

Blootstelling aan tonerstof bij kopieer-, en printerapparatuur.

Vanessa Zaat^{1,2}, Kees Meliefste², Frits van Rooy^{1,2,3}, Jos Rooyackers⁴, Remko Houba^{1,3}

Samenvatting

Kopieer-, en printerapparatuur werken met toner. Onlangs zijn er in de Nederlandse als Duitse media verontrustende berichten verschenen van blootstelling aan tonerstof en vermeende gezondheidseffecten. Op dit moment zijn er echter nauwelijks blootstellingsgegevens beschikbaar van kopieer-, en printerapparatuur. Daarnaast is het nog onbekend bij welke niveaus van blootstelling er gezondheidseffecten kunnen optreden.

Het Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Longaandoeningen (NKAL) heeft in samenwerking met Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht een onderzoek uitgevoerd naar de blootstelling aan ultrafijn (PM_{0.1}) en fijn stof (PM_{2.5} en PM₁₀) bij kopieer- en printerapparatuur.

Op drie locaties is de fijn stofconcentratie in omgevingslucht bemonsterd. Op deze drie locaties was sprake van een 'worst case' (1), 'typical' (2) en optimale situatie (3).

De fracties PM_{2.5} en PM₁₀ zijn per locatie, en op een drietal plekken (kopieerruimte, gang en kantoorwerkplek) bemonsterd. Op 2 locaties zijn metingen naar ultrafijn stof (PM_{0.1}) verricht.

Het onderzoek laat zien dat de blootstelling aan fijn stof rondom kopieer-, en printerapparatuur meetbaar is. Geen van de metingen overschrijdt de Europese norm voor fijn stof in de buitenlucht. Wel lijken ventilatievoorzieningen een belangrijke factor te zijn in de hoogte van de fijn stofblootstelling. Op het moment dat de ventilatievoorzieningen in de kopieerruimte niet optimaal zijn, lijkt met name de concentratie PM₁₀ te worden verhoogd. De blootstelling aan ultrafijn stof lijkt niet gerelateerd te zijn aan kopieer-, en printeractiviteiten. Adequate ventilatievoorzieningen lijken de blootstelling aan fijn stof in positieve zin te beïnvloeden. Gezien de bestaande onzekerheden over potentiële effecten van tonerstof is het zaak de ventilatievoorzieningen rondom kopieer-, en printerapparatuur op orde te hebben.

Inleiding

Kopieer- en printerapparatuur nemen tegenwoordig bij organisaties en bedrijven een belangrijke plaats in. Bij het gebruik, onderhoud en schoonmaken van deze apparatuur kan er tonerstof, ozon, oplosmiddelen en andere chemische stoffen vrijkomen. In Duitsland is er al een felle discussie los-

Summary

Photocopiers and printers use toner. Recently, the potential effects of exposure to toner dust on health have been extensively discussed in the Dutch and German media. Until now, however, there have been no studies evaluating the exposure to toner dust for users of photocopiers and printers. It is also unclear at which exposure levels health effects of toner dust could be relevant.

The Netherlands Expertise Centre for Occupational Respiratory Disorders (NECORD), in cooperation with Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), University Utrecht has performed a study on the exposure to ultra fine (PM_{0.1}) and fine (PM_{2.5} and PM₁₀) particulate matter generated by photocopiers and printers.

Ambient exposure to fine particles was monitored at three locations: 'worst case' (1), 'typical' (2) and 'optimal' situation (3). The fractions PM_{2.5} and PM₁₀ were measured at 3 different places at each location: Copier room, corridor and the office workplace. At two locations, measurements for ultra fine particles (PM_{0.1}) were performed as well.

The results of this study show detectable levels of fine particles nearby photocopiers and printers. No samples exceeded the EU exposure limit of outdoor concentrations. Ventilation facilities play an important role in the concentration of fine dust. When the ventilation facilities in the copy- and printing room were not optimal, the PM₁₀ concentration increased. The exposure to ultra fine particles does not seem to be related to copy-, and printing activities. Adequate ventilation facilities seem to positively affect the exposure to fine dust. The uncertainty about potential health effects of toner dust supports the recommendation to optimize ventilation facilities nearby photocopiers and printers.

gebarsten over blootstelling aan tonerstof en de vermeende gezondheidseffecten hiervan, waarbij het vooral zou gaan om allergische klachten aan luchtwegen en huid. Over de exacte diagnose is echter niets bekend, noch over de oorzakelijke factor van de ziektegevallen. In de Duitse media heeft dit klachtenpatroon veel aandacht gekregen onder de naam 'Tonerkrankheit'. Kopieer-, en printerapparaten zouden te

¹Correspondentieadres: Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Longaandoeningen (NKAL), Postbus 8605, 3503 RP Utrecht; e-mail: v.zaaf@nkcal.nl

²Institute Risk Assessment and Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht

³Arbo Unie, Expertise Centrum Toxische Stoffen

veel fijne deeltjes uitstoten, waaronder zware metalen als kwik en nikkel welke zich in de toner bevinden. Ook de Nederlandse media besteedde onlangs aandacht aan 'Tonerkrankheit'. Door het televisieprogramma Radar en andere media zijn er verontrustende berichten gemeld dat blootstelling aan tonerstof verantwoordelijk zou zijn voor gezondheidsrisico's. Zo besteedde het Algemeen Dagblad en Dagblad de Gelderlander aandacht aan 'Tonerkrankheit'. Bij het CNV kwamen circa 300 meldingen binnen.

Tonerstof

Tonerstof is een mengsel van zeer fijne stofdeeltjes (fijn stof) zoals 'carbon black' en kleurpigmenten die voor de juiste kleur zorgen en harspartikels om de toner op het papier te smelten en te fixeren. De samenstelling van de tonerstof varieert per fabrikant, per type apparaat en per toner. De informatiebladen van fabrikanten vermelden dat er over het algemeen geen chronische gezondheidseffecten te verwachten zijn bij blootstelling aan tonerstof.

Toch moet hier een zekere slag om de arm worden gehouden. Resultaten van dierstudies laten een aantal aantoonbare ziektebeelden zien. Zo leidde blootstelling aan toner tot een depositie van toner in de longen, geringe fibrose en reversibele ontsteking van de alveoli [Canham, 1996]. Ook in de medische literatuur zijn een paar case-studies beschreven die ernstige longaandoeningen melden na beroepsmatige blootstelling aan tonerstof.

Het gaat hierbij om personen die ten gevolge van blootstelling aan tonerstof astma [Wittczak, 2003], siderosilicose [Gallardo, 1994] of een granulomateuze pneumonitis [Armbruster, 1996] hebben ontwikkeld. De werknemers waren werkzaam als secretaresse, medewerkster in een kopieerwinkel of als dataverzamelaar bij een nieuwsblad. Het aantal beschikbare case-studies is echter zeer beperkt en deels vrij oud. Op grond van deze case-studies kan dus niet met zekerheid worden geconcludeerd dat blootstelling aan tonerstof geheel onschadelijk is. Deze onderzoeken zijn echter vooral illustratief voor de potentiële risico's van blootstelling aan tonerstof (de zogenaamde hazard) en geeft weinig informatie over de daadwerkelijke gezondheidsrisico's die werknemers lopen (de risk) bij lage blootstelling aan tonerstof. Tonerstof is bij geen van de case-studies gemeten en het is dus onbekend welke concentraties tonerstof hebben geleid tot deze effecten, en in hoeverre tonerstof daadwerkelijk de enige causale factor is geweest. Wel zijn er drie case-reports beschreven die allergische effecten laten zien van enkele specifieke bestanddelen van toner [Thai, 2006].

Richtlijnen

De bestaande richtlijnen voor het gebruik van kopieer-, en printerapparatuur in Nederland beschrijft dat hoog volume apparaten in aparte goed geventileerde ruimtes dienen te worden geplaatst [Broerstra 2002]. De validiteit van deze richtlijn is echter nooit goed gedocumenteerd en veel professionals blijken te worstelen met deze richtlijnen. Er is weinig informatie over de blootstellingsniveaus van tonerstof in kantooromstandigheden beschikbaar. In kantoorpopulaties worden regelmatig specifieke gezondheidsklachten geuit, maar omdat

emissies afkomstig van kopieer- en printerapparatuur lastig te meten zijn, is het moeilijk aan te tonen of deze specifieke gezondheidsklachten inderdaad gerelateerd zijn aan deze apparatuur en of maatregelen (bijvoorbeeld aangebrachte ventilatie) daadwerkelijk het gewenste effect hebben gehad.

Vraagstellingen

In een poging om deze leemte in kennis op te vullen heeft het Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Longaandoeningen (NKAL) in samenwerking met Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht een onderzoek uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de mate van de blootstelling aan ultrafijn ($PM_{0.1}$) en fijn stof ($PM_{2.5}$ en PM_{10}) bij kopieer- en printerapparatuur. Het NKAL en het IRAS willen hiermee een bijdrage leveren aan de discussie of er wel daadwerkelijk blootstelling aan stof bij kopieer-, en printerapparatuur plaatsvindt en zo ja aan welke blootstellingsniveau's. De vraagstellingen van dit onderzoek zijn als volgt geformuleerd:

1. Wat is de stofconcentratie in de omgevingslucht rondom kopieerapparatuur?
2. Kunnen de gevonden concentraties worden afgezet tegen normen?
3. In hoeverre is de inrichting van de ruimten waarin de kopieerapparatuur zich bevindt van invloed op de stofconcentratie (bijvoorbeeld ventilatievoorzieningen)?

Fijn stof

Om deze vraagstellingen te kunnen beantwoorden is de aandacht gevestigd op de blootstelling aan fijn en ultrafijn stof rondom kopieer-, en printerapparatuur. Fijn stof is een complex mengsel van deeltjes van verschillende grootte en van diverse chemische samenstelling. Een veel gebruikte afkorting voor fijn stof is PM (Particulate Matter). Afhankelijk van de doorsnede van de stofdeeltjes wordt gesproken van PM_{10} voor deeltjes met een doorsnee tot $10 \mu m$ of van $PM_{2.5}$ voor deeltjes met een doorsnee tot $2,5 \mu m$. Naast fijn stof is er ook veel discussie gaande over de blootstelling aan zogenaamde nano-particles in beroepssituaties. Daarom is in dit onderzoek ook ultrafijn stof (stof kleiner dan $0,1 \mu m$) gemeten.

De discussie rondom gezondheidseffecten van fijn stof worden vooral gevoerd in het algemene milieu en is minder actueel in het werkmilieu. Fijn stof in de lucht kan leiden tot een scala aan gezondheidseffecten in de algemene populatie, waaronder vroegtijdige sterfte [MNP, 2005]. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de chemische samenstelling bepalend is voor de schade die fijn stof kan toebrengen aan de longen. Omdat epidemiologische bevindingen aannemelijk maken dat er waarschijnlijk geen drempelwaarde is waaronder schadelijke effecten optreden, wordt een zo groot mogelijke reductie van fijn stof in de lucht gezien als belangrijkste gezondheidsmaatregel [Schayck van, 2006].

Materialen en methode

De meetstrategie voor het bemonsteren van $PM_{2.5}$ en PM_{10} is opgezet conform een methode van een Europese studie waar-

bij de relatie naar fijn stof ($PM_{2.5}$ en PM_{10}) in het binnen-, en buitenmilieu is onderzocht [Rupioh SOP2.0, 2006].

Op een drietal locaties is de stofconcentratie rondom kopieerapparatuur bemonsterd. De kopieerapparatuur stond opgesteld in een aparte ruimte. Op de drie locaties was sprake van een 'worst case' (1), 'typical' (2) en optimale situatie (3). De diverse kenmerken van deze locaties worden in tabel 2 nader toegelicht. Alledrie de locaties betroffen kantoor situaties voorzien van vrijwel identieke, moderne kopieer-, en printerapparatuur (zogenaamde multifunctional apparaten) voor zowel kopiëren, printen als faxen. Locatie 2 betreft de meest gangbare situatie, zoals die in de praktijk wordt aangetroffen: printers op de gang, direct nabij de kantoorruimtes. Locatie 1 betreft een kleine, slecht geventileerde ruimte die op het punt stond om gesloten te worden. Bij locatie 3 heeft onlangs een renovatie plaatsgevonden waarbij voldoende ruimteventilatie was aangebracht.

De fracties $PM_{2.5}$ en PM_{10} zijn per locatie op een drietal plekken bemonsterd. De eerste meetopstelling stond in de nabije omgeving, circa 1 meter van de kopieerapparatuur. De volgende meetopstelling stond op de gang opgesteld in de directe nabijheid van de kopieerruimte. De derde opstelling stond opgesteld bij de dichtstbijzijnde kantoorwerkplek. Een blanco-monster is genomen dichtbij de kopieerapparatuur. Door deze meetstrategie kan er een globale inschatting van de mate van stofverspreiding worden verkregen.

De monsternamen vond plaats met behulp van een pomp, waarmee lucht over een impactor is gezogen. Het debiet van de pomp is 10 l/min. Het stof wordt opgevangen in een filtercassette waarin een teflonfilter ligt. De weging van deze filters is uitgevoerd in een geconditioneerde ruimte.

Na het wegen zijn de filters onderzocht middels een reflectiemeter [Rupioh SOP4.0., 2002]. Deze reflectiemeter heeft tot doel om de absorptiecoëfficiënten te meten, waardoor een indruk wordt verkregen van het aantal zwarte deeltjes op een filter. Het aantal zwarte deeltjes kan een indicatie zijn voor de aanwezige tonerdeeltjes op het filter.

Op de eerste locatie ('worst case') zijn met de TSI Sidepak ook real time metingen verricht naar fijn stof. Dit meetapparaat meet stof middels lichtverstrooiing. Het apparaat is op de bovenplaat van het kopieerapparaat geplaatst. De apparatuur is niet specifiek gecalibreerd voor tonerstof dus de meetgegevens moeten vooral als relatieve concentratie worden beschouwd.

Behalve naar fijn stof zijn er ook op een tweetal locaties (locatie 1 en 2) realtime metingen naar ultrafijn stof met een TSI P-trak verricht. Deze TSI P-trak kan deeltjes met een range van 0,01 tot 1 μm bemonsteren. Ook hier worden aantallen deeltjes real time gemeten door middel van lichtverstrooiing, maar pas nadat de deeltjes via condensatie van isopropylalcohol groot genoeg zijn gemaakt om met een lichtbundel te kunnen detecteren. Deze methode is eerder toegepast bij een onderzoek naar de blootstelling aan ultrafijn stof in binnen- en buitenmilieu [Matson, 2005].

De parameters temperatuur, CO_2 -gehalte, luchtvochtigheid en ventilatie zijn op iedere locatie gemeten.

Om een indicatie te krijgen van het gemiddelde aantal kopieën per apparaat, zijn deze aantallen in kaart gebracht. Hieruit kwam naar voren dat het gemiddelde aantal kopieën per apparaat per dag grofweg tussen de 850 en de 2100 per dag ligt. Tijdens de meetdagen is geprobeerd om op alle locaties een gelijk aantal kopieën, circa 2000 per dag, te maken. Daarnaast zijn technische details en het onderhoudsprogramma opgevraagd. De apparatuur is in 2004 in gebruik genomen.

De gekozen meetdagen werden, voor wat betreft het gebruik van de kopieerapparatuur, als representatief beschouwd.

Resultaten

Fijn stof

De resultaten in tabel 1 geven een indruk van de concentratie fijn stof in omgevingslucht rondom kopieer-, en printerapparatuur. De resultaten zijn weergegeven in $\mu g/m^3$ en kunnen gezien worden als de gemiddelde blootstelling over

Tabel 1: Resultaten $PM_{2.5}$, PM_{10} ($\mu g/m^3$) en reflectiemetingen (%)

Locatie	1 ^e opstelling Ruimte kopieer-, en printerapparatuur			
	$PM_{2.5}$	Reflectiemeting	PM_{10}	Reflectiemeting
Locatie 1, worst case situatie	18,65	73,90	46,17	70,80
Locatie 2, typical situatie	28,01	91,38	38,13	89,88
Locatie 3, optimale situatie	16,29	94,94	22,40	94,72
2 ^{de} opstelling Gang				
	$PM_{2.5}$	Reflectiemeting	PM_{10}	Reflectiemeting
Locatie 1, worst case situatie	17,27	73,08	43,15	72,57
Locatie 2, typical situatie	13,83	92,56	25,40	91,02
Locatie 3, optimale situatie	12,60	95,40	25,92	94,14
3 ^{de} opstelling Werkplek				
	$PM_{2.5}$	Reflectiemeting	PM_{10}	Reflectiemeting
Locatie 1, worst case situatie	17,00	72,30	34,11	68,76
Locatie 2, typical situatie	11,98	92,34	28,42	90,56
Locatie 3, optimale situatie	12,47	94,38	26,99	93,72

Tabel 2: Kenmerken meetlocaties

	Kenmerken meet locaties		
	Staat van de locatie	Ventilatievoud ruimte kopieerapparatuur (uur ⁻¹)	Overige opmerkingen
Locatie 1, worst case situatie	Verouderd, wordt gesloten	1	Kleine ruimte; overdruk in de ruimte
Locatie 2, typical situatie	Normale kantoor situatie	-	Opstelling apparatuur op gang; geen mechanische ventilatie aanwezig
Locatie 3, optimale situatie	Gerenoveerd	6	Nieuwe ventilatievoorzieningen aanwezig

een gehele werkdag.

Daarnaast zijn in de tabel de resultaten van de reflectiemetingen weergegeven. Bij deze reflectiemetingen betekent een waarde van 100%, een schoon filter. Hoe meer zwarte deeltjes erop een filter zitten hoe lager de reflectie zal zijn (een schoon filter reflecteert, een 'zwart' filter niet). In tabel 2 zijn diverse kenmerken van de drie locaties weergegeven.

Het geometrisch gemiddelde (GM) van PM₁₀ voor alle metingen bedraagt 31,36 µg/m³ (22,40-46,17 µg/m³). De resultaten laten, uitgaande van een 'worst case'

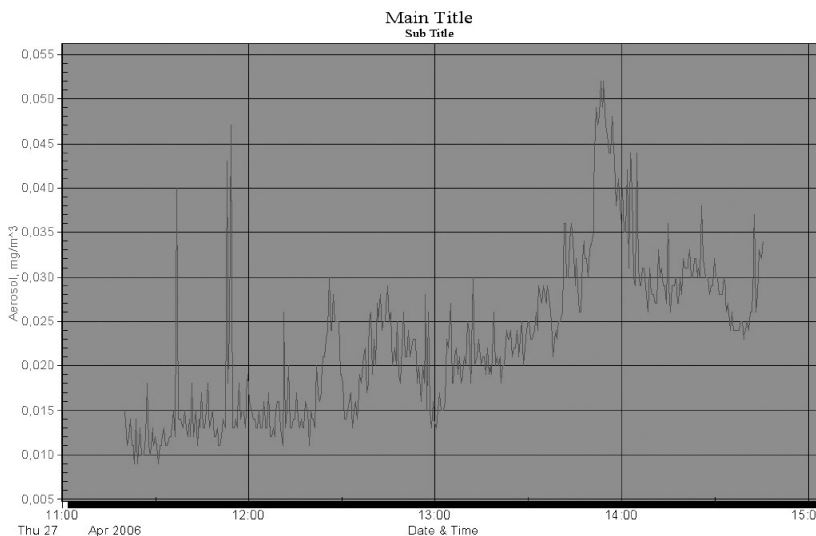
(46,17 µg/m³), typical (38,13 µg/m³) en optimale

situatie (22,40 µg/m³), voor wat betreft de fractie PM₁₀ in de drie kopieer-, en printerruimtes een dalende trend zien. Voor de fractie PM_{2.5} is deze trend niet goed waarneembaar ('worst case' 18,65 µg/m³, typical 28,01 µg/m³ en optimale situatie 16,29 µg/m³). Het geometrische gemiddelde (GM) van PM_{2.5} voor alle metingen bedraagt 15,90 µg/m³ (11,98-28,01 µg/m³). De hoogste concentratie PM_{2.5} van 28,01 µg/m³, is gevonden in de kopieerruimte op de tweede locatie (typical situatie). Deze concentratie kan mogelijk verklaard worden door het grootste aantal afdrukken tijdens de meetdag. Een tweede reden dat deze concentratie mogelijk heeft beïnvloedt is, dat er in een werkkamer vlakbij de meetopstelling werd gerookt.

De laagste concentraties PM₁₀ en PM_{2.5} zijn gevonden op de derde locatie (optimale situatie). Deze locatie is onlangs gerenoveerd waarbij er nieuwe ventilatievoorzieningen zijn aangebracht. Mogelijk spelen deze voorzieningen een belangrijke rol in de blootstelling.

Reflectiemetingen

De resultaten van de reflectiemetingen laten zien dat, uitgaande van een 'worst case', typical en optimale situatie er een trend te zien is. De hoogste waarde (minste aantal zwart



Figuur 1: Resultaten fijn stof gemeten met TSI Sidepak

te deeltjes) wordt gevonden op de derde locatie (optimale situatie).

Het aantal zwarte deeltjes rondom de kopieer-, en printerapparatuur is ongeveer even groot als het aantal deeltjes op de gang en de werkplek. Per locatie is er dus geen spreiding in het aantal zwarte deeltjes zichtbaar. Ook tussen de fracties PM_{2.5} en PM₁₀ zijn er weinig verschillen waarneembaar. Een mogelijke verklaring hiervoor is, is dat zwarte deeltjes zich vooral in de kleinere fracties bevinden.

Fijn stof met TSI Sidepak

Figuur 1 laat de resultaten van de realtime meting naar fijn stof zien. Deze realtime meting is uitgevoerd op de eerste locatie ('worst case').

In de grafiek zijn duidelijke enkele pieken en een trend van oplopende concentratie waarneembaar. Elke piek afzonderlijk is lastig te verklaren met het activiteitenpatroon tijdens deze uren. De concentratie ligt in een range van 10 - 35 µg/m³, met enkele pieken naar 50 µg/m³. Deze range komt overeen met de waarden gevonden bij de fracties van PM_{2.5} en PM₁₀. Wel is de waargenomen trend enigszins verklaarbaar. De grafiek lijkt namelijk in eerste instantie een stij-

gende trend in de tijd weer te geven, als gevolg van de vele kopieerwerkzaamheden in combinatie met de beperkte ventilatie. Daarnaast is in het laatste gedeelte van de grafiek een lichte daling te zien, waarschijnlijk veroorzaakt door afname van het aantal afdrukken.

Ultrafijn stof

Op de eerste en tweede locatie zijn op één dag real time metingen naar ultrafijn stof verricht. Er zijn metingen uitgevoerd in de kopieerruimte, de gang, en de dichtstbijzijnde werkplek. De display van het apparaat geeft geen concentratie weer, maar het aantal deeltjes in de meetcel. Bij het lezen van tabel 3 moet vooral worden gelet op de verschillen tussen de getallen op één en dezelfde locatie en niet zozeer naar het niveau. De niveaus moeten geïnterpreteerd

Tabel 3: Resultaten ultrafijn stof met P-track (De getallen geven het aantal 'counts' in de meetcel weer per tijdseenheid en zijn dimensieloos).

Ruimte kopieer-, en printerapparatuur	Locatie 1		Locatie 2	
	Apparaat A	Apparaat B	Apparaat B	Apparaat C
Centraal in de ruimte	5400	11.500		11.500
Tijdens het kopiëren	4700-7400	10.000-12.000		10.500
Aan de achterzijde van het apparaat bij uitgang filter	4600-6500	10.000		10.000
Overige ruimten				
'Schone' ruimte	4200		Nvt	
Gang	6200		11.500	
Werkplek centraal in de ruimte	7150		8200	
Werkplek aan de buitenzijde van het raam	10.000		10.000	

worden als relatieve concentratie ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

Uit de resultaten blijkt dat concentratie ultrafijn stof rondom kopieerapparatuur niet echt verhoogd is ten opzichte van de achtergrondconcentratie in de overige ruimten. De blootstelling aan ultrafijn stof lijkt dus niet af te hangen van de activiteit van de kopieer-, en printerapparatuur, maar mogelijk veel meer van andere bronnen zoals bijvoorbeeld buitenluchtverontreiniging. Het grote aantal deeltjes van 10.000 op locatie 1 wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door stadsverkeer buiten.

Overige parameters

De mate van ventilatie is mede bepalend voor de blootstelling aan stof. Om de werksituaties onderling te vergelijken is de ventilatiestroom bepaald van de ruimte waarin de kopieer- en printerapparatuur zich bevindt. Het ventilatievoud is berekend op basis van de grootte van de ventilatioosters en de bijbehorende luchtsnelheden (zie ook tabel 2). Hieruit blijkt dat de ventilatievoud in de kopieer- en printerruimte op de eerste en tweede locatie onvoldoende was. Op de derde locatie voldeed de benodigde verse luchttoevoer aan de in de praktijk gebruikte richtlijnen [Boerstra, 2006]. Goede ventilatievoorzieningen lijken de blootstelling rondom kopieer-, en printerapparatuur dus te verlagen.

De gemeten parameters temperatuur, CO₂ en luchtvochtigheid waren voor alle drie de locaties onder de norm.

Discussie en conclusie

Door het ontbreken van goede blootstellingsgegevens van

tonerstof rondom kopieer-, en printerapparatuur en het ontbreken van duidelijke grenswaarden voor de arbeidsituaties kan de beoordeling van de blootstellingsgegevens alleen indirect plaatsvinden. De beoordeling heeft plaatsgevonden op basis van een drietal elementen. Als eerste is onderzocht of er een spreiding in blootstelling te zien is, en of deze spreiding verklaart zou kunnen worden door de mate van ventilatie rondom de kopieer-, en printeractiviteiten. Daarnaast zijn meetresultaten vergeleken met de Europese normering voor fijn stof in de buitenlucht, wegens het ontbreken van normen voor fijn stof op de werkplek. Tenslotte zijn de meetresultaten afgezet tegen beschikbare meetseries van PM_{2.5} en PM₁₀ uit de literatuur.

Geconcludeerd kan worden dat de fijn stofconcentraties

rondom kopieer-, en printerapparatuur meetbaar zijn. Met name de fractie PM₁₀ leidt tot een goede meetbare blootstelling. De concentratie PM₁₀ lijkt hoger te zijn naarmate de omstandigheden in de kopieerruimte minder optimaal zijn. Dit wordt ondersteund door de resultaten van de reflectiemetingen; het grootste aantal zwarte deeltjes zijn gevonden in de 'worst case' situatie. Er zijn geen redenen om aan te nemen dat er nog andere factoren bijdragen aan de verschillen tussen de locaties. De kopieerapparatuur was identiek, de kopieeractiviteiten waren tijdens de meting sterk vergelijkbaar, schoonmaakactiviteiten, zoals stofzuigen, hebben tijdens de metingen niet plaatsgevonden en op geen van de locaties zijn gedurende de meetdag ramen geopend geweest. Hoewel er slechts een beperkte meetserie voorhanden is, zijn de resultaten van dit onderzoek een aanwijzing dat adequate ventilatievoorzieningen kunnen bijdragen aan de verlaging van de blootstelling aan fijn stof rondom kopieerapparatuur. Het lijkt dus belangrijk te zijn om de ventilatievoorzieningen voldoende aandacht te geven en kopieerruimtes goed in te richten en te onderhouden.

De concentratie PM_{2.5} rondom kopieer-, en printerapparatuur lijkt ten opzichte van de achtergrondconcentratie in overige ruimten slechts beperkt verhoogd, terwijl de blootstelling aan ultrafijn stof geen relatie lijkt te hebben met de kopieer- en printeractiviteiten. De meest relevante stoffractie lijkt dus vooral PM₁₀ te zijn en zeer fijne deeltjes rondom kopieer- en printerapparatuur zijn in dit onderzoek niet goed waarneembaar.

Omdat er geen normen bestaan voor PM₁₀ in de werkomgeving, zijn de meetresultaten vergeleken met de normen voor de buitenlucht (zie kader). Zoals gezegd ontbreken normen voor fijn stof op de werkplek. Een nadeel is dat de normen voor buitenlucht gelden voor 24-uurs blootstelling en de normen voor arbeidssituaties normaal gesproken relevant zijn voor een periode van 8 uur. Toch geeft een vergelijking met de buitenluchtnorm enig referentiekader over de hoogte van de blootstelling. Van een echte toetsing aan de buitenluchtnorm kan geen sprake zijn en wordt om die reden ook niet beoogd.

De blootstelling aan fijn stof (PM₁₀ - GM 31,36, MIN 22,40 en MAX 46,17 µg/m³) overschrijdt bij kopieer-, en printerapparatuur niet de wettelijke EU-norm (50 µg/m³). Ook lijken de blootstellingsniveaus niet echt af te wijken van andere beschikbare meetseries van fijn stof uit de literatuur. Zo vond Reynolds [2001] bij metingen in kantoorpanden PM₁₀ concentraties van 14 - 36 µg/m³. Op grond daarvan kunnen de gezondheidskundige implicaties op het eerste gezicht als beperkt worden beschouwd.

Op dit moment wordt voor PM₁₀ een daggemiddelde (24-uur) van 50 µg/m³ gehanteerd. Voor PM_{2.5} geldt vanaf 2010 een streefwaarde van 25 µg/m³. Dit zal vanaf 2015 een grenswaarde zijn.

Toch is enige voorzichtigheid geboden met betrekking blootstelling aan tonerstof, om de volgende drie redenen:

1. In deze studie zijn uitsluitend metingen uitgevoerd op locaties waarbij de kopieerapparatuur in aparte kopieer-ruimtes waren opgesteld. In de praktijk staat kopieerapparatuur ook vaak opgesteld in de directe nabijheid van werkplekken.
2. Bij onderzoek naar gezondheidseffecten van fijn stof in de buitenlucht is geen drempelwaarde bekend [Schayck van, 2006].
3. In de literatuur zijn case-studies van tonerziekte beschreven, die tonerstof als potentiële oorzaak van een aantal ziektebeelden benoemd.

Gezien het aantal beschikbare metingen, geven de resultaten van dit onderzoek slechts een globale indruk van de concentratie ultrafijn en fijn stof rondom kopieer-, en printerapparatuur. Een periode van 3 maal 8 uur is echter onvoldoende om de lange termijn blootstelling betrouwbaar te kunnen karakteriseren en voldoende inzicht te krijgen in de blootstelling aan tonerstof bij kopieer-, en printerapparatuur.

Vervolgonderzoek (met grote meetseries) is nodig om de conclusies van deze pilotstudie nader te onderbouwen.

Résumerend, toont dit onderzoek aan dat blootstelling aan fijn stof rondom kopieer-, en printerapparatuur meetbaar is. Adequate ventilatievoorzieningen lijken de blootstelling aan fijn stof in positieve zin te beïnvloeden. Er zijn nog onzekerheden over de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan tonerstof. Vanwege deze onzekerheden is het dus belangrijk om de ventilatievoorzieningen rondom kopieerapparatuur zo goed mogelijk op orde te hebben. De in de prak-

tijk gehanteerde richtlijnen lijken een goede basis hiervoor te zijn.

Dankwoord

Speciale dank gaat uit naar ProCare B.V. uit Groningen. Deze specialist op het gebied van meetapparatuur voor werkplekonderzoek heeft de SidePak AM510 en de P-Trak realtime stofmeters ter beschikking gesteld.

Referenties

- Armbruster, C, Dekan, G, Hovorka, A. Granulomatous pneumonitis and mediastinal lymphadenopathy due to photocopier toner dust. *Lancet* (348): 690, 7 september 1996.
- Broerstra, Arbothemacahier 8 Binnenmilieu. ISBN 9012097177, SDU Uitgevers, 2002.
- Canham M. An evaluation of the potential health hazards associated with the toner cartridge recycling industry, *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 11 (8): 1033-1037 Augustus 1996.
- Gallardo, M, Romero P, Sanchez-Quevedo, MC, Lopez-Caballero, JJ. Siderosilicosis due to photocopier toner dust. *Lancet* (344): 412-413, 6 augustus 1994.
- Matson U, Indoor and outdoor concentrations of ultrafine particles in some Scandinavian rural and urban areas, *Sci Total Environ* 343(1-3):169-76, mei 2005.
- Milieu- en Natuurplanbureau, Fijn stof nader bekeken, ISDN 90-6960-124-9, Bilthoven, 2005.
- Reynolds S. Indoor Environmental Quality in Six Commercial Office Buildings in the Midwest United States. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16(11): 1065-1077, 2001.
- Rupioh SOP2.0. Measurement of PM2.5 and PM10 in ambient air with the Harvard Impactor.
- Rupioh SOP4.0. Determination of absorption coefficient using reflectometric method, 2002.
- Schayck CP van, Hogervorst JGF, Kok TMCM de, Briede JJ, Wesseling G, Kleinjans JCS. Relatie tussen de samenstelling van fijn stof in de lucht en de longfunctie van schoolkinderen. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 150 (13): 735-40, 2006.
- Thai KTD, van der Laan G. Tonerziekte: beroepsziekte of idée-fixe?, *TBV* 14 (5) 225-227, juni 2006.
- Wittczak, T, Walusiak J, Ruta U, Patczynski, C. Occupational asthma and allergic rhinitis due to xerographic toner, *Allergy* (58): 957, 2003.