |
| 2-4 uur per dag | 6 m/s ₂ |
| 1-2 uur per dag | 8 m/s ₂ |
| < 1 uur per dag | 12 m/s ₂ |

gebruik. Deze slijtage heeft tot gevolg dat de door de kompressor aangevoerde lucht tussen de zuiger- en cilinderwand door kan ontsnappen, zodat de slagkracht van de hamer vermindert. Bij een nieuwe sloophamer zijn dan ook meer trillingen in het handvat waarneembaar dan bij een oude hamer (bedrijf I).

De tijdens het onderzoek voorkomende sloophamermerken zijn Flottmann en Spitze. Beide sloophamers worden pneumatisch aangedreven en verto-

ren met een regelknop op de kompressor. Naarmate men de druk lager instelt zal de slagkracht van de sloophamer afnemen. Een gevolg van deze drukverlaging is dat de trillingsbelasting voor de werknemer wordt vermindert. Het verlagen van de werkdruk van 7 naar 5 bar heeft bij bedrijf III een halvering van de trillingsintensiteit tot gevolg. Een nadeel van het verlagen van de werkdruk is dat de produktiekapaciteit van de sloophamer afneemt. ►

De kunststof bufferring tussen beitel en beitelkaphouder zorgt ervoor dat de beitel niet rechtstreeks op de beitelkaphouder terugslaat, zodat het metaal van de sloophamer niet onnodig zwaar wordt belast. Een in de praktijk ervaren nadeel van deze bufferring is dat een in het beton vastzittende beitel moeilijker is los te krijgen dan wanneer de bufferring verwijderd is. Bij een tweetal bedrijven (bedrijf III en IV) wordt deze ring dan ook uit de beitelkaphouder verwijderd. Metingen verricht bij bedrijf I tonen aan dat de aanwezigheid van zo'n bufferring naast een slijtage verminderende werking ook een vermindering van blootstelling aan handarmtrillingen oplevert.

De beitelkap-borging moet ervoor zorgen dat de beitelkaphouder (voorzien van inwendige schroefdraad) niet van de sloophamer lostrilt. De borging wordt bij een aantal van de bezochte bedrijven niet vervangen als deze versleten is. Het losschroeven van de beitelkaphouder, bijvoorbeeld om de beitel te vervangen, wordt door de beitelkap borging namelijk bemoeilijkt. Zonder deze ring trilt de beitelkaphouder tijdens het koppensnellen los. Wanneer de zo ontstane speling te groot wordt, draait de werknemer deze kap tijdens het snellen met de linkerhand vast. In bedrijf I is onderzocht in hoeverre een losgetrilde beitelkaphouder van invloed is op de trillingsbelasting van de werknemer. Het trillingsniveau blijkt nagenoeg niet te veranderen als men de kap losdraait.

Gedurende een werkdag wordt een botte beitel vervangen door een scherpe, om een bepaald produktieniveau te kunnen handhaven en het werk te vergemakkelijken. Metingen verricht bij bedrijf V tonen aan dat de toestand waarin de beitel verkeert niet van invloed is op de trillingsbelasting die een werknemer via zijn handen ontvangt.

De koppensnellers waarbij de trillingsmetingen zijn verricht hebben geen cursus of opleiding gevolgd om de sloophamer op een juiste en verantwoorde manier te leren bedienen. Veelal leert men het koppensnellen door enige tijd samen te werken met een meer geroutineerde koppensnel-ler. Na ongeveer één jaar kan men op een verantwoorde manier zelfstandig werken. Of de inmiddels opgedane werkervaring een mogelijke invloed heeft op de trillingsbelasting, is onderzocht in bedrijf IV. Er blijkt een waarneembaar verschil in trillingsbelasting te bestaan tussen iemand die ruim twee en een half jaar als koppensnel-ler werkzaam is en iemand die dit werk pas vier maanden verricht.

Een onervaren koppensnel-ler staat ook meer bloot aan onregelmatige trillingsbelasting. Om deze meetresultaten zo min mogelijk door verstoringen de factoren te laten beïnvloeden, hebben de koppensnellers tijdens de trillingsmetingen dezelfde sloophamer gebruikt.

Men maakt op alle bezochte werkplekken gebruik van werkhandschoenen om tijdens het werk de handen enigszins te beschermen tegen stof, betonbrokken en kou. Speciale trillingsdempende handschoenen worden op deze werkplekken niet gebruikt, zodat hiernaar geen metingen verricht konden worden.

Op de bezochte werkplekken wordt eerst een krans op afhakhoogte om de paal geklemd voordat met het snelwerk wordt begonnen. Deze krans moet het inscheuren van de funderingspaal onder de afhakhoogte voorkomen. Vervolgens wordt de paal gesneld waarna de brokstukken met de hand worden verwijderd. De cyclustijd van zo'n bewerking is afhankelijk van de afmeting en de soort funderingspaal en varieert van drie tot vijftien minuten. Tachtig procent van deze tijd werkt men met de sloophamer, de rest van de tijd wordt besteed aan andere hierboven vermelde werkzaamheden. De opgegeven dagelijkse blootstellingsduur aan handarmtrillingen bedraagt voor de ondervraagde koppensnellers ongeveer zes uur.

De American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I.H.) heeft op basis van de ISO-norm 5349 voor handarmtrillingen [ISO 1986] grenswaarden opgesteld voor de dagelijkse blootstelling aan handarmtrillingen [ACGIH 1984]. Deze grenswaarden geven voor een bepaalde tijdsperiode een maximale trillingswaarde aan, die tijdens een meting in de meest intensieve trillingsrichting niet mag worden overschreden (tabel 2). Wanneer men zes uur aan handarmtrillingen is blootgesteld zou het gemeten $Leq-60$ seconde-niveau volgens het A.C.G.I.H. niet groter mogen zijn dan 4 m/s^2 (tabel 2). Uit tabel 1 blijkt dat deze waarde ruimschoots wordt overschreden tijdens het koppensnellen met een pneumatische sloophamer. De risikopopulatie in Nederland die aan deze vorm van handarmtrillingen is blootgesteld, wordt door de bedrijven zelf geschat op ongeveer honderd personen. Naast de handarmtrillingen worden de koppensnellers bij de traditionele werkwijze tevens blootgesteld aan lawaai en stof. Tesamen met een slechte werkhouding en het tillen van zware lasten maakt dit het koppensnellen tot lichamelijke zware arbeid.

De palenkraker

Er zijn op dit moment drie bedrijven in Nederland die gebruik maken van een palenkraker om de wapening van een funderingspaal bloot te leggen. Deze bedrijven maken niet uitsluitend gebruik van palenkrakers omdat op sommige werkplekken efficiënter met een pneumatische sloophamer kan worden gewerkt. De voordelen van het werken met een palenkraker in vergelijking met een sloophamer zijn volgens de bezochte bedrijven:

- de palenkraker heeft een grotere produktie-kapaciteit,
- de kraanmachinist van een palenkraker wordt fysiek minder belast,
- het werken met een palenkraker heeft geen schadelijke invloed op de gezondheid van de werknemer,
- een bedrijf met een palenkraker heeft meer kans om grotere orders te kunnen aannemen omdat men de hoofdaannemer kan garanderen het werk in een kort tijdsbestek te voltooien,
- de hoofdaannemer kan een extra dienst worden bewezen door het betonpuin zelf op te ruimen. Men heeft namelijk voor het transport van de palenkraker een vrachtwagen nodig die tevens een aanhanger met een container erop kan vervoeren. Zo wordt het mogelijk om op het eind van de dag met behulp van de kraan van de palenkraker (waaraan een speciale grijper bevestigd wordt) het puin zelf op te ruimen en het vervolgens in een container af te voeren.

In vergelijking met het werken met een sloophamer wordt de kraanmachinist van een palenkraker niet blootgesteld aan handarmtrillingen en andere gezondheidsbedreigende factoren.

Konklusies

Het koppensnellen van funderingspaalen kan op dit moment zowel met een pneumatische sloophamer als met een palenkraker worden gedaan. Ernstige gezondheidsschade kan worden verwacht na langdurig koppensnellen met een sloophamer. Naast de blootstelling aan handarmtrillingen, die de daarvoor opgestelde grenswaarden ruimschoots overschrijden (tabel 1 en 2), is er sprake van een ongunstige werkhouding en lawaai- en stofoverlast. De nadelen van het traditionele koppensnellen worden grotendeels weggenomen wanneer er met een palenkraker wordt gewerkt, terwijl geen andere gezondheidsrisiko's worden geïntroduceerd. De kraanmachinist van een palenkraker wordt niet blootgesteld aan handarmtrillingen. Het gebruik van een palenkraker wordt echter bemoeilijkt doordat:

- de palenkraker in vergelijking met ►

een sloophamer hoge investerings- en transportkosten heeft,

– een palenkraker het meest efficiënt werkt op grote bouwplaatsen waar veel paalkoppen gesneld moeten worden. Naar verwachting zal in de toekomst niet meer zoveel gebouwd worden dan tien à vijftien jaar geleden en tevens zullen de bouwputten steeds minder groot zijn.

Hierdoor zullen veel bedrijven niet meer geneigd zijn over te gaan tot de aanschaf van een palenkraker. In de toekomst zal bij ongewijzigd beleid daarom nog veelvuldig met een pneumatische sloophamer worden gewerkt. Tijdens het werken met een sloophamer kunnen gezondheidsschadelijke effecten enigszins beperkt worden door rekening te houden met de factoren die van invloed zijn op de trillingsbelasting van de werknemer. Mogelijkheden ter beperking van gezondheidsschade door handarmtrillingen zijn:

- verlagen van de werkdruk,
- gebruik maken van de bufferring,
- gebruik maken van een trillingsarme sloophamer,
- verkorten van de blootstellingsduur.

Het toepassen van deze maatregelen zal in de praktijk niet leiden tot de verlaging van de trillingsbelasting tot een aanvaardbaar niveau. Daarom zal gezocht moeten worden naar het verbeteren van de inzetbaarheid van de palenkraker en naar andere werkwijzen. Het chemisch koppensnellen zou in de toekomst zo'n werkwijze kunnen zijn waarbij geen handarmtrillingen optreden en de werknemer fysiek minder belast wordt.

Korrespondentieadres

Vakgroep Veiligheidskunde TU Delft
t.a.v. ir D. van Drimmelen
Kanaalweg 2b, 2628 EB Delft

Literatuur

- ACGIH [1984]; 'Hand-arm (segmental) vibration' American Conference of Governmental Industrial Hygienists Ohio, Cincinnati.
- Burdorf L., Y. Musson en D. van Drimmelen [1986]; 'Trillingsbelasting en Gezondheid in industriële populaties Deel 1: Handarmtrillingen'. Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg 64, p.512-519.
- Carlsöö S. [1982]; 'The effect of vibration on the skeleton, joints and muscles. A review of the literature'. Applied Ergonomics 13, p. 251-258.
- Drimmelen D. van, H. Boshuizen, Y. Musson en P. Oortman Gerlings [1985]; 'Werken met hamers'. Vakgroep Veiligheidskunde, TU Delft, pp. 41.
- ISO [1986]; 'Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-arm vibration'. International Organization for Standardization, Geneva (ISO-5349).