

RIVM-rapport 340004001/2010

Zwerfrook en Alternatieven voor Rookruimten

A.Opperhuizen, A. Sleijffers, H. Cremers – RIVM
P. Jacobs, B. Knoll, W. Borsboom - TNO

Contact:
Antoon Opperhuizen
Laboratorium voor GezondheidsBeschermingsOnderzoek
antoon.opperhuizen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, in het kader van project Ventilatie en Horeca

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Zwerfrook en alternatieven voor rookruimten

Door het roken en smeulen van tabaksproducten ontstaat omgevingstabaksrook. Door TNO en RIVM is aan de hand van een aantal indicatorstoffen onderzocht hoeveel omgevingstabaksrook uit rookruimten van horecagelegenheden kan weglekken. De aanwezigheid van rookruimten in horecagelegenheden zorgt ervoor dat concentraties omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimten ongeveer een factor 10 tot 100 lager zijn dan in gelegenheden zonder rookverboden. Rookruimten in de negentien onderzochte Nederlandse horecagelegenheden kunnen de concentraties omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimte niet op het niveau brengen van volledig rookvrije horeca. De bezetting bij grote drukte, het gebruik van klapdeuren en het wegstromen van vervuilde lucht uit de rookkamer richting rookvrije ruimte door het aangelegde ventilatiesysteem, kunnen bijdragen aan aanzienlijke lekkage van zwerfrook, en dus belasting van de rookvrije ruimte. De gevonden concentraties in de rookvrije ruimten zijn ongeveer een factor 10 hoger dan in volledig rookvrije horeca.

Zwerfrook uit rookruimten zorgt voor achtergrondconcentraties omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimten. Er zijn alternatieven voor rookruimten beschikbaar en te ontwikkelen die deze achtergrondconcentraties in principe ook kunnen beperken. Om bij toepassing van deze alternatieve systemen de kwaliteit van de binnenlucht in horecagelegenheden te waarborgen, zou certificering toegepast kunnen worden op ontwerp, aanleg, onderhoud, gebruik en toezicht van deze systemen.

Trefwoorden: horeca, omgevingstabaksrook, nicotine, $PM_{2,5}$, ventilatie, luchtzuivering, zwerfrook, rookruimte, café, rookvrij, concentraties.

Abstract

Environmental tobacco smoke and alternatives for smoking rooms

Environmental tobacco smoke (ETS) is produced during smoking and smoldering of tobacco products. Based on several marker compounds TNO and RIVM have investigated how much ETS is leaking from smoking rooms into smoke free areas. The use of smoking rooms in the hospitality venues which have been investigated causes that ETS concentrations in smoke free areas of cafés are 10 to 100 times lower than those observed in hospitality industry where smoking is allowed. However, smoking rooms do not reduce ETS concentrations in the smoke free area to levels found in smoke free hospitality industry without smoking rooms. In particular high density of customers, de intensity of the smoking, the use of swing doors and transfer of smoke from the smoking room to the smoke free area by the ventilation system, are the cause of the 10 to 20 times elevated ETS concentrations.

ETS from smoking rooms thus causes background concentrations in the smoke free areas of hospitality industry. Alternatives for the use of smoking rooms are available or can be developed. These alternatives may in principle be able to reduce the ETS background concentrations to the same levels. Certification may help to ensure the quality of the indoor air with respect to ETS concentrations in the future. Certification should not be limited to design, manufacture and use of equipment however, since application, users density and control are of paramount importance.

Key words: hospitality industry, environmental tobacco smoke, nicotine, PM_{2,5}, ventilation, second hand smoke, smoking room, smoke free area, concentrations

Inhoud

SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	13
1.1 ACHTERGROND	13
1.2 AANLEIDING EN VRAAGSTELLING VAN DIT RAPPORT	14
DEEL 1: OMGEVINGSTABAKSROOK IN HORECAGELEGENHEDEN MET EEN AFGESCHIEDEN ROOKRUIMTE	16
2 MOGELIJKHEDEN OM OMGEVINGSTABAKSROOK KWANTITATIEF AAN TE TONEN 17	
2.1 SAMENSTELLING VAN OMGEVINGSTABAKSROOK	17
2.2 BLOOTSTELLING AAN OMGEVINGSTABAKSROOK	17
2.3 GEZONDHEIDSRISICO'S VAN OMGEVINGSTABAKSROOK IN RELATIE TOT GEZONDHEIDSRELEVANTE LUCHTKWALITEITSMARKERSTOFFEN	18
2.4 KWANTIFICERING VAN OMGEVINGSTABAKSROOK	19
2.4.1 <i>Markers voor omgevingstabaksrook</i>	19
2.4.2 <i>Gebruikte markers in context van rookverboden</i>	20
2.4.3 <i>De geurdrempel van omgevingstabaksrook</i>	21
2.5 HET METEN VAN MARKERS VOOR OMGEVINGSTABAKSROOK IN EXPERIMENTEEL ONDERZOEK	21
2.6 CONCLUSIE	21
3 HOEVEELHEDEN OMGEVINGSTABAKSROOK IN NEDERLANDSE HORECAGELEGENHEDEN MET EEN FYSIEK AFGESCHIEDEN ROOKRUIMTE	23
3.1 INLEIDING	23
3.2 OPZET VAN DE METINGEN OMGEVINGSTABAKSROOK IN NEDERLANDSE HORECAGELEGENHEDEN	23
3.3 CONCENTRATIES EN HOEVEELHEDEN OMGEVINGSTABAKSROOK IN NEGENTIEF NEDERLANDSE HORECAGELEGENHEDEN	24
3.3.1 <i>Metingen van omgevingstabaksrookmarkers in rookvrije ruimte van cafés</i>	24
3.3.2 <i>Metingen van omgevingstabaksrookmarkers in rookruimten van cafés</i>	27
3.4 KARAKTERISTIEK GEMIDDELD CONCENTRATIES VAN NICOTINE EN PM_{2,5} IN NEDERLANDSE CAFÉS 27	
3.5 CONCLUSIE VRAAG 4	29
4 VENTILATIE IN DE HORECA EN LEKKAGE VAN ZWERFROOK VANUIT ROOKRUIMTES	31
4.1 EISEN EN SYSTEMEN VOOR VENTILATIE	31
4.2 GEMETEN VENTILATIENIVEAUS	32
4.3 LEKKAGE VAN OMGEVINGSTABAKSROOK UIT ROOKRUIMTES	33
4.3.1 <i>Experimentele onderzoeksopzet</i>	33
4.3.2 <i>Onderzoeksprotocol</i>	33
4.4 MODELLERING VAN DE BINNENLUCHTKWALITEIT	36
4.4.1 <i>Fysische achtergrond en aannamen</i>	36
4.5 GEVOELIGHEIDSANALYSE	38
4.6 CONCLUSIE GEVOELIGHEIDSANALYSE	40
5 HOEVEELHEDEN OMGEVINGSTABAKSROOK IN DE HORECA	41

5.1	NICOTINE EN PM_{2,5} CONCENTRATIES IN HORECAGELEGENHEDEN	41
5.2	CONCENTRATIE ZWERFROOK BIJ ROOKRUIMTES	46
5.3	CONCLUSIES	48
DEEL 2: ALTERNATIEVEN VOOR ROOKRUIMTES		50
6 ZIJN ER OP DIT MOMENT ANDERE OPLOSSINGEN DAN AFGESLOTEN ROOKRUIMTEN		52
6.1	AANPAK.....	52
6.2	EXPERIMENTELE VENTILATIE EN LUCHTREINIGINGSSYSTEMEN	52
6.2.1	<i>Verhoogde verdunningsventilatie</i>	53
6.2.2	<i>Verdringingsventilatie</i>	54
6.2.2.1	Lokale verdringing	55
6.2.2.2	Verdringing en filtratie	57
6.2.2.3	Verdringing in rookruimten.....	58
6.2.2.4	Verdringingsventilatie in een proefopstelling bij de VLA	58
6.2.3	<i>Alternatieven voor de fysieke scheidingswanden met klapdeur</i>	61
6.2.4	<i>VLA-Luchtgordijn concept</i>	64
6.3	GEÏNTEGREERDE COMMERCIËLE SYSTEMEN - CABINES	66
6.4	CONCLUSIES	70
7 PRESTATIE-EISEN VOOR ALTERNATIEVEN VOOR ROOKRUIMTES		72
7.1	INLEIDING	72
7.2	VENTILATIE ALS ALTERNATIEF VOOR ROOKRUIMTEN	73
7.2.1	<i>Ventilatie in de horeca op basis van het Nederlandse Bouwbesluit</i>	73
7.2.2	<i>Ventilatie in de horeca op basis van ASHRAE advieswaarden</i>	74
7.2.3	<i>Kwilverilatie</i>	74
7.2.4	<i>Ventilatie als alternatief voor rookruimtes</i>	75
7.3	APPARATUUR EN FACILITEITEN GEBASEERD OP AFSCHIEDING DIE ROOKRUIMTES Zouden KUNNEN Vervangen	75
7.3.1	<i>Rookruimtes</i>	75
7.3.2	<i>Alternatieven voor rookruimtes gebaseerd op afscheiding</i>	77
7.4	CONCLUSIES	77
8 MOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN OM ALTERNATIEVEN VOOR ROOKRUIMTE IN DE HORECA ONDER EEN CERTIFICERINGSSYSTEEM TE BRENGEN		80
8.1	INLEIDING	80
8.2	KWALITEITSCRITERIA CERTIFICERING.....	80
8.3	POTENTIËLE MIDDELEN VOOR CERTIFICERING	81
8.4	AANPAK.....	82
8.4.1	<i>Vaststellen kritieke punten</i>	82
8.4.2	<i>Voorbeeld: rookcabine</i>	82
8.4.3	<i>Analyse bestaande, aanwezige certificeringssystemen</i>	84
8.4.4	<i>Vorstel procedure</i>	85
8.5	CONCLUSIES	86
9 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....		88
10 VERANTWOORDING.....		93

LITERATUUR.....	96
BIJLAGEN.....	103

Samenvatting

Omgevingstabaksrook bestaat uit duizenden stoffen, maar is aan te tonen door meting van nicotine en enkele andere tabaksrookspecifieke stoffen in lucht. Deze metingen vereisen naast gespecialiseerde luchtbemonstering ook analyse in een laboratorium, waardoor meetresultaten in de regel niet direct ter plaatse beschikbaar zullen zijn. Luchtbemonstering kan vaak worden beperkt tot enkele minuten omdat zeer kleine hoeveelheden nicotine en bijvoorbeeld 3-ethenylpyridine aangetoond kunnen worden in luchtmonsters. 'Fijn stof' (PM_{2,5}), dat ook wordt gevormd in tabaksrook, is eenvoudiger en directer te meten dan nicotine. Veranderingen in nicotineconcentraties correleren vaak met PM_{2,5} concentraties, waardoor PM_{2,5} concentraties tot op zekere hoogte gebruikt kunnen worden als indicator van omgevingstabaksrook. Naast tabaksrook zijn er echter ook andere bronnen van PM_{2,5} waardoor deze parameter niet altijd geschikt is. Vooral lage concentraties PM_{2,5} kunnen zijn beïnvloed door andere bronnen in het binnenmilieu (keukenactiviteiten, smeulende kaarsen, gebruik rookkanon in disco). Nicotine en PM_{2,5} zijn niet geschikt als indicatorstoffen als het gaat om de beoordeling van apparatuur die gebruikt kan worden om lucht te zuiveren van omgevingstabaksrook. Daarvoor zijn bepalingen nodig van veel meer kenmerkende stoffen uit omgevingstabaksrook.

In het eerste deel van het onderzoek is een experimentele studie verricht naar de hoeveelheden omgevingstabaksrook in horecagelegenheden waarin, in overeenstemming met de Tabakswet, fysiek afgescheiden rookruimten zijn ingericht. Dit onderzoek is verricht in negentien verschillende cafés op momenten dat deze normaal voor het publiek open waren en is erop gericht om de hoeveelheid zwerfrook die vrijkomt uit de rookruimten te bepalen. Metingen werden verricht in rookvrije ruimten en in de rookruimten waarbij concentraties PM_{2,5}, nicotine en 3-ethenylpyridine werden bepaald. Tevens werden metingen verricht aan ventilatie en luchtbehandeling, om inzicht te krijgen in de mate van verspreiding van omgevingstabaksrook (zwerfrook) vanuit de rookruimte naar de rookvrije ruimte. Ook werd de publieke bezetting bijgehouden en werd de intensiteit van het gebruik van de rookruimte geregistreerd.

De PM_{2,5} concentraties in rookvrije gedeelten hebben niet altijd een vaste verhouding met concentraties nicotine en 3-ethenylpyridine. De variatie in de concentraties PM_{2,5} in de rookvrije ruimten kan voor een deel worden verklaard door andere bronnen van fijn stof in de horecagelegenheden. Nicotine lijkt een betere indicatorstof voor omgevingstabaksrook, waarvoor ook samenhang wordt gevonden met andere indicatorstoffen van omgevingstabaksrook. Zo was de concentraties 3-ethenylpyridine systematisch ongeveer een factor 5,6 lager, wat een indicatie is dat tabaksrook de enige nicotinebron was. De gemiddelde concentratie nicotine in de rookvrije ruimte van de negentien horecagelegenheden bedroeg 7,7 µg m⁻³, met een range van 2,1-14,6 µg m⁻³. Uitsluiting van elf horecagelegenheden waarbij de deur van de rookkamer open stond en cafés waar vervuilde lucht vanuit de rookkamer naar de rookvrije ruimte stroomde ten gevolge van de gebruikte ventilatie in de rookkamer, resulteert in een gemiddelde nicotineconcentratie van 4,9 µg m⁻³ met een range van 2,4-7,4 µg m⁻³. Als de nicotineconcentratie onder de 7,4 µg m⁻³ was, dan was de PM_{2,5}concentratie meestal onder de 80-100 µg m⁻³.

Frequent deurgebruik of openstaande deuren, het optreden van overdruk in de rookruimte, de afwezigheid van luchtbehandelingen en hoge bezetting op bepaalde tijden waren factoren die de concentraties beïnvloedden. Zo werd soms bij hoge bezetting de rookruimte niet (meer) gebruikt omdat er onvoldoende ruimte en luchtverversingscapaciteit was. In sommige gevallen werd de deur open gehouden omdat er te veel rook in de rookruimte aanwezig was. Bij één gelegenheid werden bij het eerste bezoek geen nicotinemetingen verricht omdat door de grote drukte overal in het café werd gerookt. De hoogst gemeten concentraties omgevingstabaksrook werden, zoals verwacht, gemeten in situaties waarbij de rookkamer niet functioneel werd gebruikt.

De concentraties nicotine en 3-ethenylpyridine zijn ongeveer 10 tot 20 keer zo hoog als in volledig rookvrije horecagelegenheden (zonder rookruimten) worden aangetroffen. In drie rookvrije horecagelegenheden zijn nicotineconcentraties in de binnenlucht gemeten van 0,1-0,2 $\mu\text{g m}^{-3}$, terwijl $\text{PM}_{2,5}$ concentraties onder de 40 $\mu\text{g m}^{-3}$ lagen. Dergelijke concentraties voor nicotine, 3-ethenylpyridine en $\text{PM}_{2,5}$ worden ook in de internationale literatuur gerapporteerd voor rookvrije horeca. Uit de literatuur is bekend dat in cafés zonder rookruimte en waar gewoon wordt gerookt, concentraties vaak nog een factor 10 tot 100 hoger zijn. Nicotineconcentraties boven de 200 $\mu\text{g m}^{-3}$ zijn geen uitzondering, terwijl concentraties $\text{PM}_{2,5}$ van 1000 $\mu\text{g m}^{-3}$ of meer zijn gerapporteerd. Ook in de rookruimten van de Nederlandse cafés werden in het onderhavige onderzoek concentraties nicotine, 3-ethenylpyridine en $\text{PM}_{2,5}$ gemeten die soms 100 keer zo hoog waren als in het rookvrije gedeelte.

In het tweede deel van het onderzoek is een inventarisatie gemaakt van systemen die mogelijk gebruikt zouden kunnen worden als alternatief voor rookruimten. Uit een literatuurinventarisatie van alternatieven voor het gebruik van rookruimten valt allereerst op dat de echte functionaliteit van systemen in de literatuur vaak niet is gerapporteerd. Met ventilatie kan de gemiddelde concentratie van omgevingstabaksrook worden verlaagd, waarbij met verdringingsventilatie betere resultaten geboekt kunnen worden dan met klassieke verdunningsventilatie. Zoals al eerder door TNO en RIVM (2004, ref 1) werd geconcludeerd, zal met verdunningsventilatie nooit een reductie van concentraties in binnenruimten worden bereikt die vergelijkbaar is met een reductie die met fysiek gescheiden rookruimten kan worden bereikt. Verdringingsventilatie die in de literatuur beschreven zijn zullen waarschijnlijk vanwege de kleine afstanden tussen rokers en niet-rokers (wat samenhangt met de bezetting) en versturende bewegingen, zoals bewegende mensen, opengaande deuren en ramen relatief grote ventilatiestromen vereisen zodat het praktisch gezien door de grootte van de benodigde apparatuur geen realistische optie is voor cafés.

Eerste verkennende metingen in een proefopstelling van de Vereniging van Luchttechnische Apparaten (VLA) waarin kwelventilatie was aangelegd, resulteerde in concentraties nicotine in die ruimte tijdens het roken van sigaretten die in de zelfde range lagen als die gemeten in rookvrije ruimten in de horeca. Dit experimentele concept lijkt met name relevant voor ruimten met een hoge bezettingsgraad. Of dit concept ook onder praktijksituaties functioneel kan zijn, zou nader onderzocht en getest moeten worden. Kansrijk zijn verder vooral systemen waarbij, net als bij rookruimten, rookzone en rookvrije zone ruimtelijk gescheiden zijn, waarbij de doorstroomopening klein is tussen rookruimte en rookvrije ruimte of waarbij wordt gebruikgemaakt van luchtzuivering. In alle gevallen is het van belang dat er geen ongezuiverde lucht van rookgedeelte in rookvrije ruimte komt omdat anders het principe van de scheiding van zones wordt gehinderd. Alternatieven voor rookruimten zouden geïntegreerde commerciële systemen kunnen zijn indien de functionaliteit is aangetoond, en het gebruik is afgestemd op het aantal bezoekers, het aantal rokers en de beschikbare ventilatie en luchtbehandeling in de rest van de horecagelegenheid.

Op basis van het experimentele onderzoek en een gevoeligheidsanalyse is duidelijk dat de hoeveelheden zwerfrook door een aantal factoren bepaald worden. Lekkage wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de gebruikte deur. Het gebruik van bijvoorbeeld afscheidingen zonder klapdeur, zoals een luchtgordijn of zelfs lamelsystemen, zouden in principe tot minder lekkage aanleiding kunnen geven. In sommige gevallen waarin natuurlijke ventilatieopeningen waren aangelegd in de rookkamers was er spraken van een luchtstroom van vuile rookruimte naar schone rookvrije ruimte. Beperking of opheffing van deze luchtstroom verlaagt de concentraties omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimte. Bij de selectie en het praktische gebruik van alternatieve systemen zou rekening moeten worden gehouden met de bezetting en het aantal rokers. Het is in principe mogelijk om eisen op te stellen waaraan alternatieven voor rookruimten zouden moeten voldoen, maar dit betekent dat er prestatie-indicatoren voor de beoogde luchtkwaliteit opgesteld moeten worden. Controle en inspectie van deze eisen zullen betekenen dat taken voor de handhaving en toezicht meer expertise en capaciteit vergen.

Inspectie kan zich dan niet beperken tot het controleren van een certificeringsysteem van de apparatuur; dit omdat het functioneel ter beschikking hebben van geschikte apparatuur geen garantie is voor oordeelkundig ontwerp, toepassing, gebruik en onderhoud. Inspectie zal zich dus in principe ook moeten blijven richten op deze aspecten, eventueel aangevuld met prestatiemetingen op basis van luchtkwaliteitsmetingen van nicotine of andere stoffen uit omgevingstabaksrook.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het roken van tabak is wereldwijd een belangrijke vermijdbare oorzaak van verschillende ziekten en sterfte. De schadelijkheid en de risico's van het roken van tabak zijn niet beperkt tot de roker zelf. De rook die door de roker wordt uitgeblazen en de rook van smeulende tabak vormen samen omgevingstabaksrook. Al jarenlang is bekend dat de blootstelling aan omgevingsrook (ook wel passief roken of meeroken genoemd) schadelijk is. Meeroken verhoogt, net als actief roken, de kans op longkanker, hart- en vaatziekten, chronische luchtwegziekten en andere ziekten.

Op internationaal niveau wordt door middel van het Kaderverdrag inzake Tabakscontrole 'Framework Convention on Tobacco Control', dat inmiddels is ondertekend door 168 landen (waaronder de EU en Nederland), erkent dat 'scientific evidence has unequivocally established that exposure to tobacco smoke cause death, disease and disability'. Met ondertekening van dit verdrag heeft Nederland zich verplicht tot het invoeren van maatregelen om mensen te beschermen voor blootstelling aan omgevingstabaksrook op de werkplek, in het openbaar vervoer en in publiek toegankelijke ruimten, zoals beschreven in artikel 8 van de FCTC.

In de Nederlandse tabakswet zijn wettelijke maatregelen ingevoerd om blootstelling aan tabaksrook te voorkomen. Sinds 1 januari 2004 is er een rookverbod op de werkplek en in het openbaar vervoer. Met de invoering van het rookverbod op de werkplek werd een uitzondering gemaakt voor de publiek toegankelijke delen van de horeca-, sport-, en kunst/cultuursector. Daarmee waren werknemers in cafés en restaurants dus niet beschermd tegen de schadelijke effecten van omgevingstabaksrook zoals beschreven in artikel 11a, lid 1:

'Werkgevers zijn verplicht zodanige maatregelen te treffen dat werknemers in staat worden gesteld hun werkzaamheden te verrichten zonder daarbij hinder of overlast van roken door anderen te ondervinden.'

Met ingang van 1 juli 2008 is deze uitzondering komen te vervallen en mag er niet meer worden gerookt in de horeca-, sport- en kunst/cultuursector. Roken is alleen nog toegestaan in 'rookruimten', 'privé-ruimten' en in de open lucht.

De Voedsel- en Warenautoriteit (VWA) is belast met het toezicht op de naleving van de Tabakswet en is gerechtigd bestuurlijke boetes uit te delen bij overtreding van de wet. Handhaving van de rookverboden op de werkplek en in de horeca vindt plaats door onaangekondigde inspecties, uitgevoerd door controleurs van de VWA. Om het rookverbod te controleren wordt nagegaan of het rookverbod correct is ingesteld, aangeduid en gehandhaafd, of er sprake is van een rookbeleid (geheel rookvrij, rookvrij met rookruimten) en of alle openbare ruimten en werkplekken rookvrij zijn. Als er een rookruimte is ingericht, wordt nagegaan of deze voldoet aan de wettelijk gestelde eisen (afgesloten ruimte, aangeduid als rookruimte, geen hinder en overlast in de aangrenzende ruimten, geen werkzaamheden/bediening in deze ruimte). De handhaving van de rookverboden is momenteel aldus gebaseerd op sensorische waarneming (kijken, ruiken).

1.2 Aanleiding en vraagstelling van dit rapport

Ook na de invoering van het rookverbod per 1 juli 2008 in de horeca-, sport- en kunst/cultuursector zijn er nog uitzonderingen. Deze houden in dat het toegestaan is om te roken in speciaal daarvoor ingerichte afgesloten rookruimten en buiten op overdekte terrassen, zolang er één zijde open is. Met de huidige toegestane uitzonderingen is het denkbaar dat de rook die ontstaat in rookruimten en op terrassen door de deuren die in verbinding staan met de rookvrije ruimte toch zal leiden tot enige mate van blootstelling aan omgevingstabaksrook.

Naar aanleiding van bovenstaande heeft de Directeur Generaal Volksgezondheid van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport bij brief op 13 november 2009 opdracht gegeven aan RIVM en TNO om onderzoek uit te voeren naar 'Zwerfrook en alternatieven voor rookruimten'.

De opdracht omvat acht hoofdvragen:

- 1) **Welke stoffen kunnen het beste worden gebruikt als indicatorstoffen voor omgevingstabaksrook?**
- 2) **Wat is aan de hand van deze indicatorstoffen bekend over de hoeveelheid tabaksrook die vanuit een afgesloten rookruimte naar de rookvrije ruimte kan ontsnappen (hierna te noemen: 'zwerfrook') en wat is de gezondheidskundige betekenis hiervan?**
- 3) **Kunnen op basis van diverse praktijksituaties in horecagelegenheden met rookruimten op dit moment gemiddelden en maxima voor deze indicatorstoffen worden vastgesteld?**
- 4) **Zo ja, wat zijn deze?**
- 5) **Kunnen deze gemiddelden en maxima aan bestaande (gezondheidskundige) normen worden getoetst?**

Deze vraag is eerder door het RIVM beantwoord en is onderwerp van een ander rapport door de Commissie van Toezicht van het RIVM.

- 6) **Zijn er op dit moment andere oplossingen dan afgesloten rookruimten beschikbaar waarbij gegarandeerd kan worden dat de blootstelling aan zwerfrook beneden deze gemiddelden en maxima blijft?**
- 7) **Is voor dergelijke (bestaande en/of toekomstige) oplossingen een afdoende certificeringssysteem te ontwikkelen? Zo ja, hoe zou dit systeem er dan uit moeten zien en op welke termijn kan zo'n systeem beschikbaar zijn?**
- 8) **Zijn dergelijke oplossingen, na certificering, gelijkwaardig (te maken) aan rookruimten zowel wat betreft toepassing in de praktijk als wat betreft gezondheidsbescherming en handhaafbaarheid?**

In deze rapportage wordt ingegaan op de 8 vragen met uitzondering van vraag 5. Deze vraag werd eerder beantwoord door het RIVM en zal ook nog in een aparte rapportage worden beantwoord door de Commissie van Toezicht van het RIVM.

Het onderhavige rapport heeft twee delen. Het eerste deel betreft concentraties en hoeveelheden omgevingstabaksrook die in horecagelegenheden aanwezig zijn, waarbij de aandacht vooral uitgaat naar de hoeveelheden die aanwezig zijn als in lijn met de huidige Tabakswet rookruimten zijn ingericht in de horecagelegenheid. In het tweede deel wordt ingegaan op de functionaliteit van mogelijke alternatieven voor de toegestane rookruimten.

Ter introductie van het eerste deel wordt in hoofdstuk 2 eerst uiteengezet wat de mogelijkheden zijn om de hoeveelheid omgevingstabaksrook kwantitatief te meten (betreffende vraag 1). In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op hoeveelheden omgevingstabaksrook die in Nederlandse café's zijn bepaald in experimenteel onderzoek in negentien horecagelegenheden. In hoofdstuk 4 wordt beschreven, onder

meer op basis van metingen en modellering van de ventilatie en luchtzuivering, hoe de functionaliteit van rookruimten in horecagelegenheden is. Op basis daarvan wordt het eerste deel van vraag 2 beantwoord: Wat is aan de hand van deze indicatorstoffen bekend over de hoeveelheid tabaksrook die vanuit een afgesloten rookruimte naar de rookvrije ruimte kan ontsnappen (hierna te noemen: ‘zwerfrok’). Op basis van de Hoofdstukken 3 en 4 wordt in Hoofdstuk 5 de vraag beantwoord wat karakteristieke waarden van omgevingstabaksrook zouden kunnen zijn (vraag 4), hoe deze waarden zich verhouden met rapportages uit andere studies en onder andere omstandigheden (vraag 3), en wat de gezondheidkundige betekenis is van zwerfrok in rookvrije ruimten (tweede deel vraag 2). In deel twee van het rapport wordt in Hoofdstuk 6 eerst een schets gegeven van apparatuur en installaties als mogelijk alternatief voor rookruimten die op de Nederlandse markt verkrijgbaar zijn (vraag 6). Hierbij wordt ingegaan op de achterliggende technologie en de mogelijke functionaliteit. In Hoofdstuk 7 wordt nagegaan of, en onder welke condities, deze apparatuur gebruikt kan worden om in horecagelegenheden de luchtkwaliteit te brengen op de karakteristieke niveaus die in Nederlandse horecagelegenheden worden gevonden (vraag 8). In Hoofdstuk 8 wordt nagegaan of certificeringssystemen een oplossing of bijdrage kunnen leveren voor toepassingen van alternatieven voor rookruimtes in de horeca. Ten slotte worden in Hoofdstuk 9 conclusies getrokken over alle vragen en worden aanbevelingen gedaan.

DEEL 1: Omgevingstabaksrook in horecagelegenheden met een afgescheiden rookruimte

2 Mogelijkheden om omgevingstabaksrook kwantitatief aan te tonen

2.1 Samenstelling van omgevingstabaksrook

Omgevingstabaksrook is een mengsel van rook die de roker uitademt (uitgeademde hoofdstroomrook) en de rook die vrijkomt bij het smeulen van tabak (nevenstroomrook), en die snel verdund raakt in de omgevingslucht (1, 2). Een sigaret wordt meestal in zeven tot tien trekken opgerookt. De smeulfase tussen de inhalaties draagt meestal meer bij aan omgevingstabaksrook dan de uitgeademde lucht van een roker. Bij het roken van tabaksproducten komen enkele duizenden gasvormige stoffen in de lucht, deels door verdamping en deels door (onvolledige) verbranding. Daarnaast komen er ook deeltjes in de lucht, zoals asresten en onverbrande tabak. Tot slot ontstaan er deeltjes tijdens het rookproces door coagulatie en sublimatie van rookgassen. De stoffen afkomstig van de verbranding van tabak en aanwezig in omgevingstabaksrook kunnen gebonden zijn aan deeltjes of kunnen als gas voorkomen (1). Omgevingstabaksrook bevat meer dan vierduizend stoffen, waarvan minstens zestig kankerverwekkend kunnen zijn volgens de classificatie van IARC (2, 3). Bovendien is omgevingstabaksrook zelf ook aangemerkt als carcinogeen agens. Naast de kankerverwekkende stoffen bevat omgevingstabaksrook talloze stoffen die schadelijk zijn voor hart en bloedvaten en voor de longen. Tevens bevat omgevingstabaksrook irriterende stoffen, zoals acroleïne.

Door diverse chemische en fysische processen, zoals het verdampen vanuit de deeltjes- naar de gasfase en het hechten aan oppervlakken, verandert de samenstelling van dit rookmengsel in de loop van de tijd (2-5). De samenstelling van omgevingstabaksrook varieert, afhankelijk van hoe de roker zijn tabaksproducten rookt, evenals van de samenstelling van de gerookte tabaksproducten (1). Bovendien verandert de samenstelling snel in de tijd. Met name rook van smeulende producten verandert snel in samenstelling door chemische en fysisch-chemische processen in de lucht. In uitgeademde hoofdstroomrook, nevenstroomrook en omgevingstabaksrook komen nagenoeg dezelfde stoffen voor, maar sommige stoffen komen in veel grotere hoeveelheden voor in nevenstroomrook (en dus in omgevingstabaksrook) dan in hoofdstroomrook. Voorbeelden hiervan zijn ammonia (40-170x hoger), stikstofoxide (4-10x hoger) en bepaalde kankerverwekkende stoffen (benzeen 10x; nitrosaminen 6-100x; aniline 30x) (4). Ook nicotine komt kwantitatief veel meer voor in omgevingstabaksrook dan in hoofdstroomrook. Een roker inhaleert per sigaret ongeveer 1 mg nicotine, terwijl in de omgeving ongeveer het vijf tot tienvoudige vrij kan komen (6).

2.2 Blootstelling aan omgevingstabaksrook

De concentratie van omgevingstabaksrook in het binnenmilieu is afhankelijk van (i) de intensiteit van het roken, wat bepaald is door het aantal rokers en hun rookgedrag, (ii) de verdunning, wat bepaald is door ventilatie en het volume van de ruimte waarin gerookt wordt, en (iii) door luchtzuivering en andere processen die rook verminderen in een binnenmilieu. De concentraties worden beïnvloed door de mate van ventilatie in de ruimte en de snelheid van luchtzuivering. Daarnaast ontstaan verschillen in concentratie in de loop van de tijd doordat bepaalde stoffen adsorberen aan oppervlakken en weer vrijkomen in de lucht (re-emissie), ook wanneer er niet wordt gerookt.

Omgevingstabaksrook is zelfstandig niet te kwantificeren, aangezien deze uit heel veel verschillende stoffen bestaat. Daarom worden één of enkele rookcomponenten gebruikt om de hoeveelheid

omgevingstabaksrook te kwantificeren in ruimten. Deze worden ook wel indicatorstoffen of markers genoemd. De vluchtige stoffen komen voornamelijk voor in de gasfase, terwijl de minder vluchtige stoffen in de deeltjes voorkomen. Daarom worden meestal twee soorten markers gebruikt, één om de vaste fase van de omgevingstabaksrook te karakteriseren en één om de gasfase te karakteriseren. Markers die veel worden gebruikt om omgevingstabaksrook te meten in binnenmilieu zijn nicotine, 3-ethenylpyridine (een verbrandingsproduct van nicotine), koolmonoxide, benzeen en deeltjes. De laatste drie zijn niet tabakspecifiek en ontstaan ook bij andere verbrandingsprocessen. Het aantonen van indicatorstoffen voor omgevingstabaksrook is een indicatie dat de binnenlucht is verontreinigd met omgevingstabaksrook, waarbij de concentraties van deze markers indicatief kunnen zijn voor de hoeveelheid omgevingstabaksrook in de lucht.

2.3 Gezondheidsrisico's van omgevingstabaksrook in relatie tot gezondheidsrelevante luchtkwaliteitsmarkerstoffen

Van veel stoffen in omgevingstabaksrook is inmiddels bekend of wordt vermoed dat ze schadelijk zijn voor de gezondheid. Bepaalde stoffen leiden tot irritaties van de ogen en luchtwegen, andere stoffen zijn toxisch, mutageen, carcinogeen of teratogeen. Stoffen die irritaties van de zintuigen en de luchtwegen geven en die voorkomen in omgevingstabaksrook zijn onder meer ammonia, acroleïne, koolstofmonoxide, formaldehyde, blauwzuur, nicotine, stikstofoxide, fenol, zwaveldioxide en acetaldehyde (3, 4). Naast irriterende stoffen bevat omgevingstabaksrook meer dan zestig kankerverwekkende stoffen. Hiertoe behoren 35 verschillende soorten polycyclische koolwaterstoffen, waaronder benzo(a)pyreen dat tumoren aan de bovenste luchtwegen en aan de long veroorzaakt. Ook aromatische amines (o.a. 4-aminobiphenyl; blaaskanker), *N*-nitrosamines (o.a. NNK; longkanker) en bepaalde aldehyden behoren tot de groep van carcinogenen die voorkomen in omgevingstabaksrook (4, 5).

Van de meeste van deze klassen van stoffen bestaan geen veilige ondergrenzen voor blootstelling. Dit betekent dat het vrijkomen van deze stoffen in ruimten (ook al is dit soms in kleine hoeveelheden) resulteert in verhoging van de gezondheidsrisico's. Voor veel stoffen in tabaksrook zijn onvoldoende toxicologische gegevens om vast te kunnen stellen bij welke concentratie een bepaald effect optreedt. Bovendien kunnen de hoge piekbelasting en de combinatie van blootstelling aan verschillende stoffen aanmerkelijke gezondheidsrisico's geven. Potentiële effecten kunnen tijdelijk zijn (zoals irritaties) maar ook irreversibel (zoals genetische mutaties). De precieze effecten van blootstelling aan omgevingstabaksrook en al zijn componenten zijn dan ook kwantitatief moeilijk aan te geven, al is wel duidelijk dat er geen veilige ondergrens is aan te geven (1-8). Een goede kwantitatieve dosis-effect relatie is moeilijk te onderzoeken met omgevingstabaksrook. Toch is er recent (8) op gewezen dat een dergelijke relatie waarschijnlijk erg steil is bij kleine concentraties, en afvlakt bij hogere blootstellingen. Dat houdt in dat kleine verhogingen van de blootstelling kunnen resulteren in sterke effecten. Ook betekent dit dat kleine verminderingen van blootstellingen tot sterke reducties van de risico's kunnen leiden.

Om omgevingstabaksrook te kwantificeren is er een aantal markers die al jaren onderzoeksmatig gebruikt wordt, zoals nicotine, 3-ethenylpyridine voor de gasfase en PM_{10} en $PM_{2,5}$ voor de deeltjesfase. Met deze markers kan de aanwezigheid van omgevingstabaksrook worden aangetoond. Deze markers zijn echter niet echt representatief voor andere stoffen in omgevingstabaksrook, zoals tabakspecifieke nitrosamines en de polycyclische koolwaterstoffen, doordat het fysisch-chemisch gedrag per stof verschilt. Markerstoffen voor omgevingstabaksrook kunnen wel worden gebruikt om een indicatie te geven van de kwantitatieve aanwezigheid van omgevingstabaksrook. Zij kunnen echter niet worden gebruikt als indicator voor de potentiële effecten van omgevingstabaksrook. Nicotine, $PM_{2,5}$ of andere markerstoffen van omgevingstabaksrook geven dus geen indicatie van de effecten van

omgevingstabaksrook, en moeten daarom niet worden vergeleken met norm-, advies- of effectconcentraties van deze individuele componenten, omdat het slechts markerstoffen zijn voor de aanwezigheid van duizenden andere stoffen.

2.4 Kwantificering van omgevingstabaksrook

Voor een kwantificering van omgevingstabaksrook wordt aangeraden zowel een marker uit de gasfase als een marker uit de deeltjesfase te gebruiken (9). Een goede en bruikbare marker voor omgevingstabaksrook is een stof uit de rook die specifiek is voor tabak, die gemakkelijk is te bepalen in lucht, die te meten is in lage concentraties en die bovendien correleert met andere rookcomponenten voor alle tabaksproducten. Er zijn inmiddels een aantal markers voor omgevingsrook beschikbaar, maar elke marker heeft zijn beperkingen, zoals fotodegradatie, variabiliteit in aanwezigheid in de gas- en deeltjesfase, of adsorptie- en re-emissie-snelheden die verschillen van andere rookcomponenten (6). Hierdoor wordt geen enkele marker representatief bevonden voor alle componenten in omgevingstabaksrook (1,2,6). Een combinatie van een aantal markers die specifiek zijn voor tabak en de twee fasen (gas en deeltjes) van tabaksrook is op dit moment waarschijnlijk de juiste oplossing om de hoeveelheid rook in een ruimte te kwantificeren.

2.4.1 Markers voor omgevingstabaksrook

Nicotine en deeltjes, zoals RSP¹, PM₁₀² of PM_{2,5}³, zijn de meest gebruikte markers voor het meten van omgevingstabaksrook voor respectievelijk de gasfase en de vaste deeltjesfase. PM₁₀, deeltjes kleiner dan 10 micrometer, zijn niet specifiek voor tabak, want andere bronnen, zoals verkeer en koken, dragen ook bij aan de concentratie PM₁₀. De laatste jaren wordt de voorkeur gegeven aan het meten van PM_{2,5}. Hoewel PM_{2,5} ook niet specifiek is voor tabak, wordt de gemeten hoeveelheid PM_{2,5} voor een groot deel bepaald door het roken van tabaksproducten. Reden hiervoor is dat omgevingstabaksrook net als andere producten van verbranding, uit een grote hoeveelheid heel kleine deeltjes bestaat met een diameter van ongeveer 2 µm (10). Eventueel andere bronnen van PM_{2,5} zijn koken, het branden van kaarsen en bepaalde chemische reacties (bijvoorbeeld terpenen en ozon) (11). Om de bijdrage van tabak aan RSP te meten en daarmee de specificiteit van deze methode te verhogen, worden ook de ultraviolet-absorptie (UVPM), de fluorescentie (FPM) en het niet-vluchtige tabakspecifieke solanesol (SolPM) gemeten. Voor het meten van UVPM, FPM en SolPM zijn ISO-methodes beschikbaar (12, 13).

Nicotine is en wordt nog steeds het meest gebruikt als marker voor omgevingstabaksrook. Nicotine komt voor een belangrijk deel in de gasfase voor en heeft het voordeel dat het specifiek is voor tabak en in grote hoeveelheden voorkomt in omgevingstabaksrook. Het nadeel is dat het adsorbeert aan oppervlakken en weer vrijkomt in de lucht ook wanneer er niet wordt gerookt. Een betere marker dan nicotine lijkt 3-ethenylpyridine, het verbrandingsproduct van nicotine (10). Het vertoont ook adsorptie aan oppervlakken, maar in mindere mate dan nicotine. Uit sorptiestudies van toxische stoffen uit sigarettenrook blijkt dat nicotine alleen een goede marker is om omgevingsrook te meten in binnenruimtes waar veel en vaak wordt gerookt. Alleen onder deze condities kan er een evenwicht ontstaan tussen adsorptie en re-emissie van nicotine; niet wanneer in de ruimte weinig en onregelmatig wordt gerookt (14-16). In een studie bij zestig horecagelegenheden in Engeland vinden Carrington et al. dat de verdeling van nicotine tussen de rook- en rookvrije ruimten erg afwijkt van andere markers in omgevingsrook (RSP, UVPM, FPM en SolPM) en zij concluderen eveneens dat nicotine een minder

¹ respirable suspended particles: deeltjes die geïnhaaleerd kunnen worden tot in de diepere luchtwegen

² particulate matter kleiner dan 10 micrometer

³ particulate matter kleiner dan 2,5 micrometer

geschikte marker is (17). Voor zowel nicotine als 3-ethenylpyridine is een ISO-methode beschikbaar (18). Uit een studie naar 37 chemische stoffen (waaronder nicotine, 3-ethenylpyridine, koolmonoxide, PM_{2,5}) uit sigarettenrook uitgevoerd in een testruimte door Xie et al. (2003) leek 2,5-dimethylfuraan de beste marker te zijn, omdat het weinig variatie vertoont tussen verschillende soorten en merken sigaretten (19). Daarnaast correleert 2,5-dimethylfuraan goed met verschillende andere componenten van omgevingstabaksrook. Charles et al. (2008) onderzochten 2,5-dimethylfuraan in de sigarettenrook van verschillende merken (20). Hieruit bleek dat 2,5-dimethylfuraan voldoet aan alle eigenschappen van een goede marker voor omgevingstabaksrook: uniek, goed detecteerbaar, geen verschillen tussen tabaksproducten en gelijkenissen met andere rookcomponenten. Hoewel 2,5-dimethylfuraan een goede marker lijkt te zijn vanwege zijn fysisch-chemische eigenschappen, zijn nader onderzoek en metingen in veldstudies noodzakelijk om deze marker te valideren. Dit in tegenstelling tot de markers nicotine, 3-ethenylpyridine, UVPM, FPM en SolPM, waarvoor ISO-methodes beschikbaar zijn.

2.4.2 Gebruikte markers in context van rookverboden

De laatste jaren zijn verschillende markers voor omgevingstabaksrook onderzoeksmatig gebruikt in horecagelegenheden, teneinde een verminderde blootstelling aan te tonen van de horecamedewerkers na instelling van een rookverbod (zie Tabel 1). De meest gebruikte markers in deze studie zijn nicotine en PM_{2,5}. Er werd vaak maar één marker gebruikt, soms in combinatie met het meten van biomarkers bij horecamedewerkers, zoals cotinine in speeksel (21-24) of urine.

Daarnaast is een aantal markers gebruikt in onderzoek naar afgescheiden rookruimten en de invloed van ventilatie op de verschillende rookcomponenten. De meest gebruikte markers zijn ook hier nicotine en deeltjes (voornamelijk PM₁₀, later PM_{2,5}) (5, 9, 10, 25-32). Vaak wordt ook koolstofdioxide gemeten, maar dat wordt vooral gebruikt als marker voor ventilatie en niet voor omgevingstabaksrook (25, 33). Daarnaast wordt ook 3-ethenylpyridine gemeten (9, 30, 34, 35). Deze marker wordt door Kuusimäki et al (2007) aangemerkt als een marker die geschikt zou zijn om te bepalen of een rookvrije ruimte ook echt rookvrij is of dat deze vervuild is met rook die uit de rookruimte lekt (34).

Tabel 1 Overzicht studies waarin omgevingstabaksrook is gemeten met behulp van een marker voor en na invoering rookverbod in horecagelegenheden

Land	Studie (n) ¹	Marker	Afname	Ref
Ierland	Cafés (20)	nicotine	83% (35,5→5,95 µg/m ³)	(23)
Ierland	Cafés (26)	benzeen	80% (18,8→3,7 µg/m ³)	(22)
Schotland	Cafés (41)	PM _{2,5}	86% (24,6→20 µg/m ³)	(35)
Noorwegen	Cafés/Rest. (13)	nicotine	98% (28,3→0,6 µg/m ³)	(24)
Italië	Cafés/Disco's (7)	nicotine	97% (149,1→4,8 µg/m ³)	(37)
Italië	HG (28)	nicotine	99,9% (8,86→0,01 µg/m ³)	(38)
Italië	HG (40)	PM _{2,5}	68% (119,3→38,2 µg/m ³)	(39)
Italië	HG (40)	PM ₁	68% (77,0→38,1 deeltjes/cm ³)	(38)

¹ HG: allerlei horecagelegenheden

Voor zover bekend zijn tot nu toe markers voor omgevingstabaksrook niet gebruikt om een eventuele overtreding van een rookverbod of de aanwezigheid van omgevingstabaksrook vast te stellen.

2.4.3 De geurdrempel van omgevingstabaksrook

In verschillende studies is onderzoek gedaan naar welke concentraties omgevingstabaksrook waargenomen kunnen worden door mensen. De meest uitvoerige studie is verricht door Junker en medewerkers (2001, ref 40). In experimenten met verdunde omgevingstabaksrook bleek een verdunning van 1 sigaret op 19.000 m³ nog net waarneembaar. Deze verdunningsfactor komt voor een sigaret die gemiddeld ongeveer 10 mg nicotine produceert (41), overeen met een concentratie van 0,5 µg / m³. Deze geurdrempel wordt in verschillende landen, zoals ook in Nederland, gebruikt voor de handhaving en het toezicht. In sommige andere landen, zoals in Finland en Noorwegen, is ook de corresponderende nicotineconcentratie van 0,5 µg/ m³ wel gebruikt om aan te tonen of omgevingstabaksrook aanwezig is.

2.5 Het meten van markers voor omgevingstabaksrook in experimenteel onderzoek

Een combinatiemeting van nicotine samen met een marker voor de gasfase-stoffen (zoals 3-ethenylpyridine of 2,5-dimethylfuraan) en een deeltjesmarker (SolPM of PM_{2,5}) lijkt momenteel de beste oplossing om de mate van zwerfrook of lekrook te kunnen kwantificeren. Voor het experimentele onderzoek dat in hoofdstuk 3 wordt beschreven is ervoor gekozen gebruik te maken van nicotine in combinatie met PM_{2,5}. In bijlage 1 is de meetmethode beschreven. Ondanks het feit dat 2,5-dimethylfuraan voldoet aan alle eisen die een goede markerstof moet hebben, zijn bepalingen van deze stof niet meegenomen in het onderzoek, omdat deze stof in de literatuur maar in weinig studies wordt gerapporteerd. Nicotine en PM_{2,5} zijn de meest gebruikte markerstoffen voor omgevingstabaksrook. Tabaksrook is veruit de belangrijkste bron van nicotine, maar omdat er andere (kleine) bronnen kunnen zijn en ook omdat nicotine tevens kan vrijkomen bij het gebruik van elektronische sigaretten of andere e-producten, is ook 3-ethenylpyridine bepaald in de luchtmonsters (bijlage 1). Op basis van de gebruikte methoden waren de detectielimieten 0,008 µg m⁻³ voor nicotine, 1 µg m⁻³ voor PM_{2,5} en 0,04 µg m⁻³ voor 3-ethenylpyridine.

2.6 Conclusie

Vraag 1) Welke stoffen kunnen het beste worden gebruikt als indicatorstoffen voor omgevingstabaksrook?

- Antwoord 1) Nicotine is de beste markerstof voor omgevingstabaksrook, omdat deze stof bijna uitsluitend vrijkomt bij het roken van tabak en omdat luchtmonstering voor deze bepaling slechts enkele minuten hoeft te duren. Nadeel is dat voor bemonstering van lucht nadere analyse in het laboratorium is vereist. Dit geldt niet voor de bepaling van PM_{2,5} dat met eenvoudige draagbare analyseapparatuur wordt gemeten in de horeca. Ondanks het feit dat PM_{2,5} concentraties soms een redelijke indicatie vormen voor de hoeveelheden omgevingstabaksrook, zijn PM_{2,5}metingen niet echt specifiek en kunnen bepalingen in hoge mate worden bepaald en verstoord door andere bronnen. Om nicotineconcentraties te verifiëren, bijvoorbeeld om uit te sluiten dat e-sigaretten of andere nicotinebronnen aanwezig zijn of waren, kan worden gebruikgemaakt van metingen van 3-ethenylpyridine, 2,5-dimethylfuraan of solanosol. Deze stoffen zijn alle in hoge mate specifiek voor tabaksrook. Nadeel van deze metingen is echter dat een luchtmonstering is vereist die aanmerkelijk langer duurt dan die voor nicotine, en bovendien dat voor sommige stoffen de chemische analyse bewerkelijker is.

Nicotine, PM_{2,5} en 3-ethenylpyridine zijn geen afdoende indicatorstoffen om in kaart te kunnen brengen of omgevingstabaksrook uit de lucht is verwijderd door luchtreinigingstechnieken (filters en dergelijke): daarvoor zijn bepalingen nodig van veel meer kenmerkende stoffen uit omgevingstabaksrook.

3 Hoeveelheden omgevingstabaksrook in Nederlandse horecagelegenheden met een fysiek afgescheiden rookruimte

3.1 Inleiding

In de recente literatuur is vrijwel geen informatie gevonden over hoeveelheden en concentraties omgevingstabaksrook in Nederlandse horecagelegenheden. Er zijn, voor zover bekend, geen grote systematische onderzoeken uitgevoerd naar de productie en verspreiding van omgevingstabaksrook in Nederlandse cafés of andere horecagelegenheden. Incidenteel zijn voor studies met een specifiek doel wel waarden gerapporteerd. Deze studies zullen in Hoofdstuk 5 verder worden besproken in relatie tot informatie die is verkregen uit internationale studies.

Samenhangend met de invoering van de rookvrije horeca op 1 juli 2008 heeft het RIVM een studie uitgevoerd, samen met de VWA, naar de aanwezigheid en de concentraties $PM_{2,5}$ in horecagelegenheden. In deze studie zijn geen metingen verricht naar nicotine of andere markerstoffen van omgevingstabaksrook. Deze studie is wel gerapporteerd op de website van de VWA (www.vwa.nl), maar is nog niet gepubliceerd in de wetenschappelijke literatuur. Tevens heeft het RIVM in drie rookvrije horecagelegenheden concentraties $PM_{2,5}$, nicotine en 3-ethenylpyridine bepaald. De resultaten van deze studie zijn ook nog niet gepubliceerd, maar zullen wel worden meegenomen in het onderhavige onderzoek.

3.2 Opzet van de metingen omgevingstabaksrook in Nederlandse horecagelegenheden

Met ondersteuning van Horeca Nederland zijn negentien locaties geselecteerd en bezocht ten behoeve van experimentele bepalingen van de concentraties en hoeveelheden omgevingstabaksrook in de buitenlucht. In al deze gelegenheden was een fysiek afgescheiden rookruimte aanwezig. Een nadere beschrijving van de horecagelegenheden en van de rookruimten wordt gegeven in Bijlage 2. Omdat het verder niet van belang is voor de aard en de uitkomsten van het onderzoek zijn namen, locaties andere aanduidingen van de horecagelegenheden weggelaten. In Bijlage 2 is wel een indicatie gegeven van de aard van de horecagelegenheden.

In elke horecagelegenheid zijn twee soorten onderzoek gedaan. Ten eerste is lucht geanalyseerd en bemonsterd om concentraties en hoeveelheden omgevingstabaksrook in de desbetreffende gelegenheid te bepalen. De opzet en resultaten hiervan zijn beschreven in dit hoofdstuk. Daarnaast is onderzoek gedaan naar de ventilatie- en eventuele luchtfiltratie in de horecagelegenheden waarvan de opzet en resultaten worden beschreven in Hoofdstuk 4.

De onderzochte horecagelegenheden zijn alle bezocht op woensdag, donderdag, vrijdag of zaterdag. Daarbij is rekening gehouden met de representativiteit van de onderzoeksperiode. In overleg met de vertegenwoordiger van de gelegenheid is een onderzoeksperiode gekozen van enkele uren. Daarbij is de keuze van het moment voor een belangrijk deel bepaald door de aard van de gelegenheid en het verwachte 'normale gebruik'. Sommige gelegenheden zijn bezocht op momenten dat 'grote drukte' werd verwacht door de vertegenwoordiger van de gelegenheid. De karakteristieken van de

horecagelegenheden zijn vermeld in Bijlage 2. De onderzoeken zijn verricht in de periode december 2009 tot en met februari 2010. Deze gehele periode was meteorologisch te kwalificeren als ‘koud’ – ‘winters’. Op vrijwel alle meetdagen lag de temperatuur in de avonden rond of beneden het vriespunt, wat betekent dat ventilatie door open deuren en ramen zich vrijwel niet voordeed.

In de meetperiode, die enkele uren in beslag nam, is meestal gestart op het moment dat er nog weinig consumenten waren. Metingen van $PM_{2,5}$ werden uitgevoerd bij aankomst, meestal op verschillende plekken in de cafés. Als het mogelijk was, werd ook $PM_{2,5}$ gemeten buiten de horecagelegenheid. Na de start van de $PM_{2,5}$ metingen werd in de meeste gevallen begonnen met luchtbemonstering ten behoeve van de nicotine en 3-ethynylpyridine bepaling. Deze metingen werden in de regel eerst uitgevoerd buiten de rookruimte. Aansluitend werd in de meeste gevallen vervolgd met een eerste serie $PM_{2,5}$ bepalingen en luchtbemonstering in de rookruimte. Het vervolgschema voor $PM_{2,5}$ bepaling en luchtbemonstering werd vervolgens per gelegenheid aangepast al naar gelang de publieke bezetting en het gebruik van de cafés. Als er weinig veranderingen waren in de bezetting van de cafés, of als ook het gebruik van de rookruimte niet veranderde, dan werd een beperkt meetschema aangehouden. Als de intensiteit van de gelegenheid of de rookruimte wel veranderde (toename of afname) dan werd het meetschema in de regel geïntensiveerd.

$PM_{2,5}$ concentraties werden vaak in langere periode continu gemeten. In verschillende gevallen zijn gelijktijdige metingen uitgevoerd met twee $PM_{2,5}$ analysers. Details van deze metingen zijn opgenomen in Bijlage 3. Locaties van de metingen zijn aangeduid in Bijlage 2.

Luchtbemonstering voor nicotine en 3-ethynylpyridine analyse werd standaard uitgevoerd op een afstand van ongeveer 5 meter vanaf de deur van de rookruimte (als dat mogelijk was). Aanvullend zijn afhankelijk van de gelegenheid metingen uitgevoerd in de rookruimte en op andere plaatsen in de gelegenheid. Details van deze metingen zijn opgenomen in Bijlage 3.

In alle horecagelegenheden is bijgehouden hoeveel personen (inclusief personeel) heeft gebruikgemaakt van de gehele gelegenheid en van de rookruimte (voor zover mogelijk).

3.3 Concentraties en hoeveelheden omgevingstabaksrook in negentien Nederlandse horecagelegenheden

3.3.1 Metingen van omgevingstabaksrookmarkers in rookvrije ruimte van cafés

Concentraties $PM_{2,5}$ in rookvrije ruimte

Metingen van $PM_{2,5}$ werden in principe elke minuut geregistreerd, waardoor lange meetreeksen ontstonden. Op een meetlocatie binnen een horecagelegenheid ontstonden daardoor meetpatronen zoals weergegeven in Bijlage 3.

Datareeksen van $PM_{2,5}$ metingen vertonen fluctuaties. In sommige gevallen werden fluctuaties duidelijk veroorzaakt door (i) rookkanonnen (ii) dovende kaarsen en (iii) lekkage vanuit de rookruimte, zoals uit het logboek was op te maken. Veel andere korte fluctuaties kenden echter geen duidelijk aanwijsbare bron. Trends in de reeksen $PM_{2,5}$ data werden verder geanalyseerd op significantie op basis van een voortschrijdend gemiddelde van vijf waarnemingen.

Bij de start van de $PM_{2,5}$ -metingen in de negentien gelegenheden werden concentraties gevonden tussen de 27 en 190 $\mu\text{g m}^{-3}$, al werd in één geval 530 $\mu\text{g m}^{-3}$ gemeten bij aanvang.

Opmerkelijk is dat acht gevallen $PM_{2,5}$ metingen (en ook nicotinemetingen) op latere tijdstippen na aanvang van de meetsessie gedurende langere tijd een daling lieten zien. Deze dalende trends lijken

erop te wijzen dat voorafgaand aan de start van de metingen aanmerkelijk is gerookt buiten de rookruimte of dat er andere PM_{2,5}bronnen aanwezig waren voorafgaand aan de metingen, en/of dat het ventilatiesysteem laat is ingeschakeld.

Tabel 2 Concentraties PM_{2,5} (in µg m⁻³) in het rookvrije gedeelte van cafés; in de kolommen staan respectievelijk de locatie, de buitenluchtconcentratie PM_{2,5}, de startconcentratie aan het begin van de meetsessie, de laagste en de hoogste concentraties en de gemiddelde concentratie (gecorrigeerd voor uitbijters) PM_{2,5}

locatie	buitenlucht	startconcentratie	minimum	Maximum	gemiddeld
1	n.g.	25	20	180	92
2	42	n.g.	110	210	140
3	n.g.	44	44	180	83
4	n.g.	95	77	160	110
5	n.g.	530	180	530	290
6	n.g.	53	53	270	86
7	69	69	69	250	89
8	12	12	12	300	92
9	4	240	52	500	250
10	50	130	77	130	100
11	50	30	30	120	73
12	44	95	72	190	120
13	28	44	17	130	85
14	55	65	65	210	130
15	45	160	110	160	120
16	22	60	18	88	43
17	25	190	55	520	250
18	10	25	20	60	38
19	50	170	80	170	140

In acht cafés bleven de concentraties PM_{2,5} gedurende de gehele meetsessie ongeveer op hetzelfde niveau.

In acht andere cafés stegen de PM_{2,5}concentraties in de loop van de meetsessie significant. De concentraties PM_{2,5} aan het begin van de meetsessies in deze cafés lag tussen de 90 µg m⁻³ en 200 µg m⁻³, maar namen in de loop van de avond toe. Maximumwaarden die in deze gelegenheden werden gemeten in de rookvrije ruimten lagen tussen 250 µg m⁻³ en 520 µg m⁻³.

Concentraties nicotine in rookvrije ruimte

In iets meer dan de helft van de cafés zijn de gemiddelde nicotineconcentraties in de range van 2 tot 7,4 µg m⁻³ gemeten (Tabel 3 en Bijlage 3). Als wordt gekeken naar de mediane waarden van de gemeten nicotineconcentraties, dan ligt deze bij de helft van de cafés op ongeveer 6 µg m⁻³. Dit is ook de range van meetwaarden die in de literatuur wordt gerapporteerd voor horecagelegenheden met een beperkt rookverbod. In de rookvrije horeca worden normaliter waarden onder de 1 µg m⁻³ gerapporteerd. In vijf cafés werden gemiddelde nicotineconcentraties gevonden die ruim boven de 10 µg m⁻³ lagen, waarbij het hoogste gemiddelde 17,1 µg m⁻³ was.

Net als bij PM_{2,5} gaven de eerste metingen van de avond niet altijd de laagste concentratie. Als hoge startconcentraties werden gevonden, dan werden in de loop van de tijd meestal ook lagere nicotineconcentraties gemeten. De meest logische verklaring hiervoor is dat voorafgaand aan de

metingen en de openstelling voor het publiek er was gerookt door aanwezigen buiten de rookruimte en dat de ventilatie in de rookvrije ruimte nog niet, of onvoldoende, was aangezet.

In acht van de negentien cafés komt de maximumconcentratie van nicotine nooit boven de $10\mu\text{g m}^{-3}$ in het rookvrije gedeelte. In twee cafés zijn nooit lagere concentraties gemeten dan $10\mu\text{g m}^{-3}$, ook niet als er weinig mensen aanwezig waren. In sommige gevallen werden hoge concentraties gemeten op bepaalde momenten in bepaalde gelegenheden. Deze extremen werden gemeten onder condities dat de rookkamer niet of nauwelijks werd gebruikt, omdat bijvoorbeeld de deuren open stonden, de ventilatie uit stond of dat er buiten de rookkamer werd gerookt. Maximumconcentraties zijn om die reden verder niet in de beschouwingen meegenomen.

Tabel 3 Concentraties nicotine in rookvrije ruimte in $\mu\text{g m}^{-3}$; in de kolommen zijn respectievelijk de locatie, de eerst gemeten concentratie, de mediane concentratie, de gemiddelde concentratie, de laagste en hoogste concentratie aangegeven; de laatste kolom geeft de ratio aan tussen de concentraties nicotine en 3-ethenylpyridine in de monsters; voor meer details zie Bijlage 3

locatie	startconc nicotine	mediane conc.nic	gemiddelde conc. nic	laagste conc. nic	hoogste conc. nic	ratio nic/3EP
1	1,0	6,9	4,6	1,0	12,3	4,98
2	10,0	11,6	13,1	7,1	21,4	9,45
3	9,2	9,2	9,8	7,0	14,0	5,19
4	4,4	5,5	6,1	4,4	9,1	5,96
5	15,3	12,6	13,4	8,2	20,2	5,32
6	2,3	5,0	4,8	2,3	7,0	7,90
7	5,6	4,1	4,4	1,3	5,6	4,08
8	7,1	6,0	5,1	2,3	7,1	5,31
9	16,6	14,6	17,1	11,7	27,6	4,34
10	3,8	7,4	7,4	3,8	11,0	5,54
11	3,1	2,0	3,3	1,4	15,1	5,34
12	5,7	5,9	6,3	5,0	8,3	5,71
13	4,7	42,2	13,8	4,7	55,3	2,60
14	17	14,5	14,6	11,0	17,0	6,88
15	4,0	7,8	9,8	4,0	14,9	3,70
16	2,4	2,3	2,4	1,4	4,5	3,78
17	2,5	2,9	5,1	1,6	5,1	2,91
18	2,9	2,8	2,8	2,2	3,3	3,49
19	2,4	2,1	2,1	1,7	2,1	3,80

Concentraties 3-ethenylpyridine in rookvrije ruimte

De concentraties nicotine vertoonden in vrijwel alle gevallen een vaste verhouding met de bepalingen van 3-ethenylpyridine. De gemiddelde verhouding tussen nicotineconcentraties en 3-ethenylpyridine was 5,57 (n=157). Deze laatste stof komt aanzienlijk minder voor in omgevingstabaksrook, en de concentraties waren vaak onder $1,0\mu\text{g m}^{-3}$. Dat nicotine en 3-ethenylpyridine in vaste verhoudingen voorkwamen, wijst er wel op dat tabaksrook de bron is van deze stoffen. Als e-sigaretten gebruikt zouden zijn, dan zou de verhouding sterk zijn verstoord. Slechts in één geval was de verhouding nicotine/3-ethenylpyridine aanmerkelijk groter dan 5,57 (locatie 2). Dit zou kunnen wijzen op het gebruik van een e-sigaret (al is dit niet waargenomen). Bij lage concentraties omgevingstabaksrook komt de bepaling van 3-ethenylpyridine dicht bij de detectielimiet. In die gevallen wordt de concentratie 3-ethenylpyridine waarschijnlijk iets overschat, waardoor de verhouding met nicotine wordt onderschat.

3.3.2 Metingen van omgevingstabaksrookmarkers in rookruimten van cafés

De concentraties van PM_{2,5}nicotine en 3-ethenylpyridine in de rookruimte lagen zoals verwacht vele malen hoger dan buiten de rookruimte. Afhankelijk van de intensiteit van het gebruik werden concentraties van ongeveer 1000 µg m⁻³ PM_{2,5} gedurende lange tijd overschreden, en werden regelmatig concentraties boven de 10.000 µg m⁻³ gemeten. Details zijn opgenomen in Bijlage 3. Karakteristieke waarden voor nicotine waren hierbij 200 µg m⁻³, met maxima tot boven de 1000 µg m⁻³ voor sommige cafés. Concentraties in rookruimtes zijn natuurlijk erg variabel en afhankelijk van het aantal rokers dat op een bepaald moment aanwezig is. Dit is te zien in de concentratieprofielen van PM_{2,5} (Bijlage 3). De bepalingen van nicotine en 3-ethenylpyridine geven slechts een indicatie van de piekconcentraties en kunnen worden gebruikt voor validatie van een simulatiemodel. De experimenteel bepaalde concentraties nicotine en 3-ethenylpyridine correleren goed met PM_{2,5}concentraties in de rookruimten. In de rookvrije ruimten daarentegen is deze correlatie minder duidelijk.

3.4 Karakteristiek gemiddelde concentraties van nicotine en PM_{2,5} in Nederlandse cafés

De concentraties nicotine kunnen in verschillende cafés aanmerkelijk verschillen, zoals in paragraaf 3.3 is aangegeven. In de helft van de cafés blijven de mediane of gemiddelde concentraties respectievelijk onder de 6,0 en 6,3 µg m⁻³ (zie Tabel 3). De gemiddelde concentratie van nicotine in het cafégedeelte is 7,7 µg/m³ als alle negentien cafés in de analyse worden meegenomen. In een aantal horecagelegenheden waren de deuren van de rookruimten continue geopend (zie Bijlage 2). In paragraaf 4.1 wordt hierop nader ingegaan. Ook is bij een aantal horeca gelegenheden geconstateerd dat er meer (vervuilde) lucht stroomde van de rookruimte naar het café, dan andersom. Tabel 4 geeft een samenvatting van meetwaarden voor fijn stof (PM_{2,5}) en nicotine voor elke horecagelegenheid. Daarnaast is uit de concentratieverhouding voor deze twee stoffen en de verhouding tussen de ventilatie in het rookvrije gedeelte en de afzuiging in de rookruimte het reductiepercentage als gevolg van de aanwezigheid van de rookkamer berekend. Referentie hierbij is de situatie dat er geen rookkamer aanwezig is en dus overal in de horecagelegenheid wordt gerookt. In de rechterkolom is de effectieve ventilatie vermeld. Dit is de hoeveelheid ventilatielucht die zonder rookkamer en bij toepassing van een mengend systeem moet worden toegevoerd om dezelfde concentratie te verkrijgen als in het rookvrije gedeelte bij gebruik van een rookkamer. De effectieve ventilatie is een factor 2 tot 44 maal zo hoog als de in het rookvrije gedeelte bepaalde ventilatiedebiet (zie Hoofdstuk 4) en is hiermee een maat voor de effectiviteit van de rookkamer. Bijlage 5 vermeldt de berekeningswijze voor de reductie en de effectieve ventilatie.

Tabel 4 Gemeten concentratieniveaus van en berekende reductiepercentages voor PM_{2.5} en nicotine in de negentien bemeeten horecagelegenheden; de effectieve ventilatie is gebaseerd op de nicotineconcentraties in de rook- en de rookvrije ruimte en de afzuiging in de rookruimte

nr	gem. concentratie cafe		gem. concentratie rookruimte		reductie		effectieve ventilatie
	PM _{2.5}	nicotine	PM _{2.5}	nicotine	PM _{2.5}	nicotine	
	[microgram/m ³]		[microgram/m ³]				[m ³ /s]
1	92	4.6	719	258	75%	96%	17
2	138	14	220	72	23%	67%	1.0
3	83	9.8	1507	428	77%	89%	3.9
4	105	6.1	1102	99	85%	90%	1.6
5	288	13.4	2462	328	47%	73%	1.6
6	86	4.8	480	124	58%	88%	5.9
7	89	4.4	511	124	67%	92%	2.8
8	92	5.1	4570	870	85%	95%	10
9	248	17	1096	131	43%	60%	0.3
10	97	7.4	414	428	56%	96%	2.9
11	73	3.3	1067	349	82%	97%	18
12	122	6.3	4442	574	74%	88%	1.3
13	85	13.8	919	579	52%	82%	2.1
14	131	14.6	2183	334	55%	63%	0.3
15	124	9.8	819	122	68%	81%	1.2
16	43	2.4	923	188	88%	97%	24
17	246	5.1	896	35	61%	78%	1.9
18	38	2.8	961	24	92%	79%	2.1
19	135	2.1	2160	88	82%	92%	1.0

Het gemiddelde concentratieniveau van nicotine in het rookvrije gedeelte van alle cafés bedraagt 7,7 µg/m³ (zie Tabel 5). Zoals eerder aangegeven, stond in een aantal horecagelegenheden de deur van de rookkamer continue geopend. Ook is bij een aantal horecagelegenheden geconstateerd dat er meer lucht stroomde van de rookruimte naar het café, dan andersom; zie hiervoor Tabel 6 in Hoofdstuk 4.

Tabel 5 Gemeten concentratieniveaus nicotine bij verschillende selectiecriteria

	N	Gemiddelde nicotine conc. [µg/m ³]	Concentratie range [µg/m ³]
Alle locaties	19	7,7	2,1-14,6
Open deuren weggelaten *	12	5,1	2,1-9,8
Open deuren en toevoer weggelaten **	8	4,9	2,4-7,4

* gebaseerd op de nummers 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 16, 17 en 19 uit Tabel 4

** gebaseerd op de nummers 1, 4, 6, 7, 10, 11, 12 en 16 uit Tabel 4

Tabel 5 geeft de gemiddelde nicotineconcentratie en de concentratierange in het geval de horecagelegenheden met luchttoevoer in de rookruimte en open deuren van de rookruimte worden weggelaten. Toepassing van het criterium ‘open deur’ en ‘toevoer in rookruimte’ geeft een kleine vermindering van de gemiddelde concentratie omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimte opzichte van het criterium ‘open deuren weggelaten’. Horecagelegenheid 19 had luchttoevoer in de rookruimte, maar omdat de rookbelasting van de rookruimte gering was, bleef de concentratie in de rookvrije ruimte laag. Ondanks het feit dat luchttoevoer in de rookruimte optrad, is vanwege de lage benutting van de rookruimte daar de laagste concentratie zwerfrook tijdens de meetcampagne gemeten. Op basis van Tabel 5 blijkt dat de gemiddelde concentratie van alle rookruimtes voor nicotine op 7,7 met een range van 2,1-14,6 µg m⁻³ ligt. Uitsluiting van de horecagelegenheden waarbij de deur van de

rookkamer open stond en luchttoevoer in de rookruimtes aanwezig was, resulteert in een gemiddelde nicotineconcentratie van $4,9 \mu\text{g m}^{-3}$ met een range van $2,4-7,4 \mu\text{g m}^{-3}$.

3.5 Conclusie vraag 4

Vraag: Wat zijn, op basis van metingen in Nederlandse horecagelegenheden met rookruimten, op dit moment gemiddelden en maxima voor de indicatorstoffen van omgevingstabaksrook?

Antwoord: Op basis van praktijkmetingen in de horeca van met name $\text{PM}_{2,5}$ en nicotine kan worden geconcludeerd dat concentraties van elk van deze markers verschillen laten zien in verschillende horecagelegenheden. De $\text{PM}_{2,5}$ concentraties hebben niet altijd een vaste verhouding met de concentraties nicotine- en 3-ethenylpyridineconcentraties. De nicotineconcentratie is wel meestal 5,6 keer zo hoog als die van 3-ethenylpyridine. De variatie in de concentraties $\text{PM}_{2,5}$ in de rookvrije ruimten kan voor een deel worden verklaard door verschillen in rookkarakteristieken van de horecagelegenheden. Nicotine lijkt een betere indicatorstof voor omgevingstabaksrook, waarvoor ook goede synergie wordt gevonden met andere indicatorstoffen van omgevingstabaksrook.

De gemiddelde concentratie nicotine in de rookvrije ruimte van de negentien horecagelegenheden bedroeg $7,7 \mu\text{g m}^{-3}$, met een range van $2,1-14,6 \mu\text{g m}^{-3}$. Uitsluiting van elf horecagelegenheden waarbij de deur van de rookkamer open stond en waarbij luchttoevoer in de rookruimtes aanwezig was, resulteert in een gemiddelde nicotineconcentratie van $4,9 \mu\text{g m}^{-3}$ met een range van $2,4-7,4 \mu\text{g m}^{-3}$.

De maximum concentratie van nicotine voor de negentien horecagelegenheden varieert tussen $2,1$ en $55,3 \mu\text{g m}^{-3}$. Uitsluiting van elf horecagelegenheden waarbij de deur van de rookkamer open stond en waarbij luchttoevoer in de rookruimtes aanwezig was, resulteert in een maximum concentratierange van $4,5-15,1 \mu\text{g m}^{-3}$.

Maximumconcentraties nicotine of andere markers voor omgevingstabaksrook in rookvrije ruimten zeggen voornamelijk iets over het niet-functioneel zijn van een rookruimte, bijvoorbeeld omdat er buiten de rookruimte werd gerookt of omdat de afscheiding niet functioneel was.

4 Ventilatie in de horeca en lekkage van zwerfrook vanuit rookruimtes

4.1 Eisen en systemen voor ventilatie

Ventilatie is noodzakelijk om binnenmilieuverontreinigingen af te voeren. Als deze verontreinigingen met name bestaan uit door personen afgegeven lichaamsgeuren, dan wordt meestal de concentratie CO₂ als indicatorstof voor luchtkwaliteit gekozen. CO₂ is een stof die vrijkomt als gevolg van het menselijke metabolisme en is op een eenvoudige manier te meten. Het Bouwbesluit gaat in beginsel uit van een CO₂concentratie van 1200 ppm (parts per million). Deze waarde is gebaseerd op geurwaarneming in de situatie waarbij een gemiddelde persoon van buiten een ruimte binnenkomt. De wetgever stelt als eis dat er in een gebouw voldoende ventilatiecapaciteit aanwezig moet zijn om onder deze grenswaarde te blijven. Per persoon komt dit neer op $7 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$ (25 m³/uur). Voor horecagelegenheden, waarbij het merendeel van de aanwezige personen slechts een beperkte tijd aanwezig is en waarbij de gemiddelde bezetting op tweederde tot de helft van de maximale bezetting ligt, wordt van 1800 ppm uitgegaan [Bouwbesluit – grenswaarden ventilatie, TNO rapport 94-BBI-R1537, januari 1995]. In het Bouwbesluit is dit verder uitgewerkt tot bezettingsgraden en ventilatiecapaciteiten per oppervlakte-eenheid; voor de horeca is dit 3,8 tot 4,8 dm³/(m² s).

Wat betreft de randvoorwaarden bij deze ventilatiecapaciteit moet er onderscheid worden gemaakt tussen de ‘bestaande bouw’ en ‘nieuwbouw’. Met bestaande bouw wordt bedoeld gebouwen waarvoor de bouwvergunning vóór invoering van het bouwbesluit is ingediend. Voor utiliteit, waar de horeca onder valt, dateert het bouwbesluit uit 1995. Het merendeel van de horeca zal dus onder de bepalingen van de bestaande bouw vallen. Voor nieuwe gebouwen geldt dat de ventilatiecapaciteit tochtvrij moet kunnen worden toegevoerd, bij een temperatuurverschil van 20 K tussen binnen en buiten. Daarnaast zijn er nog eisen voor regelbaarheid van bijvoorbeeld ventilatieroosters. Voor bestaande bouw echter gelden de aanvullende bepalingen ten aanzien van tocht en regelbaarheid niet. Grofweg kan dan ook worden gesteld dat als een te openen raam aanwezig is, hiermee aan de ventilatie-eisen voor bestaande bouw wordt voldaan.

Er bestaan vier verschillende uitvoeringen voor ventilatiesystemen:

- A. natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer;
- B. mechanische toevoer en natuurlijke afvoer;
- C. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer;
- D. mechanische toevoer en mechanische afvoer (balansventilatie), vaak gecombineerd met warmteterugwinning.

In de onderzochte horecagelegenheden komt vooral systeem C voor. Hierbij wordt de lucht via een afvoerventilator in de rookruimte, het café of via een afzuigkap in de keuken afgevoerd. Omdat hierdoor een onderdruk ontstaat, wordt de lucht via de in de gevel aanwezige openingen, zoals deuren, (klap)ramen en ventilatieroosters, aangezogen. Bij systeem C geldt dat vanwege het optreden van tocht, het bij lage buitentemperaturen niet mogelijk is om de gewenste luchthoeveelheid toe te voeren. Bij systeem D kan dit probleem worden opgelost door de lucht voor te verwarmen, door bijvoorbeeld warmteterugwinning toe te passen.

4.2 Gemeten ventilatieniveaus

Tabel 6 geeft een overzicht van de gemeten ventilatieniveaus in de negentien horecagelegenheden. Hierbij is een splitsing gemaakt tussen het café en de rookruimte.

Tabel 6 Gemeten ventilatieniveaus en CO₂-waarden in de negentien bemeeten horecagelegenheden

nr	café				rookruimte				
	ventil. debiet	ventilatie per m ²	ventilatievoud	CO ₂ conc.	afzuig debiet	per m ²	ventilatievoud	snelheid bij open deur	open deur?
	m ³ /s	dm ³ /(m ² s)	1/uur	[ppm]				m/s	
1	0.39	1.1	1	1922	0.30	12	14	0.15	
2	0.21	2.7	3	985	0.20	7.0	16	0.04	ja
3	0.36	1.5	2	1554	0.089	2.1	1	-0.01	
4	0.07	0.9	1	1134	0.10	7.0	19	0.03	
5	0.48	4.4	5	898	0.064	4.0	6	-0.02	ja
6	0.52	3.0	4	1037	0.23	3.5	5	0.06	
7	0.13	1.5	2	1087	0.10	11	15	0.03	
8	0.44	5.9	7	796	0.056	8.9	10	-0.002	
9	0.14	2.2	2	1144	0.04	0.7	1	0.004	ja
10	0.08	0.3	0.4	1280	0.05	11	16	0.02	
11	0.35	4.0	5	645	0.174	9.0	12	0.04	
12	0.16	1.6	1	1134	0.014	4.7	7	0.01	
13	0.41	1.7	1.5	1636	0.05	1.0	1	0	ja
14	0.18	5.0	7	1484	0.015	1.5	2	0.01	ja
15	0.16	0.7	1	2154	0.10	7.0	10	0.07	ja
16	0.53	6.7	9	731	0.30	6.3	9	0.08	
17	0.19	1.8	2	2532	0.28	21	24	-0.01	
18	0.26	5.6	7	961	0.25	26	34	0.13	ja
19	0.06	1.1	1	2857	0.025	2.7	4	0.01	

In slechts enkele cafés vindt alle afzuiging in de rookruimte plaats. In die gevallen is het ventilatiedebiet in het café gelijk aan de afzuiging in de rookruimte. In de meeste gevallen is de ventilatie in het rookvrije gedeelte hoger dan in de rookruimte.

In Tabel 6 is ook de luchtstroomsnelheid bij open deur vermeld. Dit is de oppervlakte gemiddelde snelheid, ook wel superficiële snelheid genoemd. In een aantal gevallen is deze negatief, wat betekent dat er netto meer lucht stroomt van de rookruimte naar het café dan omgekeerd. Dit is wat betreft rookverspreiding een ongewenste situatie. Er zijn twee oorzaken voor deze stromingsomkering:

1. In de drie horecagelegenheden (3, 5 en 17) met een afzuigkap in de keuken en een combinatie van mechanische en natuurlijke afvoer in de rookruimte, fungeerden de natuurlijke afvoeropeningen als toevoer, doordat het cafégedeelte op onderdruk stond ten opzichte van de rookruimte.
2. In twee horecagelegenheden (8 en 19) was het tochtportaal omgebouwd tot rookruimte. Hiervoor was een buitendeur aanwezig. Omdat de wind op deze deur stond, werd er lucht via de kieren naar binnen geblazen. Deze stroom was groter dan de afzuigstroom in de rookruimte. Hierbij moet worden opgemerkt dat in horecagelegenheid nummer 8 ook een aantal maal in de rookruimte het raam is opengezet, waardoor dit effect nog werd versterkt.

In dertien van de negentien horecagelegenheden was de ventilatie op het moment van de meting lager dan de in het bouwbesluit vermelde ventilatiecapaciteit. Dit is gezien de lage buitentemperatuur gedurende de meetperiode, december 2009 – maart 2010, goed voorstelbaar. De aanwezige natuurlijke toevoervoorzieningen in de vorm van toevoerroosters en (klapramen) zullen vaak gesloten zijn, om tocht te vermijden.

In vier horecagelegenheden was de ventilatie boven het bouwbesluitniveau voor nieuwbouw. Waarschijnlijk was hier sprake van balansventilatie met warmteterugwinning, waardoor de lucht was voorverwarmd.

In acht horecagelegenheden lag de CO₂-concentratie gemiddeld boven 1200 ppm. In drie horecagelegenheden lag de gemiddelde concentratie boven de 1800 ppm.

De hoogst gemeten concentratie was 4500 ppm.

4.3 Lekkage van omgevingstabaksrook uit rookruimtes

4.3.1 Experimentele onderzoeksopzet

Om deze vraag voor de Nederlandse situatie te beantwoorden, is experimenteel onderzoek uitgevoerd naar de samenhang van de bepaling van markerstoffen voor omgevingstabaksrook (zie Hoofdstuk 3) en ventilatie en luchtbehandeling (paragraaf 4.2). RIVM en TNO hebben gekozen voor experimenteel onderzoek in negentien horecagelegenheden, in combinatie met modellering. In elke horecazaak zijn metingen verricht, in zowel de rookruimte als in het rookvrije deel van de caféruimte. Voor de modellering van de ventilatie en verspreiding van omgevingstabaksrook in de horecagelegenheden is in de rookruimte de afzuiging vastgesteld, alsmede invloedsfactoren als het deurgebruik van de rookruimte. Voor een normering naar bronsterkte van omgevingstabaksrook is het aantal gerookte sigaretten geteld. Uit de metingen en waarnemingen is met een simulatiemodel de ventilatie in de rookvrije ruimte berekend en een schatting gemaakt van de concentraties van de markerstoffen in de rookvrije ruimte en in de rookruimte. In de volgende twee paragrafen wordt eerst het onderzoeksprotocol beschreven. Vervolgens wordt beschreven hoe de modellering is uitgevoerd.

4.3.2 Onderzoeksprotocol

De werkhypothese is dat de volgende variabelen bepalend zijn voor de concentratie zwerfrook in een rookvrije ruimte:

1. uitvoering rookruimtes (bijvoorbeeld met of zonder luchtreiniging);
2. ventilatieniveau en de onderdruk in de rookruimte;
3. temperatuurverschil tussen rookruimte en rookvrije ruimte;
4. deurgebruik;
5. ventilatieniveau van de rookvrije ruimte;
6. verstoringen als openstaande ramen en buitendeuren;
7. bronsterkte (aantal gerookte sigaretten).

1. Uitvoering rookruimtes

Wat betreft de uitvoering van de rookruimte is een aantal aspecten van belang:

- Wat zijn de afmetingen ten opzichte van het aantal gebruikers? Bij een relatief grote rookruimte zal het langer duren voordat de evenwichtconcentratie wordt bereikt. Hierdoor zal de tijdsgemiddelde concentratie zwerfrook in de caféruimte lager blijven. Ook kunnen er bij een grote rookruimte concentratieverschillen ontstaan.
- Is luchtreiniging in de vorm van bijvoorbeeld een elektrostatisch filter aanwezig? En zo ja, staat deze aan? Luchtreiniging kan voor een lagere concentratie fijn stof zorgen.

2. Ventilatieniveau en de onderdruk in de rookruimte

Met ventilatieniveau in de rookruimte wordt de mate van luchtverversing bedoeld. Hoe meer ventilatie, hoe lager de concentratie rook. Hiervoor zal de luchtafvoer en eventueel ook de luchttoevoer via toevoerroosters worden vastgesteld. Door de rookruimte op onderdruk te houden, stroomt lucht door eventueel aanwezige naden en kieren naar de rookruimte toe. De onderdruk in de rookruimte ten opzichte van de caféruimte wordt met een digitale drukketer vastgesteld.

3. Temperatuurverschil tussen rookruimte en rookvrije ruimte

Temperatuurverschillen tussen twee ruimtes veroorzaken stromingen tussen de ruimte. Bij een temperatuurverschil van 1 K zal door een open deur een uitwisseling van bijna 0,1 m³/s (360 m³ per uur) optreden. Aan de bovenzijde van de deur zal warme lucht vanuit de warme ruimte naar de koude ruimte stromen. Aan de onderzijde zal eenzelfde massastroom koude lucht van koude ruimte naar de warme ruimte stromen. Om deze reden zal in de rookvrije ruimte en in de rookruimte de temperatuur worden gelogd met twee digitale temperatuurmeters.

4. Deurgebruik

Zwerffrook ontsnapt via de deur. Hierbij treden drie verspreidingsmechanismen op. Als bijvoorbeeld een klapdeur wordt geopend of gesloten, dan werkt deze als een pomp: lucht wordt door luchtwervelingen uit de ruimte gezogen en weer aangevuld met lucht uit de andere ruimte. Hierdoor treedt in het algemeen rookverspreiding op. Als er vervolgens een persoon vanuit de rookruimte door de deur loopt, zal hij zwerffrook in zijn of haar kielzog meesleuren. Het derde verspreidingsmechanisme dat een rol speelt, zijn de thermische effecten, zoals in het voorgaande punt is beschreven.

5. Ventilatieniveau van de rookvrije ruimte

Het ventilatieniveau van de caféruimte zal in de meeste gevallen niet of zeer moeizaam te bepalen zijn door de lucht toe- en afvoerroosters te bemeten. De oorzaak hiervan is dat in de cafés een (groot) gedeelte van de ventilatie door het openen van de buitendeur tot stand komt. Daarnaast is het vaak moeilijk te beoordelen hoe groot de infiltratie van buitenlucht is via naden en kieren. Om deze reden is het resulterende ventilatieniveau berekend aan de hand van CO₂-metingen en het tellen van het aantal aanwezige personen. Op basis van een indicatie van het activiteitsniveau (zitten, lopen, dansen) wordt een schatting gemaakt voor de CO₂-productie per persoon.

6. Verstoringen als openstaande ramen

Zijn ramen aanwezig die open gezet kunnen worden? Zijn er kieren waarneembaar in de buitengevel? Door het open zetten van ramen kan de luchtbalans veranderen. In plaats van dat er luchtstroming optreedt van het cafégedeelte naar de rookruimte kan de luchtstroming dan bijvoorbeeld omkeren.

7. Bronsterkte (aantal gerookte sigaretten)

Het aantal gerookte sigaretten tijdens de praktijkmeting is hier de bronsterkte. Dit zal worden vastgesteld door achteraf het aantal peuken in de aanwezige asbakken (of op de grond) te tellen. Peuken die op de grond zijn uitgetrapt zullen – als dat mogelijk is – worden meegeteld. Bij grotere drukte in de rookruimte is dit niet meer mogelijk en wordt de bronsterkte geëxtrapoleerd uit de mate van bezetting en het eerdere sigaretgebruik per persoon.

Op basis van de hiervoor beschreven bepalende variabelen is een meetprotocol opgesteld. Bij elke meting is hetzelfde protocol aangehouden. De resultaten van de waarnemingen zijn opgenomen in Bijlage 2, 3 en 4.

Er zijn een viertal metingen uitgevoerd in de rookvrije ruimte en een drietal in de rookruimte. De metingen zijn om en om in de twee ruimtes, en verspreid over de avond uitgevoerd. De meting in de

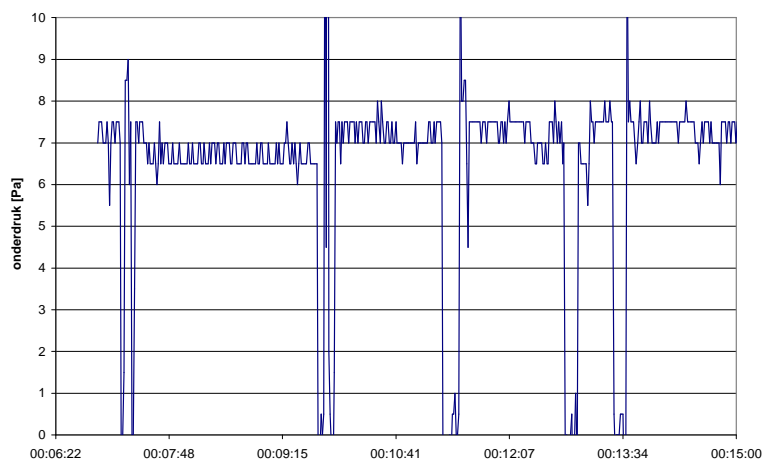
rookvrije ruimte was op circa 5 meter afstand van de rookruimte en minimaal 4 meter van de buitendeur uitgevoerd. De exacte meetposities staan vermeld in de tekeningen in Bijlage 2.

Daarnaast wordt een aantal bepalende variabelen vastgelegd:

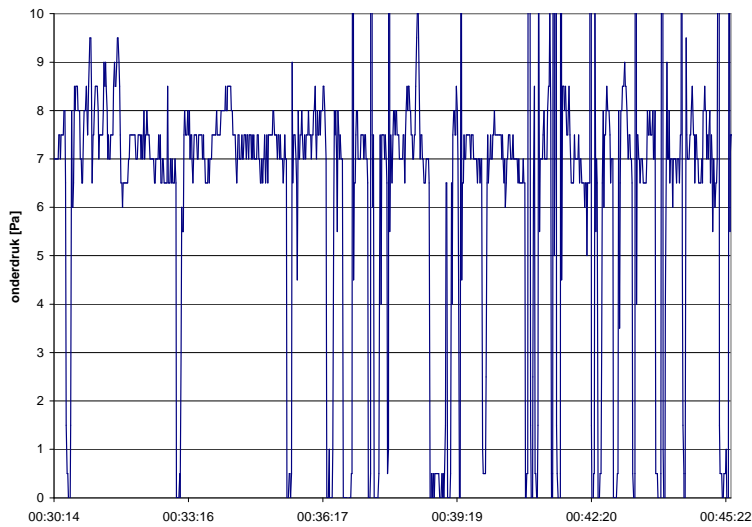
- CO₂-concentratie in rookvrije ruimte (interval 1 minuut) + aantal personen en activiteitsniveau (interval 15 minuten) → ventilatie in rookvrije ruimte;
- temperatuurverschil rookvrije ruimte/rookruimte (interval 1 minuut);
- bronsterkte (aantal gerookte sigaretten in asbakken en/of op de grond, interval 15 minuten);
- deurgebruik op basis van continue registrerende drukverschilmeting tussen rookvrije ruimte/rookruimte (interval 1 seconde).

Deurgebruik is de cruciale parameter bij de effectiviteit van een rookruimte. Het deurgebruik is zowel handmatig (turven hoeveel personen op welk tijdstip door de deur lopen) als via meting van het drukverschil tussen de rookruimte en het café gekarakteriseerd. De handmatige registratie was in een aantal gevallen noodzakelijk omdat bijvoorbeeld de deur continue open stond of omdat er geen drukverschil over de deur meetbaar was. De drukverschilmeting is uitgevoerd met een digitale drukmeter die per seconde werd uitgelezen en gelogd. Ter illustratie wordt het deurgebruik tijdens de praktijkmeting op locatie 1 weergegeven in Figuur 1. De rookruimte was met een klapdeur afgesloten. Als de deur was gesloten, stond de rookruimte op een onderdruk van circa 8 Pa. Bij het openen van de deur viel dit drukverschil weg (0 Pa). Door het naar beide zijden doorzwaaien van de deur kan zowel extra onderdruk als overdruk ontstaan. Hierdoor kan ook bij rookruimtes met een zeer geringe onderdruk bij toepassing van een klapdeur het deurgebruik met een drukverschilmeter worden vastgelegd.

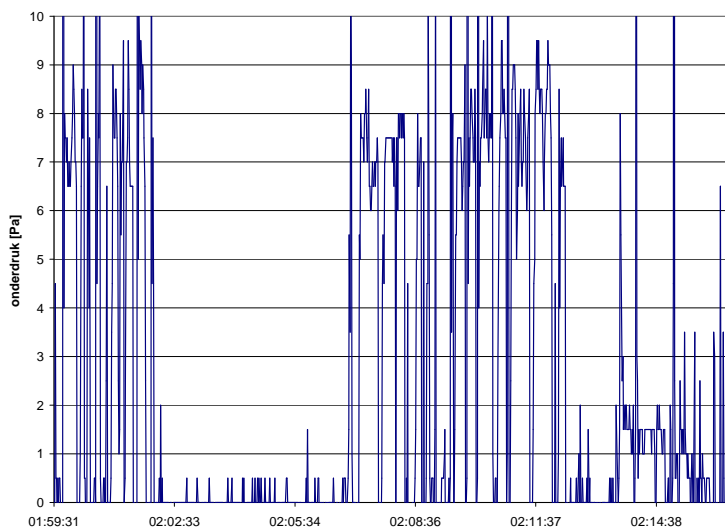
In de Figuren 1a tot 1c wordt een indruk gegeven van het deurgebruik tijdens drie typerende periodes gedurende deze praktijkmeting. Elke keer dat de deur wordt geopend, staat deze ongeveer 3 seconden open. Als er meerdere mensen door de deur lopen, staat de deur langer open. Door de pieken bij elkaar op te tellen en te delen door de meetduur (hier telkens 15 minuten) kan de tijdfactie dat de deur open is worden afgeleid. Deze neemt toe naarmate het later wordt. Tussen half een en kwart voor een is te zien dat de deur enkele minuten open staat. Dit wordt veroorzaakt door een persoon die zijn voet tussen de klapdeur hield.



Figuur 1a Drukverschil tussen rookruimte en rookvrije gedeelte 0.06-0.15 uur, deur 11% van de tijd open



Figuur 1b Drukverschil tussen rookruimte en rookvrije gedeelte 0.30-0.45 uur, deur 16% van de tijd open



Figuur 1c Drukverschil tussen rookruimte en rookvrije gedeelte 0.30-0.45 uur, deur 71% van de tijd open

4.4 Modellering van de binnenluchtkwaliteit

4.4.1 Fysische achtergrond en aannamen

Het model bepaalt aan de hand van massabalansen de concentratie in de rookruimte van de volgende twee stoffen: $PM_{2,5}$ en nicotine. Deze massabalansen worden elke seconde doorgerekend en hebben de volgende vorm:

$$(1) \text{Productie+verspreiding}^{1)} - (\text{afvoer door ventilatie \& depositie}) = \text{accumulatie} (1)$$

¹⁾ met de ventilatielucht meegevoerde aerosole tracerstof van uit de andere ruimte

De productieterm is afkomstig van brandende sigaretten. Deze wordt geschat uit het aantal getelde peuken. Door ventilatie, aanvoer van lucht uit de niet-rookzone of lucht direct van buiten, worden de concentraties verlaagd. Bij deze verlaging wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van een bepaalde hoeveelheid van de indicatorstoffen in de ventilatielucht. Voor fijn stof treedt in principe depositie op, waarbij dit neerslaan van deeltjes afhangt van de grootte van de deeltjes en het gewicht. Depositie wordt vooral bij hoge concentraties versterkt door de samenklontering van kleine deeltjes in de lucht, waardoor grotere en zwaardere deeltjes ontstaan (coagulatie), waardoor ze sneller neerslaan en/of gedeeltelijk buiten de PM_{2,5}-range vallen. Het effect hiervan lijkt echter beperkt ten opzichte van ventilatie. In geval van een 3 meter hoge ruimte is de verliesterm ten gevolge van ventilatie 5 tot 50 maal zo groot als die van depositie. In Tabel 7 wordt per indicatorstof aangegeven wat de bronsterkte per sigaret is en wordt een schatting gegeven voor de depositiesnelheid. Voor de buitenluchtconcentratie van fijn stof zijn meetwaarden gebruikt.

Tabel 7 In het model gebruikte aannamen voor de tracerstoffen

	Bronsterkte per sigaret [mg]	Depositie Snelheid [mm/s]
PM _{2,5}	7	0,2
Nicotine	5	0

Voor de rookvrije ruimte van het café kan eenzelfde massabalans worden opgesteld. Omdat hier niet wordt gerookt, is er geen productieterm:

$$\text{Meegevoerde indicatorstof} - (\text{afvoer door ventilatie \& depositie}) = \text{variatie} \quad (2)$$

De ‘productie’ ten gevolge van meevoering door luchtuitwisseling is voor elke tracer het product van de berekende concentratie in de rookruimte volgens (1) en de luchtuitwisseling. Het model berekent de luchtuitwisseling tussen de rookruimte en het rookvrije gedeelte op basis van de volgende variabelen:

1. Deurtype; bij een klapdeur wordt ervan uitgegaan dat als een persoon de rookruimte bezoekt, dit per keer een verspreiding van 1 m³ lucht veroorzaakt. Bij een schuifdeur wordt een verspreiding van 0,2 m³ aangenomen.
2. Als een persoon vanuit de rookruimte door de deur loopt, zal hij 0,5 m³ zwerfrok in zijn of haar kielzog meevoeren.

Afhankelijk van de mate van afzuiging in de rookruimte en de daarbij optredende lichtsnelheid in de deuropening naar de rookruimte, worden de verspreidingsvolumes onder 1 en 2 gereduceerd. De reductie is sterker naarmate de lichtsnelheid in de deuropening ten gevolge van de afzuiging in de rookruimte groter is dan de loopsnelheid van personen en de snelheid waarmee de deur wordt bewogen bij het openen en sluiten.

3. Temperatuurverschil tussen de rookruimte en het rookvrije gedeelte veroorzaakt thermische uitwisseling. Bij een temperatuurverschil van 2 K en een 2,2 m hoge deur zal een maximale lichtsnelheid van 0,39 m/s optreden. Om de mate van luchtuitwisseling te berekenen wordt gecorrigeerd voor de afvoerlichtsnelheid ten gevolge van eventuele afzuiging in de rookruimte. Als deze lager is dan de maximum thermische snelheid, zal er lucht tussen beide ruimten worden uitgewisseld.

De voor deze berekeningen benodigde gegevens, zoals deurgebruik, zijn per kwartier vastgesteld. De luchtuitwisseling wordt dan ook per kwartier bepaald. De in de praktijk waargenomen effecten met een tijdsduur korter dan een kwartier zal het model daarom niet kunnen reproduceren.

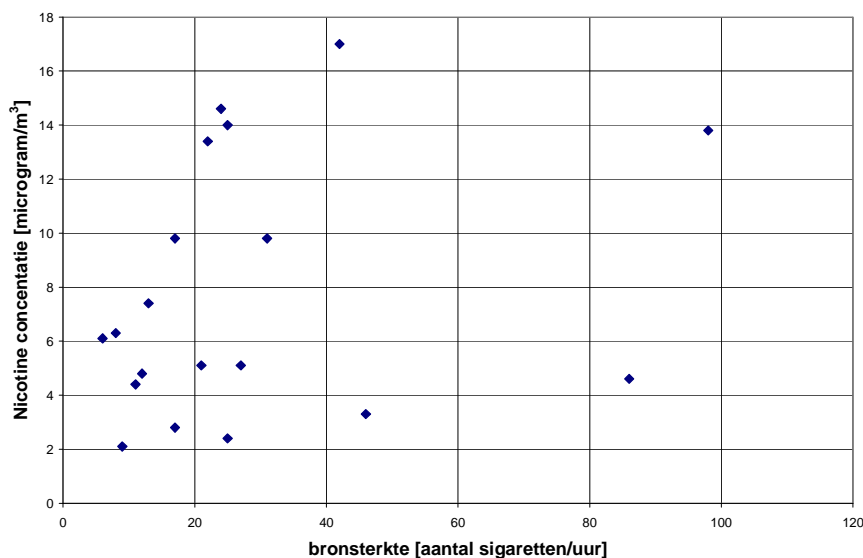
Het model gaat uit van volledige menging per ruimte. In werkelijkheid zal de gemeten waarde dicht bij een bron hoger zijn. Dit treedt bijvoorbeeld ook op voor $PM_{2,5}$ tengevolge van opwerveling van stof vanaf de vloer en stofproductie uit kleding bij bewegende personen.

4.5 Gevoeligheidsanalyse

De lekkage van zwerfrook wordt bepaald door de volgende variabelen:

1. uitvoering rookruimtes (bijvoorbeeld met of zonder luchtreiniging);
2. ventilatieniveau en de onderdruk in de rookruimte;
3. temperatuurverschil tussen rookruimte en caféruimte;
4. deurgebruik;
5. ventilatieniveau van de caféruimte;
6. verstoringen als openstaande ramen en buitendeuren;
7. bronsterkte (aantal gerookte sigaretten).

Een gevoeligheidsanalyse op basis van de meetdata is uitgevoerd. Een belangrijke beperking was dat bij de meeste horecagelegenheden meerdere variabelen afwijken van het 'gemiddelde', zodat niet duidelijk wordt wat elke afzonderlijke variabele voor effect heeft. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 2, waarin de concentratie nicotine in het rookvrije gedeelte is uitgezet tegen de bronsterkte. In cafés waar het minst werd gerookt, worden de laagste concentraties aangetroffen. Omdat de andere variabelen ook een rol spelen, is er duidelijk geen lineair verband tussen gerookte sigaretten en nicotineconcentratie. Om deze reden wordt in deze gevoeligheidsanalyse gebruik gemaakt van een eenvoudig model om de hoeveelheid zwerfrook afkomstig uit de rookruimte te bepalen. Hiermee is het wel mogelijk om de variabelen één voor één te veranderen. Bij de gevoeligheidsanalyse wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde horecagelegenheid in deze studie, zie Tabel 8.



Figuur 2 Verband tussen bronsterkte en gemeten gemiddelde concentratie nicotine in het rookvrije gedeelte

Tabel 8 Omschrijving van de gemiddelde horecagelegenheid in deze studie (n=19)

	Oppervlak [m ²]	Ventilatievoud [per uur]	Ventilatie [m ³ /s]	Aantal personen	Bronsterkte [sig/uur]
Rookvrij gedeelte	133	3,4	0,28	49	-
Rookruimte	22	11	0,13		25

In Tabel 8 wordt het effect van de diverse variabelen weergegeven. Als referentie is de gemiddelde praktijksituatie (n=19) genomen, waarbij in de rookruimte de nicotineconcentratie 271 µg/m³ bedroeg. Bij een rookruimte met een klapdeur wordt ervan uitgegaan dat per elke twee keer dat de deur open en dicht gaat dit een verspreiding van 1 m³ zwerfrok veroorzaakt. Bij een rookruimte met een schuifdeur wordt een verspreiding van 0,2 m³ aangenomen. Een door de deur naar buiten lopende persoon veroorzaakt een verspreiding van 0,5 m³ zwerfrok. Als wordt aangenomen dat iedere roker 1 sigaret rookt in de rookruimte en vervolgens samen met nog een andere roker naar het rookvrije gedeelte teruggaat, dan gaat de deur van de rookruimte 12,5 keer per uur open. Dit veroorzaakt in de rookvrije ruimte een nicotine concentratie van 7,9 µg/m³.

Tabel 9 Gesimuleerd effect van variabelen op de nicotineconcentratie in het rookvrije gedeelte; bronsterkte in alle situaties is 25 sigaretten per uur

situatie	aantal personen [per uur]	aantal maal deur open [per uur]	deur type	tijdsduur [s/opening]	temperatuur verschil [K]	ventilatieniveau cafe [per uur]	ventilatieniveau rookruimte [per uur]	nicotine conc [microg/m ³]
referentie	25	12.5	klapdeur	4	1	3.4	11	7.9
1	10	5	klapdeur	4	1	3.4	11	3.1
2	60	30	klapdeur	4	1	3.4	11	18.9
3	25	25	klapdeur	2	1	3.4	11	11.2
4	25	12.5	schuifdeur	4	1	3.4	11	5.2
5	25	12.5	klapdeur	0	1	3.4	11	6.6
6	25	12.5	klapdeur	4	0	3.4	11	6.6
7	25	12.5	klapdeur	4	3	3.4	11	8.8
8	25	12.5	klapdeur	4	1	6	11	4.5
9	25	12.5	klapdeur	4	1	1	11	26.7
10	25	12.5	klapdeur	4	1	3.4	22	3.9

In situatie 1 en 2 wordt het aantal bezoekers van de rookruimte aangepast, zonder dat er meer wordt gerookt; dit zorgt voor een rechtevenredige verlaging respectievelijk verhoging van de nicotineconcentratie in de rookvrije ruimte. Het in- en uit lopen blijkt een relatief groot effect te hebben, omdat zowel uitwisseling ten gevolge van pompwerking als thermische uitwisseling optreedt. Het aantal maal dat de deur wordt geopend heeft dus een relatief groot effect.

In situatie 3 is aangenomen dat de rokers niet met zijn tweeën tegelijk naar binnen komen en naar buiten gaan, maar individueel. Omdat de tijdsduur dat de deur openstaat niet verandert, en de thermische uitwisseling dus ook niet, heeft dit een minder groot effect.

In situatie 4 is de klapdeur van de rookruimte vervangen door een schuifdeur. Omdat deze minder pompwerking heeft zorgt dit voor een verlaging van de concentratie.

In situatie 5 en 6 is het effect van de thermische uitwisseling bij openstaande deur geminimaliseerd. Het thermische effect blijkt onder de gemiddelde condities relatief klein te zijn. Bij langdurig open staande deuren en bij een laag ventilatieniveau van de rookruimte kan het effect wel groot zijn. In het hier gebruikte model is overigens het effect van de lichtsnelheid in de deuropening op de hoeveelheid zwerfrok niet meegenomen.

In situatie 7 is onderzocht wat het effect is van het temperatuurverschil tussen rookruimte en rookvrije ruimte. Verhoging van het temperatuurverschil blijkt een beperkt effect te veroorzaken.

In situatie 8 en 9 is het effect van het ventilatieniveau in de rookvrije ruimte onderzocht. Dit zorgt voor een rechtevenredige verhoging respectievelijk verlaging van de nicotineconcentratie. Als laatste is het effect van het ventilatieniveau in de rookruimte onderzocht. Verdubbeling van de afzuiging in de

rookruimte zorgt voor een halvering van de nicotineconcentratie in de rookruimte, van 271 naar 136 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ook dit heeft een rechtevenredig effect op de nicotineconcentratie in het rookvrije gedeelte. Voor de praktijk is dit een interessante optie.

Uit Tabel 9 blijkt dat het ventilatiedebiet in het rookvrije gedeelte gemiddeld bij de negentien horecazaken tweemaal zo hoog is als in de rookruimte. Blijkbaar vindt het merendeel van de afvoer buiten de rookruimte plaats. Als deze afvoer naar de rookruimte kan worden verplaatst zorgt dit voor een halvering van de nicotineconcentratie in het rookvrije gedeelte. Voor een deel zal de ventilatie in het rookvrije gedeelte ongecontroleerd via naden en kieren en via het openen van buitendeuren tot stand komen.

4.6 Conclusie gevoeligheidsanalyse

Uit de gevoeligheidsanalyse kan worden afgeleid dat het aantal bezoekers (gerookte sigaretten en het aantal deurbewegingen) dat per uur de rookruimte gebruikt het meest bepalend is voor de concentratie omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimte van horecagelegenheden, gevolgd door het type deur, en de mate van afzuiging in de rookruimte.

5 Hoeveelheden omgevingstabaksrook in de horeca

5.1 Nicotine en PM_{2,5} concentraties in horecagelegenheden

Zoals in Hoofdstuk 3 is gerapporteerd, zijn karakteristieke gemiddelde concentraties nicotine in cafés met rookruimtes ongeveer 2,4-7,4 $\mu\text{g m}^{-3}$. Variaties treden wel op, maar concentraties boven de 7,5 tot 10 $\mu\text{g m}^{-3}$ komen zelden voor. In horecagelegenheden waar de rookruimte vuile lucht via het ventilatiesysteem de rookvrije ruimte in blaast, waar deuren vrijwel voortdurend open staan of waar buiten de rookruimte werd gerookt, werden meestal concentraties van 7,5 $\mu\text{g m}^{-3}$ of meer gemeten, en meerdere gevallen boven de 10 $\mu\text{g m}^{-3}$. Maximum concentraties kunnen aanzienlijk groter zijn. PM_{2,5}-concentraties in de cafés met rookruimtes komen vrijwel nooit boven de 80 tot 100 $\mu\text{g m}^{-3}$ in het rookvrije gedeelte. Gemiddelden zijn niet betrouwbaar te berekenen voor verschillende gelegenheden, omdat verstorende andere PM_{2,5}-bronnen aanwezig zijn in een aantal gelegenheden.

In een andere RIVM-studie zijn recent ook metingen verricht in drie rookvrije horecagelegenheden. Zoals verwacht waren de concentraties van nicotine, PM_{2,5} en 3-ethenylpyridine in deze gelegenheden 10 tot 20 keer zo laag als in de cafés met rookruimtes uit Hoofdstuk 3. Nicotineconcentraties varieerden van 0,1 μg tot bijna 0,3 $\mu\text{g m}^{-3}$ voor PM_{2,5} van 13 tot 37 $\mu\text{g m}^{-3}$; 3-ethenylpyridine was nauwelijks meetbaar vanwege de detectielimiet.

In de wetenschappelijke literatuur zijn studies gepubliceerd waarin gemeten concentraties nicotine en PM_{2,5} in horecagelegenheden zijn gerapporteerd. In veel gevallen gaat het hierbij om studies die effecten van rookverboden in kaart probeerden te brengen. Daartoe werd vaak in dezelfde of vergelijkbare horecagelegenheden, 'voor' en 'na' een geheel of gedeeltelijk rookverbod een serie metingen uitgevoerd. In veel van die studies was de meetcampagne ingericht om het effect van het (gedeeltelijke) rookverbod in kaart te brengen. Een standaard onderzoeksopzet is daarbij om metingen 'voor' en 'na' in elk geval op dezelfde wijze uit te voeren en onder min of meer gelijke omstandigheden (zie ook paragraaf 2.4 Tabel 1). In dit soort onderzoeksprotocollen wordt geen rekening gehouden met ventilatie- en luchtzuiveringscondities. Informatie hierover is dan ook meestal niet in deze studies te vinden. Ook navraag bij een aantal onderzoekers die studies hebben gepubliceerd heeft geen additionele informatie opgeleverd die vergelijkbaar is met de resultaten die in de Hoofdstuk 3 en 4 van het onderhavige rapport zijn weergegeven. De studies waarin luchtzuivering- en ventilatiecondities in enige mate zijn beschreven in relatie tot het gebruik van rookruimtes, komen aan de orde in paragraaf 5.2.

Nicotine en/of PM_{2,5} in horeca zonder rookverbod

Concentraties nicotine in horeca zonder rookverbod liggen in discotheken en bars vaak ruim boven de 100 tot 200 $\mu\text{g m}^{-3}$. Moshhammer et al. (42) bijvoorbeeld rapporteren waarden tot 487 $\mu\text{g m}^{-3}$ met een gemiddelde van 154,5 $\mu\text{g m}^{-3}$. Een samenvatting van verschillende studies is weergegeven in Figuur 3.

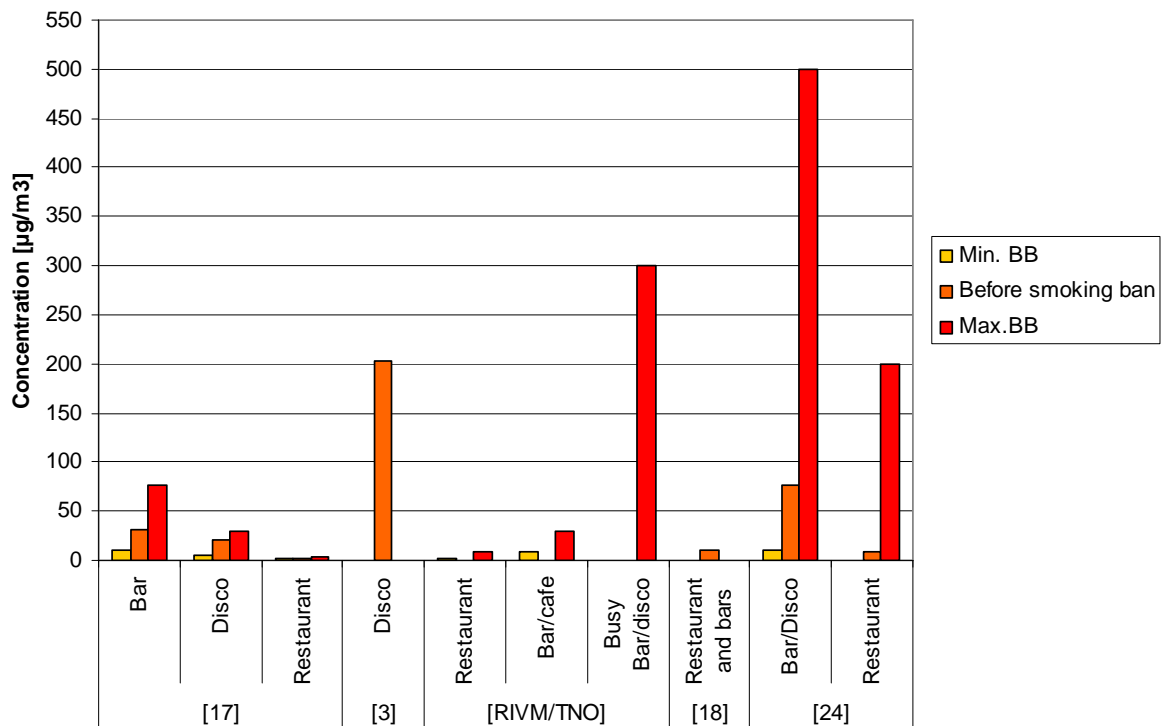
Concentraties van enkele honderden microgrammen PM_{2,5} per kubieke meter lucht zijn gebruikelijk als wordt gerapporteerd over cafés zonder rookverbod, waarbij maxima vaak boven de 1000 of zelfs 2000 $\mu\text{g m}^{-3}$ kunnen zijn. In de studie van Chang et al. (43) bijvoorbeeld, werd in drie bars waar gerookt mocht worden respectievelijk 485, 580 en 1535 $\mu\text{g m}^{-3}$ gemeten als gemiddelde.

Minimumwaarden waren respectievelijk 225, 148 en 1178 $\mu\text{g m}^{-3}$, terwijl maxima opliepen tot 906, 2951 en 2007 $\mu\text{g m}^{-3}$. Huss et al. (44) vonden in Zwitserse bars zonder rookbeperkingen gemiddelde concentraties van 266 $\mu\text{g m}^{-3}$ en in cafés van 163 $\mu\text{g m}^{-3}$. In een grote Duitse studie werd in bars een

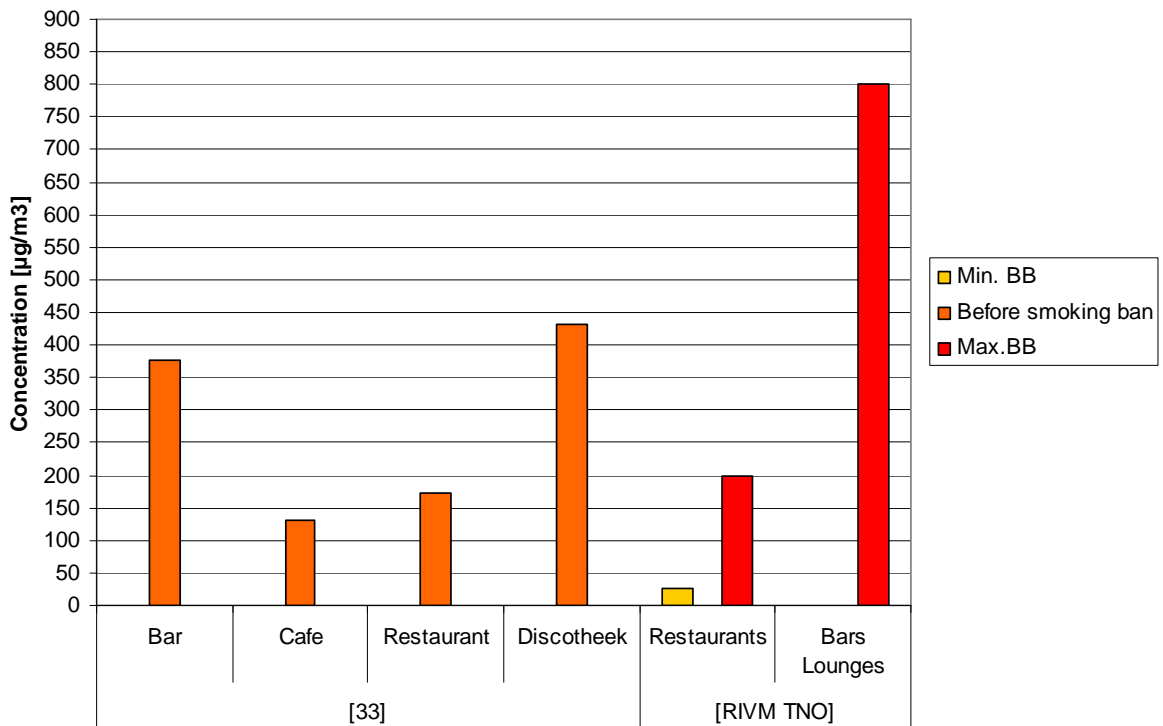
gemiddelde concentratie gevonden van $378 \mu\text{g m}^{-3}$ en voor cafés $131 \mu\text{g m}^{-3}$ (47). Een samenvatting van verschillende studies staat in Figuur 3.

In een gezamenlijke studie van VWS en RIVM werden voor invoering van de rookvrije horeca gemiddelde waarden gevonden in cafés van $510 \mu\text{g m}^{-3}$ voor $\text{PM}_{2,5}$, met een maximum van $2650 \mu\text{g m}^{-3}$. In dezelfde horecagelegenheden werd na invoering van de rookvrije horeca een gemiddelde gevonden van $66 \mu\text{g m}^{-3}$ wat goed overeen komt met de waarden die in hoofdstuk 3 worden gerapporteerd.

Een samenvatting van literatuur over concentraties $\text{PM}_{2,5}$ en nicotine in horeca zonder rookverboden, is gegeven in onderstaande Figuren. Nadere details zijn te vinden in ondermeer referentie (2, 5, 10, 11, 14-17, 19-40, 42-53). Uit de Figuren blijkt dat de concentraties sterk verschillen. Als algemene trend is aan te geven dat de concentraties het hoogst zijn in bars en discotheken en het laagst in restaurants. Karakteristieke concentraties nicotine in bars zijn enkele tientallen $\mu\text{g m}^{-3}$ met maxima van enkele honderden microgrammen per kubieke meter.



Figuur 3 Overzicht van nicotine concentraties zonder rookverboden



Figuur 4 Overzicht van PM_{2.5}-concentraties zonder rookverboden

Nicotine en/of PM_{2.5} in rookvrije horeca

In een aantal studies waarin nicotineconcentraties zijn bepaald in de rookvrije horeca worden ook meestal karakteristieke waarden gerapporteerd rond de 1 µg m⁻³. Lambert et al. (46) bijvoorbeeld vinden in zeven verschillende gelegenheden concentraties tussen de 0,2 en 1,0 µg m⁻³. Relatief hoge concentraties, tot aan 2,8 µg m⁻³, worden meestal aangetoond in horecagelegenheden waar direct voor de deur of het raam gerookt mag worden, of waar luifels of tenten worden gebruikt die verbonden zijn met het rookvrije horecagedeelte (47,48). Ook in deze situaties zorgt zwerfrok die naar binnen waait of die door ventilatie wordt aangezogen voor achtergrondconcentraties omgevingstabaksrook, waarbij de concentratie toeneemt met het aantal rokers – in patio’s bijvoorbeeld.

Klepeis et al. (53) toonden aan dat afhankelijk van de windrichting buiten de horeca een aanzienlijk transport van omgevingstabaksrook kan plaatsvinden. Niet alleen betekent dit dat ook op terrassen aanzienlijke blootstelling kan plaatsvinden, maar ook dat omgevingstabaksrook van buiten de horecagelegenheid kan inwaaien.

PM_{2.5}-concentraties in de rookvrije horeca in de range van 17,2 tot 32,5 µg m⁻³ in negentien Zwitserse horecagelegenheden zijn gerapporteerd door Huss et al. (44). Brauer en Mannetje (45) en Jones et al. (50) Johnsson et al. (51), Schneider et al. (52) hebben voor de rookvrije horeca concentraties PM_{2.5} gevonden tussen de 17 en 38 µg m⁻³. Chang et al. (43) onderzochten in New York in 2004 een rookvrije bar en vergeleken PM_{2.5}-concentraties met die van een bar waar wel gerookt mocht worden. In het rookvrije café werden concentraties van gemiddeld 21 µg m⁻³ gerapporteerd, waarbij minimaal 12 µg m⁻³ werd gemeten en maximaal 31 µg m⁻³. Vergelijkbare concentraties zijn recentelijk ook gemeten door het RIVM in drie rookvrije horecagelegenheden.

Nicotine en/of PM_{2,5} in horeca met gedeeltelijk rookverbod

In de literatuur bestaan diverse artikelen waarin PM_{2,5}-concentraties en nicotineconcentraties worden gerapporteerd in horecagelegenheden waar een gedeeltelijk rookverbod wordt gehanteerd. In de TNO-RIVM rapportage uit 2004 is aangegeven dat in de meeste gevallen zonering van ruimten zonder fysieke afscheiding niet effectief is om een significante daling van de omgevingstabaksrook te bewerkstellingen ten opzichte van het rokersgedeelte.

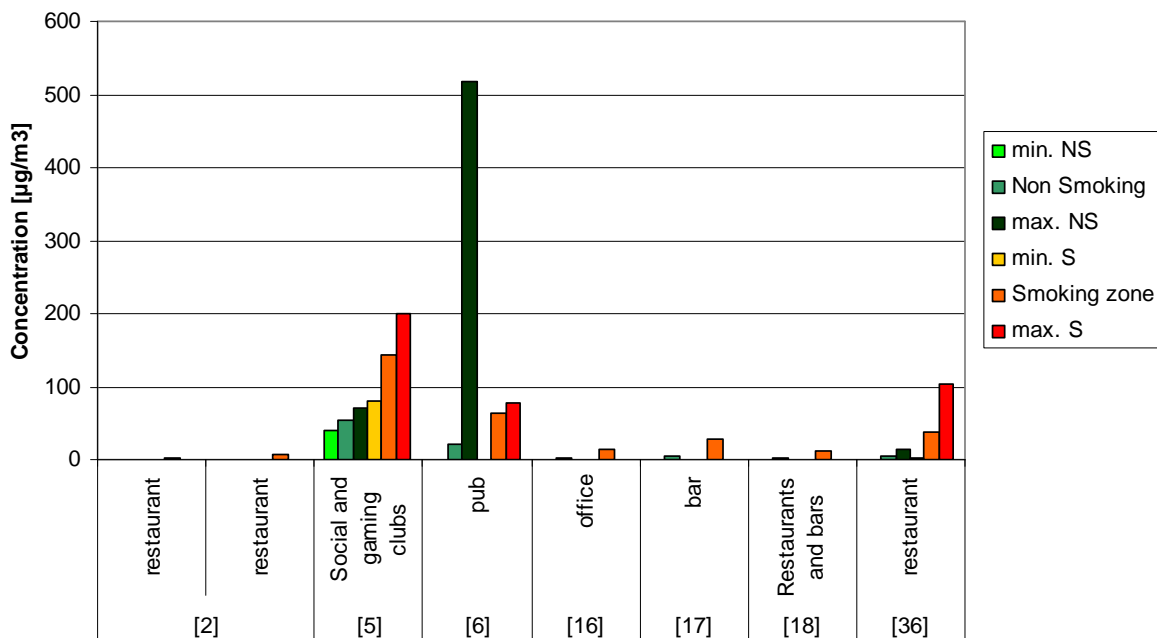
Jenkins et al. (54) hebben metingen uitgevoerd in horecagelegenheden waar aparte ventilatie en luchtbehandeling werden uitgevoerd. In de betreffende horecagelegenheden (Black Dog Pub) werd ook zonering toegepast, waarbij de luchtstroom dusdanig werd geregeld dat er niet of nauwelijks een luchtstroom kon ontstaan van vervuilde lucht uit het rokersgedeelte naar het niet-rokers gedeelte. PM_{2,5}-concentraties in het niet-rokersgedeelte lagen gemiddeld onder de 50 µg m⁻³ op drie verschillende avonden; maximum concentraties liepen op tot 162 µg m⁻³. In dezelfde studie worden PM_{2,5}-concentraties gerapporteerd van twee rookvrije horecagelegenheden, waarvan de gemiddelde concentraties respectievelijk 16 en 36 µg m⁻³ waren. Metingen van nicotine in het rookvrije gedeelte van de Black Dog Pub gaven in de meeste gevallen concentraties onder de 1 µg m⁻³ (mediane meetwaarde 0,44 µg m⁻³), wat eveneens goed overeen kwam met de concentratie nicotine in de rookvrije horecagelegenheden (mediane waarden 0,22 µg m⁻³).

In horeca met een beperkt rookverbod maar zonder afgescheiden rookruimte, vonden Huss et al. (45) PM_{2,5}-concentraties in de rookvrije zone tussen de 90 en 150 µg m⁻³, wat maar nauwelijks lager was dan in horeca zonder rookbeperking. Vergelijkbare resultaten zijn eerder beschreven door TNO en RIVM (2004).

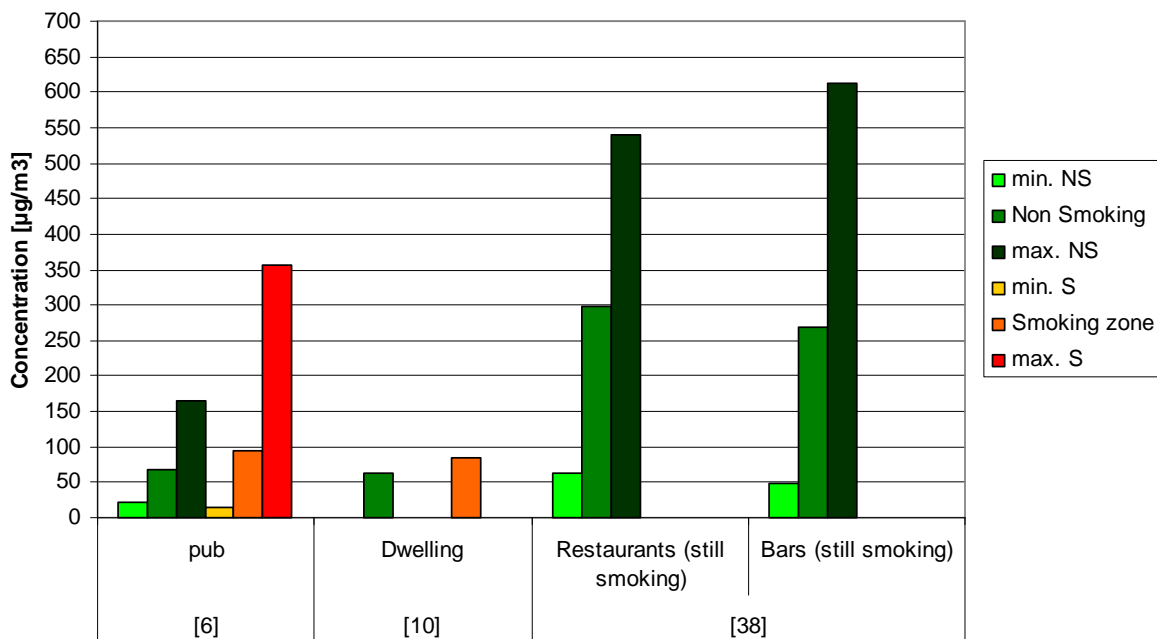
Fernandez et al. (55) onderzochten in Spanje de blootstelling van personeel in horeca met een gedeeltelijk of geheel rookverbod. Analyse van cotinine, als marker voor nicotine, in het bloed toonde aan dat de invoering van een gedeeltelijk rookverbod geen invloed had op de cotinineniveaus. Dit suggereert dat er ook over langere tijd geen afname was van de blootstelling (56). Introductie van een volledig rookverbod daarentegen resulteerde in een aanmerkelijke daling van de cotininespiegels. Ook Lee et al. (57) rapporteren dat gedeeltelijke rookverboden (meestal zonering) niet of nauwelijks resulteren in een vermindering van de blootstelling aan omgevingstabaksrook.

Nicotine

Nicotine smoke- and non smoke rookzones



PM2.5 smoke- and non smoke rookzones



Nicotine en/of PM_{2,5} in niet-horeca gelegenheden

In een groot aantal studies zijn nicotine- en PM_{2,5}-concentraties gerapporteerd voor binnenmilieus, in niet-horeca gelegenheden. In oudere literatuur wordt meestal Respirable Suspended Particles (RSP) gerapporteerd. Hoewel er grote overeenkomst is met PM_{2,5}, bevat RSP ook iets grotere deeltjes (tot maximaal 5 micrometer). RSP-waarden in een luchtmonster correleren over het algemeen goed met PM_{2,5}, maar geven iets hogere waarden.

PM_{2,5} en RSP vertonen in rookruimten altijd veel hogere concentraties dan in niet-rookruimten onder vergelijkbare condities. Concentraties fijn stof in huizen bijvoorbeeld, hebben een karakteristieke waarde van ongeveer 22 µg m⁻³ in rookvrije huizen, terwijl in huizen waar wordt gerookt de karakteristieke waarde ongeveer 50 µg m⁻³ is (58). Maximum concentraties fijn stof die daarbij werden gerapporteerd in de ranges waren 212 µg m⁻³ voor huizen waarin wel werd gerookt, tegen een maximum van 77 µg m⁻³ voor huizen waarin niet werd gerookt.

Van Deusen et al. heeft PM_{2,5}-concentraties in woningen gemeten met en zonder rokers [58]. De gemiddelde waarde voor de rookgedeelten van de woningen bedroeg 84 µg m⁻³. De concentratie in de aangrenzende kamers was 63 µg m⁻³. De concentratie in de woningen waarin niet werd gerookt was 9 µg/m³, vergelijkbaar met de buitenluchtkwaliteit. Van Deusen concludeerde dat het aanwijzen van een rookgedeelte in een woning de bewoners in niet-rookgedeelten niet beschermt.

Klepeis et al. (59) toonden aan dat in rookvrije openbare gelegenheden in de USA een karakteristieke concentratie van 30 µg m⁻³ PM_{2,5} gehanteerd kan worden.

Nicotineconcentraties in rookvrije binnenmilieus zijn vaak zeer laag, maar nicotine is vaak niet helemaal afwezig – wat verwacht zou kunnen worden. Tocht, invoer van lucht met sporen van nicotine, en soms recirculatie en desorptie van nicotine vanaf oppervlakken waarop het was neergeslagen (kleding bijvoorbeeld) zorgt voor detecteerbare nicotinesporen. In rookvrije ruimten worden meestal nicotineconcentraties onder de 1 µg m⁻³ gevonden. Maximum concentraties in rookvrije ruimten liggen meestal onder de 2 µg m⁻³. Jenkins en Counts (60) bijvoorbeeld vonden op niet-horeca rookvrije werkplekken een range van concentraties tussen de 0,086 en 0,122 µg m⁻³. In andere niet-horeca gelegenheden, zoals woonhuizen waar wel wordt gerookt, zijn concentraties van veelal boven de 4 µg m⁻³ (48) gevonden. Hoewel de concentraties vaak onder de 20 µg m⁻³ bleven, zijn er ook situaties gerapporteerd waar de concentratie tot 100 µg m⁻³ of meer opliep.

De concentraties PM_{2,5} en nicotine in niet-horeca gelegenheden komen goed overeen met de waarden die ook in horecagelegenheden worden gevonden. Karakteristieke waarden voor niet-rookruimten zijn onder de 50 µg m⁻³ voor PM_{2,5}, wat iets lager is dan wat karakteristiek is voor de rookvrije horeca. Karakteristieke nicotineconcentraties in rookvrije ruimten in niet-horeca gelegenheden liggen vaak onder de 1 µg m⁻³, terwijl in de rookvrije horeca soms concentraties tussen de 1 en 3 µg m⁻³ worden gerapporteerd.

5.2 Concentratie zwerfroof bij rookruimtes

Om het effect van rookruimtes op de luchtkwaliteit in de horeca te onderzoeken in zeventien horecagelegenheden nabij Sydney zijn de concentraties nicotine en PM₁₀ gemeten (9). In deze studie waren twaalf horecagelegenheden voorzien van een rookvrije kamer en vijf hanteerden een zonering als afscheiding. In tegenstelling tot de Nederlandse situatie besloeg het rookgedeelte dus het merendeel van de horecagelegenheden. De metingen zijn uitgevoerd op vrijdagavond, de typisch drukke momenten. De nicotine is met een passieve sampler gemeten, met een optimale meetperiode van 6 uur. Fijn stof is gedurende 10 minuten gemeten met een deeltjesteller. Het is onduidelijk of de rookvrije kamer met een deur van het rookvrije gedeelte is afgesloten. Van de twaalf horecagelegenheden met

rookvrije kamer waren er slechts drie die een onafhankelijk ventilatiesysteem voor deze kamer hadden. Mogelijk trad in de rookvrije kamer ten gevolge van recirculatie vervuiling op door het ventilatiesysteem. Uit analyse van de meetdata was volgens de auteurs geen duidelijk verschil waarneembaar tussen de twee verschillende uitvoeringen van het ventilatiesysteem. Tijdens deze oriënterende studie zijn geen ventilatiedebieten gemeten en zijn geen temperatuurverschillen vastgelegd. De bezoekersaantallen zijn geschat; er is echter niet geteld hoeveel er is gerookt. Hierdoor zijn de gemeten concentraties helaas niet nader te analyseren. De onderzoekers geven aan dat rookvrije kamers een reductie in nicotineconcentratie opleveren tussen 15 en 75%, met een gemiddelde waarde van 53%. Voor rookvrije zones is een reductie tussen 12 en 86% gerapporteerd, met een gemiddelde waarde van 55%. De gemiddelde concentratie nicotine en PM₁₀ zijn in Tabel 10 vermeld. Opvallend is dat de rookvrije zone wel een redelijke reductie ten aanzien van nicotine oplevert, maar niet ten aanzien van PM₁₀. Voor dit verschil wordt geen verklaring gegeven.

Tabel 10 Gemiddelde concentratie nicotine en PM_{2,5} in zeventien Australische horecagelegenheden [5]; de buitenluchtconcentratie PM₁₀ bedroeg gemiddeld 62 µg/m³

	Nicotine [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
Gemiddeld in rookvrije kamer / rookzone (n = 12)	55 / 143	129 / 421
Gemiddeld in rookvrije zone / rookzone (n = 5)	36 / 83	404 / 555
Minimum gemeten concentratie in rookvrije kamer	23	67
Maximum gemeten concentratie in rookvrije kamer	62	337

Pion heeft nicotineconcentraties nabij een rookruimte op een luchthaven vastgesteld [60]. De concentraties waren met 0,46 en 0,72 µg m⁻³ drie- tot vijfmaal hoger dan op een vergelijkbare rookvrije luchthaven. Echter, vergeleken met de Australische metingen [9] (23 tot 71 µg m⁻³) waren de concentraties laag. Jammer genoeg is in beide studies de ventilatiegraad in de niet-rokers zone niet vermeld. In de studie van Pion is ook de concentratie in de rookruimte niet gemeten.

Recent zijn in een studie in Zwitserland concentraties PM_{2,5} onderzocht in 95 horecagelegenheden die ingedeeld waren in vijf klassen (44). De eerste klasse betrof volledig rookvrije horecagelegenheden, waarvoor gemiddeld een concentratie PM_{2,5} van 24,8 µg m⁻³ werd gerapporteerd. Deze waarde komt goed overeen met de waarden die in Hoofdstuk 3 worden gemeld voor Nederlandse rookvrije horeca (13- 37 µg m⁻³). De tweede klasse in de Zwitserse studie was horeca met een rookruimte zoals die ook in deel I van dit rapport is onderzocht. In de Zwitserse studie werd een gemiddelde concentratie PM_{2,5} gerapporteerd van 57,4 µg m⁻³, waarbij de range lag tussen de 35,6 en 79,3 µg m⁻³. De waarden uit Hoofdstuk 3 voor de rookvrije ruimte in de Nederlandse horeca met goed functionerende rookruimten komen hiermee zeer goed overeen. In de Zwitserse studie worden in de rookvrije ruimten, net als in Hoofdstuk 3, alleen concentraties PM_{2,5} boven de 80 µg m⁻³ gemeten als het ventilatiesysteem niet goed werkt. In de andere drie klassen was zonering toegepast of was er helemaal geen rookbeperking. Bij zonering waren de gemiddelde concentraties in de 'rookvrije ruimte' 96,4 tot 150,5 µg m⁻³ met uitschieters tot bijna 200µg m⁻³, terwijl zonder rookbeperking de gemiddelde PM_{2,5}-concentratie 184,9 µg m⁻³ met uitschieters tot ruim boven de 200 µg m⁻³ liet zien.

Vainiotalo et al. (61) vonden in tien Finse restaurants nicotineconcentraties van gemiddeld 18,1 µg m⁻³ in de rokerszone, tegen 1,6 µg m⁻³ in de rookvrije ruimte. In restaurants met een goede scheiding vonden zij dat in de rookvrije ruimte de nicotineconcentratie ongeveer 3% was van die in de rookruimte. Met slechtere ventilatie werd deze reductie slechter, waarbij grote verschillen werden gevonden (14 tot 76%). Vrijwel identieke resultaten zijn gerapporteerd in paragraaf 3.4. Interessant in de Finse studie was dat ook andere omgevingstabaksrookstoffen zijn onderzocht. Hoewel een aantal

van deze stoffen zich op een manier verspreiden in de ruimten die goed werd gerepresenteerd door de indicatorstoffen, waren er ook een paar stoffen die zich anders gedroegen. Dit verschil werd wel geconstateerd, maar niet goed verklaard.

5.3 Conclusies

Vraag 2) Wat is aan de hand van deze indicatorstoffen bekend over de hoeveelheid tabaksrook die vanuit een afgesloten rookruimte naar de rookvrije ruimte kan ontsnappen (hierna te noemen: ‘zwerfrook’) en wat is de gezondheidkundige betekenis hiervan?

Vraag 3) Kunnen op basis van diverse praktijksituaties in horecagelegenheden met rookruimten op dit moment gemiddelden en maxima voor deze indicatorstoffen worden vastgesteld?

Nicotine en in mindere mate $PM_{2,5}$ kunnen worden gebruikt als indicatorstoffen om de mate van verspreiding van omgevingstabaksrook in cafés aan te tonen. De vorming van omgevingstabaksrook wordt bepaald door het aantal rokers. Lekkage van omgevingstabaksrook naar het rookvrije gedeelte hangt echter af van factoren die te maken hebben met het ontwerp, de aanleg, het onderhoud en het gebruik van de rookruimte. Grote lekkage van zwerfrook is waarneembaar in gevallen dat er overdruk in de rookruimte was, deuren open stonden bij grote drukte, of bij gebrek aan capaciteit (te kleine rookruimtes). In deze gevallen zorgen rookruimtes in Nederlandse cafés ervoor dat de aangevoerde zwerfrook aanleiding geeft tot nicotineconcentraties van (ruim) boven de $10 \mu\text{g m}^{-3}$ en $PM_{2,5}$ concentraties van boven de $80\text{-}100 \mu\text{g m}^{-3}$ in de rookvrije ruimte. Dergelijke waarden zijn ook in de literatuur gevonden in verschillende studies. In andere gevallen blijven de nicotineconcentraties in de rookvrije ruimten onder de 4 tot $7 \mu\text{g m}^{-3}$ (gemiddelde 4,9). $PM_{2,5}$ -concentraties blijven in deze rookvrije gedeelten meestal onder de $80\text{-}100 \mu\text{g m}^{-3}$.

Ten opzichte van concentraties $PM_{2,5}$ en nicotine in cafés zonder rookbeperkingen zijn de gevonden concentraties in cafés met rookruimte één tot twee ordegrootten lager. Ten opzichte van volledig rookvrije horeca zijn de concentraties $PM_{2,5}$ en nicotine echter een factor 10 tot 20 hoger in de rookvrije gedeelten van cafés.

Op basis van internationale literatuur in combinatie met het experimentele onderzoek kunnen de resultaten als volgt worden samengevat:

Tabel 11 Karakteristieke concentraties $PM_{2,5}$ en nicotine in horeca

	Geheel rookvrije horeca	Rookruimte	Rookruimte met veel zwerfrook	Roken in de horeca
Nicotine	0,1-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2-7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,5-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$PM_{2,5}$	< 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 80-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Uit rookruimtes lekt bijvoorbeeld door deurgebruik altijd zwerfrook weg en dat is inherent aan het gebruik van deuren zoals dat is verplicht in de Tabakswet. Dit is met gebruik van klapdeuren altijd enkele procenten van de gevormde omgevingstabaksrook (zie ook Hoofdstuk 4). De samenstelling van deze zwerfrook zal in principe niet verschillen van die van de omgevingstabaksrook die zich in de rookruimte bevindt. Van omgevingstabaksrook is geen éénduidige relatie bekend tussen de dosis van de blootstelling en de sterkte van het effect (dosis-effect-relatie). Bovendien kunnen er bij een bepaalde blootstelling meerdere schadelijke effecten optreden. Om deze reden is niet kwantitatief aan te geven

hoeveel het gezondheidsrisico wordt verminderd door de verminderde blootstelling. Wel is bekend dat er geen veilige ondergrens bestaat voor blootstelling aan omgevingstabaksrook.

Deel 2: alternatieven voor rookruimtes

6 Zijn er op dit moment andere oplossingen dan afgesloten rookruimten

6.1 Aanpak

Ten eerste wordt in de wetenschappelijke literatuur gekeken welke concepten – anders dan fysiek afgescheiden rookruimten – mogelijk zijn om concentraties omgevingstabaksrook in de horeca te beperken. In de literatuur is een aantal onderzoeken vermeld, uitgevoerd met experimentele systemen die de rookverspreiding tegengaan. Deze onderzoeken zijn deels gebaseerd op simulaties, deels op proefkameronderzoek en deels op praktijkonderzoek of ervaringen in andere praktijksituaties waar stromingsbeheersing speelt (laboratoria, industriële arbeidsomstandigheden, ziekenhuizen, clean rooms, et cetera). Deze systemen bevinden zich in de onderzoeksfase of zijn nog niet bij het roken van tabaksproducten toegepast. Het effect van gebruikersgedrag (bijvoorbeeld: hoeveel bewegen de personen) is niet of slechts beperkt in de onderzoeken meegenomen.

Ten tweede wordt gekeken welke commerciële systemen voorhanden zijn en of hiervan bekend is hoe deze in de praktijk bij verschillend gebruikersgedrag functioneren. Dit gedeelte wordt in paragraaf 6.3 beschreven.

6.2 Experimentele ventilatie en luchtreinigingssystemen

In het RIVM/TNO-rapport uit 2004 [2] is een aantal concepten weergegeven waarmee het mogelijk is om de blootstelling aan omgevingstabaksrook te beperken:

1. verdunning door verhoogde ventilatie of luchtreiniging;
2. beperking van de stroming van rokers naar niet-rokers door lokale verdringing;
3. afzondering van rokers in aparte ruimten:
 - A. met alleen fysieke scheiding;
 - B. met beperking van uitstroming (onderdruk, afzuiging);
 - C. met extra voorzieningen op het scheidingsvlak (luchtgordijn, luchtsluis, et cetera).

De rookruimten in Nederland vallen onder categorie 3A.

Tijdens het RIVM/TNO-onderzoek in 2004 (2) bleek dat er nog weinig literatuur voorhanden was om een volledig beeld te kunnen geven van wat er met de toenmalige stand van techniek haalbaar was. Met name voor verdringingsventilatie werden in de beschikbare literatuur voorbeelden gegeven met relatief lage volumestromen. Daarom zijn in de bijlage van het RIVM/TNO-rapport schattingen gegeven van de te realiseren blootstellingsreductie met de verschillende maatregelen. Het aantal situaties is later uitgebreid en met schetsen toegelicht, zie tabel 12. Voor de bepaling van de blootstellingsreductie zijn gerichte experimenten verricht, aangevuld met berekeningen met behulp van eenvoudige modellen, vuist- en rekenregels voor luchtstroming en -uitwisseling. De genoemde reductiepercentages zijn gebaseerd op een perfecte uitvoering en een perfect bedrijf van de ventilatieoplossingen; ze moeten dan ook als bovengrens voor het in de praktijk haalbare worden gezien.

Tabel 12 toont welke blootstellingen volgens deze bepalingwijze overblijven bij verschillende ventilatie- en scheidingsmaatregelen, in vergelijking tot een horecaruimte die aan de ventilatie-eisen van het Bouwbesluit voldoet (relatieve blootstelling = 100%). In het model is aangenomen dat er dertig keer per uur door de deur wordt gelopen, met een loopsnelheid van 1 m/s, waarbij het volume dat wordt

meegetrokken $0,5 \text{ m}^3$ bedraagt. Elke maatregel wordt in de tabel verder kort gekarakteriseerd. Uit deze beschouwingen kan worden geconcludeerd dat door verhoging van het ventilatiedebiet bij mengende systemen de blootstelling maximaal tot circa 10% kan worden verlaagd. Hierbij moet veel aandacht worden besteed aan tochtvrij inblazen. Met verdringingsventilatie kan met dezelfde luchtstroom, afhankelijk van de afstand tussen rokers en niet-rokers, de blootstelling worden teruggebracht naar 2 tot 4%. Door afzondering in aparte rookruimten kan bij afdoende onderdruk de blootstelling worden teruggebracht tot onder 0,1%. Door dit te combineren met gerichte toevoer (verdringingsventilatie) in de rookruimte, kan dit zelfs dalen tot onder 0,01%.

Tabel 12 Voorspeld effect van ventilatiemaatregelen op basis van het TNO ventilatiemodel [45]

	Ventilatiemaatregel	Ventilatievoud [h ⁻¹]	Relatieve blootstelling [%]
	Huidige situatie, mengend	1	300-600
	Minimum eis Bouwbesluit (BB) mengend	6	100
	Verhoogde ventilatie 10×BB, mengend	60	10-30
	Verhoogde ventilatie 10×BB, verdringing	60	4-15
	Verdringing + aparte zones voor rokers/niet-rokers in één ruimte	60	0,2-2
	Verdringing + gescheiden ruimtes rokers/niet-rokers overstrom via doorgang van 15 m ²	60	0,001-0,01
	Mengend BB + gescheiden ruimtes rokers/niet-rokers; overstrom via doorgang van 5 m ²	6	0,002-0,02
	Mengend BB + gescheiden ruimtes rokers/niet-rokers; overstrom via doorgang van 15 m ² met luchtgordijn	6	0,005-0,05

In de volgende paragrafen wordt per maatregel de relevante literatuur beschreven en worden de in het laboratorium of in praktijksituaties behaalde resultaten vergeleken met de theoretische voorspelling zoals vermeld in Tabel 12.

6.2.1 Verhoogde verdunningsventilatie

Verdunningsventilatie wordt ook wel een mengend ventilatiesysteem genoemd. Dit systeem wordt in de meeste gebouwen toegepast. Bij dit systeem kan blootstelling aan het verontreinigingsniveau alleen

worden verminderd door het ventilatieniveau te verhogen. In het RIVM/TNO-rapport uit 2004 [1] is aangegeven dat het gangbare ventilatievoud in de horeca waarschijnlijk rond de 1 tot 3 h⁻¹ ligt. Dat wil zeggen dat per uur de lucht één- tot driemaal wordt verversd. Door toenemend gebrek aan comfort (tocht) kunnen de ventilatievouden niet ongehinderd worden verhoogd. Met voorverwarming van toegevoerde buitenlucht zijn met verdunningsventilatie ventilatievouden tussen de 6 en 10 h⁻¹ mogelijk. Door een gelijkmatige distributie van de toevoerlucht kan dit nog beduidend worden verhoogd. Hiermee kan dus ten opzichte van de huidige situatie de gemiddelde blootstelling aan tabaksrook met 50 tot 90% worden verminderd.

Deze voorspellingen worden ondersteund door onderzoek van Geens (63) in twee Engelse kroegen, waarbij met verdunningsventilatie een reductie van circa 84% is gerealiseerd. Naar verwachting zullen echter in de directe nabijheid van rokers plaatselijk verhoogde concentraties blijven voorkomen.

Luchtreiniging

Omdat bij luchtreiniging de ruimtelucht over een filter wordt rondgepompt, wordt geen koude van buiten binnengebracht, zodat tocht (en energieverlies) minder kritisch is. De potentie is daardoor in principe hoger dan bij verdunningsventilatie. In de praktijk scoort luchtreiniging echter niet hoger dan 50 tot 70% vermindering van de blootstelling aan tabaksrook.

In het RIVM/TNO-rapport uit 2004 [2] worden op basis van literatuuronderzoek reductiepercentages gegeven voor het effect van luchtreiniging in een ruimte waarin wordt gerookt, zie Tabel 13.

Wat betreft luchtreiniging moet onderscheid worden gemaakt tussen deeltjes en gasvormige componenten. Deeltjes kunnen worden afgescheiden met mechanische filters. Belangrijke gasvormige componenten kunnen worden geadsorbeerd op actief kool.

De meeste filters bestaan uit een combinatie van een mechanisch filter en actief kool. De effectiviteit voor de afvang van fijn stof is een combinatie van de filterefficiëntie en het debiet in relatie met het ruimtevolumen. Bijvoorbeeld een zeer efficiënt apparaat in combinatie met een relatief laag debiet heeft nauwelijks effect op het verontreinigingsniveau in de ruimte. Ondanks hoge filterrendementen tot 99,9%, zijn de in de literatuur vermelde reducties voor fijn stof in rookruimtes slechts in de orde van grootte van 50 tot 70%. Bij gasreiniging ligt dit nog lager. Hier is de affiniteit tot actief kool (het adsorberend vermogen) beperkend en per stof verschillend.

Tabel 13 Gemeten reducties in rookruimten met behulp van luchtreiniging [41]

Component	Type luchtreiniging	Reductie
Fijn stof	HEPA / electrostatisch	50-70
Nicotine	Actief kool	0-50
CO	Actief kool	0-30

Naast reducties van omgevingstabaksrook in rookruimten ten gevolge van verdunningsventilatie zijn ook reducties in rookvrije ruimten ten gevolge van filtratie gemeten door Geens (63). In Engelse kroegen is een reductie van fijn stof tussen 50 tot 75% gemeten ten gevolge van filtratie.

6.2.2 Verdringingsventilatie

Verdringingsventilatie wordt met succes toegepast in operatiekamers van ziekenhuizen, in clean rooms en in laboratoria. Dit systeem is echter nog niet commercieel beschikbaar voor horecatoepassingen. Hierna worden een drietal praktijktesten met verdringingsventilatie in de horeca beschreven.

6.2.2.1 Lokale verdringing

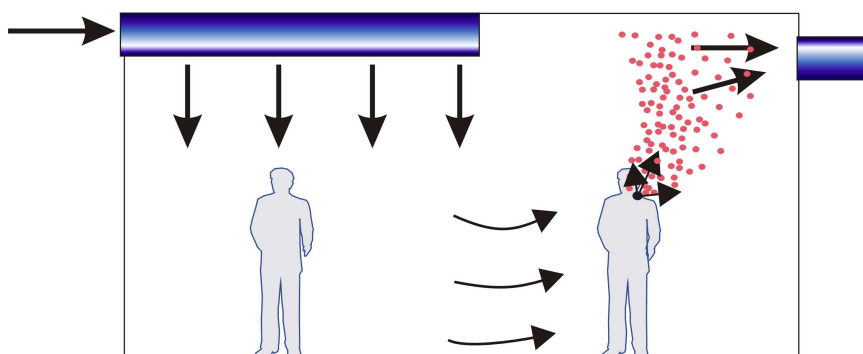
In 2006 is door TNO onderzocht wat het effect is van lokale verdringing in de dagelijkse praktijk van drie horecagelegenheden, te weten een bruin café, een eetcafé en een discotheek [64-66]. In de drie horecabedrijven is lokale verdringingsventilatie toegepast. Hiertoe is in twee bedrijven het oorspronkelijke ventilatiesysteem gedeeltelijk omgebouwd of verwijderd om het nieuwe verdringingsventilatiesysteem in gebruik te kunnen nemen. Hierdoor was het niet mogelijk om tijdens de praktijkmetingen het oude systeem weer in gebruik te stellen en daarmee een vergelijking te maken met het nieuwe systeem. Om toch een vergelijking mogelijk te maken, wordt aangenomen dat het oude systeem als een mengend systeem werkte met een ventilatiedebiet volgens Bouwbesluit voor nieuwbouw (ventilatievoud 6 h^{-1}) en volgens de situatie in de huidige horecapraktijk ($1-3 \text{ h}^{-1}$). De resultaten zoals vermeld in Tabel 14 blijken goed overeen te komen met de voorspelling in Tabel 12. In Tabel 12 is uitgegaan van een ventilatievoud van 60. Bij de kleinste horecagelegenheid, het bruine café, wat een inhoud heeft van 180 m^3 , was het lokale ventilatievoud 81 en het ventilatievoud betrokken op de gehele ruimte 36 per uur. Om dergelijke hoge ventilatievouden in een bestaande kleine ruimte te realiseren, kan een relatief hoge investering noodzakelijk zijn. Bijvoorbeeld: om ruimte te besparen was in dit geval de luchtbehandelingkast aan het plafond gemonteerd, wat extra kosten met zich meebrengt.

Tabel 14 Initiële verdringingsnelheid en reductiepercentages gasvormige componenten

	Verdringings snelheid [m/s]	Reductie ten opzichte van ventilatie conform Bouwbesluit [%]	Reductie ten opzichte van ventilatie in de huidige horecapraktijk [%]
Discotheek	0,23	90*	95*
Eetcafé	0,19	94	98
Bruin café	0,09	98	99

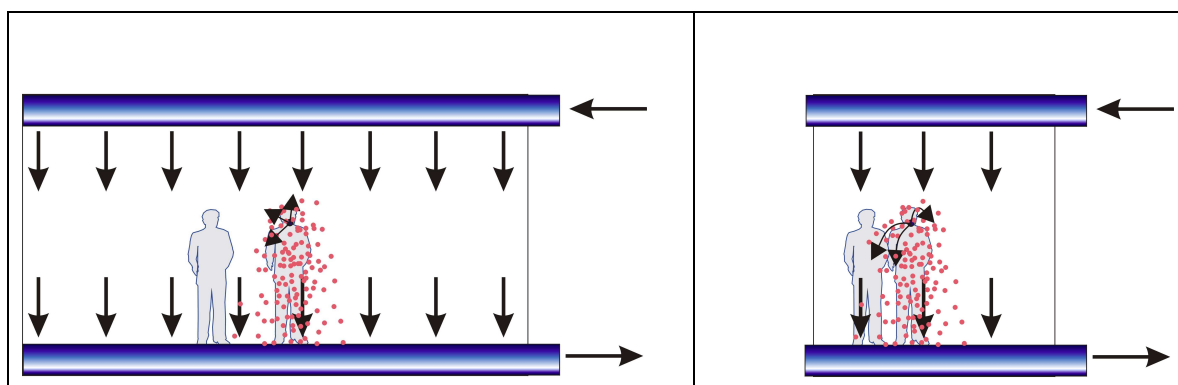
* Rokers en niet-rokers door elkaar heen in beschermd gebied

Opgemerkt moet worden dat zowel in het eetcafé als in het bruine café sprake was van lokale verdringing waarmee de rookvrije zone schoon werd gehouden. Naast de rookvrije zone, waarin niet mocht worden gerookt, was een mengzone aanwezig waar wel kon worden gerookt, zie Figuur 7. Beide zones waren niet fysiek van elkaar afgescheiden. Deze opzet vereist dan ook een strikte handhaving van de zonering van rokers en niet-rokers. De werking van verdringingsventilatie kan worden verstoord door hoge warmtelasten, bewegende mensen, koudeval langs de gevel en open deuren of ramen.



Figuur 7 Schematische voorstelling van het in 2006 door TNO beproefde lokale verdringingsconcept met zonering tussen niet-rokers (links) en rokers (rechts)

Verdringing in de totale ruimte, met rokers en niet-rokers door elkaar heen, vereist een ander concept. Om de stroming in de volledige ruimte te beheersen, vergt verdringingsventilatie grote luchtstromen. Bovendien stelt dit eisen aan de klimatisering en vergt het speciale voorzieningen voor luchttoe- en afvoer. Wat dit voor consequenties heeft voor de kosten en het ruimtebeslag is nog niet voldoende in de praktijk duidelijk geworden. In Figuur 7 wordt een mogelijke uitvoeringsvorm getoond waarbij lucht over het gehele plafondoppervlak wordt toegevoerd en via de vloer wordt afgevoerd. In principe is er ook een andere uitvoeringsvorm mogelijk, waarbij lucht via de onderzijde wordt toegevoerd. Naar verwachting is echter de in Figuur getoonde uitvoering effectiever, omdat de lucht dan geen versturende invloeden van de aanwezige personen ondervindt. Belangrijke parameters voor de effectiviteit van dit type volledige verdringing is de verhouding tussen de afstand tussen rokers en niet-rokers en de inblaassnelheid van de lucht. Als de afstand tussen rokers en niet-rokers voldoende groot is, zie linkzijdige van Figuur , dan is de ventilatielucht dominant ten opzichte van door personen uitgeblazen lucht en wordt de niet-roker links van de roker niet blootgesteld aan rook. Als de afstand tussen roker en niet-roker klein is, zie rechter zijde van Figuur 8, dan zal bij dezelfde inblaassnelheid de niet-roker wel blootgesteld kunnen worden aan rook. In principe is het mogelijk om de inblaassnelheid te verhogen, zodat de rook tijdig omlaag wordt gedrukt. Echter voor een horecagelegenheid waar de mensen schouder aan schouder staan, zal de benodigde luchtsnelheid dermate hoog worden dat het praktisch gezien door de grootte van de benodigde installaties geen realistische optie is.



Figuur 8 Schematische voorstelling van volledige verdringing en rokers en niet-rokers door elkaar. De bolletjes representeren de rook. De pijlen geven de luchtstroming aan. Links voldoende afstand tussen roker en niet-roker. Rechts, bij grote drukte, wordt de niet-roker aan rook blootgesteld.

Volledige verdringing op basis van het in figuur 8 geschetste concept, waarbij een lage blootstellingconcentratie aan omgevingstabaksrook wordt gerealiseerd, lijkt dus met name kansrijk in een situatie waar personen zich relatief ver van elkaar bevinden, bijvoorbeeld in een restaurant. Als voorbeeld hiervan wordt in Figuur 9 de in 2006 door TNO beproefde lokale verdringing in het restaurantgedeelte van een horecagelegenheid te Den Haag getoond. Op de foto is het toevoerplenum

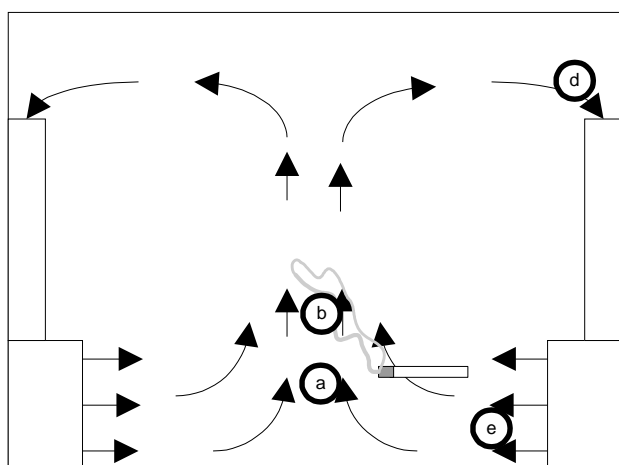
aan de bovenzijde zichtbaar. Bij volledige verdringing moet nog een afvoer voor de vervuilde lucht vlak bij de vloer worden aangebracht.



Figuur 9 Restaurantgedeelte van een horecagelegenheid in Den Haag: verdringing in een situatie waarbij personen zich relatief ver uit elkaar bevinden.

6.2.2.2 Verdringing en filtratie

In 2007 is door TNO een filterconcept doorgemeten dat gebruik maakt van verdringingsventilatie (64-66). Dit concept is gebaseerd op het verdringen van vervuilde lucht uit de ademzone met gezuiverde lucht. Vervuilde lucht wordt bovenin de ruimte afgezogen, vervolgens gereinigd en vlak boven de vloer in dezelfde ruimte weer ingeblazen, zie Figuur 11. Het circulatievoud bedraagt 64 per uur.



Figuur 10 Dwarsdoorsnede rookruimte met het globaal stromingspatroon [44]

De metingen zijn uitgevoerd bij zowel uitgeschakelde (referentiesituatie) als ingeschakelde rookverdringer. Voor de beoordeling van de luchtkwaliteit zijn metingen verricht naar aldehyde, vluchtige organische componenten (VOC) en nicotine. Daarnaast zijn PM_{2,5} fijn stof metingen verricht. Het onderzoek laat bij horecapersoneel (ademhoogte 1,7 m) voor de verschillende componenten een potentiële blootstellingreductie zien van 76 tot 80% ten opzichte van de referentiesituatie. Voor de zittende bezoekers (ademhoogte 1,1 m) is een potentiële blootstellingreductie van 79% tot 99% vastgesteld ten opzichte van de referentiesituatie. De nicotineconcentratie bedroeg op ademhoogte met in en uitgeschakelde filters respectievelijk 32 en 236 µg m³.

6.2.2.3 Verdringing in rookruimten

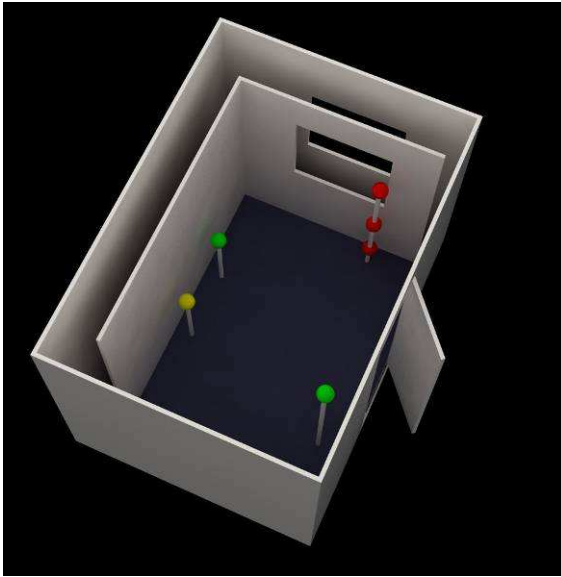
Fukada (67) heeft met CFD-berekeningen bepaald dat met een zogenaamde ‘swirl flow’ een effectieve afvoer van verontreinigingen kan worden gerealiseerd in rookruimtes. Wanneer de richting van de draaikolk overeenstemt met de richting van de pluimstroom ten gevolge van warmte van de bezoekers, was de berekende effectiviteit het hoogst. Een vertaling naar concentraties is niet gemaakt.

In de voormalige Faculteit Bouwkunde van de TU Delft is een rookruimte gerealiseerd op basis van verdringingsventilatie (Bronsema 2006, 68,69). De afmetingen van de ruimte waren 2,9 bij 6,85 m en de hoogte bedroeg 6,85 m. De toevoerlucht werd laag ingeblazen, de afvoer was aan de bovenzijde gelokaliseerd. Voor de bepaling van de grootte van de afvoer is rekening gehouden met een opwaartse luchtstroming van 20 dm³/s per persoon (72 m³ per uur per persoon) die door de natuurlijke thermiek van personen wordt veroorzaakt (71). De rookruimte was aan de buitenzijde van het gebouw gerealiseerd: daarom wordt ook van een rookserre gesproken. Bij lage buitentemperaturen trad een ongewenste neerwaarts georiënteerde luchtstroom (koudeval) op aan de gevel. Door deze koudeval werd bij buitentemperaturen lager dan circa 15 °C het positieve effect van de verdringingsventilatie teniet gedaan en was er sprake van een mengend ventilatiesysteem. Dit is een goede illustratie met welke verstoringen rekening moet worden gehouden.

6.2.2.4 Verdringingsventilatie in een proefopstelling bij de VLA

De Vereniging Leveranciers van Luchttechnische Apparaten (VLA) heeft twee ventilatietechnische oplossingen, te weten verdringingsventilatie en afscheiding met luchtgordijn, uitgewerkt in een laboratoriumsituatie. De minister heeft RIVM/TNO verzocht om de werking van verdringingsventilatie in deze laboratoriumsituatie na te gaan. De werking van het luchtgordijn is in een praktijkmeting beproefd.

In Zwolle is door de VLA een verdringingsventilatiesysteem in een windtunnel nagebouwd. De ventilatielucht wordt via een circa 1 m hoge lambrisering fijn verdeeld en met een lage snelheid (0,08 – 0,25 m/s) aan de zijde tegenover het raam ingevoerd. Vervolgens stroomt de lucht door de ruimte. De lucht wordt boven het raam afgevoerd. De ruimte heeft als afmetingen 2,7 breed bij 3,8 m diep en 2,7 m hoog, zie Figuur 11. Op 4 maart 2010 zijn door RIVM/TNO indicatieve metingen uitgevoerd om de prestaties van het concept inzichtelijk te maken. Hierbij zijn PM_{2,5} en nicotine gemeten. De monsternametijd voor nicotine was 4 minuten (zie Bijlage 1) en PM_{2,5}-metingen werden verricht gedurende 1 minuut (zie Bijlage 1).



Figuur 11 Overzicht van de VLA-proefopstelling met daarin de positie van de meetpunten ingetekend; bij de rode stippen werd nicotine gemeten en bij de groene stippen werd $PM_{2,5}$ gemeten; bij A op 1,7 m hoogte in de nabijheid van het raam en bij B op 1 m hoogte aan de overzijde van het raam

Als eerste stap is de ruimte zonder personen gemeten. Met een rookmachine die ongeveer 20 cm boven de grond vlak bij de lambrisering was opgesteld werd een sigaret opgerookt, daarnaast lag nog een sigaret te smeulen in een asbak op een circa 1 m hoge tafel. De bronsterkte was ongeveer 24 sigaretten per uur. Deze metingen zijn met en zonder ventilatie uitgevoerd. Vervolgens zijn enkele metingen met personen uitgevoerd. Tijdens deze metingen waren tien personen in de ruimte aanwezig (1 persoon/ m^2). Op basis van het aantal personen en de convectieve stroom per persoon is de ventilatie ingesteld op $10 \times 21 = 210 \text{ dm}^3/\text{s}$. Vervolgens is het ventilatiedebiet verhoogd. De toegepaste ventilatiedebieten en de gemeten nicotineconcentraties staan vermeld in Tabel 15.

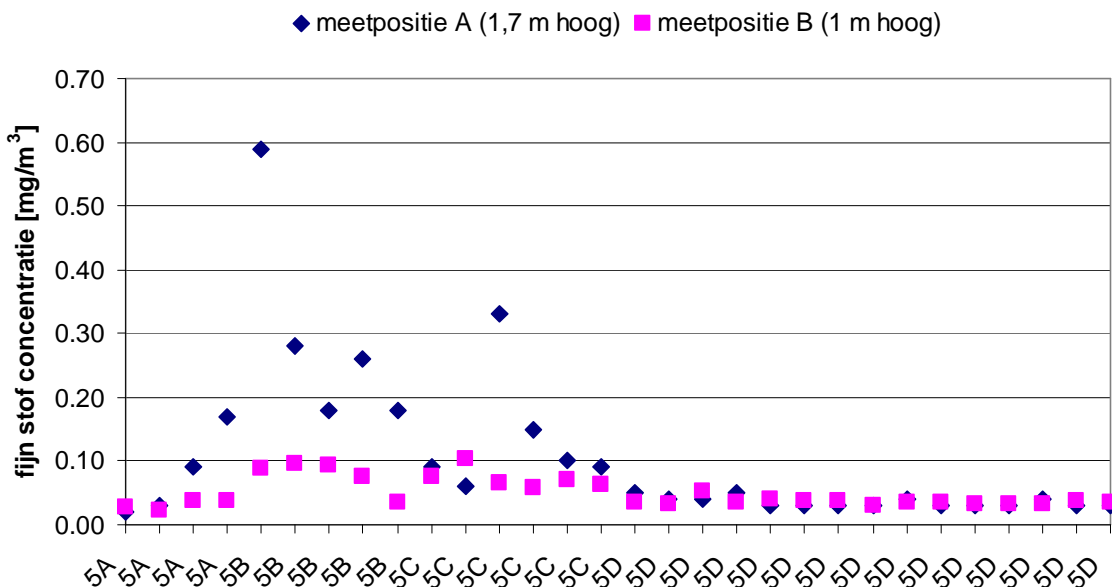
Tabel 15 Ingestelde ventilatiestromen en gemeten nicotineconcentraties tijdens beproeving van de VLA-verdringingsventilatie opstelling

Variant	Ventilatie debiet [m^3/s]	Ventilatie voud [1/uur]	Bronsterkte [sig./uur]	Nicotine [$\mu\text{g}/m^3$]		
				0,1 m	0,9 m	1,7 m
1. rookm. ventilatie uit	0	0	24	3,6	20	777
2. rookm. ventilatie uit	0	0	24	30	58	497
3. rookmachine	0,6	78	24	4,0	40	102
4. rookmachine	0,21	28	24	1,7	51	106
5a personen	0,21	28	72	-	-	3.6
5b personen	0,21	28	24	-	-	3.4
5c personen	0,21	28	72	-	-	5.4
5d personen	0,21	28	12	-	-	0.7
6. personen	0,39	50	72	-	-	22.2

Bij de eerste vier metingen is er op drie hoogten gemeten. Nabij de grond op 0,1 m hoogte zijn beduidend lagere concentraties gevonden dan op op 0,9 en 1,7 m hoogte. Opvallend is dat er bij de

eerste twee metingen, die onder dezelfde condities zijn gemeten, relatief grote verschillen optreden in de gemeten concentraties. Dit kan worden verklaard door kleine veranderingen in het stromingspatroon, bijvoorbeeld door een geringe temperatuursverandering. Hierdoor kunnen de stroombanen iets veranderen, zodat op de plaats van de meting een beduidend andere concentratie kan worden gemeten. Vervolgens neemt bij meting 3 en 4, waarbij de ventilatie is ingeschakeld de concentratie duidelijk af. Tussen meting 4 en 5 neemt bij hetzelfde ventilatiedebiet en ondanks een driemaal hogere bronsterkte de concentratie dertig maal af. Opvallend is dat bij verhoging van het luchtdebiet, bij meting 6, de concentratie met een factor 6 toeneemt.

Figuur 12 toont de gemeten fijn stof waarden op de twee meetposities. De concentratie fijn stof op meetpositie A, op 1,7 m hoogte, is gemiddeld hoger en vertoont een grotere variatie dan die op meetpositie B op 1,0 m hoogte. De tijdsgemiddelde concentratie fijn stof van meetpunt A en B tijdens variant 5 bedraagt $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 12 Gemeten concentraties fijn stof; de codering op de horizontale as correspondeert met de nummering in Tabel 15

Analyse VLA-verdringingsventilatieconcept

Het verdringingsventilatieconcept wat de VLA heeft toegepast, ook wel kwelventilatie genoemd, wordt vaak toegepast om in kantoren efficiënt de ventilatielucht te benutten. Hierbij wordt laag bij de vloer lucht met een lage snelheid en met een 1 à 2 °C lagere temperatuur als de ruimtetemperatuur ingeblazen. Vervolgens wordt deze schone lucht door convectieve stromen rond warmtebronnen in een dunne laag omhoog ‘gezogen’ en via een pluim boven de persoon worden afgevoerd. Een gemiddelde persoon wekt boven zijn hoofd een convectieve stroom op van circa $20 \text{ dm}^3/\text{s}$. Het doel van kwelventilatie is dat de persoon met name de schone lucht inademt. Op deze manier kan de ventilatielucht effectiever worden gebruikt dan bij mengventilatie. Bij een ventilatie van $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ per persoon is in een laboratoriumsituatie vastgesteld dat de concentratie die een maniquin (een verwarmde imitatie van een zittende persoon) ‘inademt’ tien maal lager kan zijn dan de concentratie op dezelfde hoogte in de ruimte (70). Als verontreinigingsbron gelden hierbij de door de mens afgeven geurstoffen. Deze zullen via de pluim boven hoofd worden afgevoerd.

Door Skistad (71) wordt de kanttekening gemaakt dat verdringingsventilatie minder geschikt is als de verontreinigingsbron koud is. In dat geval zal de verontreiniging niet naar boven worden afgevoerd. Sigarettenrook is direct na uitblazen warm, echter door de opmenging met de ruimtelucht neemt het temperatuurverschil met de ruimte snel af. Het is daarom de vraag in hoeverre de concentratieverhouding voor geurstoffen ook geldt voor tabaksrook. Bij variant 5, waarbij de ventilatie exact was afgesteld en een relatief hoge hoge bezetting aanwezig was, blijkt dat ten opzichte van de eerste vier metingen het merendeel van de rook naar boven wordt afgevoerd. Op de positie van het meetpunt was de concentratie nicotine waaraan de aanwezigen werden blootgesteld 0,7 tot 5,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit komt overeen met de laagst gemeten waarden in de rookvrije zone van een café met een rookkamer zoals die tijdens de praktijkcampagne zijn gemeten, zie tabel 3 in paragraaf 3.3. De concentratie fijn stof varieerde tussen 20 en 590 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meetpunt B, het hoogste meetpunt, komt overeen met de hoogste maximum waarden uit de meetcampagne, zie Tabel 2 paragraaf 3.3. Meetpunt A komt overeen met de laagste gemiddelde waarden uit de meetcampagne. De tijdsgemiddelde gemiddelde concentratie fijn stof op basis van meetpunt A en B komt overeen met de laagst gemeten gemiddelde waarden tijdens de praktijkmetingen.

Bij lage bezettingsgraad, meting 3 en 4, werden de verontreiniging niet thermisch afgevoerd en dan dient de verontreiniging door verdringing te worden afgevoerd. De gemiddelde luchtsnelheid, betrokken op het vloeroppervlak van de kamer (10 m^2), bedroeg in de proefopstelling van de VLA bij het laagste ventilatiedebiet 0,02 m/s. Deze snelheid is te laag om verstoringen door bewegingen van personen tegen te gaan. Bij hoge bezettingsgraad en 39 dm^3/s per persoon, meting 6, zijn hogere blootstellingen gemeten. De hogere inblaassnelheid (0,16 m/s) uit de luchttoevoer is niet hoger dan in de literatuur vermelde waarden. Waardoor de hogere concentratie wordt veroorzaakt is onduidelijk. Mogelijk is de nicotineconcentratie niet overal in de ruimte op dezelfde hoogte gelijk en treden er – net als voor fijn stof is gemeten – inhomogeniteiten op.

Naast blootstelling is tocht een aandachtspunt. Vanaf een inblaassnelheid van 0,2 m/s kan afhankelijk van de ondertemperatuur tocht optreden. Bij grotere horecagelegenheden zijn hogere inblaasnelheden noodzakelijk omdat het toevoeroppervlak beperkt is. Bij een qua oppervlak viermaal zo grote ruimte neemt het wandoppervlak slechts een factor 2 toe. Nader onderzoek naar de effectiviteit bij verschillende ruimte groottes is gewenst. Een ander effect wat nader onderzocht dient te worden is het effect van lopende personen. In het oriënterende onderzoek in Zwolle bleven de aanwezige personen tijdens de proef ongeveer op dezelfde plaats staan, wat niet overeenkomt met de situaties in cafés.

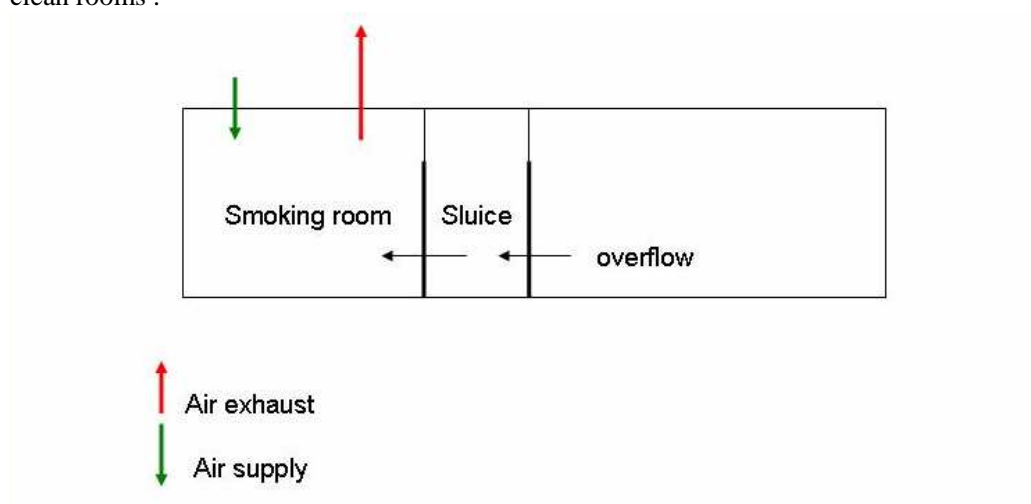
Conclusie VLA-verdringingsventilatieconcept

Bij dit concept is de bezettingsgraad van groot belang. De door eigen convectie gedreven verdringing werkt het beste als er veel convectie is, of wel als de bezettingsgraad hoog is. Op basis van een beperkt aantal indicatieve metingen blijkt het VLA-verdringingsventilatieconcept bij hoge bezetting zonder afscheiding tussen rokers en niet rokers te resulteren in concentraties van nicotine en $\text{PM}_{2,5}$ in de ruimte met rokers die ook zijn gemeten in de rookvrije ruimte van een café zoals die tijdens de praktijkcampagne zijn gemeten. Bij matige of lage bezetting kunnen stoorstromen al snel gaan overheersen. Bij een grotere luchttoevoer blijkt de concentratie omgevingstabaksrook in de ruimte toe te nemen. Er zijn nog vraagtekens bij de robuustheid van het nieuwe VLA-verdringingsventilatieconcept wat betreft het functioneren bij lage bezettingsgraad, wat betreft homogeniteit, wat betreft de grootte van de ruimte en mogelijke verstoringen door andere luchtbewegingen. Nader onderzoek en het testen in de praktijk kunnen mogelijk een aantal van deze vraagtekens wegnemen.

6.2.3 Alternatieven voor de fysieke scheidingswanden met klapdeur

Bij toepassing van een rookruimte zal bij het openen, het openstaan van de deur en het door de deur lopen van personen, uitwisseling van verontreinigde lucht optreden. Bouwman (71) heeft uitvoerig

onderzoek verricht naar de luchtstromingen door een open deur. Bij een temperatuurverschil van bijvoorbeeld 1 °C is er een afzuigstroom van 250 dm³/s (900 m³/h⁻¹) in de rookruimte noodzakelijk om het uitstromen van lucht naar de rookvrije zone te voorkomen. De maximum luchtsnelheid bedraagt hierbij 0,26 m/s. Dit geldt voor de situatie zonder verstoringen. De modelmetingen gaven aan dat een persoon rook meesleurt als hij door de deuropening loopt. De resultaten van beide onderzoeken van Bouwman zijn later toegepast in het ontwerp en de bedrijfsvoering van ziekenhuizen. Erg hoge reducties zijn mogelijk bij toepassing van een rookruimte met een sluis. De drukverschillen tussen de drie zones dienen dusdanig te zijn dat de stromingsrichting van de schone zone door de sluis in de rookruimte is gericht, waardoor vervuiling van de schone zone wordt voorkomen. Dit kan worden bereikt door onder andere afvoer in de rookruimte. De deuren van de sluis mogen niet op hetzelfde moment worden geopend. Dit principe wordt breed toegepast in isolatieruimtes in ziekenhuizen en in clean rooms .



Figuur 13 Bronislatie door middel van een sluis

Schaelin (72) heeft CFD-berekeningen uitgevoerd naar de verspreiding van rook uit een rookruimte. Hij heeft drie typen maatregelen doorgerekend: een open deuropening, een deuropening waarvan het open oppervlak met 50% is gereduceerd en het gebruik van een schort aan het plafond. Het schort is een aan het plafond opgehangen scherm, wat in dit geval op 2 meter boven vloerniveau eindigde. Het schort gaf een reductie van circa 10%, de open deuropening 31% en de deur met 50% reductie van het open oppervlak gaf 100% reductie. De luchtsnelheid in de halfopen deur is circa 0,2 m/s. Dit komt aardig in de buurt van het criterium wat Bouwman hanteert bij 1 °C temperatuurverschil. Het is niet beschreven, maar vermoedelijk is het transport van rook ten gevolge van de door de deur lopende personen in de simulatie niet meegenomen. Ook is onduidelijk of luchtstromingen ten gevolge van (reële) temperatuurverschillen zijn meegenomen.

Het RIVM heeft onderzoek uitgevoerd naar de luchtuitwisseling ten gevolge van het openen en sluiten van een klapdeur en waarbij een persoon van de ene naar de andere ruimte loopt. Uit experimenteel onderzoek is een luchtuitwisseling van ongeveer 2 m³ afgeleid. Deze luchtuitwisseling zal bij gebruik van een schuifdeur veel kleiner zijn.

In de industrie worden vaak lamellengordijnen toegepast als flexibele luchttechnische afscheiding waar doorheen kan worden gelopen of waarachter gewerkt kan worden. Het lamellengordijn zorgt voor een verkleining van het doorstroomoppervlak, waardoor een gerichte overstrom van lucht plaatsvindt naar het vervuilende proces. In Figuur wordt een voorbeeld getoond van een lamellengordijn bij lassen. Bij

voldoende afzuiging kan een zeer hoog scheidingsrendement worden behaald. Deze lamellen zouden als afscheiding in een rookruimte kunnen fungeren. Een andere mogelijkheid is dat de lamellen ook de scheidingswand vormen tussen rookzone en rookvrije zone. Voordeel hiervan zou kunnen zijn dat er visueel contact is tussen het rookvrije gedeelte en rookgedeelte. Wel kan bij gebruik van lamellen als scheidingswand de benodigde hoeveelheid afzuiging in het rookgedeelte fors hoger uitvallen.



Figuur 14 Lamellengordijn met aan de voorzijde een werkopening voor laswerkzaamheden; binnen het gordijn in de afzuigmond zichtbaar

Een andere mogelijkheid om de luchtuitwisseling te beperken is het toepassen van een open deur in combinatie met een luchtgordijn. Luchtgordijnen worden vaak toegepast om warmteverlies van een binnenruimte, bijvoorbeeld een winkel, bij open deur tegen te gaan. Het luchtgordijn zorgt hierbij voor separatie van beide thermische condities. Op dezelfde manier kan een luchtgordijn ook worden ingezet om een rookruimte met geopende deur luchttechnisch beter af te zonderen van de caféruimte. Het blijft hierbij noodzakelijk om in de rookruimte lucht af te zuigen. Wat er feitelijk wordt gedaan, is dat de opening waarover luchtuitwisseling kan optreden kleiner wordt gemaakt. Gebruikelijk is dat het luchtgordijn aan de bovenzijde wordt gemonteerd. Door de uitgeblazen luchtstroom wordt de bovenzijde van de deuropening voor doorstroming geblokkeerd. In de onderzijde van de deuropening passeert alle lucht die in de rookruimte wordt afgezogen. Omdat het oppervlak is verkleind, is de luchtsnelheid verhoogd. Als deze luchtsnelheid groter is dan de luchtsnelheden die door temperatuurverschillen optreden, ca. 0,26 m/s bij 1°C temperatuurverschil (71), dan ontsnapt er geen zwerfrok uit de rookruimte.

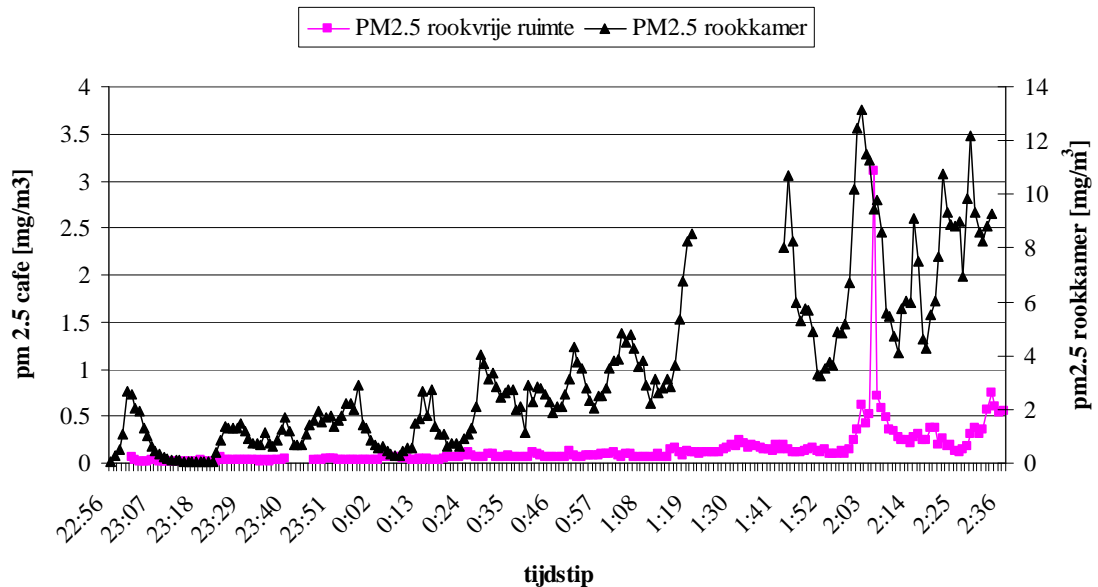
Een luchtgordijn zou theoretisch de functie van de scheidingswand kunnen overnemen. In de voormalige Faculteit Bouwkunde van de TU Delft zijn experimenten uitgevoerd om de effectiviteit van een luchtgordijn als afscheiding tussen een rookvrij gedeelte en een rookzone te bepalen (68,69). Het luchtgordijn was 18 m lang en blies op 3 meter hoogte uit via een 10 cm brede spleet. Uit rookproeven bleek dat het luchtgordijn niet overal homogeen inblies. In een praktijkproef met rokers zijn als tracers nicotine, 3-ethenylpyridine en solanesol in beide zones gemeten. Tijdens de proef werden het afzuigdebiet van de rookzone en de snelheid van het luchtgordijn gevarieerd. Hierdoor is bij vier meetcondities gemeten. Onder de beste omstandigheden werd een scheidingsrendement van 0,89 gemeten voor nicotine. Het scheidingsrendement van 0,89 wil zeggen dat de concentratie in de rookvrije zone ($5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) negen maal zo laag is als in de rookzone ($0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De resultaten van

twee van de vier meetcondities kunnen volgens de auteurs niet worden verklaard. Om deze reden moeten de resultaten met enige voorzichtigheid worden bekeken.

Ten aanzien van de werking van de luchtgordijnen is geconcludeerd dat deze vanwege praktische redenen het best de voor het gordijn benodigde lucht uit de rookzone kan aanzuigen. Theoretisch gezien is het beter om voor het luchtgordijn schone lucht vanuit de rookvrije ruimte in te blazen. Dit vereist een fors hogere afzuiging in het rookgedeelte om overdruk tegen te gaan, wat praktisch gezien ongewenst is. Daarnaast is geconcludeerd dat de afzuiging van de rookzone voldoende groot moet zijn om de door het luchtgordijn in beweging gezette lucht in de rookzone te 'trekken'. Grofweg komt het erop neer dat bij een 3 meter hoog luchtgordijn het afzuigdebiet minimaal gelijk moet zijn aan de luchtverplaatsing van het luchtgordijn nabij de vloer. Om deze reden is de inblaassnelheid zo laag mogelijk gekozen, bij een hoogte van 3 m bijvoorbeeld 0,7 m/s. Nog beter is natuurlijk om de hoogte van de opening te verkleinen, waardoor de inblaassnelheid mogelijk kan worden verlaagd. Door de breedte van het rookgordijn zo beperkt mogelijk te houden, bijvoorbeeld door glazen wanden als afscheiding te gebruiken, kan het afzuigdebiet nog verder worden beperkt. Enerzijds biedt dit energetische voordelen, anderzijds zorgt dit wel voor een verhoging van de concentratie tabaksrook in de rookzone. Het scheidingsrendement van 0,89 is lager dan de in tabel 12 theoretisch haalbaar geachte 99,95%. Volgens de auteur is dit een gevolg van de homogene inblaas van het gebruikte luchtgordijn.

6.2.4 VLA-Luchtgordijn concept

In de windtunnel in Zwolle die voor het VLA-verdringingsventilatieconcept is gebruikt, was ook een luchtgordijn gemonteerd. Inbouw van het luchtgordijn in een praktijksituatie is relatief eenvoudig. Om deze reden is besloten om het luchtgordijn ook in een praktijksituatie te testen. In horecagelegenheid 1 is een rookruimte met een klapdeur aanwezig. Om het luchtgordijn te testen, is de klapdeur volledig opengezet. De meting is verder op een identieke manier uitgevoerd als tijdens de meetcampagne. De concentratie fijn stof in de rookvrije ruimte is in de range 30 tot 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Om 1.50 uur is het luchtgordijn uitgezet, terwijl de deur open bleef. In Figuur 15 is te zien dat vanaf dit moment de concentratie fijn stof in het rookvrije gedeelte toeneemt tot 110 tot 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ met een uitschieter tot 3110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 15. Gemeten fijnstof (PM_{2,5}) concentraties in rookvrije ruimte (linker as) en rookruimte (rechter as); om 1.50 uur is het luchtgordijn uitgezet (NB: tussen 1.20-1.41 uur is de meter in de rookruimte uitgevallen)

Tabel 16 toont de gemiddelde concentraties fijn stof en nicotine in de rookvrije ruimte en in de rookruimte van de meting met het luchtgordijn. De gemiddelde concentraties zijn vergelijkbaar met de eerste praktijkmeting waarbij de rookkamer met een klapdeur was afgesloten. Opvallend is dat de concentratie fijn stof en de nicotineconcentratie in de rookruimte bij de meting met het rookgordijn fors hoger zijn dan bij de eerder uitgevoerde praktijkmeting. Dit terwijl de bronsterkte (het aantal gerookte sigaretten) en de ventilatieniveaus vrijwel identiek waren.

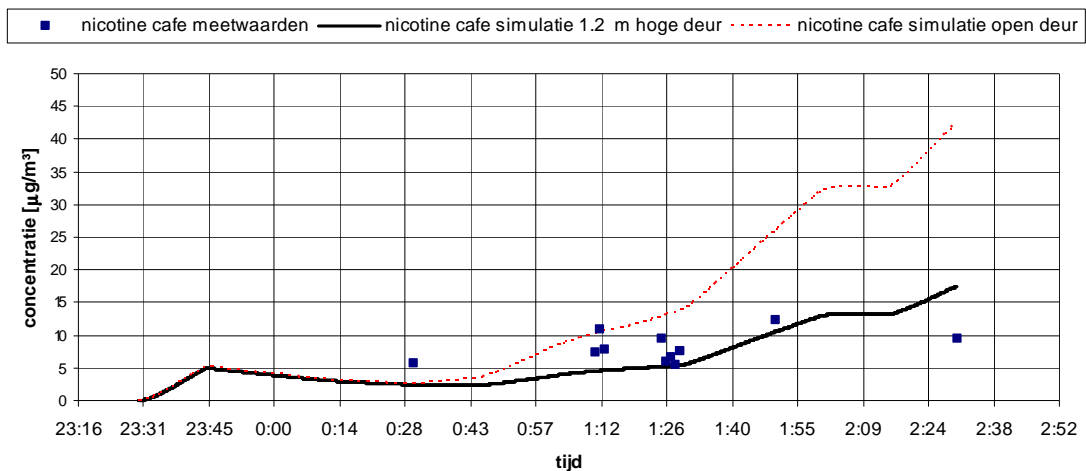
Als eerste moet worden aangetekend dat deze twee situaties slechts beperkt mogen worden vergeleken. Het betreft beide een enkele steekproef, waarbij de spreiding van de resultaten per situatie niet in kaart kon worden gebracht. Een andere verklaring is dat er tijdens de twee metingen in zowel de rookruimte als in de rookvrije zone op een iets andere plaats is gemeten. Bij de meting aan het rookgordijn is direct in de nabijheid van de opening gemeten. Hoewel vergelijking dus niet volledig mogelijk is, kan een verklaring voor het verschil in concentraties liggen in het feit dat in de rookruimte zogenaamde kortsluiting optreedt. Bij openstaande deur stroomt de lucht vanuit het rookvrije gedeelte met ongeveer 0,3 m/s de rookruimte in. De afzuiging is nabij de deuropening gepositioneerd. Mogelijk wordt een gedeelte van de binnenkomende ‘schone’ lucht direct afgezogen. Hierdoor stijgen in dit geval bij gebruik van het luchtgordijn de concentraties in de rookruimte. Bij de meting met klapdeur (praktijkmeting 1) stroomde de lucht met circa 3 m/s via een kier naast de deur de rookruimte in. Hierdoor ontstaat een betere opmenging en doorstroming van de rookruimte.

Als wordt gecorrigeerd voor de viermaal hogere gemiddelde concentratie in de rookruimte, dan lijkt het rookgordijn verhoudingsgewijs beter te presteren dan de klapdeur – maar zoals gezegd mogen aan het vergelijken van deze metingen geen harde conclusies worden verbonden.

Tabel 16 Gemiddelde tracer concentraties bij meting aan VLA-luchtgordijn concept

gem. concentratie café		gem. concentratie rookruimte	
PM _{2,5}	nicotine	PM _{2,5}	nicotine
[microgram/m ³]		[microgram/m ³]	
72	6.8	1772	804

De effectiviteit van het luchtgordijn kan met het TNO-simulatiemodel worden verklaard door aan te nemen dat het rookgordijn de effectieve hoogte van de deur verlaagt van 2,2 m tot minder dan 1,2 m, zie Figuur 16. Hierdoor neemt de luchtsnelheid in de deuropening van 0.15 m/s toe tot 0,28 m/s, dit is boven het niveau waarbij rooklucht door thermiek uit de rookruimte ontsnapt. Tijdens de meting is met een rookbuisje vastgesteld dat inderdaad over de gehele deuropening een stroming was ingesteld van het rookvrije gedeelte naar de rookruimte. Na uitschakelen van het luchtgordijn om 1.50 uur is met een rookbuisje vastgesteld dat aan de bovenzijde van de deur lucht overstroemde van de rookruimte naar de rookvrije ruimte. Dit is dus lekkage van rook.



Figuur 13. Vergelijking gemeten nicotineconcentraties met modelvoorspellingen

Analyse VLA-luchtgordijn

Tijdens een aanvullende praktijkmeting is de effectiviteit van een luchtgordijn als luchttechnische afscheiding van een rookruimte indicatief beoordeeld. Uit een luchttechnische beoordeling blijkt het luchtgordijn luchtuitwisseling tussen de rookruimte en de rookvrije ruimte ten gevolge van thermiek tot een minimum terug te brengen. Dit komt echter niet volledig tot uiting in vergelijking met de eerste uitgevoerde praktijkmeting, hoewel een echte vergelijking niet mogelijk is op basis van twee indicatieve onderzoeken. Het wordt dan ook aangeraden om aanvullende metingen met het luchtgordijn uit te voeren.

6.3 Geïntegreerde commerciële systemen - cabines

In deze paragraaf wordt ingegaan op beschikbare commerciële systemen. Momenteel worden in kantoorgebouwen vaak rookcabines gebruikt. Deze cabines zorgen voor een zekere mate van luchttechnische afscheiding tussen rokers en niet-rokers. Een aantal cabines is uitgerust met een

klapdeur of een schuifdeur, andere cabines hebben geen afsluiting in de deuropening. Alle cabines zijn voorzien van afzuiging. Het merendeel van de cabines heeft geen afvoer naar buiten, waardoor de lucht na het luchtfilter in de binnenruimte wordt uitgeblazen. Het voordeel hiervan is dat het systeem zonder aanpassingen in een gebouw kan worden geïnstalleerd. Alleen een stroomaansluiting is al voldoende. Rookcabines zouden een alternatief voor rookruimten kunnen vormen. Gezien de brede toepassing in de kantoren is er nog opmerkelijk weinig wetenschappelijk onderzoek beschikbaar naar de prestatie van rookcabines. Zoals aangeduid in het RIVM-briefrapport [75] zijn er certificaten beschikbaar die door Duitse private instellingen zijn afgegeven. Deze certificaten zijn tot stand gekomen door onder gecontroleerde omstandigheden metingen uit te voeren in het laboratorium. Praktijkmetingen die aangeven hoe de cabines bij verschillend gebruikersgedrag functioneren, ontbreken, en zijn dus dringend gewenst.

Een internet search leverde een aantal voorbeelden op van commercieel leverbare rookcabines:

Meyer smoke control

www.meyersmokecontrol.nl

Rookcabine met klapdeur. De afgezogen lucht wordt na passeren van een filter naar de binnenruimte afgeblazen. Er wordt 99,9% zuivering van schadelijke sigarettenrook geclaimd, maar er worden geen nadere gegevens vermeld over welke stof(fen) dit betreft. Er zijn vier uitvoeringen beschikbaar met een capaciteit tussen twee en twaalf personen. De afzuiging in alle vier de cabines is schakelbaar tussen 400 en 1000 m³ per uur afzuiging (stand 1 - stand 4).

SmokingPoint Bruynzeel

<http://www.smartsol.nl/main.php?cid=11>

Rookcabine met zelfsluitende schuifdeur (vierpersoons, 7500 euro). De afgezogen lucht wordt na passeren van een filter naar de binnenruimte afgeblazen. Er worden geen gegevens over het afzuigebiet of mate van luchtzuivering gegeven. Wel wordt geclaimd dat zelfs bij geopende deur geen rook uit de cabine ontsnapt.

Rookcabine Smoke Point

<http://www.habitatsolutions.eu/shop/rookafzuiging/rookcabine/smoke-point-sp.html>

Rookcabine met zelfsluitende schuifdeur, vijfpersoons uitvoering voor ca 7500 euro. De afgezogen lucht wordt na passeren van een filter naar de binnenruimte afgeblazen. Er worden geen gegevens over afzuigebiet of mate van luchtzuivering vermeld. Er is ook een uitvoering leverbaar die direct naar buiten afvoert. Deze versie, zonder filters, kost 3000 euro.

Lucom Smoke 'n go

<http://www.rookvrijewerkplek.nl/>

Capaciteit voor vier tot vijf personen en uitgerust met een schuifdeur. Geen gegevens over afzuigebiet of mate van luchtzuivering. De cabine is uitgerust met een zuigblaassysteem waarbij schone lucht de cabine wordt ingeblazen.

Smoke free systems

<http://www.smokefreesystems.nl/>

Smoke free systems vermeldt op de website dat het BGIA, het Duitse instituut voor veiligheid en gezondheid op het werk, de cabine heeft getest en dat de resultaten uitstekend waren. Hierop wordt nader ingegaan in Hoofdstuk 8.

Als voorbeeld het model SF forum met een capaciteit voor maximaal acht personen. De afzuiging bedraagt volgens opgave 1770 m³ per uur. Gedeeltelijk open front met twee openingen (geen deuren). Er wordt een deeltjesafvang van 99,9995% geclaimd en voor gasvormige componenten 100% afvang.

Smoke Free Systems is de enige leverancier die aangeeft hoe hun systeem werkt. De werking is gebaseerd op twee stappen (<http://www.smokefreesystems.nl/ons-aanbod/zo-werkt-het-systeem/#>):

"Stap 1: het vangen van rook

Om rook effectief op te vangen, moet aan drie voorwaarden worden voldaan:

- de roker moet dicht bij de afzuigopening staan.*
- de rookzone moet aërodynamisch ontworpen zijn.*
- de luchtverversingsfrequentie moet zeer hoog zijn.*

Stap 2: filteren van schadelijke gassen

De tabaksrook wordt gezuiverd in het zeer effectieve filtersysteem van de rookcabine, dat speciaal voor dit doel is ontworpen. Het verwijdert 99,9995% van de deeltjes die het meest schadelijk zijn om te inhaleren. Deze waarde valt in dezelfde klasse die in klinische schone ruimtes met betrekking tot de kwaliteit van de lucht als norm geldt. De gassen worden 100% gezuiverd in het gepatenteerde koolstoffilter van Smoke Free Systems."

Wat betreft stap 1, het vangen van rook, wordt gebruikgemaakt van het fysische effect dat de warme tabaksrook opstijgt. Vervolgens wordt de rook via de onderzijde van het plafond van de cabine naar achteren gezogen door een afzuigventilator. Om de rook ongestoord naar boven te laten stijgen is het van belang dat verstorende turbulente luchtbewegingen worden geweerd. Om deze reden zijn de zij- en achterwanden van de cabine belangrijk. Mogelijk schermen cabines met een schuifdeur deze turbulenties nog beter af. Bij een cabine met een klapdeur kan het meesleurende effect van de klapdeur bij het in en uitlopen van gebruikers groter zijn dan de afscherming. Een cabine met een klapdeur hoeft dus niet beter te presteren dan een met een open deuropening. Naast sigaretten zorgen ook de in de cabine aanwezige mensen voor een stroom opstijgende lucht.

In de literatuur (REHVA) zijn schattingen gemaakt van de benodigde afzuigstroom in een rookcabine. Deze schattingen zijn alleen gebaseerd op de convectieve stroom rondom een persoon. Dit resulteert voor 4 personen in 96 dm³/s (346 m³ per uur).

Onderstaande beschouwing suggereert dat ook de door de personen afgegeven straling bij de bepaling van de afzuigstroom moet worden betrokken. Een staande persoon geeft circa 130 W warmte af, waarvan 15% in de vorm van waterdamp, 60% in de vorm van straling en 25% in de vorm van convectie. De straling wordt voor het merendeel door de wanden van de cabine opgenomen. Stel dat de wanden hierdoor circa 1 °C opwarmen. Deze opwarming duurt enkele minuten. Vervolgens treedt er een stationaire situatie op, waarbij de warmteafgifte aan de lucht gelijk is aan de opwarming. Naar schatting wordt de helft van de stralingswarmte aan de lucht in de cabine afgegeven en de andere helft aan de lucht buiten de cabine. Inclusief het convectieve deel wordt per persoon de lucht in de cabine met circa 70 W opgewarmd. De lucht stroomt naar boven, eventueel verontreinigd met sigarettenrook. Bij een goedfunctionerende cabine wordt alle opstijgende lucht direct afgezogen en stroomt er geen lucht aan de bovenzijde van de deuropening naar buiten. Door Bouman [42, 72] is bepaald dat bij een temperatuurverschil van 1 °C door een open deur een luchtstroom van 280 dm³/s (1000 m³ per uur) noodzakelijk is om uitstroming te voorkomen. Dit afzuigdebiet is evenredig met de wortel van het temperatuurverschil tussen de twee ruimtes. Voor een vierpersoons cabine komt dat neer op 0.26 m³/s (950 m³ per uur). Dit is ruim het dubbele van de REHVA schatting.

Eenzelfde berekening kan worden gemaakt voor de gewenste afzuigcapaciteit van commercieel verkrijgbare systemen. De achtpersoons SF forum rookcabine van Smoke Free Systems heeft volgens opgave een afzuigcapaciteit van 1770 m³ per uur. Hiermee zou bij deze cabine met twee deuropeningen bij een temperatuurverschil van 1 °C net uitstroming optreden. De vraag is nu bij hoeveel personen dit temperatuurverschil wordt bereikt. Volgens een beschouwing waarbij zowel convectie als straling wordt meegenomen, zal uitstroming van eventueel verontreinigde lucht optreden als er meer dan zes à zeven personen in de cabine aanwezig zijn. Hierbij is aangenomen dat er geen versturende wervelingen optreden. Op basis van deze beschouwing lijkt de door de leverancier opgegeven capaciteit van acht personen dus aan de hoge kant. In Tabel 17 is voor een aantal situaties de benodigde afzuigstroom getoond. Vermeld is de benodigde afzuigstroom bij geopende deur. Hierbij is aangenomen dat de personen in de cabine verblijven. Het meesleureffect van een door de deur lopende persoon is hierin niet meegenomen. Het afzuigdebiet kan worden verminderd door de deuropening te verkleinen, bijvoorbeeld door toepassen van een klapdeur. Zoals eerder vermeld is het nadeel van een klapdeur dat deze bij het in- en uitlopen rook mee naar buiten trekt. Een schuifdeur functioneert wat dat betreft beter en is waarschijnlijk vergelijkbaar met een open deuropening waarbij overal stroming naar binnen optreedt. Het relatief grote afzuigdebiet bij toepassing van een open deuropening kan worden verminderd door gebruik te maken van een luchtgordijn of lamellenscherm. Hierdoor wordt de opening waarover uitwisseling kan optreden verkleind. Het wordt aangeraden om nader experimenteel onderzoek te doen om werking van de rookcabines in de praktijk te valideren. Hierbij kan dan ook het eventuele effect van filtervervuiling, waardoor het afzuigdebiet vermindert, worden vastgesteld.

Tabel 17 Benodigde afzuiging van een rookcabine om ontsnappen van rook te voorkomen bij geopende deur (exclusief meesleureffect van een door de deur lopende persoon).

# personen in cabine	# openingen in cabine	minimale afzuiging [m ³ /s]	minimale afzuiging [m ³ per uur]
1	1	0.17	600
1	2	0.26	950
2	1	0.21	750
2	2	0.33	1200
4	1	0.26	950
4	2	0.42	1500
8	1	0.33	1200
8	2	0.53	1900

Wat betreft stap 2, het filteren van de schadelijke gassen, wordt in de literatuur een duidelijk onderscheid gemaakt tussen de zuiveringsrendementen met betrekking tot stof en gasvormige componenten. Stof kan tot bijna 100% worden afgevangen uit de luchtstroom. Wat betreft gasvormige componenten, worden in de literatuur, afhankelijk van de component, percentages genoemd tussen 0 en 80% [2]. De claim van Smoke Free Systems wat betreft de 100% afvang van gasvormige componenten, lijkt dus zeer discutabel. Ook hier wordt aangeraden nader onderzoek te doen.

In kleine horecagelegenheden zou een rookcabine met directe afvoer naar buiten een interessant alternatief kunnen zijn voor een rookruimte. Door de directe afvoer naar buiten is uitgesloten dat gasvormige verontreinigingen worden gerecirculeerd. Daarnaast wordt door de directe afvoer naar buiten de ventilatie in de horecagelegenheid verhoogd, wat de algemene luchtkwaliteit ten goede komt. Hierbij is het wel noodzakelijk dat voldoende luchttoevoer is gegarandeerd, ook bij lage buitentemperaturen. Omdat geen filters worden toegepast die vervangen moeten worden, is de cabine relatief goedkoop in aanschaf en onderhoud.

6.4 Conclusies

- 6) **Zijn er op dit moment andere oplossingen dan afgesloten rookruimten beschikbaar waarbij gegarandeerd kan worden dat de blootstelling aan zwerfrok beneden deze gemiddelden en maxima blijft?**

Met verdunningsventilatie kan de gemiddelde concentratie omgevingstabaksrook evenredig met het ventilatieniveau worden verlaagd. Om een aanmerkelijke reductie te bereiken, is veel schone luchttoevoer noodzakelijk. Zoals al eerder door TNO en RIVM (1) werd geconcludeerd, zal met verdunningsventilatie nooit een reductie van concentraties in binnenruimten worden bereikt die vergelijkbaar is met hetgeen met fysiek gescheiden rookruimten kan worden bereikt.

Verdringingsventilatiesystemen die in de literatuur zijn beschreven zullen waarschijnlijk vanwege de afstanden tussen roker en niet-roker (wat samengangt met de bezetting) en versturende factoren, zoals bewegende mensen en openstaande deuren en ramen, relatief grote ventilatiestromen vereisen, zodat het praktisch gezien door de grootte van de benodigde installaties geen realistische optie is voor cafés. Verdringingsventilatie in combinatie met scheiding van rokers en niet-rokers in twee afzonderlijke zones in dezelfde ruimte is in theorie kansrijker als alternatief voor rookruimtes.

Op basis van een beperkt aantal indicatieve metingen blijkt in een proefopstelling dat verdringingsventilatie, op basis van een nieuw VLA-concept, bij een hoge bezetting zonder afscheiding tussen rokers en niet-rokers, concentraties omgevingstabaksrook te kunnen beperken tot concentraties die in dezelfde range liggen als die gemeten zijn in de rookvrije ruimten van cafés tijdens de meetcampagne (zie Hoofdstuk 4). Nader onderzoek moet uitwijzen of het systeem in de praktijk robuust is en tevens moet worden nagegaan hoe het concept functioneert bij lagere bezettingsgraden van de ruimte, en welke verstoringen op kunnen treden. Tevens is onduidelijk hoe homogeen de omgevingstabaksrook op een bepaalde hoogte, bijvoorbeeld op ademhoogte, over de ruimte is verdeeld.

Verbeterde afsluitmiddelen kunnen de effectiviteit van afgezonderde rookruimten verhogen en wellicht ruimtelijke zonering mogelijk maken. Schuifdeuren worden als een goed alternatief gezien voor het scheiden van rookruimte en rookvrije ruimte, in plaats van draai- of klapdeuren, omdat ze minder versturende luchtuitwisseling genereren. Bij voorkeur dienen ze te worden voorzien van een automatische snelsluiting. Er wordt een positief effect verwacht van lamellengordijnen in (grote) openingen tussen een ruimte of zone voor rokers en niet-rokers, omdat ze ongewenste luchtuitwisseling hierover bemoeilijken en een gerichte overstroom door het ventilatiesysteem bevorderen. De verwachting stoelt op bevindingen in industriële toepassingen. Ook van luchtgordijnen wordt verwacht dat bij een technisch correcte uitvoering en voldoende afzuiging in de rookruimte de hoeveelheid zwerfrok ten opzichte van een rookruimte met een klapdeur wordt verkleind. Aangezien beide oplossingen zich wat betreft deze specifieke toepassing nog in een experimenteel stadium bevinden, is aanvullend praktijkonderzoek noodzakelijk om ontwerprichtlijnen op te kunnen stellen.

Rookcabines zouden een alternatief voor rookruimten kunnen vormen. Gezien de brede toepassing in kantoren is er nog opmerkelijk weinig wetenschappelijk onderzoek beschikbaar naar de prestatie van rookcabines. De gebruikelijke uitvoering is met luchtfiltratie, waarna de lucht naar de omringende ruimte wordt gerecirculeerd. Hierbij zou enerzijds beter moeten worden nagegaan hoe effectief filtratie is voor een breed scala van componenten uit omgevingstabaksrook en anderzijds wat de lekkage uit deze cabines is.

Ook rookcabines met een directe afvoer naar de buitenlucht, waardoor filtering niet meer aan de orde is, zijn in principe een kansrijk alternatief. Toepassing van deze cabines vereist dan wel aandacht ten aanzien van tochtvrije toevoer van buitenlucht in het rookvrije gedeelte.

Bij de keuze en het praktische gebruik van alternatieve systemen zal rekening moeten worden gehouden met de bezetting en het percentage rokers. Het is in principe mogelijk om eisen te formuleren waaraan alternatieven voor rookruimten zouden moeten voldoen, maar dat betekent tevens dat er eisen zouden moeten worden geformuleerd voor rookruimten. Controle en inspectie van deze eisen zal betekenen dat taken voor de handhaving en inspectie meer expertise en capaciteit zullen vergen.

7 Prestatie-eisen voor alternatieven voor rookruimtes

Is voor dergelijke (bestaande en/of toekomstige) oplossingen een afdoende certificeringssysteem te ontwikkelen? Zo ja, hoe zou dit systeem er dan uit moeten zien en op welke termijn kan zo'n systeem beschikbaar zijn?

Zijn dergelijke oplossingen, na certificering, gelijkwaardig (te maken) aan rookruimten zowel wat betreft toepassing in de praktijk als wat betreft gezondheidsbescherming en handhaafbaarheid?

7.1 Inleiding

In de Tabakswet is het in cafés toegestaan te roken in de rookruimte. Deze rookruimtes moeten er zorg voor dragen dat de blootstelling aan omgevingstabaksrook wordt geminimaliseerd. Omdat rookruimtes binnen cafés zijn aangelegd zal het onvermijdelijk zijn dat er rook zwerft vanuit de rookruimte naar het niet-rookgedeelten. Zelfs in sommige rookvrije cafés waar voor de deur wordt gerookt, en waar bijvoorbeeld deur en ramen open staan, treedt in bepaalde mate dit fenomeen op. Binnen de huidige kaders van de Tabakswet is de aanwezigheid van omgevingstabaksrook in het rookvrije gedeelte dus in bepaalde mate geaccepteerd. In Hoofdstukken 3 en 5 is al aangegeven dat in rookruimten de blootstelling aan omgevingstabaksrook al een factor 10 tot 100 lager is gemaakt ten opzichte van de vroegere situatie van voor het rookverbod. Er is echter geen prestatie-eis geformuleerd voor rookruimten en ook is niet vastgelegd hoe een rookruimte ontworpen moet zijn of hoe die zou moeten functioneren. Dat maakt het moeilijk om te beoordelen wanneer een rookruimte 'voldoet' en ook is het daardoor moeilijk te beoordelen of een alternatief voor een rookruimte ook zou 'voldoen'. Om deze reden wordt in dit hoofdstuk gebruikgemaakt van een rekenmodel. Met dit rekenmodel wordt verkend welke invloed verdunningsventilatie, luchtfiltering en intensiteit van het roken hebben op de concentraties van omgevingstabaksrook in een rookvrij gedeelte van een horecagelegenheid. Voor verdringingsventilatie is het model niet toepasbaar en worden meetdata uit Hoofdstuk 6 gebruikt. Op basis van modelberekeningen wordt verkend welke eisen gesteld zouden kunnen worden aan alternatieven voor rookruimten.

7.2 Ventilatie als alternatief voor rookruimten

In deze paragraaf wordt ingegaan op het concept dat bepaalde ventilatie technieken in een ruimte waar rokers en niet-rokers door elkaar heen bewegen misschien toch een oplossing zou kunnen zijn voor rookruimten. Op basis van berekening van de hoeveelheid geproduceerde omgevingstabaksrook wordt nagegaan welke eisen dan gesteld zouden moeten worden aan het ventilatiesysteem (mogelijk in combinatie met filtering). Voor verdringingsventilatie worden meetdata uit hoofdstuk 6 gebruikt.

7.2.1 Ventilatie in de horeca op basis van het Nederlandse Bouwbesluit

In het Bouwbesluit wordt voor horecagelegenheden uitgegaan van een minimale ventilatie van 3,8 tot 4,8 L m⁻² per seconde.

De cafés in het onderhavige onderzoek waren van verschillende grootte. De kleinste cafés hadden een vloeroppervlak van 47 m² en een volume van 128 m³, terwijl de grootste een oppervlak had van 375 m² en een volume van ongeveer 1825 m³. De gemiddelde hoogte van de cafés was ongeveer 3,5 meter. Een vierkante meter caféruimte correspondeert dus gemiddeld met 3,5 kubieke meter. De vereiste minimale ventilatie van 4,8 L m⁻² per seconde komt overeen met 17,3 m³/uur per vierkante meter caféruimte, oftewel ongeveer een ventilatiefrequentie van bijna 5 per uur. De ventilatievouden in de negentien Nederlandse horecagelegenheden liggen in de range van 0,4 tot 10 per uur, waarbij zes cafés een ventilatievoud hadden van vijf per uur of meer in het rookvrije gedeelte.

Op basis van ventilatiefrequentie kan worden berekend wat de verwachte concentratie omgevingstabaksrook in een ruimte zou zijn bij een bepaalde constante invoer die in evenwicht is met de afvoer. Voor nicotine kan dit worden berekend uit:

$$\text{Aanvoersnelheid nicotine door roken} = \text{afvoersnelheid door ventilatie} \quad (\text{I})$$

Hierbij wordt de afvoersnelheid door ventilatie bepaald door het ventilatievoud (Vv) en de concentratie nicotine in de ruimte

$$\text{Afvoersnelheid} = Vv * C_{\text{nicotine, ruimte}} \quad (\text{II})$$

De aanvoersnelheid wordt bepaald door het aantal sigaretten dat per tijdseenheid wordt gerookt in de ruimte, en de hoeveelheid nicotine per sigaret. Zoals in hoofdstuk 4 is aangegeven, is de laatste waarde gemiddeld ongeveer 5000 µg/sigaret (RIVM experimentele bepaling, data nog niet gepubliceerd). Het aantal sigaretten dat gemiddeld wordt gerookt ligt in de meeste cafés tussen de 0,02 en 0,14 sigaretten per m³ per uur (data uit Bijlage 4), wat resulteert in een range van gemiddelde aanvoersnelheden van nicotine van 100 en 700 µg m⁻³ per uur. Op drukke momenten kwamen de meeste cafés ver boven deze gemiddelde waarden; in diverse gevallen meer dan een verdubbeling.

Op basis van een aanvoersnelheid van 700 µg m⁻³ per uur en een ventilatiefrequentie van 5 per uur, zou door combinatie van I en II verwacht mogen worden dat de gemiddelde nicotineconcentratie ongeveer 140 µg m⁻³ (= 700 µg m⁻³ per uur gedeeld door een ventilatievoud van 5 per uur). Bij een lagere ventilatievoud zou de verwachte nicotineconcentratie evenredig hoger zijn. Ook bij een groter aantal rokers in het café neemt de verwachte gemiddelde concentratie evenredig toe.

Om bij de waargenomen rookintensiteit in de horeca, de concentraties nicotine onder de 5 µg m⁻³ te houden zonder rookruimte of alternatieven daarvoor, zou theoretisch het ventilatievoud ruim boven de 100 per uur moeten zijn. Bij intensiever roken, zoals in rookruimten het geval is, zou de ventilatiefrequentie zelfs nog groter moeten zijn. Dergelijke ventilatiefrequenties zijn absoluut onrealistisch. Zelfs als wordt uitgegaan van de laagste aanvoersnelheid van nicotine die aangetroffen is

tijdens de metingen in de negentien Nederlandse cafés, zal ventilatie onvoldoende zijn om nicotineconcentraties onder de $5 \mu\text{g m}^{-3}$ te houden – als rokers en niet-rokers niet van elkaar worden gescheiden.

7.2.2 Ventilatie in de horeca op basis van ASHRAE advieswaarden

Volgens ASHRAE (1999, ref 73) is het cruciaal dat er voldoende schone lucht wordt toegevoerd in de ruimte per tijdseenheid (ventilatiesnelheid in liters per seconde) per persoon. In Bijlage 4 is te zien dat de dichtheid in de negentien Nederlandse cafés in range ligt van 1 m^2 /persoon tot maximaal 10 m^2 /persoon. Ventilatie per persoon per kubieke meter per tijdseenheid die door ASHRAE wordt aanbevolen zou afhankelijk moeten zijn van het type horeca. Ventilatie-advieswaarden zijn minimaal $25,2$ kubieke meter per uur per persoon in keukens, $34,2 \text{ m}^3$ /uur per persoon in restaurants, werkplekken en cafetaria, 51 m^3 /persoon per uur in bars en cocktail lounges en casino's, en 102 m^3 /persoon per uur in smoking lounges. Huss e.a. (44) merken echter op dat het type horeca zelf geen goede voorspeller is van de vervuilingsgraad met bijvoorbeeld $\text{PM}_{2,5}$ maar geven aan dat er in bepaalde types horeca mogelijk procentueel meer rokers zijn.

Op basis van de door ASHRAE geformuleerde ventilatie-advieswaarden zouden eisen geformuleerd kunnen worden voor de ventilatie in cafés.

$$\text{Ventilatie} = 51 \text{ m}^3 / \text{persoon per uur} * \text{aantal personen/per m}^3 \quad (\text{III})$$

De dichtheid van mensen in de horeca kan volgens ASHRAE oplopen tot 100 mensen per 100 m^2 oftewel een dichtheid van 1 m^2 per persoon, wat wij ook in sommige van de Nederlandse cafés zien. In een horecagelegenheid die gemiddeld 3,5 meter hoog is, correspondeert dit met een dichtheid van 0,29 persoon per kubieke meter. Volgens bovenstaande formule (III) zou dit moeten resulteren in een minimale ventilatievoud van 14,6/uur. Zoals al in 7.2.1 is aangegeven waren de gemeten ventilatievouden in de negentien Nederlandse cafés aanmerkelijk lager.

In recent onderzoek heeft Repace (74) laten zien dat de ASHRAE ventilatie-advieswaarde van 51 m^3 /persoon per uur voor bars en casinos onvoldoende bescherming biedt tegen blootstelling aan omgevingstabaksrook en dat daardoor aanmerkelijke risicoverhoging van gezondheidsschade optreedt. In een groot aantal casino's heeft Repace $\text{PM}_{2,5}$ en ventilatie bepaald, en dit vergeleken met biomarkers voor omgevingstabaksrookblootstelling in het bloed van blootgestelde personen (cotinine). De casino's voldeden vrijwel altijd goed tot zeer goed aan de ASHRAE ventilatie-eisen. Desondanks was er in het onderzoek door Repace aanmerkelijke blootstelling gevonden aan $\text{PM}_{2,5}$ in alle casino's, en waren cotinine-bloedwaarden (cotinine is een afbraakproduct van nicotine in het menselijk lichaam) van bezoekers aan de casino's verhoogd na 4 uur verblijf. De dataset van cotinine-waarden is klein en rechtvaardigt niet volledig de extrapolatie en conclusies die Repace trekt ten aanzien van extra sterfte ('..will cause an estimated 6 .. workers deaths annually per 10.000 at risk..').

7.2.3 Kwelventilatie

In het onderhavige onderzoek hebben TNO en RIVM metingen verricht in een proefopstelling van de VLA in Zwolle, waarin eveneens is gebruikgemaakt van kwelventilatie. Op basis van een beperkt aantal indicatieve metingen blijkt in een proefopstelling verdringingsventilatie, op basis van een nieuw VLA-concept, bij een hoge bezetting zonder afscheiding tussen rokers en niet-rokers concentraties omgevingstabaksrook te kunnen beperken tot concentraties die in dezelfde range liggen als die gemeten zijn in de rookvrije ruimten van cafés tijdens de meetcampagne (zie Hoofdstuk 4). Nader onderzoek moet uitwijzen of het systeem onder praktijkcondities robuust is. Tevens moet worden nagegaan hoe het concept functioneert bij lagere bezettingsgraden van de ruimte en welke verstoringen kunnen

optreden. Daarbij is onduidelijk hoe homogeen de omgevingstabaksrook op een bepaalde hoogte, bijvoorbeeld op ademhoogte, over de ruimte is verdeeld.

7.2.4 Ventilatie als alternatief voor rookruimtes

De conclusie op basis van de paragrafen 7.2.1 en 7.2.2 is dat het met verdunningsventilatiesystemen niet mogelijk is om in normale cafés met gemiddelde bezetting en gemiddeld rookgedrag de concentraties van omgevingstabaksrook laag te houden, en dat aanmerkelijke blootstelling aan omgevingstabaksrook daardoor onvermijdelijk zou zijn. Een dergelijke conclusie was eerder al getrokken in eerdere studies (2, 6, 7, 75). Hierbij is niet eens rekening gehouden met grote drukte in een café of met intensiever rookgedrag. Paragraaf 7.2.3 geeft aan dat onder bepaalde omstandigheden kwelventilatie mogelijk wel een alternatief kan vormen voor rookruimtes. Dit zou nader onderzocht moeten worden onderzocht .

7.3 Apparatuur en faciliteiten gebaseerd op afscheiding die rookruimtes zouden kunnen vervangen

In deze paragraaf wordt ingegaan op fysieke scheiding van een rookgedeelte en een rookvrij gedeelte. Hierbij wordt eerst ingegaan op de eigenschappen van rookruimten die kunnen bijdragen om de verspreiding van omgevingstabaksrook te beperken in horecagelegenheden. Op basis daarvan wordt nagegaan of de rookruimte zou kunnen worden vervangen door een alternatief systeem, zoals een cabine, die ook functioneert op basis van het principe van scheiding van een rokersdomein en een rookvrije ruimte.

Er wordt niet expliciet ingegaan op zonering in open ruimte in combinatie met verdringingsventilatie. Op dit gebied zijn wel enkele verkennende studies uitgevoerd, maar de praktische mogelijkheden van deze combinatie zijn erg beperkt. Er blijken bijvoorbeeld in de praktijk verschillende problemen te kleven aan het inrichten van ruimten met verdringingsventilatie. TNO heeft lokale verdringingsventilatie getest in 2006 in een drietal horecagelegenheden. Met deze studie is aangetoond dat het met verdringingsventilatie mogelijk is om schone zones te creëren zonder fysieke afscheiding. Buiten deze zones echter kon de luchtkwaliteit niet worden gegarandeerd, omdat daar feitelijk sprake was van verdunningsventilatie. Als alternatieve oplossing zou het in principe mogelijk zijn om lokale afzuiging te combineren met luchttechnische isolatiemaatregelen, zoals luchtgordijnen, zodat er een zonering ontstaat. Dit is door Bronsema in een universiteitsgebouw getest (68,69), maar ook daar deden zich verschillende bouwtechnische en operationele problemen voor. Praktisch gezien zal deze oplossing in de horeca op problemen stuiten omdat het bij drukte lastig zal zijn om de zonering te handhaven. Ook zijn versturende invloeden, zoals open ramen en deuren in de zomer, alleen te vermijden als de horecagelegenheden volledig geklimatiseerd worden uitgevoerd en deuren en ramen gesloten zullen blijven. Met name het eerstgenoemde fundamentele gedragsprobleem zal waarschijnlijk ook op langere termijn niet kunnen worden opgelost, waardoor lokale verdringingsventilatie zonder enige vorm van fysieke scheiding geen alternatief biedt voor rookruimtes.

7.3.1 Rookruimtes

Rookruimtes zorgen ervoor dat het grootste deel van de omgevingstabaksrook niet in het rookvrije gedeelte van een horecagelegenheid terecht komt.

De aanvoer of productie van nicotine en andere componenten van omgevingstabaksrook in een ruimte hangt evenredig af van het aantal sigaretten of andere tabaksproducten dat wordt gerookt. Hierbij moet worden opgemerkt dat waterpijp en sigaren nog sterkere bronnen zijn van omgevingstabaksrook dan

sigaretten (75). Ruimtelijke afscheiding en luchtbehandeling (ventilatie en of filtering) zal de bronsterkte van de omgevingstabaksrook sterk verminderen. In Hoofdstuk 4 en 5 is aangegeven welke factoren de effectiviteit van rookruimtes beïnvloeden. Zwerfrook die uit een rookruimte komt, zal worden verdund en afgevoerd op basis van dezelfde processen als die in 7.2 zijn beschreven.

In analogie met de berekeningen in paragraaf 7.2.1 kunnen de vergelijking (I) en (II) ook worden gebruikt om na te gaan hoe effectief rookruimtes moeten zijn om concentraties omgevingstabaksrookcomponenten onder bepaalde streefwaarden te kunnen houden.

Als, net als in paragraaf 7.2.1., wordt uitgegaan van een standaardcafé zonder rookruimte waarin 700 µg/uur (0,2 sigaret m⁻³ per uur) nicotine wordt geproduceerd, en waarin de ventilatie 5 ventilatievoud is, zonder toepassing van een rookruimte, dan zou de nicotineconcentratie rond de 140 µg m⁻³ zijn, volgens de modelberekening in 7.2.1.

Om onder de 5 µg m⁻³ nicotine te kunnen komen bij een ventilatievoud van 5 per uur in dit standaardcafé, zal door het gebruik van een rookruimte de bronsterkte van de nicotine met bijna een factor 30 (140/5 = 28) omlaag gebracht moeten worden; oftewel de aanvoer van nicotine richting rookvrije ruimte moet worden gereduceerd van 700 µg m⁻³ per uur naar ongeveer 25 µg m⁻³ per uur. Als hiervoor een rookruimte wordt gebruikt, dan zal de rookruimte onder deze voorwaarden bijna 97 % (675 µg van de 700 µg nicotine) van de tabaksrook achter moeten houden en zou er slechts ongeveer 3 % (25 µg van de 700 µg) uit mogen weglekken. Als de ventilatie in de rookvrije ruimte minder is dan 5 ventilatievoud, dan zou de effectiviteit van rookruimtes nog hoger moeten zijn.

Een voorbeeld

Stel: een café telt 100 m³ (35 m²), dan bedraagt de ventilatie bij een ventilatievoud van 5, 500 m³/uur. De dichtheid van personen in dit café kan oplopen tot 1 persoon per vierkante meter, met dus een totaal van 35. Als 1/3 van de bezoekers elk uur 1 sigaret rookt, dan zou de deur van de rookruimte ongeveer 25 keer open moeten gaan om iemand in of uit te laten, waarbij steeds ongeveer 1 m³ lucht wordt verplaatst. Als ruwe schatting zou dit betekenen dat bij een rookruimte 25 m³ omgevingstabaksrook in de rookvrije ruimte zou kunnen lekken, wat bijna 5% is van de totale ventilatie. Als in de rookruimte geen luchtbehandeling wordt toegepast (filtering of directe afvoer naar buiten), dan is het in dit soort gevallen onvermijdelijk dat er veel omgevingstabaksrook weglekt in de rookvrije ruimte.

Lekkage uit rookruimten door deurgebruik zal beperkt zijn bij een lage bezoekersaantallen in een café. Bij een hoge benutting van de rookruimte neemt de concentratie zwerfrook toe afhankelijk van het ventilatieniveau in het café.

In de Tabakswet zijn geen eisen gesteld aan de ventilatie en luchtbehandeling rookruimtes in cafés. Evenmin zijn er eisen gesteld aan de grootte van de rookruimte in relatie tot de grootte van het totale café.

De intensiteit van roken in verschillende cafés verschilt aanmerkelijk. In sommige cafés wordt gemiddeld bijna 0,6 sigaret per uur per bezoeker gerookt terwijl in andere cafés dit niet hoger is dan 0,1 sig/uur/persoon. Hoge rookintensiteit wordt soms waargenomen in drukke cafés met een dichtheid van 1 m² /persoon. Helaas zijn er in de literatuur geen richtgetallen beschikbaar voor maximale belasting van rookruimtes. Uit eigen waarneming in de drukke cafés wordt geschat dat bij goed geventileerde ruimte de maximum bronsterkte binnen een rookruimte maximaal 4-6 sigaretten per uur per vierkante meter is. Deze schatting komt overeen met Bronsema (68,69). In drukke cafés zou dit inhouden dat ongeveer 10% van de totale ruimte (in vloeroppervlak en volume) in een horecagelegenheid ingericht moet zijn als rookruimte.

Een capaciteit van 4-6 sigaretten per vierkante meter per uur stelt hoge eisen aan het ontwerp, gebruik en onderhoud van rookruimtes omdat de productie van omgevingstabaksrook extreem hoog is. Lekkage

door frequent deurgebruik zou beperkt moeten worden, zeker als het gaat om klapdeuren. Alternatieven als schuifdeuren, luchtgordijnen of lamellen, zouden nader onderzocht moeten worden.

De luchtkwaliteit in rookruimtes kan bij intensief gebruik erg slecht zijn, wat voor gebruikers van de rookruimte reden lijkt te zijn om deuren van rookruimtes open te zetten, of zelfs buiten de rookruimte te roken. Volgens ASHRAE (zie paragraaf 7.2.1) zou in rokerslounges de ventilatie minimaal 102 m³ /persoon per uur moeten zijn om voor de rokers een acceptabel luchtkwaliteitsniveau te garanderen. Voor de Nederlandse rookruimtes zou dit corresponderen met ongeveer 25-30 ventilatievoud. De waargenomen ventilatievoud in de rookruimtes van de negentien Nederlandse cafés zijn, op één na, allemaal lager. Deze ventilatievoud in rookruimtes hebben betrekking op de luchtkwaliteit binnen de rookruimte en zeggen op zich niets over de effectiviteit van de rookruimte. In het meest extreme geval zou door het ontwerp of het gebruik alle geventileerde lucht uit de rookruimte in de rookvrije ruimte geblazen kunnen worden.

7.3.2 Alternatieven voor rookruimtes gebaseerd op afscheiding

In Hoofdstuk 6 zijn enkele commercieel beschikbare systemen beschreven die als alternatief voor rookruimtes zouden kunnen worden gebruikt. Helaas is de effectiviteit van de systemen onduidelijk en zijn rapporten niet gepubliceerd of openbaar. Slechts op de website van 'smoke free systems' wordt ingegaan op de werking, het ontwerp en het gebruik van het systeem. In paragraaf 6.3 wordt aangegeven dat de achtpersoons SF forum rookmachine een afzuigcapaciteit heeft van 1770 m³ per uur, terwijl de benodigde afzuigcapaciteit bij een belasting van acht personen tussen de 1200 en 1900 m³ per uur moet zijn. Bij optimaal gebruik wordt ingeschat dat dit achtpersoonssysteem een capaciteit heeft van ongeveer 32 sigaretten per uur. Als rekening wordt gehouden met een waargenomen rookintensiteiten van 0,6 sigaret per persoon per uur, dan zou dit systeem een café van ongeveer 50 tot 60 personen kunnen bedienen. Het is echter onduidelijk of het systeem ook daadwerkelijk effectief is. Evenals bij rookruimtes baseert het concept van dit systeem zich voor het merendeel op een fysieke afscheiding tussen rookgedeelte en het rookvrije gedeelte. Bij voldoende afzuiging is het mogelijk om de cabine zonder deur uit te voeren. Het is echter niet bekend hoeveel zwerfrok uit het systeem lekt onder verschillende gebruikscondities. Er zijn geen onafhankelijk beoordeelde gegevens gevonden over de reinigingscapaciteit van het filtersysteem zodat onduidelijk is hoeveel van de verontreinigingen terug in de rookvrije ruimte worden geblazen.

Afzuiging in de rookzone, in combinatie met luchtzuivering en voldoende fysieke scheiding van de rookzone en rookvrije zone, zijn voorwaarden voor hoge effectiviteit. Bij intensief gebruik van alternatieven voor rookruimtes kan het gunstig zijn als de apparatuur specifiek wordt ontworpen, gemaakt en gebruikt voor het tegengaan van de verspreiding van omgevingstabaksrook. Aan welke prestatie-eisen dergelijke alternatieven voor rookruimtes moeten voldoen is reeds beschreven in paragraaf 7.2. Dat er systemen zijn die aan deze eisen zouden kunnen voldoen lijkt waarschijnlijk, maar in de literatuur ontbreken daarvan de meetgegevens.

7.4 Conclusies

Vraag 8) Zijn dergelijke oplossingen, na certificering, gelijkwaardig (te maken) aan rookruimten zowel wat betreft toepassing in de praktijk als wat betreft gezondheidsbescherming en handhaafbaarheid?

In principe zijn verschillende soorten alternatieven mogelijk, waarbij het zelfs mogelijk is dat deze alternatieve systemen beter presteren dan sommige ontwerpen en toepassingen van rookruimten die thans worden gebruikt. Van groot belang is dat alternatieve systemen niet worden gebruikt boven de aangegeven capaciteit. Feitelijk zou deze eis ook moeten gelden voor rookruimtes, omdat in het praktijkonderzoek is aangetoond dat potentieel goed functionerende rookruimtes op drukke momenten niet meer correct werden gebruikt.

Als rekening wordt gehouden met het aantal actieve rokers per horecagelegenheid, de totale ventilatie en luchtbehandeling in het gebouw en verstorende factoren van buitenaf, dan is het in principe mogelijk dat andere systemen vergelijkbare prestaties kunnen leveren als rookruimten. Sommige systemen zouden de nadelen van vigerende rookruimtes kunnen ondervangen, waarbij het ondermeer gaat om verbeteringen ten aanzien van (i) uitvoering rookruimtes (bijvoorbeeld met/zonder luchtreiniging), (ii) ventilatieniveau en de onderdruk in de rookruimte, (iii) temperatuurverschil tussen rookruimte en caféruimte, (iv) deurgebruik of andere afscheiding, (v) ventilatieniveau van de caféruimte en (vi) verstoringen als openstaande ramen en buitendeuren.

Er zijn twee soorten alternatieve oplossingen voor rookruimtes. De meest kansrijke oplossing ligt op het gebied van fysieke scheiding tussen rookruimte en rookvrije ruimte. Rookruimtes zouden dan vervangen kunnen worden door systemen waarbinnen wel wordt gerookt, maar waaruit minder zwerfrok komt. In feite zijn dit systemen waarbij de bronsterkte van zwerfrok wordt beperkt door gebruik te maken van een combinatie van fysieke en luchttechnische scheiding. Het alternatief waarbij in de horecagelegenheid gerookt mag worden maar waarbij de rookafvoer wordt versterkt, kan niet worden bereikt met traditionele mengventilatie. Kwelventilatie kan mogelijk onder bepaalde omstandigheden een tweede oplossing vormen als alternatief voor rookkamers. Nader onderzoek moet uitwijzen of het systeem onder praktijkcondities robuust is en tevens moet worden nagegaan hoe het concept functioneert bij lagere bezettingsgraden van de ruimte, en welke verstoringen kunnen optreden. Daarbij is onduidelijk hoe homogeen de omgevingstabaksrook op een bepaalde hoogte, bijvoorbeeld op ademhoogte, over de ruimte is verdeeld.

8 Mogelijkheden en beperkingen om alternatieven voor rookruimte in de horeca onder een certificeringssysteem te brengen

Vraag 7 bestaat uit 3 deelvragen:

- a) Is voor (bestaande en/of toekomstige) andere beheersmaatregelen dan afsluitbare rookruimten een afdoend certificeringssysteem te ontwikkelen?
- b) Zo ja, hoe zou dit systeem er dan moeten uitzien?
- c) Op welke termijn kan zo'n systeem beschikbaar zijn?

8.1 Inleiding

Certificering wordt gedefinieerd als een procedure waarbij een onafhankelijke organisatie een (schriftelijk) bewijs van (een in normen of voorschriften gespecificeerde) kwaliteit afgeeft. De te borgen kwaliteit kan betrekking hebben op onder meer de doelmatigheid, doeltreffendheid en betrouwbaarheid.

Certificering kan de gehele periode vanaf ontwikkeling tot en met gebruik beslaan. Daarom wordt certificering behalve bij oplevering (soms) ook gericht op de ontwerpprocedures of wordt ze periodiek uitgevoerd in gebruikssituaties, om een eventuele teruggang van de kwaliteit in de loop van de tijd te bewaken.

Onder 'certificeringssysteem' moet dus het geheel van procedure en benodigdheden (middelen, vaardigheden, inspanningen) worden verstaan voor het (objectief) borgen van de kwaliteit van beheersmaatregelen. Het doel van een certificeringssysteem is om kritieke factoren, elementen en momenten van ontwerp, uitvoering en gebruik van een beheersmaatregel tegen blootstelling aan omgevingstabaksrook zodanig te begeleiden en te bewaken, dat een goede werking ook op de lange duur, in de verscheidenheid van toepassingen en ook tijdens (meer) kritieke condities wordt gewaarborgd.

Kernvragen zijn daarbij:

- Is de beheersmaatregel in de omgeving waarin ze wordt toegepast, geschikt voor zijn functie?
- Verricht het die functie daadwerkelijk?
- Is de functie niet (gemakkelijk) te verstoren?
- Blijft de maatregel ook op de lange duur goed functioneren?

8.2 Kwaliteitscriteria certificering

Een primaire vraag is: 'Welke kwaliteitscriteria moeten bij certificering aan beheersmaatregelen tegen tabaksrook worden gesteld?' In principe moet dit eerst worden bepaald, waarbij kan worden gedacht aan een kwaliteitseis die zich baseert op het niet overschrijden van een toegelaten blootstellingsniveau (prestatie-eis).

8.3 Potentiële middelen voor certificering

In principe staat er een scala aan middelen ter beschikking om de kwaliteit van beheersmaatregelen tegen omgevingstabaksrook te controleren en te borgen. Een overzicht van die middelen wordt gegeven in de opsomming hierna. De middelen zijn gesplitst naar de verschillende stadia vanaf ontwikkeling, via ontwerp, uitvoering en gebruik tot handhaving.

Stadium 1 - Productontwikkeling (producent):

- Overzicht met mogelijkheden en beperkingen van werkingsprincipes (inperken en categoriseren)
- Normalisatie van (voorbeeld)toepassingsituaties
- Programma van eisen (wettelijke voorschriften, functionele eisen, levensduur, functiebewaking)
- Ontwerpprocedures (reken- en simulatiemethoden)
- Methoden voor product- en systeemkeur bij gesimuleerde, genormaliseerde condities (kwaliteitscontrole productie, afname- en duurtests componenten, laboratoriumtest systeem, gebruikersevaluaties, productkeuring)

Stadium 2 - Specifiek ontwerp (ontwerper, werkvoorbereider, calculator):

- Inventarisatie specifieke gebruiksomstandigheden (controlelijst)
- Hulpmiddel bij systeemkeuze
- Ontwerpprocedures (reken- en simulatiemethoden)
- Systeemspecificaties en toetsingscriteria
- Offertebeoordeling (specificatie van juiste grootheden, garantiestelling)

Stadium 3 - Realisatie (bouwer en installateur):

- Bestek en offerte (specificatie van materialen en componenten, garantiestelling)
- Afleveringscontrole
- Uitvoeringscontrole (controle werkmethoden, certificering personeel, opzicht)
- Opleveringskeuring
- Gebruiksaanwijzing
- Garanties (uitvoering van bijstellingen)

Stadium 4 - Gebruik (eigenaar en gebruiker):

- Gebruiksaanwijzing en -voorwaarden
- Ondersteunen, sturen, corrigeren en automatiseren van correcte gebruiksinstellingen
- Functiebewaking, alarmeringen en storingsmeldingen
- Onderhoudsinstructie

Stadium 5 – Handhaving (overheid, Arbodienst, VWA, gecertificeerde keuringsdienst):

- Bouwaanvraag
- Opleveringskeuring of -rapport
- Gebruiksrapportage (systeemmonitoring, onderhoudsrapport)
- Periodieke keuring
- Steekproefcontroles
- Handhaving prestatie-eis

De kernvraag is welke van deze genoemde controlemiddelen nodig worden geacht bij verschillende beheersmaatregelen tegen omgevingstabaksrook. Dit is bepalend voor de inhoud van de certificering.

8.4 Aanpak

Om hoofdvraag 7 te kunnen beantwoorden, worden de volgende stappen doorlopen:

1. vaststellen kritieke punten;
2. analyse van een voorbeeldrookmaatregel zelf op criteria en gevoeligheden voor het goed functioneren;
3. analyse bestaande certificeringssystemen;
4. opstellen van een voorstel voor een certificeringsprocedure.

8.4.1 Vaststellen kritieke punten

Producenten ontwikkelen beheersmaatregelen tegen omgevingstabaksrook. Daarbij heeft men een bepaalde werking of functionaliteit in een bepaald toepassingsgebied (voorbeeldsituaties) voor ogen. Men kiest werkingsprincipes en stelt een programma van eisen op (PvE). Op basis hiervan standaardiseert de producent componenten en systemen en stelt ze commercieel beschikbaar.

Voor een specifieke toepassingssituatie worden mogelijke beheersmaatregelen tegen tabaksrook afgewogen door een ontwerper en calculator. Vervolgens wordt een keuze gemaakt en een uitvoering op papier gezet door tekenaar, werkvoorbereider en calculator. Daarbij worden de prestatie-eisen vastgesteld en de beperkingen en mogelijkheden van de ruimte (bouwkundig) en het verwachte gebruik geïnterpreteerd, afgewogen en omgezet in een componentenkeuze en systeemuitvoering. Fabrikanten, bouwers en installateurs zorgen daarna voor de daadwerkelijke realisatie. Gebruikers bepalen vervolgens hoe er met de maatregel wordt omgegaan.

Als men kritieke punten in deze processtappen onderkent, kan daarop gericht controle worden uitgevoerd, om zo de functionaliteit te borgen, c.q. de faalkans te beperken. Uiteindelijk dient de werkelijke blootstelling van niet-rokers in de praktijk niet significant af te wijken van de toegelaten concentratie. Afwijkingen (momentaan of gemiddeld) kunnen in de praktijk bijvoorbeeld ontstaan door:

- een grote gevoeligheid voor omgevingsfactoren (verstoringen door bijvoorbeeld open ramen);
- onvoldoende anticiperen op storende luchtstromen ten gevolge van een typische bouwkundige uitvoering (indeling) van de ruimte (vide, bordes, serre) en zijn systemen (bijvoorbeeld de positie van radiatoren of luchttoevoer);
- onjuiste afstemming op overig aanwezige (beïnvloedende) systemen (verwarming, airco, ventilatie, plafondwaaier);
- traag inschakelen of traag reageren van het systeem op situatieveranderingen;
- discomfort (lawaai, tocht, kou);
- geringe gebruiksvriendelijkheid (onbewust verkeerd gebruik door complexiteit);
- te schaars gebruik (bewust onjuist), bijvoorbeeld vanwege (vermeende) hoge bedrijfskosten;
- (nalatigheid bij het vervullen van) een grote onderhoudsbehoefte;
- een grote storingsgevoeligheid (frequente uitval van de voorziening).

8.4.2 Voorbeeld: rookcabine

Hier volgt een groslijst met aspecten die van belang zijn bij een rookcabine.

Stroming in de opening van de cabine.

De afvoercapaciteit van de cabine en de grootte van de cabineopening bepalen samen de sterkte (dominantie) van de luchtstroom (stroomsnelheid). De naar binnen gerichte luchtstroom is voldoende sterk als uittrede van rooklucht uit de cabine te allen tijde wordt voorkomen. De kritieke momenten voor het weglekken van rooklucht treden op tijdens verstoringen.

Verstoringen kunnen optreden door:

- normale ruimtestromen als gevolg van lokale temperatuurverschillen in de ruimte;
- het openen van ramen en deuren
- overige ventilatievoorzieningen;
- langslopen (of -rijden);
- in- en uitlopen.

De vorm van de cabine, vooral rond de opening, bepaalt mede de verstoring gevoeligheid.

Afvoercapaciteit t.o.v. maximum aantal rokers.

Met het aantal rokers in de cabine neemt de rookproductie toe. De luchtafvoer uit de cabine is veel groter dan de totale rookproductie. De afvoerstroam hoeft dus niet om deze reden te worden aangepast. Het gevolg is wel dat de rookconcentratie toeneemt, zodat eenzelfde lek in de omringende ruimte meer zal worden opgemerkt.

Belangrijker is dat meer rokers voor meer warmteproductie zorgen. De temperatuur in de cabine gaat dan meer afwijken, zodat het risico van ongewenste luchtuitwisseling door de thermisch drijvende kracht toeneemt. Daarom dient de afvoercapaciteit evenredig met het aantal rokers te worden vergroot, of: het aantal rokers dient bij een vaste capaciteit van de cabine te worden gelimiteerd.

Meer rokers in de cabine betekent meer obstakels in de luchtstroam en ook opwekking van meer storende luchtstromen door bewegen en rook uitblazen. Daarnaast neemt de kans toe dat rokers de rook in meer willekeurige richtingen blazen. Om voor deze effecten te compenseren is eveneens een vergrote afzuigcapaciteit gewenst.

Afvoerwijzen:

- naar buiten (ventilatie);
- recirculatie met filtering.

Criteria bij afvoer naar buiten (ventilatie):

- zorg voor een tochtvrije verse luchtaanvoer met voorverwarming om ongewenst ingrijpen vanwege hinder te voorkomen;
- beperk zowel de eigen geluidproductie als hinder door buitengeluid via de ventilatie;
- zorg dat de positie van de uitstoot van afgewerkte lucht op voldoende afstand van luchtaanzuigpunten wordt geplaatst (acceptabele verdunningsfactor).

Criteria bij recirculatie met filtering:

- stel eisen aan het filterrendement op zowel deeltjes- als de verschillende gasvormige verontreinigingen;
- bepaal hoeveel ventilatie nodig is om de restemissies na het filter voldoende te verdunnen;
- zorg voor tochtvrije uitblaas van de retourlucht na het filter (roosterkeuze en -plaats).

Gebruikers kunnen de effectiviteit van een rookcabine verstoren of beïnvloeden door:

- half in de cabine(opening) te staan roken (te volle cabine of contact met anderen buiten de cabine);
- rook uit te blazen in de richting van de opening, in plaats van naar het afzuigrooster;
- de afzuiging van de cabine te laat in te schakelen (handmatig aan/uit) of op een te lage stand (hoog/laag regelbaar).

Training en voorlichting van het personeel en toezicht op klanten, zijn hierbij van belang.

Het onderhoud en de bedrijfsvoering zijn bepalend voor het blijvend goed functioneren. Belangrijk zijn:

- regelmatig en correct onderhoud (bijvoorbeeld juist herplaatsen) van filters en ventilatievoorzieningen (reinen van ventilatoren en roosters);
- functiebewaking (drukval filter, debietmeting afzuiging, aanwezigheidsdetectie van rokers).

De handhaving kent enkele belangrijke stappen. Bij de ontwerpkeuze moet worden gecontroleerd op onder andere filterrendement, (rest)ventilatiecapaciteit, uitmondings situatie, plaatsingssituatie ten opzichte van ramen en deuren.

Bij de oplevering gaat het vooral om:

- productkeur;
- opleveringskeur installatie (buitenaansluitingen en uitvoering ventilatiesysteem).

Voor de controle op het gebruik gaat het om:

- onderhouds- en storingsdagboek / controlelijsten;
- controle bewakingsapparatuur (aanwezigheid en functioneren);
- uitlezen registratieapparatuur (gebruiksuren en -frequentie);
- functionele steekproefcontrole (door VWA of private organisatie);
- aanwezigheid en duidelijkheid gebruikshandleiding.

De prioriteiten liggen voor rookcabines bij het beheersen van de uitstroming via de cabineopening en de kwaliteit van de filtratie.

Als de belangrijke hoofdpunten voor certificering van rookcabines worden daarom aangemerkt:

- ontwerpcontrole van de afzuigcapaciteit in relatie tot de grootte van de cabineopening, het maximale aantal gebruikers en de ruimtelijke positionering;
- ontwerpcontrole van de (eventuele) filterspecificaties;
- productkeur van cabines bij simulatie van realistische, genormaliseerde testcondities;
- opleveringskeuring van het (aanvullende) ventilatiesysteem;
- bijhouden van een onderhoudsdossier met tevoren bepaalde controlepunten en -frequentie;
- inspecties in de praktijk.

8.4.3 Analyse bestaande, aanwezige certificeringssystemen

Twee instituten in Duitsland bieden een vrijwel identiek certificeringstraject aan voor rookcabines. Het betreft het Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) en het Institut für Industrieraerodynamik GmbH (IFI). In het RIVM briefrapport 'Handhaving van een rookvrij binnenmilieu' is hierover al een aantal opmerkingen gemaakt. Vanuit het oogpunt van certificering is het testprotocol van BGIA aan de hand van de eerder geformuleerde kernvragen geanalyseerd:

- Is de beheersmaatregel in de omgeving waarin ze wordt toegepast, geschikt voor zijn functie?
De rookcabine wordt in een standaard testruimte getest. Uitgangspunt van deze test is dat de testruimte zodanig goed is geventileerd dat (bijna) geen recirculatie van lucht over de cabine optreedt. Om aan deze eis te voldoen gaat BGIA uit van een ventilatievoud van de testruimte van vier maal per uur. Dit correspondeert niet met typische ventilatievouden in natuurlijk geventileerde horecagelegenheden waar het ventilatievoud in de orde van één maal per uur is. Het zou zo kunnen zijn dat in deze omgeving te weinig verdunning van restemissies optreedt en dat enerzijds aanvullende eisen moeten worden gesteld aan de ventilatie van de horecagelegenheid, of anderzijds moet worden geconcludeerd dat de rookcabine niet voor deze omgeving geschikt is.

- Verricht het die functie daadwerkelijk?

De BGIA-test is een laboratoriumtest die onder standaard testcondities wordt uitgevoerd. Het is onduidelijk waarop de testcondities zijn gebaseerd. Dit type testen is uitermate geschikt om producten onderling met elkaar te vergelijken. Het zegt echter weinig over het functioneren in de praktijk. Om te illustreren wat dit voor gevolgen kan hebben, wordt hier het voorbeeld van adembescherming gegeven. Onder laboratoriumomstandigheden met standaard paspoppen leveren adembeschermingsmaskers vaak een beschermingsfactor 1000. Vervolgens zijn aanvullende labtesten met proefpersonen uitgevoerd; hierbij is een beschermingsfactor 100 vastgesteld. De lagere bescherming wordt veroorzaakt door niet altijd goed passende adembescherming bij elk

type gezicht. In de praktijk bleek de beschermingsfactor 10 te bedragen. Een factor die hier een rol speelt is dat er in de praktijk geen onderzoekers aanwezig zijn die kijken of de adembescherming perfect is afgesteld en die eventueel corrigerend optreden. Ook zijn er in de praktijk mensen die een baard dragen, wat de bescherming drastisch reduceert, terwijl deze categorie niet bij de proefpersonen is meegenomen.

- Is de functie niet (gemakkelijk) te verstoren?

Het is onduidelijk of BGIA vooraf de mogelijke verstoringen in praktijksituaties heeft geïnventariseerd en in de testmethode heeft ingebouwd. De testmethode bevat waarschijnlijk wel het secundaire effect van een langslowende persoon. Maar het verstorende effect van een uit de cabine naar binnen en naar buiten gaande persoon lijkt niet meegenomen. Omdat sigaretten passief worden gerookt wordt het effect van uitgeblazen rook niet meegenomen. Als laatste punt worden de warmtebelasting en de daardoor opgewekte convectieve stromen in en uit de cabine niet meegenomen. Dit is met name bij cabines zonder deur van belang, zie de beschouwing in paragraaf 6.3 van dit rapport.

- Blijft de maatregel ook op de lange duur goed functioneren?

In het BGIA-protocol wordt alleen het product gecertificeerd. Er worden geen eisen gesteld aan een juist ontwerp, de installatie, het gebruik en het onderhoud. Het is dus slechts één onderdeel van het volledige certificeringsproces.

De BGIA-certificering moet met name als een productkeur worden gezien. Het is nog incompleet ten aanzien van de ontwerp-, installatie- en gebruiksfase. De testcondities moeten beter worden onderbouwd en mogelijk worden aangepast om te garanderen dat de in het laboratorium gemeten prestaties ook in de praktijk worden behaald.

8.4.4 Voorstel procedure

Als eerste stap moet een kwaliteitscriterium (prestatie-eis) worden opgesteld, bijvoorbeeld het niet overschrijden van een toegelaten blootstellingsniveau, waaraan de beheersmaatregelen dienen te voldoen. Daarbij moeten ook de bepalingencondities voor de handhaving worden geformuleerd.

Op basis van deze uitgangspunten zou onder begeleiding van een gespecialiseerd certificeringsinstituut het certificeringstraject kunnen worden ingegaan.

Tabel 18 geeft een mogelijke rolverdeling van een aantal relevante organisaties die een bijdrage kunnen leveren aan het certificeringsproces. In de tabel is onderscheid gemaakt tussen installatietechnische oplossingen en geïntegreerde systemen.

Tabel 18 Mogelijke rolverdeling voor de verschillende onderdelen van het certificeringsproces (VLA=Vereniging Luchttechnische Apparaten, KHN = Koninklijke Horeca Nederland, VWA = Voedsel en Waren Autoriteit)

Fase	Installatietechnische oplossing	Geïntegreerd systeem (rookcabine)
Ontwerp	VLA/KHN	Leverancier/KHN
Installatie	Uneto VNI/VLA	Leverancier
Gebruik	KHN/Uneto VNI/VWA	KHN/VWA

De benodigde tijdsduur van het certificeringsproces zal van een aantal factoren afhangen:

- Het type oplossing dat wordt gecertificeerd. Wordt de oplossing al in de praktijk toegepast, waardoor het eenvoudiger is om relevante testcondities voor de certificering af te leiden? Of bevindt de oplossing zich nog in het stadium van laboratoriumproeven waarna een aantal pilottesten in de praktijk moeten plaatsvinden? Pilotproeven inclusief analyse vergen vaak een lange doorlooptijd.
- Zijn voor de te certificeren oplossing op systeem- of componentniveau al testnormen beschikbaar? Testnormen zijn niet beschikbaar voor omgevingstabaksrook en zullen door normcommissies moeten worden opgesteld. Daarnaast is het onduidelijk hoe en op welke manier de testcondities zijn gevalideerd. Het ontwikkelen van gevalideerde testmethoden binnen ISO bijvoorbeeld duurt in de regel drie tot zes jaar.
- De bereidwilligheid, financiering en operationele capaciteit van de relevante organisaties om het certificeringssysteem op te stellen.

Op basis van deze factoren is nog niet aan te geven wat de tijdsduur wordt voor het doorlopen van het certificeringstraject van een bepaalde oplossing, waarbij ten minste rekening moet worden gehouden met een periode van vijf jaar.

8.5 Conclusies

Vraag 7 bestaat uit 3 deelvragen:

- Is voor (bestaande en/of toekomstige) andere beheersmaatregelen dan afsluitbare rookruimten een afdoend certificeringssysteem te ontwikkelen?**
- Zo ja, hoe zou dit systeem er dan moeten uitzien?**
- Op welke termijn kan zo'n systeem beschikbaar zijn?**

Het wordt in principe mogelijk geacht dat een certificeringssysteem ontwikkeld kan worden. Als eerste stap moeten kwaliteitscriteria worden opgesteld, bijvoorbeeld het niet overschrijden van een toegelaten blootstellingsniveau, waaraan de beheersmaatregelen dienen te voldoen. Daarbij dienen ook de bepalingencondities voor de handhaving te worden geformuleerd.

Cruciaal is dat concentraties van indicatorstoffen van omgevingstabaksrook niet mogen worden overschreden. Kwaliteitscriteria zouden moeten worden geborgd door onder meer de volgende elementen in het certificeringssysteem op te nemen:

- werk- en bewakingsprocedures voor ontwerp, uitvoering en gebruik;
- toetsmethoden en controles;
- signaleringswijzen en ingrijpmogelijkheden bij gebrekkig functioneren;
- criteria voor prestatiegaranties door leveranciers.

De benodigde tijdsduur van het certificeringsproces hangt af van een aantal factoren:

- het type oplossing dat wordt gecertificeerd;
- de aanwezigheid van testnormen op systeem- of componentniveau, ofwel de noodzaak hiervoor aanvullende normen te ontwikkelen;
- de bereidwilligheid, financiering en operationele capaciteit van de relevante organisaties om het certificeringssysteem op te stellen.

9 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Vraag 1: Welke stoffen kunnen het beste worden gebruikt als indicatorstoffen voor omgevingstabaksrook?

- Nicotine is de beste indicatorstof voor omgevingstabaksrook, omdat deze stof vrijwel alleen vrijkomt bij het roken van tabak en omdat luchtbemonstering voor de bepaling slechts enkele minuten hoeft te duren.
- Het nadeel van nicotinebepalingen is dat het bemonstering en nadere analyse in het laboratorium vereist. Dit geldt niet voor de bepaling van $PM_{2,5}$, die ter plaatse in de horeca met draagbare analyseapparatuur gedaan kan worden.
- Ondanks het feit dat de $PM_{2,5}$ -concentraties in een ruimte redelijke indicaties kunnen geven van de hoeveelheden omgevingstabaksrook, zijn $PM_{2,5}$ -metingen niet specifiek voor omgevingstabaksrook. Deze bepalingen kunnen in hoge mate worden bepaald door andere bronnen van $PM_{2,5}$.
- Om nicotineconcentraties te verifiëren, bijvoorbeeld om uit te sluiten dat e-sigaretten of andere nicotinebronnen aanwezig zijn of waren, kan worden gebruik gemaakt van metingen van 3-ethenylpyridine.
- Nicotine, $PM_{2,5}$ en 3-ethenylpyridine zijn geen afdoende indicatorstoffen om in kaart te kunnen brengen of omgevingstabaksrook uit de lucht is verwijderd door luchtreinigingstechnieken (filters, et cetera): daarvoor zijn bepalingen nodig van veel meer kenmerkende stoffen uit omgevingstabaksrook.

Vraag 2: Wat is aan de hand van deze indicatorstoffen bekend over de hoeveelheid tabaksrook die vanuit een afgesloten rookruimte naar de rookvrije ruimte kan ontsnappen (hierna te noemen: ‘zwerfrook’) en wat is de gezondheidskundige betekenis hiervan?

- De vorming van omgevingstabaksrook wordt bepaald door het aantal rokers en de hoeveelheid sigaretten die zij roken. Lekkage van omgevingstabaksrook vanuit de rookruimte naar het rookvrije gedeelte hangt af van het ontwerp, de aanleg, het onderhoud en het gebruik van de rookruimte.
- De samenstelling van deze zwerfrook verschilt in principe niet van de omgevingstabaksrook die zich in de rookruimte bevindt.
- Lekkage van zwerfrook is vooral waarneembaar bij overdruk in de rookruimte, open deuren tijdens gebruik, of bij overbezetting van de rookruimte.
- Rookruimten (ontwerp en gebruik) in combinatie met ventilatie in de rookvrije ruimte kunnen ervoor zorgen dat de concentratie omgevingstabaksrook tot maximaal enkele procenten van de concentraties in de rookruimte wordt beperkt. Concentraties in rookvrije ruimten van horecagelegenheden met een rookruimte zijn één tot twee orden van grootte kleiner dan in horecagelegenheden waar overal wordt gerookt.
- In de onderzochte rookruimten waren de concentraties omgevingstabaksrook in het rookvrije gedeelte een factor tien tot twintig hoger dan in geheel rookvrije horecagelegenheden.
- Lagere concentraties resulteren in lagere blootstelling in het rookvrije gedeelte en dit zal in principe verlagings van de gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Helaas is een dosis-effect-curve voor omgevingstabaksrook niet bekend voor de relatie tussen blootstellingsconcentratie en sterkte van het schadelijke gezondheidseffect. Wel is duidelijk dat er geen veilige ondergrens voor blootstelling is, onder andere omdat voor verschillende

kankerverwekkende componenten van omgevingstabaksrook zulke ondergrenzen niet bestaan. Voor PM_{2,5} is bekend dat de dosis-effect curve steil is bij lage concentraties. Dit betekent dat toenames van blootstellingen kunnen resulteren in relatief grote effecten. Omgekeerd kan dan ook gelden dat kleine verminderingen van de blootstellingen aan relatief meer sterke vermindering van de risico's bijdragen.

- Hoewel PM_{2,5} slechts één van de fracties is van het totale complexe mengsel van omgevingstabaksrook, liggen de concentraties van PM_{2,5} in de rookvrije ruimten van vrijwel alle cafés boven de normwaarden die in Nederland gehanteerd worden voor buitenlucht. Dit geeft een beperkt beeld, omdat PM_{2,5} slechts één van de fracties is van het totale, complexe mengsel van omgevingstabaksrook.

Vraag 3: Kunnen op basis van diverse praktijksituaties in horecagelegenheden met rookruimten op dit moment gemiddelden en maxima voor deze indicatorstoffen worden vastgesteld?

- De PM_{2,5}-concentraties in rookvrije gedeelten hebben niet altijd een vaste verhouding met concentraties nicotine en 3-ethenylpyridine. De variatie in de concentraties PM_{2,5} in de rookvrije ruimten kan voor een deel worden verklaard door andere bronnen van fijn stof in de horecagelegenheden.
- Nicotine lijkt een betere indicatorstof voor omgevingstabaksrook, waarvoor ook goede samenhang wordt gevonden met andere indicatorstoffen van omgevingstabaksrook. Zo was de concentraties 3-ethenylpyridine systematisch ongeveer een factor 5,6 lager, wat een duidelijke indicatie is dat tabaksrook de enige nicotinebron was.
- De concentraties die in het praktijkonderzoek naar voren zijn gekomen voor de rookvrije ruimten in horecagelegenheden met rookruimten komen goed overeen met internationaal gerapporteerde waarden.
- Maximumconcentraties nicotine of andere markers voor omgevingstabaksrook in rookvrije ruimten zeggen voornamelijk iets over het niet-functioneel zijn van een rookruimte, bij voorbeeld omdat er buiten de rookruimte werd gerookt of omdat de afscheiding niet functioneel was omdat deuren langdurig open stonden. Maximumconcentraties zijn om die reden verder niet in de beschouwingen meegenomen.

Vraag 4: Zo ja, wat zijn deze?

- De gemiddelde concentratie nicotine in de rookvrije ruimte van de negentien horecagelegenheden bedroeg 7,7 µg m⁻³, met een range van 2,1 - 14,6 µg m⁻³. Uitsluiting van elf horecagelegenheden waarbij de deur van de rookkamer langdurig open stond of waarbij luchttoevoer in de rookruimtes aanwezig was zodat vervuilde lucht wegstroomde door overdruk, resulteert in een gemiddelde nicotineconcentratie van 4,9 µg m⁻³ met een range van 2,4-7,4 µg m⁻³.

	Geheel rookvrije horeca	rookruimte (deur gesloten en onderdruk)	Alle negentien rookruimten	Roken in de horeca
Nicotine	0,1 – 1,0 µg/m ³	2,4 - 7,4 µg/m ³	2,1 – 14,6 µg/m ³	>100µg/m ³

Vraag 5: Kunnen deze gemiddelden en maxima aan bestaande (gezondheidskundige) normen getoetst worden?

- Bij vraag 2 is aangegeven wat de gezondheidskundige betekenis van zwerfrook kan zijn.
- Normwaarden voor PM_{2,5} voor het binnenmilieu zijn in de meeste landen niet opgesteld. In een beperkt aantal landen worden normen voor het buitenmilieu ook toegepast op het binnenmilieu.
- In 1993 hebben Repace en Lowrey (76) gesuggereerd om omgevingstabaksrook te normeren op basis van nicotine. Zij hebben toen een normwaarde voorgesteld van 0,0075 µg m⁻³. De basis van dit voorstel was de extra kankersterfte ten gevolge van enkele kankerverwekkende stoffen uit omgevingstabaksrook bij blootstelling onder arbeidscondities (veertig jaar). Als Repace en Lowrey ook andere effecten hadden meegenomen, dan zouden zij in principe een lagere waarde hebben afgeleid.

Vraag 6: Zijn er op dit moment andere oplossingen dan afgesloten rookruimten beschikbaar waarbij gegarandeerd kan worden dat de blootstelling aan zwerfrook beneden deze gemiddelden en maxima blijft?

- Vergelijking is moeilijk, omdat er aan rookruimten weinig eisen zijn gesteld en er geen prestatie-eisen voor blootstelling zijn vastgelegd. Zie in dit verband ook vraag 7.
- Met ventilatie kan de gemiddelde concentratie van omgevingstabaksrook worden verlaagd, waarbij met verdringingsventilatie betere resultaten kunnen worden geboekt dan met klassieke verdunningsventilatie.
- Zoals al eerder door TNO en RIVM (2004) werd geconcludeerd, zal met verdunningsventilatie nooit een reductie van concentraties in binnenruimten worden bereikt die vergelijkbaar is met wat met fysiek gescheiden rookruimten kan worden bereikt.
- Verdringingsventilatiesystemen die in de literatuur zijn beschreven zullen waarschijnlijk vanwege de afstanden tussen roker en niet-roker (wat samenhangt met de bezetting) en versturende factoren, zoals bewegende mensen en openstaande deuren en ramen, relatief grote ventilatiestromen vereisen, zodat het praktisch gezien door de grootte van de benodigde installaties geen realistische optie is voor cafés.
- Verdringingsventilatie in combinatie met scheiding van rokers en niet-rokers in twee afzonderlijke zones in dezelfde ruimte zou in theorie kansrijker zijn als alternatief voor rookruimten. De opening moet hierbij zo klein mogelijk zijn vanwege effectieve controle op de doorstroom.
- Op basis van een beperkt aantal indicatieve metingen blijkt in een proefopstelling van een verdringingsventilatie, op basis van een nieuw VLA-concept, bij een hoge bezetting zonder afscheiding tussen rokers en niet-rokers concentraties omgevingstabaksrook te kunnen beperken tot concentraties die in dezelfde range liggen als die zijn gemeten in de rookvrije ruimten van cafés tijdens de meetcampagne (zie Hoofdstuk 4). Nader onderzoek moet uitwijzen of het systeem onder praktijkcondities robuust is en tevens moet worden nagegaan hoe het concept functioneert bij lagere bezettingsgraden van de ruimte, en welke verstoringen kunnen optreden.
- Veel van de huidige rookruimten hebben een klapdeur. Uit het praktijkonderzoek bleek dat dit een belangrijke oorzaak is van verspreiding van omgevingstabaksrook van de rookruimte naar de rookvrije ruimte. Er is wel een alternatief voor het gebruik van klapdeuren bij de huidige toegestane rookruimten. Schuifdeuren zullen beter presteren dan klapdeuren als het gaat om het beperken van het stromen van vuile lucht uit rookruimte naar de rookvrije ruimte. Daarnaast zou een luchtgordijn een kansrijk alternatief voor klapdeuren kunnen zijn. Een andere oplossing kan een lamellensysteem zijn.

- Rookcabines zijn mogelijke andere alternatieven voor rookruimten. Deze zijn echter nog weinig onderzocht in de praktijk. Het meest kansrijk lijkt dan een rookcabine waarbij de lucht direct naar buiten wordt afgevoerd. Bij rookcabines met luchtfiltering die de lucht na filtering in dezelfde ruimte recirculeren, zou eerst beter nagegaan moeten worden hoe effectief filtering is voor een breed scala aan stoffen in omgevingstabaksrook. Voor beide soorten rookcabines geldt dat nader moet worden bekeken wat de lekkage uit deze cabines is.

Vraag 7: Is voor (bestaande en/of toekomstige) andere beheersmaatregelen dan afsluitbare rookruimten een afdoend certificeringssysteem te ontwikkelen?

- De basis van een certificeringssysteem zou gevormd kunnen worden door een aantal kwaliteitscriteria voor beheersmaatregelen voor omgevingstabaksrook en prestatie-eisen voor de concentraties van de omgevingstabaksrook. Cruciaal zou daarbij is dat vastgestelde concentraties van indicatorstoffen van omgevingstabaksrook (de prestatie-eisen) niet overschreden mogen worden.
- Hoewel het in principe mogelijk wordt geacht een certificeringssysteem te ontwikkelen, zullen er veel stappen moeten worden genomen voordat een certificeringssysteem daadwerkelijk operationeel kan worden. Bovendien zal een certificeringssysteem andere eisen stellen aan de handhaving, waarbij controle op luchtkwaliteitseisen een centrale rol zal spelen.
- Ventilatie- en luchtzuiveringssystemen die een belangrijke reductie van concentraties omgevingstabaksrook kunnen geven, of die blootstelling kunnen beperken, stellen hoge eisen aan ontwerp, uitvoering, gebruik van apparatuur en onderhoud.
- Signaleringswijzen en ingrijpbaarheden bij gebrekkig functioneren spelen een belangrijke rol bij certificering, evenals prestatiegaranties door leveranciers.
- Met name op het gebied van onderhoud, gebruik en handhaving liggen belangrijke knelpunten bij een mogelijk certificeringssysteem.
- Voor de invoering een certificeringssysteem zal eerst gekozen moeten worden voor een certificeringssystematiek, waarna vervolgens testnormen ontwikkeld moeten worden op systeem- en componentenniveau.
- De snelheid waarmee een certificeringssysteem ontwikkeld kan worden hangt af van beschikbare middelen, de ontwikkeling van kennis om testnormen te ontwikkelen en te integreren in een certificeringssysteem. In de regel kost het ontwikkelen van testnormen vele jaren.

Vraag 8: Zijn dergelijke oplossingen, na certificering, gelijkwaardig (te maken) aan rookruimten zowel wat betreft toepassing in de praktijk als wat betreft gezondheidsbescherming en handhaafbaarheid?

- Gelijkwaardigheid van alternatieve systemen stelt eisen aan deze systemen die gebaseerd zijn op de prestaties van rookruimtes. Als deze prestatie-eisen helder zijn gedefinieerd, dan zou gelijkwaardigheid van alternatieve oplossingen kunnen worden getest.
- In principe zijn verschillende soorten alternatieven mogelijk, waarbij het zelfs mogelijk is dat deze alternatieve systemen beter presteren dan sommige ontwerpen en toepassingen van rookruimten die thans worden gebruikt. Van groot belang is dat alternatieve systemen niet worden gebruikt boven de aangegeven capaciteit.
- Handhaving zal niet alleen kunnen gebeuren op basis van certificering van ontwerp en aanleg van apparatuur. De controle op prestatie-eisen voor de luchtkwaliteit is bij de handhaving en inspectie cruciaal.

- o Als alternatieven voor rookruimtes vergelijkbare prestaties leveren als rookruimtes, dan zullen de blootstelling aan (componenten van) omgevingstabaksrook evenals de gezondheidsrisico's als gevolg daarvan ook vergelijkbaar zijn.

Aanbevelingen

1. Uit alle rookruimten ontsnapt omgevingstabaksrook naar rookvrije ruimten. Hierbij gaat het meestal om een aantal procenten van de verontreinigde lucht in de rookruimten. In rookvrije ruimten ontstaat hierdoor een vervuilingniveau met omgevingstabaksrook waarin minimaal 1-5 $\mu\text{g m}^{-3}$ nicotine aanwezig is. Dit niveau is ongeveer 10-20 keer zo hoog als in volledig rookvrije horeca. Op basis van de beschikbare literatuur kan niet eenvoudig worden beoordeeld wat de precieze gezondheidsrisico's hiervan zijn voor horecawerknemers en horecabezoekers. Duidelijk is wel dat voor diverse stoffen in omgevingstabaksrook geen veilige ondergrens van blootstelling bestaat. Om de gezondheidsrisico's beter in kaart te brengen zou aanvullend onderzoek gedaan moeten worden.
2. Eerste verkennende metingen in een proefopstelling van de Vereniging van Luchttechnische Apparaten (VLA) waarin kwelventilatie was aangelegd, resulteerde in concentraties nicotine in die ruimte tijdens het roken van sigaretten die in de zelfde range lagen als die werden gemeten in rookvrije ruimten in de horeca. Dit experimentele concept lijkt met name relevant voor ruimten met een hoge bezettingsgraad. Of dit concept ook onder praktijksituaties functioneel zou kunnen zijn, zou nader onderzocht en getest moeten worden.
3. Uit rookruimtes ontsnapt omgevingstabaksrook door het deurgebruik. De pompbeweging van een klapdeur draagt daar in belangrijke mate aan bij. Er zijn mogelijk methoden (schuifdeur, en mogelijk ook luchtgordijn of zelfs lamellen) die met name bij intensief gebruik van een rookruimte zorgen voor een betere afscheiding tussen rookruimte en rookvrije ruimte. Het is raadzaam deze alternatieven voor een klapdeur nader te onderzoeken.
4. Voor het kwantificeren van de verspreiding van omgevingstabaksrook zijn nicotine en $\text{PM}_{2,5}$ geschikte indicatoren. Voor het beoordelen van de luchtzuiveringsapparatuur zijn deze indicatorstoffen echter niet erg geschikt, omdat de filtratie-eigenschappen van veel toxische stoffen uit omgevingstabaksrook aanmerkelijk anders zullen zijn. Het is raadzaam nader onderzoek te doen naar indicatorstoffen van omgevingstabaksrook voor de beoordeling van luchtzuiveringsapparatuur.
5. Als er prestatie-eisen worden gesteld aan de luchtkwaliteit in horecagelegenheden, dan kan een kwaliteitsmanagementsysteem bijdragen om de prestatie-alternatieven voor rookruimten in beeld te brengen. Certificering van ontwerp, aanleg, en onderhoud van apparatuur kan daaraan een bijdrage leveren, maar zal niet toereikend zijn omdat het operationeel gebruik cruciaal is voor de prestatie. Dit is van belang voor inspectie en handhaving. Op welke wijze in het certificeringssysteem rekening kan worden gehouden met de gebruiksintensiteit (aantallen personen, productie van omgevingstabaksrook) zal nader onderzocht moeten worden.

10 Verantwoording

Projectleiding en uitvoering

De onderzoeksopdracht is uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu in samenwerking met TNO-Bouw en Ondergrond. Binnen het RIVM lag de projectleiding van het onderzoek bij Dr.A. Opperhuizen, hoofd van het laboratorium voor Gezondheidsbeschermingsonderzoek. De deelprojectleiding lag bij TNO bij Ir.P. Jacobs. Bij de uitvoering van het onderzoek zijn de volgende medewerkers betrokken geweest (in alfabetische volgorde):

RIVM:

P. Beekhof
H. Cremers
E. Jansen
A. Opperhuizen
P. Schwillens
A. Sleijffers
R.v.d. Berg

TNO

W. Borsboom
L. van de Brink
E. Cornelissen
P. Jacobs
P. de Jong
B. Knoll
J. ter Meulen
H. Phaff

De onderzoeksopdracht

De onderzoeksopdracht is verstrekt op 13 november 2009 door de Directeur Generaal Volksgezondheid van VWS (VGP/ADT 2961616) onder de titel 'Onderzoek zwerfrok en alternatieven voor rookruimten'.

Klankbordgroep

Het onderzoek is begeleid door een klankbordgroep die drie keer bijeen is geweest. De deelnemende partijen in deze klankbordgroep waren:

- KHN: Koninklijke Horeca Nederland
- FNV Horecabond
- STIVORO
- Vereniging Leveranciers van Luchttechnische Apparaten (VLA)

De rol en bevoegdheden van de deelnemende partijen waren gericht op het doen van suggesties en het plaatsen van kritische kanttekeningen. Deze suggesties en kanttekeningen kunnen betreffen:

- De (selectie van) testlocaties;
- De keuze en uitwerking van de testmethoden;
- De te bestuderen literatuur;
- De resultaten;
- De conceptrapporten.

De kanttekeningen mogen niet betreffen:

- De deskundigheid medewerkers RIVM/TNO;
- De onderzoeksvragen en door RIVM/TNO geoffreerde aanpak;
- De planning en de voortgang.

Deelnemers is gevraagd suggesties te doen voor testlocaties. Binnen de verschillende suggesties voor testlocaties moest een bepaalde mate variëteit zitten. RIVM en TNO hebben de keuze gemaakt uit de verschillende aangedragen testlocaties.

Deelnemers hadden het recht te reageren op het voorlopige eindrapport. RIVM en TNO hebben, voor zover mogelijk, in het eindrapport hiermee rekening gehouden en aandacht besteed aan de reacties vanuit de deelnemende partijen.

Daarnaast hebben deelnemers, los van het eindrapport, het recht een reactie namens de organisatie die zij vertegenwoordigen in te dienen bij VWS naar aanleiding van het eindrapport. Deze reactie zal samen met het eindrapport aan de minister worden aangeboden.

Van de verschillende bijeenkomsten is een verslag opgesteld.

Aanvullend onderzoek VLA-opstelling

Op voorspraak van de VLA, en na overleg met de opdrachtgever, zijn in een proefopstelling in Zwolle verkennende metingen uitgevoerd naar het functioneren van een systeem waarbij verdringingsventilatie (feitelijk kwelventilatie) werd gebruikt om omgevingstabaksrook uit een ruimte te verwijderen.

Daarnaast is in één van de meetcampagnes in een horecagelegenheid een proefopstelling gemaakt met een luchtgordijn. In beide gevallen ging het om verkennende metingen. Deze metingen waren niet voorzien in het oorspronkelijke projectplan. De resultaten van de verkennende metingen zijn wel opgenomen in het rapport.

Door één van de partijen die de VLA vertegenwoordigt in de klankbordgroep is extra een meetapparaat geleverd waarmee de kwaliteit van lucht bepaald kan worden. De resultaten van deze metingen zijn niet opgenomen in het rapport omdat het om een specifiek meetapparaat gaat, maar ze zijn wel beschikbaar voor het desbetreffende bedrijf.

Speciaal dankwoord

De uitvoering van het onderzoek in de negentien horecagelegenheden was niet mogelijk geweest zonder de nuttige bemiddeling en medewerking van Koninklijke Horeca Nederland. De uitvoering van verkennende metingen op het gebied van verdringingsventilatie was alleen mogelijk door de medewerking en de samenwerking met de Vereniging Leveranciers van Luchttechnische Apparaten.

De VLA en KHN worden hartelijk bedankt voor hun bijdragen.

LITERATUUR

1. IARC Summary & Evaluation, volume 83: Tobacco smoking and tobacco smoke. International Agency for Research on Cancer. 2002.
2. Gids De, W. F. and Opperhuizen, A. Reductie van blootstelling aan omgevingstabaksrook in de horeca door ventilatie en luchtreiniging. RIVM report 340450001/2004, 1-90, 2004.
3. Gezondheidsraad. Volksgezondheidsschade door passief roken. 2003/21. 2003. Den Haag.
4. US Department of Health and Human Services, Public Health Service National Toxicology Program. Report on carcinogens, eleventh edition. 2005.
5. Jaakkola, M. S. and Jaakkola, J. J. Assessment of exposure to environmental tobacco smoke. *Eur.Respir.J* 1997; 10 :2384-2397.
6. US Department of Health and Human Services. The health consequences of involuntary exposure to tobacco smoke : a report of the Surgeon General. US Dept.of Health and Human Services. 2006. Washington, DC.
7. ASHREA position paper on environmental tobacco smoke, ASHREA, 2008
8. Pope (III), C.A., Burnett, R.T., Krewski, D., Jerrett, M., Shi, Calle, E.E., Thun, M.J., Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationship, *Circulation*, 2009; 120: 941-948.
9. Bohanon, H. R., Jr., Piade, J. J., Schorp, M. K., and Saint-Jalm, Y. An international survey of indoor air quality, ventilation, and smoking activity in restaurants: a pilot study. *J Expo.Anal.Environ Epidemiol.* 2003; 13(5):378-392.
10. Daisey, J. M. Tracers for assessing exposure to environmental tobacco smoke: what are they tracing? *Environ Health Perspectives* 1999; 107 Suppl 2:319-327.
11. Abt, E., Suh, H. H., Catalano, P., and Koutrakis, P. Relative contribution of outdoor and indoor particle sources to indoor concentrations. *Environmental Science and Technology* 2000; 34(17):3579-3587.
12. International Organization for Standardisation. Omgevingstabakrook - Schatting van de bijdrage aan inadembare zwevende deeltjes - Bepaling van zwevende stof door ultraviolette absorptie en door fluorescentie. ISO 15593:2001. 1-7-2001.
13. International Organization for Standardisation Omgevingstabakrook - Schatting van de bijdrage aan inadembare zwevende deeltjes - Methode gebaseerd op solanesol. ISO 18144:2003. 1-8-2003.
14. Singer, B. C., Hodgson, A. T., Guevarra, K. S., Hawley, E. L., and Nazaroff, W. W. Gas-phase organics in environmental tobacco smoke. 1. Effects of smoking rate, ventilation, and furnishing level on emission factors. *Environmental Science and Technology* 3-1-2002; 36(5):846-853.

15. Singer, B. C., Hodgson, A. T., and Nazaroff, W. W. Gas-phase organics in environmental tobacco smoke: 2. Exposure-relevant emission factors and indirect exposures from habitual smoking. *Atmospheric Environment* 2003; 37:5551-5561.
16. Van Loy, M. D., Nazaroff, W. W., and Daisey, J. M. Nicotine as a marker for environmental tobacco smoke: Implications of sorption on indoor surface materials. *Journal of the Air Waste Management Association* 1998; 48:959-968.
17. Carrington, J., Watson, A. F. R., and Gee, I. L. The effects of smoking status and ventilation on environmental tobacco smoke concentrations in public areas of UK pubs and bars. *Atmospheric Environment* 2003; 37:3255-3266.
18. International Organization for Standardisation. Omgevingstabakrook - Bepaling van nicotine in dampfase en 3-ethenylpyridine in lucht - Gaschromatografische methode. ISO 18145:2003. 1-8-2003.
19. Xie, J., Wang, X., Sheng, G., Bi, X., and Fu, J. Determination of tobacco smoking influence on volatile organic compounds constituent by indoor tobacco smoking simulation experiment. *Atmospheric Environment* 2003; 37:3365-3374.
20. Charles, S. M., Jia, C., Batterman, S. A., and Godwin, C. VOC and particulate emissions from commercial cigarettes: analysis of 2,5-DMF as an ETS tracer. *Environmental Science and Technology* 2-15-2008; 42(4):1324-1331.
21. Semple, S., Maccalman, L., Naji, A. A., Dempsey, S., Hilton, S., Miller, B. G., and Ayres, J. G. Bar workers' exposure to second-hand smoke: The effect of Scottish smoke-free legislation on occupational exposure. *Annals of Occupational Hygiene* 2007; 51(7):571-580.
22. Goodman, P., Agnew, M., McCaffrey, M., Paul, G., and Clancy, L. Effects of the Irish smoking ban on respiratory health of bar workers and air quality in Dublin pubs. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2007; 175(8):840-845.
23. Mulcahy, M., Evans, D. S., Hammond, S. K., Repace, J. L., and Byrne, M. Secondhand smoke exposure and risk following the Irish smoking ban: an assessment of salivary cotinine concentrations in hotel workers and air nicotine levels in bars. *Tobacco Control* 2005; 14(6):384-388.
24. Ellingsen, D. G., Fladseth, G., Daae, H. L., Gjolstad, M., Kjaerheim, K., Skogstad, M., Olsen, R., Thorud, S., and Molander, P. Airborne exposure and biological monitoring of bar and restaurant workers before and after the introduction of a smoking ban. *Journal of Environmental Monitoring* 2006; 8(3):362-368.
25. Cains, T., Cannata, S., Poulos, R., Ferson, M. J., and Stewart, B. W. Designated "no smoking" areas provide from partial to no protection from environmental tobacco smoke. *Tobacco Control* 2004; 13(1):17-22.
26. Cenko, C., Pisaniello, D., and Esterman, A. A study of environmental tobacco smoke in South Australian pubs, clubs and cafes. *International Journal of Environmental Health Research* 2004; 14(1):3-11.

27. Kuusimaki, L., Pfaffli, P., Frøshaug, M., Becher, G., Dybing, E., and Peltonen, K. Determination of nicotine as an indicator of environmental tobacco smoke in restaurants. *American Journal of Industrial Medicine* 1999; 36(SUPPL. 1):152-154.
28. Nebot, M., Lopez, M. J., Gorini, G., Neuberger, M., Axelsson, S., Pilali, M., Fonseca, C., Abdennbi, K., Hackshaw, A., Moshammer, H., Laurent, A. M., Salles, J., Georgouli, M., Fondelli, M. C., Serrahima, E., Centrich, F., and Hammond, S. K. Environmental tobacco smoke exposure in public places of European cities. *Tobacco Control* 2005; 14(1):60-63.
29. Lopez, M. J., Nebot, M., Albertini, M., Birkui, P., Centrich, F., Chudzikova, M., Georgouli, M., Gorini, G., Moshammer, H., Mulcahy, M., Pilali, M., Serrahima, E., Tutka, P., and Fernandez, E. Secondhand smoke exposure in hospitality venues in Europe. *Environmental Health Perspectives* 2008; 116(11):1469-1472.
30. Hyvärinen, M. J., Rothberg, M., Kähkönen, E., Mielo, T., and Reijula, K. Nicotine and 3-ethenylpyridine concentrations as markers for environmental tobacco smoke in restaurants. *Indoor Air* 2000; 10:121-125.
31. Bolte, G., Heitmann, D., Kiranoglu, M., Schierl, R., Diemer, J., Koerner, W., and Fromme, H. Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 2008; 18(3):262-271.
32. Hyland, A., Travers, M. J., Dresler, C., Higbee, C., and Cummings, K. M. A 32-country comparison of tobacco smoke derived particle levels in indoor public places. *Tobacco Control* 2008; 17(3):159-165.
33. Bannister, M., Dingle, P., and Lalla, F. Environmental tobacco smoke in Perth homes. *Journal of Occupational Health Safety - Aust NZ* 2003; 19(3):217-278.
34. Kuusimaki, L., Peltonen, K., and Vainiotalo, S. Assessment of environmental tobacco smoke exposure of Finnish restaurant workers, using 3-ethenylpyridine as marker. *Indoor Air* 2007; 17(5):394-403.
35. Semple, S., Creely, K. S., Naji, A., Miller, B. G., and Ayres, J. G. Secondhand smoke levels in Scottish pubs: The effect of smoke-free legislation. *Tobacco Control* 2007; 16(2):127-132.
36. Gorini, G., Gasparini, A., Fondelli, M. C., Costantini, A. S., Centrich, F., Lopez, M. J., Nebot, M., and Tamang, E. Environmental tobacco smoke (ets) exposure in Florence hospitality venues before and after the smoking ban in Italy. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2005; 47(12):1208-1210.
37. Gorini, G., Moshammer, H., Sbrogio, L., Gasparini, A., Nebot, M., Neuberger, M., Tamang, E., Lopez, M. J., Galeone, D., and Serrahima, E. Italy and Austria before and after study: second-hand smoke exposure in hospitality premises before and after 2 years from the introduction of the Italian smoking ban. *Indoor Air* 4-21-2008.
38. Valente, P., Forastiere, F., Bacosi, A., Cattani, G., Di Carlo, S., Ferri, M., Figa-Talamanca, I., Marconi, A., Paoletti, L., Perucci, C., and Zuccaro, P. Exposure to fine and ultrafine

- particles from secondhand smoke in public places before and after the smoking ban, Italy 2005. *Tobacco Control* 2007; 16(5):312-317.
39. Jenkins, R. A., Guerin, M. R., and Tomkins, B. A. *The chemistry of environmental tobacco smoke: Composition and measurement*. 2nd ed. Lewis Publishers, 2000.
 40. Junker, M.H., Danuser, B., Monn, C., Koller, T., Acute sensory responses of Nonsmokers at very low environmental tobacco smoke concentrations in controlled laboratory settings, *Environmental Health Perspectives*, 2001, 109: 1045- 1052. ...
 41. Davis, D.L., Nielsen, M.T., *Tobacco: Production, Chemistry and Technology*, Blackwell Science, 1999, Oxford, UK.
 42. Moshhammer, H., Neuberger, M., Nebot, M., Nicotine and surface of particles as indicators of exposure to environmental tobacco smoke in public places in Austria. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2007; 207: 337-343.
 43. Chang, C., leighton, J., Mostashari, F., McCord, C., Frieden, C.R., The New York City Smoke Free Act: Second-hand smoke as a workers health and safety issue, *American journal for Industrial Hygiene*, 2004, 46, 188-195.
 44. Huss, A., Kooijman, C., Breuer, M., Bohler, P., Zund, T., Wenk, S., Roosli, M., Fine particulate matter measurements in Swiss restaurants, cafes, and bars: What is the effect of spatial separation between smoking and non-smoking areas? *Indoor Air* 2010; 20: 52-60.
 45. Brauer, M., Mannedt, A., Restaurant smoking restrictions and environmental tobacco smoke exposure, *American Journal of Public Health*, 1998; 88; 1834-1836.
 46. Lambert, W.E., Samet, J.M., Sprengler, J.D., Environmental tobacco smoke concentrations in no-smoking and smoking sections of restaurants, 1993, *American Journal of Public health*, 83, 1339-1341.
 47. Carrington, J., Watson, A.F.R., Gee, I.L., The effects of smoking status and ventilation on environmental tobacco smoke concentrations in public areas of UK pubs and bars, *Atmospheric Environment*, 2003; 37: 3255-3266.
 48. Kolokotroni, M., Perera, M., Palmer, J., Currie, J., Capper, G., Watkins, R., Effectiveness of simple ventilation strategies and partitioning in mitigating the effects of passive smoking, *Building Service Engineering Research and Technology*, 1999; 20: 93-98.
 49. Bolte, G., Heitmann, D., Kiranoglu, M., Schierl, J., Diemer, J., Koerner W., and Fromme, H., Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (2008) 18, 262-271
 50. Johnsson, T., Tuomi, T., Riuttala, H., Hyrvarinnen, M., Rothberg, M., Reijula, K., Environmental tobacco smoke in Finnish restaurants and bars before and after smoking restrictions were introduced, *Annals of Occupational Hygiene*, 2006; 50: 331-341.

51. Jones, S.C., Travers, M.J., Hahn, E.J., Robertson, H., Lee, K., Higbee, C., Hyland, A., Secondhand smoke and indoor public spaces in Paducah, Kentucky, *Journal.K.Medecial Association*, 2006; 104: 281.
52. Schneider, S., Seibold, B., Schunk, S., Jentzsch, E., Potschke-Langer, M., Dresler, C., Travers, M.J., Hyland, A., Exposure to secondhand smoke in Germany: air contamination due to smoking in German restaurants, bars, and other venues, *Nicotine Tobacco Research.*, 2008; 10: 547-555.
53. Klepeis, N.E., Ott, W.R., Switzer, P., A multiple-smoker model for predicting indoor air quality in public lounges, *Environmental Science and Technology*, 1996 30, 2813-2820.
54. Jenkins, R.A., Finn, D., Tomkins, B.A., Maskarinec, M.P., Environmental tobacco smoke in the nonsmoking section of a restaurant: a case study, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2001, 34, 213-220.
55. Fernandez,E., en anderen. Impact of the Spanish smoking law on exposure to second-hand smoke and respiratory health in hospitality workers: a cohort study, 2009, *PLOS ONE*, 4, 1 art e4244.
56. Etzel, M., A review of the use of saliva cotinine as a marker of tobacco exposure, *predictive medicine*, 1990, 190-197. ,
57. Lee, K., Hahn, E.J., Robertson, H.E., Lee, S., Vogel, S.I., Travers, M.J., Strength of smoke free laws and indoor air quality, *nicotine and Tobacco Research*, 2009, 381-386.
58. Van Deusen A., Hyland, A., Travers, M.J., Wang, C, Higbee, C., King, B.A., Alford, T., Cummings, K.M., Second hand smoke and particulate matter exposure in the home, *Nicotine Tobacco Research*, 2009; 6: 635-641.
59. Klepeis, N.E., Nazaroff, W.W., Mitigating residual exposure to secondhand tobacco smoke, *Atmospheric Chemistry*, 2006, 40, 4408-4422.
60. Jenkins, R.A., Counts, R.W., Personal exposure to environmental tobacco smoke: salivary cotinine, airborne nicotine, and non-smoker misclassification, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 9, 352-363.
61. Pion, M., Givel, M.S., Airport smokers' rooms don't work, *Tobacco Control* 2004
62. Vainiotalo, S., Väänänen, V., Vaaranrinta, R., Measurement of 16 volatile organic compounds in restaurant air contaminated with environmental tobacco smoke , *Environmental Research*, Volume 108, 2008; 280-288
63. Geens,A.J., Ventilation performance for spaces where smoking is permitted: a review of previous work and field study results, *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol. 27, No. 3, 235-248 (2006)
64. De Gids, W.F., Jacobs, P., Onderzoek naar de mogelijke reductie aan omgevingstabaksrook in de dagelijkse praktijk van de horeca. TNO Bouw en Ondergrond, 2006.

65. Jacobs, P., De Jong, P., De Gids, W.F., Decentraal rookverdringingsstelsel op basis van recirculatie en filtratie. TNO Bouw en Ondergrond, Rapport nummer 2007-D-R0086/B, 2007.
66. Jacobs, P., De Gids, W.F., Blootstelling aan omgevingstabaksrook in de horeca, reductie van 90 tot 99 procent met verdringingsventilatie. *Verwarming en Ventilatie* 6/2006, p. 436-441.
Engelstalig: P. Jacobs, W.F. de Gids, Dutch approach towards environmental tobacco smoke exposure reduction in the hospitality industry, *Proceedings Indoor Air*, 5-9 september 2005, Beijing, p. 1651-1655.
67. Fukada, K., Kurabuchi, T. and Endo, T., Application of swirl flow to improve ventilation effectiveness in smokers' rooms, *Indoor Air* 2008
68. Bronsema B., Luescuere P.G. Smoke free architecture – Rookscheiding zonder muren, deel 1 – 3, *Bouwfysica*, vol. 19, No. 1, 2006.
69. Bronsema B., Marra J. Ventilatie van ETA3-ruimten in gebouwen (1), *TVVL magazine*, no. 10, 2006.
70. Skistad H (ed.) Displacement ventilation in non-industrial premises. REHVA Guidebook no. 1, ISBN 82-594-239-3, 2002
71. Schaelin, A., Separation of zones with different indoor climates or contaminant levels by proper ventilation design, *Healthy Buildings* 2005
72. ASHREA, 1999 Handbook : Heating, Ventilating and Air Conditioning Application.
73. Repace, J.L., Second-hand smoke in Pennsylvania casinos: a case study of nonsmokers' exposure, dose and risk, *American Journal of Public Health*, 2009, 99; 1478-1485.
74. Daher, N., Saleh, R., Jaroudi, E., Sheheitli, H., Badr, T., Sepetdjian, E., Rashidi, M.A., Njat, S., Shihadeh, A., Comparison of carcinogen, carbon monoxide and ultrafine particle emissions from narghile waterpipe and cigarette smoking: sidestream smoke measurements and assessment of second-hand emission factors, *Atmospheric Chemistry*, 2010; 44: 8-14.
75. Kotzias, D., Geiss, O., Leva, P., Bellatini, A., Arvanitis, A., Kephelopoulos, S. Impact of various air exchange rates on the levels of environmental tobacco smoke (ETS) components, *Fresenius Environmental Bulletin*, 2004, 13; 1536-1549.
76. Repace, J.L., Lowrey, A.H., An enforceable indoor air quality standard for tobacco smoke in the workplace, *Risk-Analysis*, 1993; 13: 463-475

Bijlagen

De bijlagen zijn gebundeld in RIVM rapport 340004002/2010.

Bijlage 1. Methoden voor de analyse van PM_{2,5} , nicotine en 3-ethenylpyridine in binnenlucht

Bijlage 2. Beschrijvingen en logboeken van locatie en meetsessie in negentien Nederlandse cafés

Bijlage 3. Meetwaarden PM_{2,5}, nicotine en 3-ethenylpyridine in binnenlucht in negentien Nederlandse cafés

Bijlage 4. Factsheets van waarnemingen en ventilatiecondities in negentien Nederlandse cafés.

Bijlage 5 Bepaling reductiepercentage en effectieve ventilatiestroom