

Auteur

Dr. Ing. Ben Bronsema - Bronsema Consult TU Delft faculteit Bouwkunde –
Afdeling Architectural Engineering + Technology

Woningventilatie: Het moet beter en het kan beter

“Met de gebruikelijke ventilatiesystemen in woningen volstaat de luchtverversing zo'n 25% van de tijd niet bij aanwezigheid van personen. Vooral in slaapkamers zien we zelfs uitschieters van circa 40% van de verblijfstijd. Dit soort inzichten hebben in 2016 geleid tot een plan van aanpak voor herziening van ventilatienormen NEN 1087 en NEN 8087. De nieuwe bepalingmethoden zien toe op voldoende luchtstromen in alle vertrekken, zoals gesteld in de Bouwregelgeving. Een tweede doelstelling is om de overheid te adviseren over het aanpassen en uitbreiden van de minimale eisen in de Bouwregelgeving. Dat gaat vooral om de gewenste ventilatiestromen in de slaapkamer en de keuken”

Bovenstaand citaat is ontleend aan ISSO INFO april 2019. Een artikel in TVVL Magazine nr. 05 / september 2019[1] geeft een inkijkje in de richting waarin aan de noodzakelijke verbeteringen wordt gewerkt. De ontwerpnorm NEN 1087:2019 is inmiddels voor commentaar gepubliceerd.[2] De normcommissie 351 074 “Klimaatbeheersing in Gebouwen” heeft hierbij verantwoording afgelegd in een achtergronddocument. Het voorliggende artikel, gebaseerd op een uitgebreide studie naar de ventilatievoorzieningen in een in aanbouw zijn flatgebouw,[3] wil een bijdrage leveren aan de verbetering van het binnenmilieu in woningen met behulp van ventilatie, want: *“Het moet beter en het kan beter”*

Bouwbesluit

Het Bouwbesluit stelt eisen aan de te installeren ventilatiecapaciteit maar niet aan de ventilatieprestatie, de te realiseren luchtuitwisseling per vertrek. De minimaal te installeren ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit is aangegeven in Tabel 1. In de huidige bouwpraktijk wordt meestal aangenomen dat als aan de eisen van het Bouwbesluit is voldaan ook de ventilatieprestatie in orde is. Niets is minder waar, en het is daarom goed dat hier iets aan wordt gedaan.

Tabel 1: Bouwbesluiteisen (2012) voor woningen [5]

Soort ruimte	Minimum te installeren ventilatiecapaciteit	
	Bij aanwezigheid van bewoners	Bij afwezigheid van bewoners (2)
Verblijfsgebied	0,9 l/s.m ² (1)	0,135 l/s.m ²
Toilet	7 l/s	1,05 l/s
Badkamer	14 l/s	2,1 l/s
Keuken	21 l/s	3,15 l/s
	(1) (met een minimum van 7 l/s per ruimte)	(2) 15% van de waarden bij aanwezigheid

Bij afwezigheid van bewoners kan 15% van de vermelde waarden worden aangehouden voor de continue ventilatie t.b.v. de afvoer van emissies uit bouw- en inrichtingsmaterialen.

Gezondheidsraad 1984

De vermelde waarden zijn afgestemd op het advies van de Gezondheidsraad voor een ventilatieminimum in Nederlandse woningen (Gezondheidsraad 1984), waarin per persoon een minimum luchtverversing wordt aanbevolen van 25 m³/h. Uitgangspunt hiervoor was dat *“het binnenhuisklimaat in het algemeen van zodanige kwaliteit dient te zijn dat - ook op lange termijn en voor gevoelige groepen van de bevolking- geen nadeel voor de gezondheid van de bewoner ontstaat”*.

Bij een ventilatiecapaciteit voor verblijfsruimten volgens Tabel 1 van 0,9 l/s.m² \approx 3,24 m³/h kan hieruit worden afgeleid dat uitgegaan is van een vloeroppervlak van $(25/3,24) = 7,7$ m² per persoon. Voor werkplekken in een kantoorgebouw was dat anno 1984 wellicht een acceptabele minimumwaarde, maar voor de woningbouw, met grote verschillen tussen woonkamers en slaapkamers, is dit getal in feite irrelevant.

Het lijkt erop dat het ventilatiedebiet van 25 m³/h per persoon ook een politieke achtergrond had omdat dit aansloot bij de destijds vigerende regelgeving, die daarom niet hoefde te worden veranderd. Als wenselijke luchtverversing werd door de Gezondheidsraad 30 m³/h per persoon aangegeven, maar deze waarde heeft in de regelgeving verder geen rol gespeeld.

In de afgelopen 40 jaar hebben klimaattechniek en gezondheidswetenschappen zich enorm ontwikkeld. In de nabije toekomst moeten woningen energie- en CO₂-neutraal worden. Gebouwen zijn door de hogere eisen aan luchtdichtheid veel minder tolerant geworden voor gebrekkige ventilatie. En de wetenschap heeft veel nieuwe gezichtspunten opgeleverd ten aanzien van de gezondheidseffecten van ventilatie, denk bijvoorbeeld aan fijnstof, waarvan de concentratie in de binnenlucht niet zelden hoger is dan die in de buitenlucht. Kunnen we niet beter uitgaan van een minimale luchtverversing van 30 m³/h per persoon? Wordt het geen tijd dat de Gezondheidsraad zich anno 2020 op basis van de huidige stand van techniek en wetenschap opnieuw over dit vraagstuk uitspreekt?

CO₂-concentraties

De relatie tussen ventilatiedebiet, CO₂-concentratie en geurkwaliteit van lucht is reeds in de vorige eeuw door Pettenkofer[6] vastgesteld (Pettenkofer 1877) en sindsdien door anderen bevestigd. Als indicator van de binnenluchtkwaliteit is de CO₂-concentratie in de ruimte daarom een praktische graadmeter. Bij een ventilatie met 25 m³/h per persoon kan deze als volgt worden berekend:

- Gemiddeld ademvolume van 0,5 m³/h per persoon
- Gemiddelde CO₂-concentratie in de ademlucht 4%
- CO₂-productie per persoon (0,5*0,04) = 0,02 m³/h
- CO₂-concentratie in de buitenlucht 0,04% (400 PPM)
- CO₂-concentratie in de ruimte (0,02/25 + 0,0004) = 1,2*10⁻³ (1.200 PPM)

Volgens de beleidsregels ARBO bevat een goede kwaliteit binnenlucht minder dan 0,1 vol% CO₂ (1.000 PPM). Als grenswaarde voor gezonde mensen wordt 0,12 vol% (1.200PPM) aanbevolen. Dit zijn comfortgrenzen die betrekking hebben op de waardering van de geurkwaliteit van lucht voor mensen die vanuit een frisse ruimte binnenkomen, en dus niet zijn geadapteerd aan de luchtkwaliteit. Voor kinderen jonger dan 20 jaar en ouderen van ouder dan 55 jaar geldt een waarde ≤ 700 PPM en voor de meest gevoelige categorie van COPD-patiënten ≤ 600 PPM (ISIAQ-CIB 2003, TNO 2003). Het lijkt er dan ook op dat bij de introductie van het Bouwbesluit 2012 voorbij is gegaan aan de eisen van een gezond binnenmilieu (TNO 2003).

Het verdient dan ook aanbeveling dat in de nieuwe NEN 1087:2019 voor de ventilatiecapaciteit enkele klassen worden aangegeven, bijvoorbeeld minimum - gemiddeld en goed met bijbehorende ventilatiedebieten van 25 – 33,3 en 50 m³/h per persoon, overeenkomend met 0,9 – 1,2 en 1,8 l/s. m² en bijbehorende CO₂-concentraties van 1.200, 1.000 en 800 PPM.

Geurwaarneming, Adaptatie en Luchtkwaliteit

Fanger heeft in 1987 verband gelegd tussen de geur van de lucht en de kwaliteit van de lucht als potentiële bedreiger van de gezondheid (Fanger P.O. 1987). Volgens Fanger is de eerste indruk van de geur bepalend

voor de kwaliteit van de lucht. Na enige tijd ebt de geurwaarneming vaak weg door gewenning (adaptatie) en verliest het reukorgaan zijn functie als waarschuwing. In de zintuigfysiologie wordt de eerste indruk met het krachtigste signaal, als meest betrouwbaar beschouwd. Gewenning heft wel de alarmtoestand op maar niet de potentiële bedreiging.

Naast de relatie tussen ventilatiedebiet en geurkwaliteit van de lucht is er dus ook een duidelijke relatie tussen ventilatiedebiet en gebouw gerelateerde gezondheidsklachten.[7] Bij minder dan 10 l/s per persoon nemen deze klachten duidelijk toe vice versa (Seppanen, Ollie 2000).

Ventilatieprestatie

Figuur 1 laat de CO₂-concentratie zien als functie van het vloeroppervlak per persoon bij ventilatie volgens Bouwbesluit (2012).

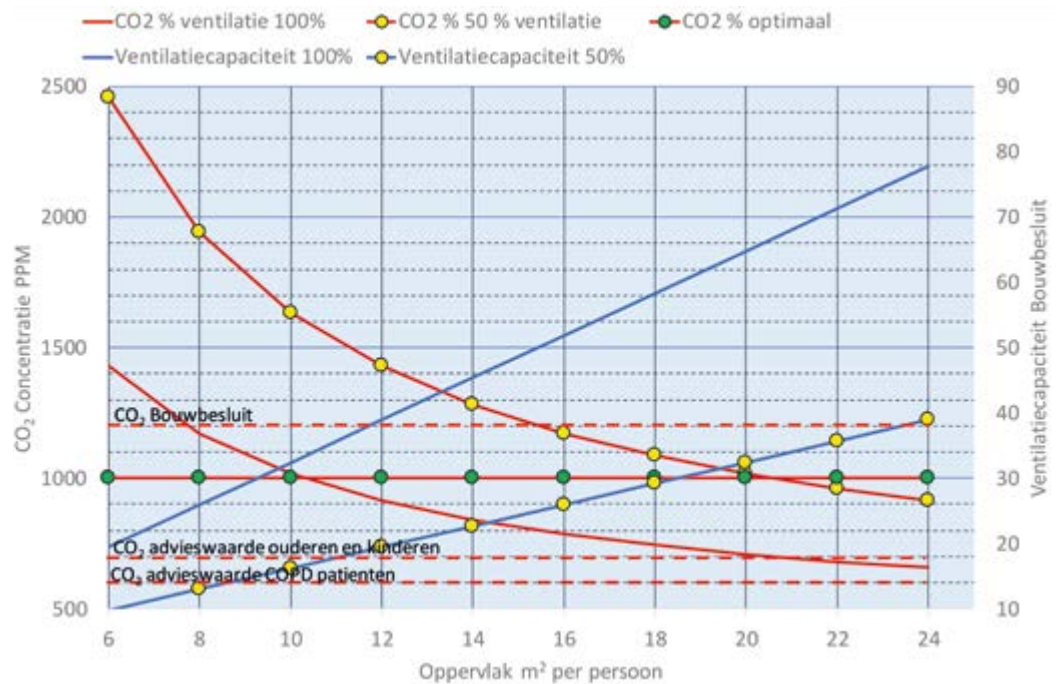
In woonkamers is het beschikbare vloeroppervlak per persoon in het algemeen aanzienlijk groter dan de bovengenoemde 7,7 m², hetgeen inhoudt dat de CO₂ concentratie aanmerkelijk lager zal zijn dan 1.200 PPM. Om te voldoen aan de norm van 1.000 PPM is een vloeroppervlak ≥ 10 m² nodig. Voor ouderen en kinderen zou ca. 20 m² nodig zijn en voor COPD-patiënten nog aanzienlijk meer.

In een tweepersoons slaapkamer van 13 m², de minimum grootte volgens het Bouwbesluit, is het beschikbare vloeroppervlak per persoon 6,5 m², hetgeen inhoudt dat de CO₂-concentratie kan oplopen naar 1.350 PPM. Het Bouwbesluit schiet hier duidelijk tekort.

Voor kantoren gelden bepaalde normen voor het benodigde vloeroppervlak per persoon. Ventilatie eisen op basis van het vloeroppervlak zijn hier dan ook goed bruikbaar. Voor de woningbouw is deze systematiek in feite irrelevant. Voor slaapkamers zou een minimum ventilatiedebiet moeten worden voorgeschreven als functie van het aantal personen.

Probabiliteit

In de nieuwe NEN 1087:2019 worden 7 verschillende ventilatieconcepten aangegeven- zie Tabel 2. Van elk concept wordt de bepalingsmethode voor de nominale ventilatiecapaciteit aangegeven, alsmede de mate van waarschijnlijkheid van functioneren van het ventilatiesysteem, uitgedrukt in een ventilatie-



Figuur 1: CO₂-concentratie als functie van het vloeroppervlak per persoon bij ventilatie volgens Bouwbesluit.

prestatieindicator AEP. [8] Hoe deze waarschijnlijkheid wordt bepaald is niet duidelijk, maar als zodanig is probabiliteit wel een nieuw fenomeen is de klimaattechniek.

En wat schieten we hier eigenlijk mee op? De norm zou toch bepaalde grenswaarden aan de AEP moeten of kunnen stellen, al dan niet in bepaalde kwaliteitsklassen? Denk hierbij bijvoorbeeld aan de grenswaarden die soms aan de ruimtetemperatuur worden gesteld, de zgn. temperatuuroverschrijdingsberekeningen. Gaat het bij de laatste om thermisch comfort, bij ventilatie gaat het over de gezondheidsaspecten van het binnenmilieu, als zodanig een pregnantere kwestie dan thermisch comfort.

Indeling ventilatiesystemen

Tabel 2 geeft de indeling weer van de verschillende mogelijke ventilatiesystemen. De indeling van VST 1 naar VST 7 loopt grosso modo van 100% natuurlijke tot 100% mechanische systemen en daarmee ook van eenvoudig/lage investering tot uitgebreid/hoge investering. VST 1 wordt als natuurlijk ventilatiesysteem nauwelijks of niet meer toegepast i.v.m. met energieprestatie-eisen.

VST 2 – VST 4 zijn hybride (natuurlijke/mechanische) systemen waarbij warmteterugwinning

via het ventilatiesysteem problematisch is. Door de mechanische component is vraagsturing in principe mogelijk. In kleinere woningen levert dit concept vaak comfortproblemen op. VST 5 – VST 7 kunnen in principe als balansventilatiesysteem met warmteterugwinning en vraagsturing worden uitgevoerd.

Energieprestaties

Om te kunnen voldoen aan de huidige EPC-eisen en de toekomstige BENG-prestatie-eisen is energiezuinigheid van woningen noodzakelijk. Het ventilatiesysteem kan hieraan een belangrijke bijdrage leveren, onder meer met behulp van warmteterugwinning, vraagsturing, een combinatie van beide, of gebruik van een ventilatiewarmtepomp. Voor laatstgenoemde optie is echter meestal een groter ventilatiedebiet nodig, die in het stookseizoen tot comfortverlies kan leiden.

Met warmteterugwinning in een gebalanceerd ventilatiesysteem kan tot $\approx 70\%$ worden bespaard op de energiebehoefte ten behoeve van ventilatie. Om te voldoen aan de stringente EPC-eisen zijn dergelijke systemen vanaf het begin van deze eeuw op grote schaal in woningen gerealiseerd. De ervaringen zijn blijkens een onderzoek uit 2012 nogal ontluisterend (Balvers, Jaap et al.). Een recenter onderzoek geeft een iets genuanceerder beeld (WONO-Bureau voor woononderzoek 2015).

Met vraagsturing op basis van CO₂-concentratie in verblijfsruimten en RV in badkamers kan in principe evenveel of meer energie worden bespaard dan met balansventilatie en WTW. Hiervoor moet elke ruimte separaat op de afzuigunit worden aangesloten (zie hierna) waarvoor een uitgebreid kanaalsysteem nodig is.

Afzuigunit

Met uitzondering van VST 1 wordt in alle systemen een mechanische afzuigunit toegepast, al dan niet in combinatie met mechanische toevoer in een balansventilatieunit. De capaciteit van deze units kan veelal met behulp van een standenschakelaar in 3 standen, Laag, Midden en Hoog worden geregeld, per stand in te stellen op het gewenste afzuigdebiet.

Om te voldoen aan de capaciteitseisen van het Bouwbesluit moet de afzuigventilator op Hoogstand staan. Om energie te besparen kan het ventilatiedebiet op basis van de CO₂ concentratie of met behulp van een standenschakelaar terug worden geregeld. Figuur 1 laat zien wat er met de CO₂-concentraties gebeurt als de ventilator op de Middenstand staat en de capaciteit tot bijvoorbeeld 50% wordt gereduceerd. De CO₂-concentraties

komen dan al snel boven de 1.200 PPM uit en een waarde van 1.000 PPM % is vrijwel onbereikbaar.

Handmatige capaciteitsregeling[11]

De ventilatie-unit moet door de bewoner op de gewenste stand worden ingesteld, en hier doet zich een keuze probleem voor. Stand 1 is de minimumstand die door de bewoner niet kan worden uitgeschakeld zonder de stekker eruit te trekken, hetgeen in het algemeen minder waarschijnlijk is. De bewoner komt na werktijd altijd in een fris huis binnen, maar er is voor hem/haar geen enkele sensorische prikkel om naar stand 2 te schakelen. CO₂ is een reuk- en geurloos gas dat enkel wordt gebruikt als indicator voor de luchtkwaliteit. Verslechtering van de luchtkwaliteit door te weinig ventilatie wordt niet opgemerkt door adaptatie van het menselijk reukorgaan. Het is daarom hoogstwaarschijnlijk dat de ventilatie-unit in veel gevallen op stand 1 blijft draaien. Hier komt nog bij dat mensen uit zuinigheidsoverwegingen geneigd zijn energie te besparen door weinig te ventileren. Stand 2 zal daarom waarschijnlijk enkel door bewuste bewoners worden ingeschakeld. Alleen instelling op stand 3 tijdens koken is daarentegen min of meer een automatische intuïtieve handeling, omdat anders de kookgeuren zich door de woonkamer/keuken zullen verspreiden.

Capaciteitsregeling op basis van CO₂-concentratie en RV

VST 2 – VST 4 zijn in principe centrale afzuigsystemen waarbij de capaciteit centraal en niet per afzuigpunt geregeld. Verhoging van de capaciteit komt dus ten goede aan alle afzuigpunten. Als de CO₂- en de RV-sensoren in de unit zijn aangebracht, worden altijd verdunde concentraties gemeten. Capaciteitsregeling per ruimte is bij dit systeem dus niet mogelijk. Een (te) hoge CO₂-concentratie in de woonkamer/keuken of in de slaapkamer wordt door de verdunning maar beperkt geregistreerd.

Vraaggestuurde ventilatie[12]

Bij vraaggestuurde ventilatie wordt elke ruimte via een separaat afzuigkanaal met elektrische regelklep op de afzuigunit aangesloten. De regelkleppen worden geactiveerd door een CO₂-sensor in de afzuigunit die met behulp van een *sampling* systeem continue de CO₂-concentratie in elke ruimte monitort en via de regelklep de voor de betreffende ruimte benodigde ventilatiecapaciteit regelt. Ook kan elke aansluiting worden voorzien van

Tabel 2: Indeling ventilatiesystemen (Ventilation System Type VST)[9]

VST	Soort ruimte	Ventilatievoorziening[10]		Af-korting
1	Verblijfsruimtes	Toevoer	Natuurlijke directe toevoer	NDS
		Afzuiging	Natuurlijke indirecte afvoer	NIE
	Natte ruimtes	Toevoer	Natuurlijke indirecte toevoer	NIS
		Afvoer	Natuurlijke directe afzuiging	NDE
2	Verblijfsruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Natuurlijke directe afzuiging	NDE
	Natte ruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Natuurlijke directe afzuiging	NDE
3	Verblijfsruimtes	Toevoer	Natuurlijke directe toevoer	NDS
		Afzuiging	Mechanische indirecte afvoer	MIE
	Natte ruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE
4	Verblijfsruimtes	Toevoer	Natuurlijke directe toevoer	NDS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE
	Natte ruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Mechanische afzuiging	MDE
5	Verblijfsruimtes	Toevoer	Mechanische directe toevoer	MDS
		Afzuiging	Mechanische indirecte afvoer	MIE
	Natte ruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE
6	Verblijfsruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE
	Natte ruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE
7	Verblijfsruimtes	Toevoer	Mechanische directe toevoer	MDS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE
	Natte ruimtes	Toevoer	Mechanische indirecte toevoer	MIS
		Afvoer	Mechanische directe afzuiging	MDE

separate CO₂-sensoren. Bij een stijgende CO₂-concentratie wordt de ventilatiecapaciteit verhoogd vice versa en bij afwezigheid van personen gereduceerd naar 15% van de nominale capaciteit.[13] De aansluiting van de badkamer wordt voorzien van een RV-sensor i.p.v. een CO₂-sensor.

Bij vraag gestuurde ventilatie wordt de luchtverversing dus afgestemd op de bezetting van de ruimte en niet op het oppervlak daarvan. Omdat niet meer wordt geventileerd dan strikt noodzakelijk wordt niet alleen te allen tijde en in elk vertrek de gewenste luchtkwaliteit gerealiseerd, maar ook energie bespaard. De hogere installatiekosten zijn de belangrijkste belemmering voor de toepassing van dit superieure systeem.

Rol van de gebruiker

Volgens de Gezondheidsraad is de bewoner verantwoordelijk voor een juist gebruik van de woning en de (ventilatie)voorzieningen. De praktijk wijst uit dat hiervan niet te veel mag worden verwacht. Onder de nieuwe EPBD[14] geldt voor alle EU-landen o.a dat

“Health and well-being of building users will be promoted, for instance through an increased consideration of air quality and ventilation. Smart technologies will be further promoted, for instance through requirements on the installation of building automation and control systems and on devices that regulate temperature at room level. Opvallend is de vraag naar “slimmere” technologieën voor automatisering en regelsystemen. Slimmere technologieën vragen om slimmere, hoog-opgeleide mensen. Het is de vraag of dit voor de woningbouw een goede propositie is. Hoe dommer de installatie, althans die op huiskamerniveau, des te beter zal deze door de gebruiker worden begrepen en gebruikt. Een intuïtieve bedieningsmogelijkheid is hiervoor een noodzakelijke voorwaarde.

Slaapkamers

Een goede slaap heeft positieve invloed op de gezondheid, alertheid en stressreductie en daarmee op het welzijn, humeur, dagelijks functioneren en productiviteit van mensen. Slaapproblemen met inherente prestatievermindering op de volgende dag zijn positief gecorreleerd aan de CO₂-concentratie (Strom-Tejse et al 2014). Bij een ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit zal de CO₂-concentratie beperkt blijven tot 1.200 PPM, maar als i.v.m. energiebesparing de ventilatie wordt verminderd kan deze gemakkelijk oplopen tot 2.500 PPM. Dit wordt bevestigd door Figuur 1 die laat zien dat in een eenpersoons slaapkamer van 6 m² in woningtype I bij een ventilatiereductie tot 50% de CO₂-concentratie oploopt tot ≈ 2.450 PPM. Zelfs bij ventilatie volgens Bouwbesluit, dus zonder reductie, zou de CO₂-concentratie oplopen naar 1.430 PPM. In het zomerseizoen zal men in dat geval allicht een raampje openzetten, als dit tenminste door verkeerslawaai niet onmogelijk wordt gemaakt. In het stookseizoen is deze optie minder waarschijnlijk. De enige mogelijkheid om dit probleem op te lossen is voor deze slaapkamer het ventilatiedebiet op te voeren naar 25 m³.h⁻¹ voor

een CO₂-concentratie van 1.200 PPM of naar 33 m³.h⁻¹ voor een CO₂-concentratie van 1.200 PPM.

Keukens

Keukenventilatie wordt meestal gezien als het tegengaan van de verspreiding van geuremissies in de woning. Volgens huidige inzichten brengt de fijnstofproductie (PM_{2,5}) tijdens het koken ook een gezondheidsprobleem met zich mee (Jacobs, P. en Borsboom, W. 2017, Jacobs, P. 2018). Aan de ventilatie van keukens moet daarom niet alleen uit comfortoverwegingen maar ook met betrekking tot gezondheid extra aandacht worden besteed.

Vroeger was dit probleem minder urgent dan tegenwoordig. De keuken was meestal een afgesloten ruimte, waardoor keukenemissies naar de woonruimte gemakkelijker konden worden beperkt. Na het koken liet men de afzuigkap enige tijd doordraaien waardoor geuremissies na verloop van tijd werden verdund.

Tegenwoordig wordt veelal het woonkamer/keuken concept toegepast en het is daarom van groter belang keukenemissies direct bij de bron te vangen. Hiervoor is een goede afzuigkap nodig met een voldoende afzuigdebiet. De Gezondheidsraad adviseert hierbij op de scheiding van kookruimte en woonkamer aan het plafond een dampdrempel van ≈ 300 mm aan te brengen, waardoor de geur- en dampverspreiding in belangrijke mate wordt beperkt.

De meest effectieve afzuigkap is het “schouwmodel”, dat alle pannen op het fornuis bedekt, met een minimum afzuigdebiet van 300 m³/h (Jacobs, P. 2018). De ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit van 21 dm³/s ≈ 75 m³/h is dus veel te laag voor een effectieve keukenventilatie. Op de markt zijnde afzuigunits hebben een maximumcapaciteit van ≈ 400 m³/h die op hoogstand een afzuigdebiet van 300 m³/h op kunnen brengen. De suppletie van buitenlucht kan een probleem zijn, vooral in kleinere appartementen, waar dit in feite alleen maar mogelijk is door een raam open te zetten. Het is de vraag of bewoners dit zullen doen, vooral in het stookseizoen wanneer dit tochtproblemen oplevert.

In ontwikkeling is een hybride afzuigkap die kan worden aangesloten op het mechanische ventilatiesysteem waarbij een debiet van 75 m³/h volgens Bouwbesluit motorloos wordt afgezogen. Daarnaast kan 235 m³/h worden afgezogen via een recirculatiesectie met koolfilter,

waarmee probleemloos aan bovenstaande eisen wordt voldaan (ATAG/TNO 2019). Deze filters moeten regelmatig worden vervangen en zijn niet goedkoop. Vochtontwikkeling tijdens koken wordt grotendeels in de ruimte gerecirculeerd en de effectiviteit voor fijnstof $PM_{2,5}$ is gering.

Badkamers

De vochtproductie in badkamers kan door verdamping, spatwater, drogen van handdoeken etc. aanzienlijk zijn. Als gedurende langere tijd de relatieve vochtigheid hoger is dan 80% kan schimmelvorming optreden. Ventilatie van badkamers heeft daarom als belangrijkste doel het afvoeren van vocht om daardoor schimmelvorming te voorkomen.

Tijdens douchen kan de relatieve vochtigheid in een badkamer snel oplopen naar 100% en deze moet zo snel mogelijk moet worden teruggebracht naar een waarde van bij voorkeur 65%. Bij een ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit van $14 \text{ dm}^3/\text{s}$ kan dit enkele uren duren. Deze tijdsduur is mede afhankelijk van de in wanden en plafond geabsorbeerde vochthoeveelheid en of met buitenlucht- of met binnenlucht wordt geventileerd (Hasselaar, E. 2018). Regeling van de ventilatie in badkamers bij voorkeur te realiseren op basis van de relatieve vochtigheid met behulp van een RV-sensor.

Quo Vadis?

De bouwwereld bevindt zich momenteel in een "perfecte storm" van energiezuinigheid, CO_2 -reductie, klimaatverandering met warmere zomers en frequentere hittegolven, toenemende urbanisatie, warmte-eiland effecten, sneller en lichter bouwen, thermisch minder tolerante gebouwen, schaarse grond met toenemende

grondprijzen, hogere gebouwen, milieukwaliteit van de buitenlucht, fijnstofproblematiek in de binnenlucht, en een verouderende bevolking die in het nieuwe zorgstelsel ook langer in hun woning blijft wonen dan vroeger. In deze storm wordt (terecht) veel aandacht besteed aan energiezuinigheid en CO_2 -reductie, waardoor echter de gezondheid van het binnenmilieu gemakkelijk uit het oog kan worden verloten. Conform het PPP-principe, People-Planet-Profit, behoort de mens echter op de eerste plaats te staan en daarvoor is een goede ventilatie onontbeerlijk. Hiervoor is nader onderzoek nodig met betrekking tot de ventilatieprestatie, energieprestatie, kosteneffectiviteit, gebruiksvriendelijkheid en comfort van de verschillende concepten en systemen. Een prachtig en maatschappelijk bijzonder relevant onderwerp voor een afstudeerscriptie. Welke BSc of MSc student van TU Delft of Eindhoven pakt dit op? Uitgangspunt hiervoor dient te zijn de beroemde uitspraak van Einstein:



En wat de mij betreft: "WEG MET PROBABILITEIT – BEWONERS HEBBEN RECHT OP EEN GEZOND BINNENMILIEU".

Tenslotte

Met het oog op de in bewerking zijnde ontwerpnorm NEN 1087:2019 is dit artikel ook toegezonden aan de voorzitter van de normcommissie 351 074 "Klimaat-beheersing in Gebouwen".

Referenties

1. R.C.A. van Holsteijn et al. (2019)
2. Sluitingsdatum 15-08-2019
3. file:///C:/Users/Gebruiker/Downloads/Achtergronddocument_bij_Ontw_NEN_1087_2019%20(1).pdf
4. "Energietransitie in een Toekomstbestendige Hoogbouw"- Haalbaarheidsstudie TopSectorEnergie
5. Ontleend aan R.C.A. van Holsteijn et al. (2019)
6. Duits arbeidshygiënist avant la lettre
7. Vaak aangeduid met SBS – Sick Building Syndroom.
8. Air Exchange Performance
9. Ontleend aan R.C.A. van Holsteijn et al (2019)
10. In de AIVC proceedings wordt de directe luchtafvoer naar buiten aangeduid met "exhaust" = "afzuiging" en luchtafvoer naar een andere ruimte met "extract" = "afvoer". In het artikel in TVVL Magazine is dit onderscheid minder duidelijk. In tabel 2 is de AIVC-terminologie aangehouden.
11. Zie ook de voorgaande paragraaf "Geurwaarneming, Adaptatie en Luchtkwaliteit"
12. Engels: Demand Controlled Ventilation DCV
13. AERref.abs = 15% van AERref.pres.
14. Energy Performance of Buildings Directive (<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>)

Overige referenties

- ATAG/TNO 2018. Afzuigkap Duo Logic HR https://www.atag.nl/collectie/producten/00000000000420896_0001#specificaties
- Balvers, J. et al (2012) "Mechanical ventilation in recently built Dutch homes: technical shortcomings, possibilities for improvement, perceived indoor environment and health effects". Architectural Science Review 55:1 pp 4-14. (<https://doi.org/10.1080/00038628.2011.641736>)
- Fanger P.O. 1987. A solution to the Sick Building Mystery. Proceedings Indoor Air '87 Volume 4.

- Gezondheidsraad 1984. "Advies in zake het binnenhuisklimaat, in het bijzonder een ventilatieminimum, in Nederlandse woningen"
- Hasselaar, E. 2018. Schimmelproblematiek in de badkamer van energie-efficiënte woningen. ISIAQ.nl symposium 2018.
- ISIAQ-CIB 2003. Performance Criteria of Buildings for Health and Comfort. ISIAQ-CIB Task Group TG 42 number 292.
- Jacobs, P. en Borsboom, W. 2017. Cooking exhaust systems for low energy dwellings. REHVA Journal December 2017.
- Jacobs, P. 2018. Belang van kookafzuiging in luchtdichte woningen. ISIAQ.nl symposium 2018.
- Pettenkofer, M.V. 1877. Ueber das Verhalten der Luft zum Wohnhause des Menschen. Populäre Vorträge von M.V. Pettenkofer, 1st Heft.
- Rob C.A. van Holsteijn, Harm J.J. Valk, Jelle Laverge, William L.K. Li 2018. "Including air-exchange performance in building regulations". 39th AIVC - 7th TightVent & 5th Venticool Conference - "Smart ventilation for buildings" 18-19 September 2018, Antibes Juan-Les-Pins, France.
- R.C.A. van Holsteijn, H.J.J. Valk, J. Laverge, W.L.K. Li 2019. "Opnemen van ventilatieprestatie in bouwvoorschriften". TVVL Magazine nr.05-2019.
- Seppänen, Ollie A. & William Fisk. Some Quantitative Relations between Indoor Environmental Quality and Work Performance or Health. Healthy Buildings Conference 2000.
- Strøm-Tejsten, P. Zukowska, D, Wargocki, P, Wyon, D.P. The effects of bedroom air quality on sleep and next-day performance. Indoor Air 2014.
- TNO 2003. Relatie EPC-niveau en gezondheidsrisico's als onderdeel van het kwaliteitsniveau van gebouwen. Rapport GGI-R057.
- WONO-Bureau voor woononderzoek 2015. "Onderzoek naar gebruikservaringen van bewoners met balansventilatie" (<https://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2015/01/Onderzoek-gebruikservaringen-van-bewoners-met-balansventilatie>)