

Levend of dood verbrand?

Als na afloop van een brandincident een stoffelijk overschot wordt aangetroffen, is het van belang dat de causaliteit tussen de brand en het overlijden wordt onderzocht. Brand is zeer destructief voor het menselijk lichaam. Dit bemoeilijkt de interpretatie van onderzoeksbevindingen aan een lichaam.

Er zijn diverse verschijnselen die tot op zekere hoogte duiden op vitaliteit (de betrokkene was levend) ten tijde van de brand. In dit artikel worden deze verschijnselen tegen het licht gehouden. Op basis van de huidige wetenschappelijke theorieën bestaan er geen verschijnselen die leiden tot de eenduidige conclusie over al dan niet vitale blootstelling. Wel kunnen verschijnselen een vermoeden van vitale blootstelling tot op zekere hoogte ondersteunen. Ontbreken de verschijnselen, dan is het niet mogelijk om een conclusie te trekken; de afwezigheid is geen bewijs van overlijden vóór het ontstaan van de brand.

Om in de rechtszaal een uitspraak te kunnen doen over de causaliteit tussen brand en overlijden, achten wij het noodzakelijk om de waarde voor de aannemelijkheid van vitale blootstelling per verschijnsel te motiveren.

Inleiding

Volgens de Nederlandse statistiek overlijden gemiddeld 73 mensen per jaar ten gevolge van brand.¹ Een groot deel van de overledenen wordt gevonden in de ruimte waar de brand begon en was slapend ten tijde van het incident.² Daarnaast wordt brand gebruikt om sporen van een misdrijf te vernietigen en levensdelicten te verdoezelen.^{3,4} Het soort onderzoek dat gestart wordt na een brandincident is sterk afhankelijk van de context. Van belang bij de beslissing tot de aard en omvang van het sporenonderzoek zijn onder andere de omvang, duur en origine van de brand, de eigenschappen van het brandbare materiaal, de ernst van het opgelopen letsel bij slachtoffers en het aantal dodelijke slachtoffers. In beginsel wordt er bij elke brand van uitgegaan dat er een strafbaar feit kan hebben plaatsgevonden. In het kader van het strafrechtelijk onderzoek dient een nauwgezet multidisciplinair onderzoek uitgevoerd te worden met als doel het achterhalen van de oorzaak van de brand, het bergen van slachtoffers en het vaststellen van de omvang van de schade.

Naast onderzoek in een strafrechtelijk kader kan onderzoek noodzakelijk zijn in een civielrechtelijk kader (verzekering en schadevergoeding) of met het oog op preventie. Dit resulteert in een onderzoek door verscheidene partijen, waaronder particuliere technische onderzoeksbureaus in opdracht van verzekeraars en brandonderzoekers van de brandweer.

Aangetroffen stoffelijke overschotten dienen te worden geborgen en geschouwd. Een onderdeel van de lijk-schouw is het onderzoeken van de doodsoorzaak. Het

forensisch-medisch onderzoek wordt uitgevoerd door een als gemeentelijk lijkschouwer aangesteld forensisch arts, die ondersteund kan worden door tweedelijnspecialismen.⁵

Het aanwijzen van brand als doodsoorzaak kan grote gevolgen hebben. Zeker als uit forensisch-technisch brandonderzoek blijkt dat er sprake is van brandstichting of enige vorm van nalatigheid met brand als gevolg. Daarnaast is het uitsluiten van brand als doodsoorzaak eveneens relevant voor het strafrechtelijk onderzoek en de uiteindelijke tenlastelegging. Indien de dood is veroorzaakt door de brand is in strafrechtelijke zin sprake van brandstichting met dodelijk gevolg.⁶ Indien de brand is gesticht na het overlijden dan is sprake van het verbranden, vernielen en (poging tot) wegmaken van een stoffelijk overschot.⁷ In dat laatste geval rijst uiteraard de vraag hoe (en mogelijk door wiens toedoen) een persoon is overleden voorafgaand aan de brand.

De juridische vraag is gericht op het causale verband tussen brand en overlijden; is de betrokkene bij leven blootgesteld aan de brand?⁸ Vanuit dit juridische vraagstuk vloeien twee hypothesen voort. Er is sprake van 'blootstelling aan brand bij leven' (vitale blootstelling) versus 'blootstelling aan brand heeft plaatsgevonden na overlijden' (non-vitale blootstelling). Deze laatste hypothese dekt zowel een natuurlijk als niet-natuurlijk overlijden voorafgaand aan de brand. Bij overlijden ten gevolge van de brand worden verschijnselen verwacht die mogelijk duiden op vitaliteit, terwijl bij overlijden voorafgaand aan de brand deze niet worden verwacht. Verschijnselen van vitaliteit worden vastgesteld door

* Drs. ing. T. Krap is promovendus aan de Maastricht University en de afdeling Medische Biologie, sectie anatomie van het Academisch Medisch Centrum te Amsterdam, forensisch antropoloog bij het A.C. Kenniscentrum voor forensische geneeskunde en docent forensisch onderzoek aan de Hogeschool Van Hall Larenstein.

** Dr. F.R.W. van de Goot is onafhankelijk forensisch patholoog via het Centrum Forensische Pathologie en klinisch patholoog bij Symbiant Pathology Expert Centre.

*** Prof. mr. dr. W.L.J.M. Duijst is forensisch arts bij de GGD IJsselland, raadsheerplaatsvervanger bij het Hof Arnhem-Leeuwarden, directeur van het A.C. Kenniscentrum en hoogleraar forensische geneeskunde aan de Maastricht University.

1. Op basis van cijfers afkomstig uit de databank van het Centraal Bureau voor de Statistiek, voor de afgelopen 14 jaar. <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37511&D1=1-14,147,150-160&D2=0&D3=15-28&VW=T>.

2. Instituut Fysieke Veiligheid, *Dodelijke binnenbranden in 2012*, gepubliceerd in 2013.

3. Rb. Gelderland 12 december 2016, ECLI:NL:RBGEL:2016:6688.

4. Hof Leeuwarden 17 december 2009, ECLI:NL:GHLEE:2009:BK6897.

5. Art. 3, 5, 7 en 12 Wet op de lijkbezorging.

6. Art. 157, 158 Sr.

7. Art. 151, 350 Sr.

8. Zie onder meer Rb. Midden-Nederland 2 december 2015, ECLI:NL:RBMNE:2015:8608 en Hof Arnhem-Leeuwarden 12 april 2017, ECLI:NL:GHARL:2017:3129 (hoger beroep).

forensisch-medisch specialisten. Op basis van onderzoeksbevindingen worden de hypothesen getoetst. Bij voorkeur wordt een van de hypothesen uitgesloten. In het geval dat uitsluiting geen mogelijkheid is, dient een van de hypothesen aannemelijker te worden geacht dan de andere.

Een lijkschouw bestaat uit een extern, non-destructief onderzoek van het lichaam.⁹ De vraag rijst dan ook of het mogelijk is om brand toe te wijzen als doodsoorzaak op basis van externe, visueel waarneembare kenmerken aan het lichaam of dat tweedelijns onderzoek noodzakelijk is en zo ja, welk. In dit artikel is in kaart gebracht welke specialismen bijdragen aan het onderzoek en in hoeverre verschijnselen van vitaliteit de hypothese 'blootstelling aan brand bij leven' bevestigen of ontkrachten.

Een verschijnsel van vitaliteit is:

- 'hypothese ondersteunend' als het fenomeen niet postmortaal kan optreden;
- 'indicatief' als het fenomeen voornamelijk optreedt bij leven, maar ook postmortaal kan optreden onder bepaalde omstandigheden;
- 'inconclusief' in het geval dat het fenomeen zowel ante- als postmortaal kan optreden;
- 'hypothese ontkrachend' in het geval dat het fenomeen niet antemortaal kan optreden.

Om de verschijnselen van vitaliteit op waarde te kunnen beoordelen worden eerst de omstandigheden waaraan een lichaam wordt blootgesteld tijdens een brand, de letaliteit van deze omstandigheden en de thermisch geïnduceerde veranderingen van het lichaam uiteengezet.

Brand

Brand is een exotherme kettingreactie tussen een brandbare stof en zuurstof die op gang is gebracht door een ontstekingsbron, of in bijzondere gevallen door het bereiken van een temperatuur waarbij de stof uit zichzelf ontbrandt. Het in stand houden van de kettingreactie is afhankelijk van meerdere variabelen waaronder de omgevingstemperatuur, isolatie, totale brandbare massa en de oppervlakte.¹⁰ De vrijgekomen energie verplaatst zich via drie natuurkundige mechanismen, te weten straling, stroming en geleiding. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen een vlammende verbranding en een smeulende verbranding. In het geval van een vlammende verbranding gaat een vaste stof eerst over in de gasfase, door pyrolyse (thermische ontleding in afwezigheid van zuurstof). Vervolgens zullen de gassen een reactie aangaan met zuurstof: dit is verbranding (thermische ontleding in aanwezigheid van zuurstof). Bij een concentratie zuurstof die lager is dan 15% (waarbij 21% normaal is in lucht) gaat een vlammende verbranding over op een smeulende verbranding. Hierbij gaat de vaste stof direct een reactie aan met de aanwezige zuurstof.¹¹

Afhankelijk van de brandbare stof, de temperatuur van de brand en de genoemde afhankelijke variabelen zal de verbrandingsreactie volledig of onvolledig verlopen. In het geval van een volledige verbranding komt er warmte vrij met als eindproducten de kleinst mogelijke geoxideerde restproducten, zoals koolstofdioxide.¹² Als de verbranding onvolledig verloopt, wordt de brandbare stof niet volledig afgebroken. Dit resulteert onder andere in een combinatie van 'vluchtige koolwaterstoffen' (verbindingen tussen koolstof en waterstof die makkelijk verdampen). Medeaafhankelijk van de volledigheid van de verbranding en de soort brandbare vaste stof(fen) kunnen giftige gassen als bijproducten ontstaan, zoals, koolstofmonoxide en blauwzuurgas.^{13, 14}

Afhankelijk van de aanwezige brandbare vaste stoffen en de luchtstroom (aanvoer van zuurstof en verplaatsing van gassen) zal de brand zich vanaf de primaire brandhaard naar boven en zijwaarts verplaatsen. Een brand klimt als het ware omhoog via brandbare oppervlakken. De gassen die vrijkomen accumuleren nabij het plafond door stroming. Hierdoor ontstaat een *rooklaag* ter hoogte van het plafond. De rooklaag neemt toe in volume en verspreidt zich horizontaal over de ruimte. Als de rooklaag voldoende hitte bevat gaat deze over in een *hittelaag* en kan deze de muur en nabijgelegen objecten aantasten door stralingswarmte tot het punt dat er pyrolyse plaatsvindt en brandbare gassen vrijkomen. Bij voldoende toevoer van zuurstof zal de gehele ruimte in brand komen te staan.^{15, 16} Gedurende de brand neemt de zuurstofconcentratie in de ruimte door de brand af. Dit fenomeen treedt sterker op bij het plafond (tot onder de 5%) dan dicht bij de vloer (tussen 17 en 21%).^{17, 18} Bij beperkte zuurstoftoevoer zal de brand doven. Aangezien er relatief veel restwarmte aanwezig is gaat de brand over op een onvolledige smeulende brand waardoor veel giftige bijproducten worden gevormd. Zodra zuurstof wordt geherintroduceerd kan de smeulende brand in rap tempo opschalen naar een vlammende brand, waarbij de kans op een steekvlam ontstaat.¹⁹ Temperaturen die vrijkomen tijdens een brand zijn sterk afhankelijk van de soort en kwantiteit van brandbare stoffen. Gemiddeld ligt de temperatuur van een volledig ontwikkelde binnenbrand rond de 800°C.

Een brand volgt een voorspelbaar patroon. De eerste fase wordt gekenmerkt door de vorming van kegelvormige roetafzetting op het dichtstbijzijnde vlak, zoals een muur. Deze kegel wordt in de tweede fase omgezet tot een rechthoekige kolom en in de derde fase tot een V-vorm. De V-vorm wordt veroorzaakt door de verticale en daaropvolgende horizontale verplaatsing van de vlammen. Op het plafond is mogelijk een circulaire roetafzetting te zien; deze wordt waargenomen boven een brandhaard. Afhankelijk van de duur en intensiteit van de brand wordt de afgezette koolstof uiteindelijk

9. Duist & Krap, *NJB* 2017, p. 928.

10. J.J. Lentini, in: *Wiley Encyclopedia of Forensic Science* 2009, p. 1113.

11. Bohnert et al., *FSI* 2003, 135 (v. 3), p. 201.

12. De Haan & Ilove, in: *Kirk's Fire investigation* 2013, p. 41-89.

13. Zie noot 12, p. 28.

14. Alarie, *Critical Reviews in Toxicology* 2002, p. 262.

15. Zie noot 10, p. 1114.

16. Zie noot 12, p. 57.

17. Hayasaka et al., *Fire Safety Science* 1988, v. 3, p. 278.

18. Zie noot 14, p. 261.

19. Zie noot 12, p. 49.

weggebrand, of schoongebrand. Een verkleuring van zwart naar blauwachtig wit kenmerkt deze overgang. De laatste fase, de V-vorm, is na afloop van de meeste gebouwbranden zelfs aan de buitenzijde van het gebouw waarneembaar. Met deze kenmerken kan de locatie waar de brand is begonnen (de primaire brandhaard) worden vastgesteld.^{20,21} Eventueel kan specialistisch onderzoek naar vonkbogen, als gevolg van kortsluiting door smeltende isolatiedraden, ten gevolge van de brand, een aanwijzing opleveren voor de route die de brand heeft gevolgd door een pand. In het geval dat er sprake is geweest van mogelijke brandstichting met (licht) ontbrandbare (vloei)stoffen (zoals benzine) worden er monsters genomen van onder andere vloerdelen voor chemische analyse. De te bemonsteren locaties kunnen worden opgespoord door gespecialiseerde speurhonden of door meetapparatuur.^{22, 23}

Letaliteit van brand

Het proces van overlijden door brand is nog niet volledig doorgrond. Of een brand de dood van personen tot gevolg heeft hangt af van meerdere factoren. Van belang zijn de omvang en wijze van ontwikkelen van de brand, de volledigheid van verbranding, de eigenschappen van de ruimte, de duur van blootstelling aan de brand en de menselijke stressreactie op de brand. Afhankelijk van de omvang en het verloop van de brand zal het individuele aandeel van iedere factor aan het overlijden per brandgeval variëren.

Het incident verbruikt de aanwezige zuurstof. Een afname van beschikbare zuurstof heeft effect op een individu. Het inademen van een concentratie zuurstof lager dan 21% resulteert in een afname van bewustzijn, een concentratie onder 7% is in korte tijd letaal. Dergelijk lage concentraties zuurstof worden alleen verwacht in de hittelaag aangezien een brand eveneens zuurstof nodig heeft om in stand te blijven.²⁴ Het gevolg van blootstelling aan een relatief lage concentratie zuurstof is bewusteloosheid, wat erin resulteert dat het individu in een zuurstofrijke omgeving terechtkomt (ter hoogte van de vloer), waarmee de kans op bewusteloosheid afneemt. Het is daarom niet aannemelijk dat een individu komt te overlijden ten gevolge van een acuut zuurstoftekort.²⁵ Een bijproduct van een zich ontwikkelende brand is rook. Rook bestaat uit diverse vluchtige koolwaterstofketens, in combinatie met giftige gassen en roet. Blootstelling aan rook veroorzaakt oog- en luchtwegirritaties en die leiden vervolgens tot desoriëntatie en een verstoorde ademhaling.²⁶ De giftige gassen die vrij kunnen komen zijn onder andere: koolstofdioxide, koolstofmonoxide,

aromatische stikstofverbindingen, stikstofdioxide, stikstofmonoxide en blauwzuurgas (waterstofcyanide).²⁷

Deze dragen alle bij aan een afname van het bewustzijn van een individu. Een langere blootstelling aan deze giftige stoffen leidt tot de dood.²⁸ Koolstofmonoxide is in competitie met zuurstof voor binding aan het eiwit hemoglobine in de rode bloedcellen. Koolstofmonoxide bindt met een hogere affiniteit aan hemoglobine (wel 210 keer zo sterk) dan zuurstof.²⁹ Hierdoor zal er minder zuurstof aan de hemoglobine gebonden zijn en accumuleert koolstofmonoxide. Een hoge concentratie koolstofdioxide is eveneens bewustzijn-verlagend.³⁰ Aromatische stikstofverbindingen leiden tot een verhoging van methemoglobine, een vorm van hemoglobine die geen zuurstof kan opnemen.³¹ Waterstofcyanide leidt tot verhoogde concentraties methemoglobine en verstoort het metabolisme van cellen (specifiek de aanmaak van het energierijke eiwit adenosinetrifosfaat, ATP).³² Als er tijdens de verbranding van relatief veel synthetisch materiaal een hoge concentratie blauwzuurgas vrijkomt, kan dit gas acuut tot de dood leiden.³³

Warmteoverdracht door straling op het lichaam levert stress en oververhitting op. In reactie hierop tracht het lichaam de temperatuur te reguleren door te gaan transpireren en meer bloed naar de huid te laten stromen. Dit kan resulteren in een hittestock met mogelijk het verlies van bewustzijn tot gevolg.³⁴ Aanhoudende transpiratie leidt tot dehydratie. Er is echter een zeer lange blootstelling aan hitte nodig om dusdanig veel vocht te verliezen dat dit letaal wordt.

Het plotseling inademen van hete lucht kan leiden tot verkramping (hitte-rigor), met als gevolg dat de ademhaling stopt.³⁵ Een langere blootstelling aan hete lucht kan leiden tot zwelling van het weefsel, zo ook rondom de luchtpijp, en een toename van speekselvorming. Beide gevolgen belemmeren de luchtwegen waardoor de ademhaling stagneert. Als dit enige tijd aanhoudt leidt dit tot bewusteloosheid.³⁶

De aanwezigheid van licht ontvlambare vloeistoffen zorgt voor een toename van rookvorming en een plaatselijke temperatuurverhoging. Mogelijk leidt dit tot een combinatie van de eerder beschreven letale factoren. In sommige gevallen is het mogelijk om de afbraakproducten van een licht ontbrandbare stof in de lichaamssweefsels of -(vloei)stoffen aan te treffen.³⁷

De menselijke factor moet niet worden onderschat. Ondanks dat iemand onder normale omstandigheden de weg in een pand blindelings kent, zorgen paniek en de extreme omgevingsvariabelen er al snel voor dat een

20. Zie noot 12, p. 267-310.

21. Zie noot 10, p. 1115-1118.

22. Zie noot 12, p. 310-313.

23. M. Streefkerk, 'Brandhonden op de PD', politievakblad *Blauw*, 26 juni 2010.

24. Zie noot 17 en 18.

25. Gerling *et al.*, *FSI* 2001, 115 (v. 1), p. 39.

26. Zie noot 14, p. 261.

27. Zie noot 12, p. 661-670.

28. Zie noot 26.

29. Blanco & Blanco, in: *Medical Biochemistry* 2017, p. 56.

30. Langford, *Toxicological reviews* 2005, 24 (v. 4), p. 229.

31. Schwerd & Schulz, *FSI* 1978, 12, p. 235.

32. Milroy, in: *Forensic Pathology* 2017, p. 136.

33. Zie noot 25 en de verwijzingen aldaar.

34. Zie noot 33.

35. Clarck *et al.*, *The Lancet* 1981, 317 (v. 8234), p. 1334.

36. Zie noot 11, p. 198.

37. Bohnert, in: *Forensic Pathology* 2017, p. 129.

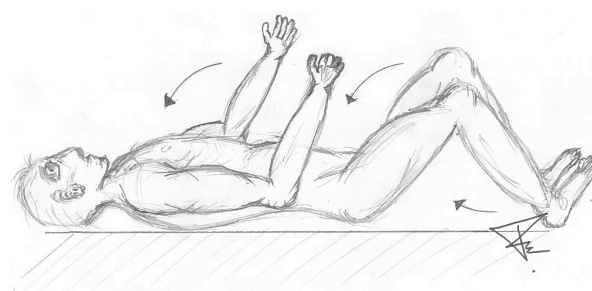
individueel gedesoriënteerd raakt en daardoor verdwaalt of gaat staan en hierdoor in de rook en hittelaag terecht komt.

Thermisch geïnduceerde veranderingen van het menselijk lichaam

Ten gevolge van de thermische inwerking ondergaat het menselijk lichaam diverse veranderingen, zowel intern als extern. Deze veranderingen staan (grotendeels) los van vitaliteit en volgen een voorspelbaar patroon, afhankelijk van de temperatuur en tijdsduur van blootstelling aan de hitte.

Allereerst raakt de huid geïrriteerd. Dit resulteert in roodheid gevolgd door blaren. Ook kunnen puntbloedingen ontstaan in de slijmvliezen van onder andere de ogen.³⁸ Indien de thermische stress aanhoudt, zal de huid uitdrogen met als gevolg dat deze krimpt. Haren verschroeien. Geruime blootstelling aan hitte resulteert in het scheuren van de huid waarbij onderliggende weefselstructuren bloot komen te liggen. Daarnaast zal de huid verkolen. Van de onderliggende weefselstructuren zal het spierweefsel uitdrogen met als gevolg dat de spieren samentrekken. Van de aanwezige spieren winnen de flexoren (buigspieren) het van de extensoren (strekspieren) door het verschil in spiermassa. Als gevolg van de contracterende spieren buigen de ledematen. Dit resulteert in de karakteristieke pugilistische houding, ook bekend als bokserstand (zie figuur 1). Een veelgezien fenomeen is het uitsteken van de tong, dat ontstaat door zwelling in de halsregio in combinatie met het krimpen van de huid en spieren. Aan hitte blootgestelde organen drogen uit en kunnen daardoor aanzienlijk krimpen. Hierdoor ontstaan de zogeheten 'puppet organs'.³⁹ Het vetweefsel neemt af in viscositeit, celmembranen knappen en het vet vloeit samen. Het vetweefsel kan wegvloeien door de scheuren in de huid, en mogelijk dienen als voeding voor de brand of uiteindelijk zelfs als brandhaard.⁴⁰ Ten gevolge van langdurige hitte-inwerking kunnen ophopingen van bloed ontstaan, ook wel *heat hematoma* genoemd. Dergelijke hematomen kunnen in de schedel of in sommige organen ontstaan en worden makkelijk geassocieerd met letsels.⁴¹ Zodra de verkoolde weefsels zijn weggebrand komen de benige delen bloot te liggen. Indien delen van het lichaam nog verkoolde weefsels bevatten en andere delen reeds tot op het bot zijn kaal gebrand, wordt gesproken over partiële crematie. Als er alleen bot overblijft, is sprake van complete of volledige crematie. Van de lichaamsweefsels is bot het meest brandbestendig. Bot bestaat uit twee hoofdcomponenten, te weten collageen en calciumhydroxyapatiet. Collageen (het bindweefsel) is slecht bestand tegen de thermische inwerking en zal net als andere weefsels verkolen. Dit resulteert in een afname van integriteit van de botstructuur; het bot wordt bros. Als al

het verkoolde collageen uitgebrand is, blijft calciumhydroxyapatiet over. Calciumhydroxyapatiet wordt niet makkelijk aangetast door hitte. Er treden pas structurele en moleculaire veranderingen op vanaf een temperatuur van ongeveer 800°C.⁴²



Figuur 1. Pugilistische houding brandslachtoffer; de pijlen geven de richting aan waar de ledematen naartoe bewegen ten gevolge van de hitte-inwerking.

De genoemde veranderingen vinden plaats in een voorspelbare volgorde. Daar waar minder weke delen de buitenwereld scheiden van het bot zal het minder lang duren alvorens het bot bloot komt te liggen dan op plaatsen waar meer weke delen het bot bedekken.⁴³

Daarnaast zorgt de bokserstand ervoor dat de ledematen en het hoofd aan meer hitte-inwerking worden blootgesteld dan de romp. Het patroon is echter deels afhankelijk van de positie van het slachtoffer. Een van het verwachte brandpatroon afwijkende situatie dient aanleiding te zijn voor nauwgezet vervolgonderzoek. Een brandreconstructie, met als doel het verklaren van het aangetroffen brandbeeld of het toetsen van hypothesen aangaande de aanvangssituatie, kan onderdeel zijn van het vervolgonderzoek.⁴⁴

Het is van belang dat de thermisch geïnduceerde schade aan het lichaam fotografisch wordt gedocumenteerd en gerapporteerd. De hoeveelheid weefselschade wordt uitgedrukt in het percentage 'Total Body Surface Area' (TBSA). Hierbij worden de aangetaste regio's van het lichaam bij elkaar opgeteld. Dit gebeurt met behulp van wegingsfactoren per lichaamsdeel gebaseerd op het lichaamsgewicht van de overledene.⁴⁵ De classificatie van Maxeiner gaat verder dan alleen de schade aan de oppervlakte en weegt de mate van verkoling en crematie van weke delen mee.⁴⁶ In het geval van gevorderde thermische destructie is de classificatie van Eckert *et al.* toepasbaar. Deze classificatie loopt van carbonisatie van de huid tot complete crematie met asresten als eindproduct.⁴⁷

Afhankelijk van de staat van de stoffelijke resten valt het onderzoek binnen een specifiek vakgebied. Om te beoordelen welke forensische specialisten ingezet dienen te worden hebben Crow & Glassman een classificatie

38. Zie noot 37.

39. Bohnert, in: *Forensic pathology reviews* 2004, v. 1, p. 6-22.

40. De Haan *et al.*, *S&J* 1999, 39 (v. 1), p. 24.

41. Zie noot 39, p. 3-4.

42. Krap *et al.*, *Int. J. Legal Med.* 2017, 131, p. 1173-1175.

43. Symes *et al.*, in: *The analysis of burned human remains* 2015, p. 36.

44. Rb. Noord-Nederland 2 juni 2016, ECLI:NL:RBNNE:2016:2607.

45. Livingston *et al.*, *Journal of Surgical Research* 2000, 91 (2), p. 107-109.

46. Maxeiner, *Beträge Gerichtlichen Medizin* 1988, v. 46, p. 317-319.

47. Eckert *et al.*, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 1988, 9 (v. 3), p. 189.

opgesteld op basis van de thermische destructie van het lichaam.⁴⁸ De forensisch arts is de eerstelijnspecialist en wordt ondersteund door tweedelijnspecialisten, waaronder de forensisch patholoog, de antropoloog en odontoloog. De patholoog doet nader (destructief) onderzoek naar de doodsoorzaak als er nog bruikbare weke delen zijn. De antropoloog kan zowel op locatie als in het mortuarium een bijdrage leveren aan het onderzoek. Hij is getraind in het herkennen van menselijke resten, ook indien deze zijn blootgesteld aan extreme omgevingsomstandigheden. Verder onderzoekt de antropoloog letsels aan benige structuren, draagt hij bij aan het identificatieproces en reconstrueert hij het patroon van de hitte-inwerking. De odontoloog kan zorgen voor de identificatie van de overledene op basis van de gebitsstatus. Zie tabel 1 voor een overzicht van de verschillende classificaties bij het aantreffen van een brandlijk, de frequentie van het aantreffen van resten in een bepaalde toestand en de disciplines die een bijdrage kunnen leveren. Overige specialismen, die niet genoemd zijn in de classificatie van Crow & Glassman, maar die eveneens een aandeel kunnen hebben in het postmortale onderzoek zijn bijvoorbeeld radiologie, toxicologie en archeologie. Radiologie kan worden gebruikt om op non-destructieve wijze letsels in kaart te brengen. Toxicologie wordt ingezet om giftige, niet-lichaamseigen stoffen in weefsels of vloeistoffen te analyseren. Archeologie kan van belang zijn bij de berging van de stoffelijke resten (in samenwerking met antropologie).

Verschijselen van vitaliteit

Afhankelijk van de mate van weefselschade door de thermische inwerking zijn verscheidene verschijselen waarneembaar die geassocieerd worden met vitaliteit ten tijde van de brand. Het beoordelen van vitaliteit van hitte-gerelateerde weefselschade dient te geschieden volgens vier stappen. Allereerst wordt er een anamnese gedaan, daarna een macroscopisch onderzoek gevolgd door microscopisch en chemisch-analytisch onderzoek. De anamnese bestaat uit de medische voorgeschiedenis en aanvullende informatie over de casus en valt daarmee buiten de focus van dit artikel. Macroscopisch onderzoek kan opgedeeld worden in externe en interne macroscopie. De schouw, uitgevoerd door de forensisch arts, blijft beperkt tot de externe macroscopie. Het onderzoek door de forensisch patholoog voegt daaraan de interne macroscopie en microscopie toe. Tot slot kan er tijdens de sectie lichaamsmateriaal worden verzameld ten behoeve van chemisch-analytisch (toxicologisch) onderzoek.

Macroscopie

Door middel van macroscopie wordt de huid geobserveerd. Zo zijn dichtgeknepen ogen een reactie op de oogirritatie die ontstaat bij blootstelling aan rook.⁴⁹

Hierdoor verschijnen rimpels rondom de ogen en in de diepliggende plooiën kan geen roet worden afgezet. Hierdoor kan een patroon, lijkend op een kraaienpoot, worden waargenomen dat wordt geassocieerd met een vitale reactie.^{50, 51} Dit fenomeen is echter afhankelijk van de mate van roetvorming en roetafzetting in combinatie met de mate van bewustzijn van het individu. Het is zeer goed mogelijk dat de huid en onderliggende spieren postmortaal krimpen met als gevolg dat het patroon postmortaal optreedt.

Door het inademen van hete lucht raken de luchtwegen geïrriteerd, met als gevolg dat er lokale roodheid kan worden waargenomen. Daarnaast neemt de slijmvorming toe. Bij geruime blootstelling aan hitte ontstaat er oedeem (vochtophopping in de weefsels). Deze kenmerken zijn relatief subtiel en ontstaan ook postmortaal. De verschijselen zijn niet specifiek voor vitaliteit. Het inademen van roet resulteert in roetafzetting in de keelholte, luchtpijp en tot in de luchtblaasjes (bronchiën). De roetdeeltjes vanuit de keelholte kunnen worden ingeslikt waardoor ze in de slokdarm en maag terecht komen. Roetdeeltjes kunnen postmortaal neerdalen in de keelholte, en door het daar aanwezige slijm worden getransporteerd naar hoog in de luchtpijp of de slokdarm. Als roet in de diepere delen wordt waargenomen dan wordt dit direct geassocieerd met vitaliteit. Echter, als het roet slechts hoog in de luchtpijp of slokdarm wordt waargenomen is dat indicatief. Roet in de keelholte wordt niet geassocieerd met vitaliteit.^{52, 53, 54}

Postmortaal ontstaan er ten gevolge van circulatiestilstand en zwaartekracht lijkvlekken (*livores*). Deze lijkvlekken zijn normaliter kort na overlijden rood en worden, naarmate de postmortale tijd verstrijkt, donkerder met een kleurverschuiving naar paars.⁵⁵ Opname van een hoge concentratie koolstofmonoxide of waterstofcyanide resulteert in een afwijkende kleur van de lijkvlekken, namelijk meer roze tot rozerood (ook wel kersrood genoemd in de literatuur). De afwijkende kleur van de lijkvlekken ontstaat door verschillen in oxidatie van het eiwit hemoglobine.^{56, 57} Overlijden ten gevolge van onderkoeling resulteert in een soortgelijke verandering van de kleur van de lijkvlek. Indien onderkoeling uitgesloten kan worden, ondersteunt het verschijsel roze tot rozerode *livores* de hypothese 'blootstelling aan (in dit geval de bijproducten van) brand bij leven' en is dit een aanleiding voor toxicologisch onderzoek.⁵⁸

48. Glassman & Crow, *JFS* 1996, 41 (v. 1), p. 152-154.

49. Zie noot 14, p. 260.

50. Dettmeyer et al., in: *Forensic Medicine: Fundamentals and Perspectives* 2013, p. 197.

51. Reijnders & Das, in: *De lijkschouw in de praktijk, met 424 afbeeldingen in kleur* 2012, p. 218.

52. Zie noot 39.

53. Zie noot 12, p. 658.

54. Houck & Siegel, in: *Fundamentals of Forensic Science* 2009, p. 190.

55. Catanese, in: *Color atlases of forensic medicine and pathology* 2010, p. 110.

56. Skopp, in: *Handbook of Forensic Medicine* 2014, p. 955.

57. DiMaio & Dana, in: *Handbook of forensic pathology* 2006, p. 24.

58. Bohnert et al., *Int. J. of Legal Med.* 2008, 122 (v. 2), p. 95.

Tabel 1. Overzicht van verschillende classificatiemethoden ten behoeve van het beoordelen van een brandlijk gekoppeld

peld aan de frequentie van aantreffen en de specialismen die een bijdrage kunnen leveren aan het onderzoek.
59 60 61

Classificatie Eckert <i>et al.</i> ⁵⁹			Classificatie Maxeiner ^{*60}		Classificatie Crow & Glassmann ⁶¹		
Type	Beschrijving	Frequentie van aantreffen	Niveau	Beschrijving	Level	Beschrijving	Specialisme
			Niveau I	TBSA < 50%	1	Aanwezigheid van blaren, verschroeide haren.	- Forensisch arts - Forensisch patholoog
			Niveau II	TBSA > 50%			
			Niveau III	TBSA < 75%			
			Niveau IV	TBSA ≥ 75%			
4	Verkoold lichaam, maar interne organen zijn intact.	Frequent	Niveau V	Verkoling, TBSA < 100%	2	Variërende mate van verkoling. Minimale aantasting van weke delen, bijvoorbeeld genitaliën en oren. Dislocatie van handen en/of voeten.	- Forensisch arts - Forensisch odontoloog
			Niveau VI	Verkoling, TBSA > 100%			
3	Partiële crematie, nog weke delen aanwezig.	Af en toe	Niveau VII	Verkoling, partiële crematie of aantasting van weke delen.	3	Grotere delen van lichaam, specifiek armen en benen, aangetast door de brand.	- Forensisch arts - Forensisch patholoog - Forensisch odontoloog - Forensisch antropoloog**
					4	Nog enkele weke delen resterend, schedel gescheiden van de romp en mogelijk gefragmenteerd.	
2	Incomplete calcinatie bestaande uit botfragmenten zonder weke delen.	Gebruikelijk			5	Gefragmenteerde skeletdelen zonder weke delen.	- Forensisch arts - Forensisch antropoloog
1	Complete calcinatie, alleen as.	Zeldzaam					

* Het niveau van weefselbeschadiging in deze tabel is gekoppeld aan de TBSA in verband met ontbrekende beoordelingsmatrix in originele artikel.

** In het geval dat er een biologisch profiel (waaronder geslacht en leeftijd) bepaald moet worden.

Microscopie

Het bij leven oplopen van letsel, zowel mechanisch als thermisch, resulteert in een weefselreactie die gepaard gaat met expressie van een scala van eiwitten (wondmediatoren) in het wondbed. Voor het beoordelen van vitaliteit van letsel is het bepalen van de aanwezigheid van de weefselreactie (histochemie) en dergelijke wondmediatoren (immunohistochemie) in het wondbed met behulp van microscopie essentieel.⁶² Immunologische markers maken het mogelijk om een uitspraak te doen over de posttraumatische overlevingstijd (letseldatering).⁶³ Microscopie kan helpen bij de beoordeling of brandletsel bij leven is opgelopen of dat het gaat om postmortaal letsel.

Er is een weefselmonster nodig om de weefselreactie microscopisch te kunnen beoordelen. Als er sprake is van een relatief klein aangedaan oppervlak, is het van belang om met name de grensgebieden tussen normaal en aangedaan weefsel in de breedte op te zoeken voor monstername. Bij thermische inwerking rondom het lichaam – wat kan ontstaan tijdens beweging van het individu of de brand –, is er geen grensgebied in de breedte aanwezig. In dat geval dient de grenszone opgezocht te worden in de diepte van het weefsel. Bij afwezigheid van een grenszone, of bij sterke verkoling van het lichaam, is uitsluitend over de vitaliteit van uitwendige letsels nagenoeg onmogelijk.

De weefselreactie wordt allereerst beoordeeld met behulp van histochemische kleuring, zoals Haematoxyline-eosine (H&E), AZAN en Masson Trichroom, al dan niet aangevuld

59. Zie noot 47.

60. Zie noot 46.

61. Zie noot 48.

62. Van de Goot, in: *Essentials of Autopsy Practice* 2008, p. 157-177.

63. Kondo, *Legal Medicine* 2007, p. 110-114.

met een IJzerkleuring.^{64,65,66,67} H&E dient als overzichts-kleuring waarmee bruikbare regio's aangemerkt kunnen worden voor vervolgonderzoek (immunohistochemie). Lokaal verhoogde activiteit van erythrocyten en/of leukocyten (rode en/of witte bloedcellen) is duidelijk waarneembaar in goed gepreserveerd weefsel en duidt op een vitale reactie. Dit is echter niet direct na blootstelling aan brand waarneembaar. Eveneens is het bekend dat leukocyten postmortaal nog migreren, zij het met een lagere kwantiteit maar wel met een voorkeur voor het aangedane gebied.⁶⁸ Verder is het mogelijk om met de H&E-kleuring oudere letsels te identificeren in het door hitte aangedane gebied. Een IJzerkleuring kan eventueel ingezet worden ter bevestiging hiervan of als het weefsel te beschadigd is voor de H&E-kleuring. AZAN is een bindweefselkleuring met hardere contrasten dan H&E en kan daarom worden ingezet voor samples waar H&E relatief weinig bindt.⁶⁹ De Masson-kleuring helpt bij de beoordeling of gebieden zijn blootgesteld aan thermische stress. Beschadigd collageen in bijvoorbeeld de huid kleurt rood. De roodkleuring kan echter ook het gevolg zijn van een blootstelling aan chemicaliën, zoals een zuur of postmortale thermische inwerking.⁷⁰ Ingebrand roet, eventueel gepaard met een weefselreactie, is met behulp van microscopie goed te beoordelen.

De aanwezigheid van pulmonale vetembolieën (vetbolletjes die in de bloedcirculatie terecht zijn gekomen door weefselschade) wordt geassocieerd met een verhoogde lichaamstemperatuur en is daarmee indicatief voor vitale blootstelling aan een verhoogde omgevingstemperatuur. Pulmonale vetembolieën worden zichtbaar met een Sudan-III-kleuring. Het ontstaan van pulmonale vetembolieën is echter eveneens afhankelijk van de duur van blootstelling en de mate van thermisch geïnduceerde weefselschade.^{71, 72, 73}

De slijm producerende epitheellaag van de keelholte, de luchtwegen en de slokdarm kan loslaten ten gevolge van de hitte-inwerking. Er kunnen afwijkende cellen in het epitheel waargenomen worden, waaronder rijen van cellen met een langgestrekte celkern en pseudogobletcellen (gobletcellen produceren slijm). Pseudogobletcellen worden in tegenstelling tot gobletcellen niet aangekleurd met een alcian-blauwkleuring.⁷⁴

Het effect van thermische stress op weefsel bij leven resulteert in een van mechanisch letsel afwijkende immunoreactie. Wondmediatoren die gebruikt worden voor standaard letseldatering, zoals de P-selectine, fibronectine en Factor VIII, blijken minder bruikbaar voor het

beoordelen van brandwonden.^{75, 76} Bij voldoende thermische inwerking worden eiwitten namelijk afgebroken, met als gevolg een vals-negatieve immunologische kleuring. Het is echter ook mogelijk dat bij een zeer beperkte thermische inwerking de immunologische kleuring een diffuus patroon van positiviteit toont. Dit ontstaat doordat eiwitten die normaliter in de cel aanwezig zijn zich door het kapotgaan van de cellen verspreiden over de ruimte tussen de cellen (de extracellulaire matrix); een effect dat eveneens postmortaal kan optreden. Dit bemoeilijkt de interpretatie van de immunoreactie.⁷⁷

Ondanks dat immunohistochemie een zeer gevoelige methode betreft waarmee mechanisch geïnduceerd letsel relatief nauwkeurig kan worden gedateerd, is het merendeel van de markers voor het beoordelen van thermisch geïnduceerd letsel ongeschikt. Desalniettemin wordt fibronectine wel sterk geassocieerd met vitaliteit, bijvoorbeeld in het geval van thermische schade aan de luchtwegen, en om die reden gebruikt.⁷⁸ Eveneens wordt de aanwezigheid van leukocyten (cytologie) en eiwitten (immunologie) in blaarvocht geassocieerd met vitaliteit. Hiervoor geldt echter dezelfde kanttekening als voor de overige immunologische onderzoeken.⁷⁹

Microscopisch gezien is de activiteit van erythrocyten, de aanwezigheid van pseudogobletcellen en de aanwezigheid van fibronectine ondersteunend voor de hypothese 'blootstelling aan brand bij leven'. Activiteit van leukocyten, aanwezigheid van pulmonaire vetembolieën en de aanwezigheid van leukocyten (cytologie) en eiwitten (immunologie) in blaarvocht zijn indicatief voor vitale blootstelling. Veel van deze kenmerken kunnen echter ook tot expressie zijn gekomen door het eerder oplopen van letsel of ten gevolge van een onderliggend ziektebeeld.

Toxicologie

De hypothese 'blootstelling aan brand bij leven' kan verder worden getoetst door uitgenomen lichaamsmateriaal te onderzoeken op niet-lichaamseigen stoffen met behulp van chemisch-analytisch onderzoek.^{80, 81} De concentraties hemoglobine-gebonden koolstofmonoxide (COHb) en cyanide (CN) kunnen worden gemeten. Echter, het is van belang om een drempelwaarde te hanteren, want beide gasen kunnen eerder ingeademd zijn en er is altijd een zeer lage concentratie in het lichaam aanwezig. Dit betreft achtergrondruis.⁸² Om onderscheid te

64. <http://stainsfile.info/StainsFile/stain/hematoxylin/h-and-e.htm>.

65. http://stainsfile.info/StainsFile/stain/conektv/tri_heidenhain.htm.

66. <http://stainsfile.info/StainsFile/stain/conektv/masson.htm>.

67. <http://stainsfile.info/StainsFile/stain/pigment/perls.htm>.

68. Ali, *Medicine, Science and the Law* 1988, p. 104-106.

69. Van de Goot et al., *Journal of Forensic Research* 2012, 3 (176), p. 4.

70. Chvapil et al., *Plastic Reconstructive Surgery* 1984, 73 (v. 3), p. 438-441.

71. <http://stainsfile.info/StainsFile/dyes/26100.htm>.

72. Inoue et al., *Legal Medicine* 2006, 8 (v. 4), p. 210-213.

73. Inoue et al., *Legal Medicine* 2009, 11 (v. 1), p. 2-3.

74. <http://stainsfile.info/StainsFile/dyes/74240.htm>.

75. Zie noot 62.

76. Van de Goot et al., *Journal of Burn Care and Research* 2009, 30 (v. 2), p. 274-280.

77. Grellner et al., *FSI* 1998, 97 (v. 2), p. 113-116.

78. Bohnert et al., *Int. J. of Legal Med.* 2010, 126 (v. 6), p. 587-588.

79. Zie noot 50, p. 196.

80. Dettmeyer in: *Forensic Histopathology: fundamentals and perspectives* 2011, p. 153.

81. Fanton et al., *FSI* 2006, 158 (v. 2), p. 91-93.

82. Ferrari & Giannuzzi, *FSI* 2015, 256, p. 46-52.

Tabel 2. Invloed van waargenomen verschijnsel op hypothesevorming aangaande vitaliteit ten tijde van de brand,

uitgegaan van hypothese 1: het slachtoffer is levend blootgesteld aan de brand.

Methode	Ondersteunend	Indicatief	Inconclusief	Ontkrachtend
<u>Macroscopie</u>				
Kraaienpoten gelaat			Positief/negatief	
Irritatie en oedeem luchtwegen**			Positief/negatief	
Roze tot rozerode livores*	Positief		Negatief	
Roet trachea/oesophagus		Positief	Negatief	
Roet bronchiën/gaster	Positief		Negatief	
<u>Microscopie</u>				
Erythrocyten	Positief		Negatief	
Leukocyten		Positief	Negatief	
Pseudogobletcellen**	Positief		Negatief	
Pulmonale vetembolieën**	Positief		Negatief	
(Immuun)histochemie**			Positief/negatief	
- Fibronectine**		Positief	Negatief	
Immunologie & cytologie blaarvocht**		Positief	Negatief	
<u>Toxicologie</u>				
COHb*	Positief		Negatief	
Waterstofcyanide	Positief		Negatief	
Afbraakproducten licht ontvlambare vloeistoffen	Positief		Negatief	

* In het geval dat er geen evidente bron van CO aangewezen kan worden, dient de macroscopische waarneming ondersteund te worden middels toxicologisch onderzoek.

** Worden in de praktijk niet toegepast.

maken tussen de achtergrondruis en eventueel ingeademde rookgassen zijn drempelconcentraties voorgesteld, namelijk 10% voor COHb en 0.25 µgr/ml voor CN.^{83, 84} In het geval dat er mogelijk gebruik is gemaakt van licht ontvlambare vloeistoffen dient eveneens longweefsel uitgenomen te worden voor onderzoek (met gaschromatografie). Als afbraakproducten van licht ontvlambare vloeistoffen in longweefsel worden aangetoond, is dat een ondersteuning van de hypothese 'blootstelling aan brand bij leven'.⁸⁵

Methoden beschouwd

In tabel 2 is aangegeven wat de aan- of afwezigheid van een verschijnsel betekent voor de opgestelde hypothesen. Slechts een deel van de kenmerken ondersteunt de hypothese 'blootstelling aan brand bij leven'. Voor enkele van de methoden die ondersteuning bieden, geldt dat enige posttraumatische overlevingstijd noodzakelijk is

om de vitale reactie waar te nemen, wat de kans op het aantreffen van deze kenmerken verkleint. Doordat het overige deel eveneens postmortaal kan ontstaan, is de ondersteuning voor de hypothese 'blootstelling aan brand bij leven' beperkt.^{86, 87} Door lichamelijke reacties op de omgevingsextremen kan het zo zijn dat kenmerken van vitaliteit niet tot uiting komen. Zo kan hitte-rigor ervoor zorgen dat er geen roet en hete lucht worden ingeademd, met als gevolg dat er geen histologische veranderingen, verhoogde koolmonoxide of cyanide optreden in het lichaam. Er zijn geen verschijnselen waarmee de contra-hypothese 'blootstelling aan brand heeft plaatsgevonden na overlijden' kan worden onderbouwd. Hierdoor is het onmogelijk om een uitspraak te doen in het geval van afwezigheid van positieve verschijnselen. Tot slot dient in aanmerking te worden genomen dat alle methoden zijn onderbouwd met behulp van retrospectieve populatiestudies en deductie. Dit leidt tot bias. Er is namelijk geen stellige zekerheid over de aanvangssituatie; het is in de praktijk te allen tijde onzeker of een overledene levend of dood is blootgesteld aan de brand. Empirische onderbouwing voor de verschijnselen is zeer beperkt tot afwezig.

83. Chaturvedi et al., *FSI* 2001, 121 (v. 3), p. 185-188.

84. Zie noot 37.

85. Zie noot 37.

86. Traber e.a., *Burns* 1988, 14 (v. 5), p. 357-364.

87. Brinkmann et al., *Virchows Archiv* 1978, 379 (v. 4), p. 299-311.

Bevindingen van de sectie in de rechtszaal

De bevindingen bij de sectie zijn op verschillende momenten in het strafproces van belang. De beantwoording door een deskundige van de vraag of het overlijden voor of tijdens de brand heeft plaatsgevonden, is onder andere bepalend voor de tenlastelegging. In vrijwel alle zaken kiest het Openbaar Ministerie voor een primair-subsidiaire tenlastelegging. Primair is het verwijt dan moord/doodslag en het verbergen van het lijk door brandstichting.⁸⁸ Subsidiair is het verwijt brandstichting de dood ten gevolge hebbende.⁸⁹ In beide gevallen kunnen de handelingen worden bestraft met maximaal levenslange gevangenisstraf. Het verschil tussen de beide tenlasteleggingen zit in het feit dat de primaire tenlastelegging (moord en verbergen van het lijk) kan worden gesplitst in twee strafbare feiten, waarbij ook de mogelijkheid bestaat dat slechts een van beide feiten bewezen kan worden. Een dergelijke splitsing is bij de subsidiaire tenlastelegging niet mogelijk. In de fase van de terechtzitting komen dezelfde vragen weer terug bij de vraag naar de bewezenverklaring.

Het tijdens de sectie niet aantreffen van roet in de luchtwegen wordt in diverse zaken aangedragen als argument dat het slachtoffer zou zijn overleden voor het uitbreken van de brand.^{90,91,92,93,94} De afwezigheid van roet betekent echter niet dat het slachtoffer reeds was overleden voor blootstelling aan de brand. In enkele zaken is de plaats van aantreffen van het roet, namelijk hoog of laag in de luchtwegen, niet gespecificeerd. Deze specificatie zou juist een extra aanwijzing kunnen geven voor het al dan niet in leven zijn van het slachtoffer ten tijde van de brand.^{95,96,97} In een enkele zaak is de afwezigheid van roet in de dieper gelegen delen van de luchtpijp gebruikt om een uitspraak te doen over de duur van blootstelling aan brand, in combinatie met de afwezigheid van COhb.⁹⁸ Dit valt echter niet te onderbouwen met de huidige wetenschappelijke inzichten en leidt derhalve tot een onjuiste conclusie met mogelijk onjuiste juridische gevolgen.

Het niet aantreffen van koolmonoxide of het aantreffen van een laag koolmonoxidegehalte in het bloed wordt gebruikt als extra aanwijzing voor overlijden voordat de brand is uitgebroken.^{99,100,101} Een laag koolmonoxidegehalte kan echter ook betekenen dat het slachtoffer rookte of nog (zeer) korte tijd heeft geleefd gedurende de brand. Regelmatig wordt een combinatie van argumenten, zoals een laag koolmonoxidegehalte en het ontbreken van roet in de luchtwegen, aangevoerd als reden

voor het aannemen van het overlijden voor de brand.^{102, 103, 104} De afwezigheid van macroscopische of microscopische beschadigingen aan de slijmvliezen wordt slechts incidenteel genoemd in de rechtspraak en wordt beschouwd als argument voor overlijden voor het uitbreken van de brand.¹⁰⁵ Er zijn echter eveneens omstandigheden die ertoe kunnen leiden dat deze verschijnselen niet optreden terwijl het individu wel levend werd blootgesteld aan de (gevolgen van de) brand, zoals het optreden van hitte-rigor. Een onderbouwing op basis van verschijnselen die niet zijn opgetreden houdt dus geen stand.

Gesteld kan worden dat het doen van meerdere positieve bevindingen bijdraagt aan de onderbouwing van een hypothese. Conclusief is geen van de verschijnselen. In de rechtspraak komt terughoudendheid bij de interpretatie door deskundigen niet naar voren. De bevindingen worden eerder gepresenteerd als feiten dan als bevindingen die passen bij een hypothese, en dus een bijdrage leveren aan de overtuiging van de rechter. Uiteindelijk is het aan de rechter om te bepalen of hij op basis van de bevindingen van de deskundige, tezamen met het overige bewijsmateriaal, de overtuiging heeft dat een bepaald scenario zich heeft voorgedaan.

In een aantal zaken is er meer bewijs te vinden bij een strafrechtelijke sectie dan alleen verschijnselen die te maken hebben met brand. Het waarnemen van aanzienlijk letsel wordt vaak beschouwd als verklaring voor een overlijden en daarmee wordt bepaald dat een persoon overleden is voordat een brand uitbrak.^{106,107} Het aantreffen van aanzienlijk letsel sluit niet uit dat het slachtoffer nog (net) in leven was ten tijde van de branduitbraak.

Conclusie

Het mag duidelijk zijn dat het onderzoek aan een thermisch aangedaan stoffelijk overschot gecompliceerd is. Het onderzoek dient te worden verricht door een schouwarts, ondersteund door forensisch(-medisch) specialisten. Forensische pathologie en toxicologie kunnen een bijdrage leveren aan de onderbouwing van de hypothese 'blootstelling aan brand bij leven'. Overige specialismen kunnen een bijdrage leveren aan de berging en identificatie. Alle verschijnselen die worden geassocieerd met vitaliteit hebben beperkingen die onder andere sterk afhankelijk zijn van de mate van thermische inwerking. Geen enkel verschijnsel is conclusief. Door meerdere verschijnselen van vitaliteit te combineren kan met meer zekerheid een uitspraak worden gedaan,

88. Art. 187, 189 en 151 Sr.

89. Art. 157 lid 3 Sr.

90. Rb. Amsterdam 19 september 2008, ECLI:NL:RBAMS:2008:BF1508.

91. Rb. Oost-Brabant 17 april 2014, ECLI:NL:RBOBR:2014:1908.

92. Hof 's-Hertogenbosch 26 juni 2017, ECLI:NL:GHSHE:2017:2856.

93. Rb. Zutphen 6 mei 2010, ECLI:NL:RBZUT:2010:BM3556.

94. Rb. Oost-Brabant 24 februari 2016, ECLI:NL:RBOBR:2016:719.

95. Rb. Rotterdam 3 oktober 2013, ECLI:NL:RBROT:2013:7738.

96. Hof 's-Hertogenbosch 14 juni 2011, ECLI:NL:GHSHE:2011:BQ8103.

97. Hof Den Haag 28 april 2016, ECLI:NL:GHDHA:2016:4250.

98. Rb. Midden-Nederland 30 oktober 2013, ECLI:NL:RBMNE:2013:5373.

99. Rb. Amsterdam 19 september 2008, ECLI:NL:RBAMS:2008:BF1508.

100. Rb. Zutphen 6 mei 2010, ECLI:NL:RBZUT:2010:BM3556.

101. Rb. Oost-Brabant 24 februari 2016, ECLI:NL:RBOBR:2016:719.

102. Rb. Amsterdam 19 september 2008, ECLI:NL:RBAMS:2008:BF1508.

103. Rb. Zutphen 6 mei 2010, ECLI:NL:RBZUT:2010:BM3556.

104. Rb. Oost-Brabant 24 februari 2016, ECLI:NL:RBOBR:2016:719.

105. Hof 's-Hertogenbosch 26 juni 2017, ECLI:NL:GHSHE:2017:2856.

106. Hof 's-Hertogenbosch 24 juni 2016, ECLI:NL:GHSHE:2016:2543.

107. Zie noot 92, ECLI:NL:GHSHE:2017:2856.

waarbij de individuele waarde van ieder verschijnsel wel gemotiveerd dient te worden. Er is in de rechtspraak geen ruimte voor ongegronde stelligheid. Om tot een zo goed mogelijk onderbouwde uitspraak op hypotheseniveau te komen is het advies dan ook om brandslachtoffers te allen tijde zo volledig mogelijk te onderzoeken. Dat houdt dus in: zowel een interne als een externe schouw, microscopie en chemisch-analytisch onderzoek.

Geraadpleegde literatuur

- Alarie, Y. (2002), 'Toxicity of fire smoke', *Critical Reviews in toxicology* 2002, 32 (4), p. 259-289.
- Ali, T.T. (1988), 'The role of white blood cells in post-mortem wounds', *Medicine, Science and the Law* 1988, 28 (2), p. 100-106.
- Blanco, G. & Blanco, A. (2017), *Medical Biochemistry*, Cambridge (MA), USA: Academic Press 2017.
- Bohnert, M., Werner, C.R. & Pollak, S. (2003), 'Problems associated with the diagnosis of vitality in burned bodies', *Forensic Science International* 2003, 135 (3), p. 197-205.
- Bohnert, M., Schulz, K., Belenkaia, L. & Liehr, A.W. (2008), 'Re-oxygenation of haemoglobin in livores after post-mortem exposure to a cold environment', *International Journal of Legal Medicine* 2008, 122 (2), p. 91-96.
- Bohnert, M., Anderson, J., Rothschild, M.A. & Böhm, J. (2010), 'Immunohistochemical expression of fibronectin in the lungs of fire victims proves intravital reaction in fatal burns', *International Journal of Legal Medicine* 2010, 124 (6), p. 583-588.
- Brinkmann, B. & Püschel, K. (1978), 'Heat injuries to the respiratory system', *Virchows Archiv* 1978, 379 (4), p. 299-311.
- Catanese, C. (ed.) (2010), *Color atlas of forensic medicine and pathology*, Boca Raton (FL), USA: CRC Press 2010.
- Chaturvedi, A.K., Smith, D.R. & Canfield, D.V. (2001), 'Blood carbon monoxide and hydrogen cyanide concentrations in the fatalities of fire and non-fire associated civil aviation accidents, 1991-1998', *Forensic Science International* 2001, 121 (3), p. 183-188.
- Chvapil, M., Speer, D.P., Owen, J.A. & Chvapil, T.A. (1984), 'Identification of the depth of burn injury by collagen stainability', *Plastic and Reconstructive Surgery* 1984, 73 (3), p. 438-441.
- Clark, C.J., Campbell, D. & Reid, W.H. (1981), 'Blood carboxyhaemoglobin and cyanide levels in fire survivors', *The Lancet* 1981, 317 (8234), p. 1332-1335.
- De Haan, J.D. & Icove, D.J. (2013), *Kirk's Fire Investigation: Pearson New International Edition*, Harlow, Essex: Pearson Higher Education 2013.
- Dettmeyer, R.B. (2011), *Forensic Histopathology*, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2011.
- Dettmeyer, R.B., Verhoff, M.A. & Schütz, H.F. (2013), *Forensic Medicine: Fundamentals and Perspectives*, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2013.
- DiMaio, V.J. & Dana, S.E. (2006), *Handbook of Forensic Pathology*, Boca Raton (FL), USA: CRC Press 2006.
- Duijst, W. & Krap, T. (2017), 'Lichamelijke integriteit bij leven en na de dood', *NJB* 2017 (14), p. 923-928.
- Eckert, W.G., James, S. & Katchis, S. (1988), 'Investigation of cremations and severely burned bodies', *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 1988, 9 (3), p. 188-200.
- Fanton, L., Jdeed, K., Tilhet-Coartet, S. & Malicier, D. (2006), 'Criminal burning', *Forensic Science International* 2006, 158 (2), p. 87-93.
- Ferrari, L.A. & Giannuzzi, L. (2015), 'Assessment of carboxyhemoglobin, hydrogen cyanide and methemoglobin in fire victims: a novel approach', *Forensic Science International* 2015, 256, p. 46-52.
- Gerling, I., Meissner, C., Reiter, A. & Oehmichen, M. (2001), 'Death from thermal effects and burns', *Forensic Science International* 2001, 115 (1), p. 33-41.
- Glassman, D.M. & Crow, R.M. (1996), 'Standardization model for describing the extent of burn injury to human remains', *Journal of Forensic Science* 1996, 41 (1), p. 152-154.
- Grellner, W., Dimmeler, S. & Madea, B. (1998), 'Immunohistochemical detection of fibronectin in postmortem incised wounds of porcine skin', *Forensic Science International* 1998, 97 (2), p. 109-116.
- Hayasaka, H., Kudou, Y., Kojima, H. & Ueda, T. (1988), 'Burning rate in a small compartment fire', *Fire Safety Science* 1988, 3, p. 273-282.
- Houck, M.M. & Siegel, J.A. (2009), *Fundamentals of Forensic Science*, Cambridge (MA), USA: Academic Press 2009.
- Houck, M.M. (2017), *Forensic Pathology*, Cambridge (MA), USA: Academic Press 2017.
- Inoue, H., Ikeda, N., Kudo, K., Tsuji, A. & Nata, M. (2006), 'Relationship between pulmonary fat embolism and core body temperature in rats with a severe fatty liver', *Legal Medicine* 2006, 8 (4), p. 210-213.
- Inoue, H., Ikeda, N., Tsuji, A., Kudo, K., Hanagama, M. & Nata, M. (2009), 'Pulmonary fat embolization as a diagnostic finding for heat exposure', *Legal Medicine* 2009, 11 (1), p. 1-3.

Kondo, T. (2007), 'Timing of skin wounds', *Legal Medicine* 2007, 9 (2), p. 109-114.

Krap, T., Nota, K., Wilk, L.S., Van de Goot, F.R., Ruijter, J.M., Duijst, W. & Oostra, R.J. (2017), 'Luminescence of thermally altered human skeletal remains', *International Journal of Legal Medicine* 2017, 131 (4), p. 1165-1177.

Langford, N.J. (2005), 'Carbon dioxide poisoning', *Toxicological reviews* 2005, 24 (4), p. 229-235.

Lentini, J.J. (2009), 'Fire: Dynamics and Pattern Production', *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*, Hoboken (NJ), USA: John Wiley & Sons 2009.

Livingston, E.H. & Lee, S. (2000), 'Percentage of burned body surface area determination in obese and nonobese patients', *Journal of Surgical Research* 2000, 91 (2), p. 106-110.

Madea, B. (ed.) (2014), *Handbook of Forensic Medicine*, Hoboken (NJ), USA: John Wiley & Sons 2014.

Maxeiner, H. (1988), 'Umstände und Befunde bei 202 Brandtodesfällen', *Beitr Gerichtl Med* 1988, 46, p. 313-325.

Reijnders, U.J.L. & Das, C. (2012), *De lijkschouw in de praktijk: met 424 afbeeldingen in kleur*, Houten: Prelum 2012.

Rutty, G.N. (ed.) (2008), *Essentials of Autopsy Practice: New Advances, Trends and Developments*, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2008.

Schmidt, C.W. & Symes, S.A. (eds.) (2015), *The analysis of burned human remains*. Cambridge (MA), USA: Academic Press 2015.

Schwerd, W. & Schulz, E. (1978), 'Carboxyhaemoglobin and methaemoglobin findings in burned bodies', *Forensic Science International* 1978, 12, p. 233-235.

Traber, D.L., Linares, H.A., Herndon, D.N. & Prien, T. (1988), 'The pathophysiology of inhalation injury – a review', *Burns* 1988, 14 (5), p. 357-364.

Tsokos, M. (ed.) (2004), *Forensic pathology reviews* (vol. 1), Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2004.

Van de Goot, F., Krijnen, P.A., Begieneman, M.P., Ulrich, M.M., Middelkoop, E. & Niessen, H.W. (2009), 'Acute inflammation is persistent locally in burn wounds: a pivotal role for complement and C-reactive protein', *Journal of Burn Care & Research* 2009, 30 (2), p. 274-280.

Van de Goot, F.R.W., Begieneman, M.P.V., Groen, M.W.J., Gerretsen, R.R.R. & Van Erp, M.A.J.J. (2012), 'Moisture Inhibits the Decomposition Process of Tissue Buried in Sea Sand: A Forensic Case Related Study', *J Forensic Res* 2012, 3 (176), p. 2.

Van de Goot, F.R. & Fronczek, J. (2017), 'The Dating of Injury; The Five Step Approach. A Clinical Method to Enlighten Forensic Aspects', in: Rutty, G.N. (ed.), *Essentials of Autopsy Practice*, Berlin/Heidelberg: Springer International Publishing 2017, p. 157-177.