



Mechanische-ventilatie-debieteten opmeten

Door het opmeten van mechanische-ventilatie-debieteten kan niet alleen de installatie afgesteld worden, maar kan ook de conformiteit van de werkelijk behaalde debieten aangetoond worden. Jammer genoeg zijn niet alle in de handel verkrijgbare meetinstrumenten even geschikt.

Dit artikel geeft een stand van zaken over het opmeten van de mechanische-ventilatie-debieteten in residentiële toepassingen en zet eerst de beschikbare meetmethoden op een rijtje. Vervolgens worden de algemene aanbevelingen voor een correcte meting behandeld. Ten slotte volgt een meer gedetailleerde beschrijving van de aanbevolen methoden en hun gebruiksvoorwaarden.

1 De noodzaak van een debietmeting

Het opmeten van mechanische-ventilatie-debieteten is een cruciale stap bij de indienststelling van een ventilatiesysteem. Deze meting is immers noodzakelijk voor de goede afstelling van de installatie, meer bepaald van de ventilator en de toevoer- en afvoerventielen in de verschillende ruimten, waardoor het mogelijk is om op elke plaats het juiste debiet te behalen.

Vandaag de dag merkt men dat de ventilatievoorzieningen maar al te vaak slecht afgesteld zijn en dat de werkelijk behaalde debieten soms volkomen ontoereikend zijn. Een slechte afstelling kan met name leiden tot geluidshinder en een overmatig energieverbruik, terwijl te lage debieten een ontoereikende luchtkwaliteit tot gevolg kunnen hebben.

De gemeten debieten in voorbeeld 1 (zie tabel A) zijn typisch voor een slecht afgestelde installatie: hoewel het totale debiet voldoende hoog is, is de verdeling over de afzonderlijke ruimten onaanvaardbaar. De gemeten debieten in voorbeeld 2 (zie tabel A) zijn veel te laag in elke ruimte en ook het totale debiet ligt duidelijk lager dan vereist. Deze ontoereikende debieten zijn te wijten aan een luchtlek ter hoogte van de aansluiting met de ventilator. De goede werking van het ventilatiesysteem, onontbeerlijk om de luchtkwaliteit te waarborgen, kan enkel aangetoond worden door een doeltreffende debietmeting **aan het einde van de werken**.

De uitvoering van een dergelijke meting is noodzakelijk, zelfs indien er debietinformatie kan bekomen worden via bepaalde systeemonderdelen (bv. ventiel of ventilator) (zie § 2.4).

Dankzij de debietmeting kunnen ook waardevolle E-punten gewonnen worden in het kader van de EPB-regelgeving (enkel voor residentiële toepassingen). Zo kunnen er – al naargelang van het type systeem – twee tot vijf punten gewonnen worden indien men aantoonst dat de debieten in overeenstemming zijn met de eisen (zie § 5).

2 Belangrijkste meetmethoden

Voor residentiële toepassingen kunnen de debietmeetmethoden in drie grote klassen ingedeeld worden, die door de norm NBN EN 12599 [2] als volgt omschreven worden:

- meting in het rechte gedeelte van een kanaal
- meting met behulp van een verschilddrukvoorziening (die een drukverschil genereert)
- meting ter hoogte van het luchtventiel.

Het is niet de bedoeling van dit artikel om een uitvoerig overzicht van alle bestaande

methoden te geven. Bepaalde methoden en instrumenten zijn immers niet altijd even vlot verkrijgbaar of bevinden zich voorlopig nog in een te vroeg stadium van hun commercialisatieproces. Enkel de methoden die het meest relevant zijn voor residentiële toepassingen in België worden bijgevolg toegelicht. In de norm NBN EN 12599 komen er echter ook nog enkele andere, minder courante methoden aan bod.

2.1 Meetmethoden in het rechte gedeelte van een kanaal

De uitvoering van metingen in het rechte gedeelte van een kanaal is mogelijk met behulp een kleine sonde (bv. thermische anemometer of kleine vleugelradanemometer) die de luchtstroomsnelheid in het kanaal meet. Het luchtdebiet kan vervolgens afgeleid worden aan de hand van de diameter van het kanaal in kwestie. Hoewel deze methode relatief betrouwbaar en goedkoop is, zijn er toch ook enkele grote nadelen aan verbonden: een deel van het netwerk moet toegankelijk blijven, er is een bijkomende berekening vereist ... (zie § 4.3).

Deze methode kan echter wel nuttig blijken voor het opmeten van het totale debiet in

A | Gemeten debieten in twee woningen met een slecht afgesteld ventilatiesysteem.

Debiet	Open keuken	WC	Badkamer	Wasplaats	Bergplaats	Totaal
Vereist minimumdebiet [m ³ /h]	75	25	50	50	–	200
Gemeten debiet: voorbeeld 1 [m ³ /h] ⁽¹⁾	60	2	54	10	82	208
Gemeten debiet: voorbeeld 2 [m ³ /h] ⁽²⁾	9	3	13	11	4	40

⁽¹⁾ Zeer slechte afstelling.
⁽²⁾ Ontoereikende debieten.

het hoofdkanaal of voor het opmeten van het debiet in een aftakking waarvan het ventiel niet meer toegankelijk is (zie § 4.3). Onder bepaalde voorwaarden kan deze methode ook toegepast worden ter hoogte van de ventielen (zie § 4.4).

2.2 Meetmethoden met behulp van een verschilddrukvoorziening

De meting met behulp van een verschilddrukvoorziening (zie afbeelding 1) is gebaseerd op het drukverschil aan weerszijden van een toestel dat daarvoor geïjkt is en dat ingebouwd is in het ventilatiesysteem zelf. Het kan gaan om een diafragma, een warmtewisselaar, een geluidsdemper of zelfs het ventiel zelf.

Deze methode is erg veelbelovend voor wat het principe betreft, maar vereist betrouwbare gegevens over de ijking van de verschilddrukvoorziening. Deze speelt immers een even belangrijke rol als het meetinstrument zelf (manometer).

Op dit ogenblik is de aanwezigheid van voldoende betrouwbare gegevens niet altijd gewaarborgd. Deze methode wordt in dit artikel daarom niet verder uitgediept, maar kan in de toekomst wel een interessante piste worden, op voorwaarde dat er een kader komt dat de betrouwbaarheid van de nodige gegevens kan garanderen.

2.3 Meetmethoden ter hoogte van het luchtventiel

De meting ter hoogte van het luchtventiel behoort tot de meest gebruikte en meest praktische meetmethoden voor residentiële toepassingen. Er zijn echter tal van methoden en instrumenten op de markt waarvan

de betrouwbaarheid te wensen overlaat.

In dit artikel komen de volgende meetmethoden ter hoogte van het luchtventiel aan bod:

- **het gebruik van een toestel met drukcompensatie:** hierbij compenseert een in het toestel ingebouwde ventilator het drukverlies van het toestel zelf, zodat het toestel voorzien kan worden van hulpmiddelen om de stroom te stabiliseren (bv. een rooster) (zie § 4.1)
- **het gebruik van een grote vleugelradanemometer (met een diameter van 100 mm) in combinatie met een conus:** hierbij meet het vleugelrad de gemiddelde luchtsnelheid over het gehele meetvlak (zie § 4.2)
- **het gebruik van een kleine sonde (thermische anemometer of kleine vleugelradanemometer) in combinatie met een specifieke conus:** hierbij meet de kleine sonde de luchtsnelheid in het midden van het meetvlak, net zoals gebeurt bij de meting in een kanaal.

Andere methoden ter hoogte van het ventiel zijn minder courant en worden in dit artikel niet verder uit de doeken gedaan (een voorbeeld is de zakmethode, waarbij de tijd gemeten wordt die nodig is om een zak met een bepaald volume te vullen).

2.4 Een debietindicatie is geen debietmeting

Behalve door een meting met specifieke instrumenten (druk-, snelheids- of debietmeting), kan men ook informatie over het debiet verkrijgen via bepaalde onderdelen van het ventilatiesysteem (bv. het ventiel of de ventilator). Met dergelijke informatie moet evenwel zeer omzichtig omgesprongen worden:

- bepaalde EC-ventilatoren (met Elektronische Commutatie) kunnen informatie over

het debiet geven (bv. op een klein controlescherm). Dit debiet wordt berekend op basis van de karakteristieke curven van de ventilator, het toerental en het opgenomen elektrische vermogen. De betrouwbaarheid van dit soort informatie kan echter zelden gegarandeerd worden

- bepaalde zogenoemde zelfregelende ventielen of ventielen met constant debiet (zie afbeelding 2) zijn uitgerust met een klep waarvan de opening varieert in functie van de druk. Op deze manier kan het debiet binnen een bepaald drukbereik zo goed als constant gehouden worden. Deze ventielen en/of kleppen zijn ontworpen voor een vast debiet dat meestal aangeduid staat op het ventiel zelf. Binnen het kader van een debietmeting is deze informatie echter ontoereikend. Via een drukmeting ter hoogte van een dergelijk ventiel kan louter nagegaan worden of het voorziene drukbereik gerespecteerd wordt. De juistheid van de aangegeven debietwaarde hangt echter ook af van de ijkwaliteit van het toestel, net zoals het geval is bij alle andere verschilddrukvoorzieningen (zie § 2.2).

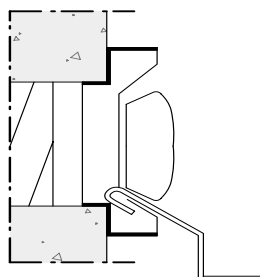
Bij dit soort toestellen is een debietmeting door middel van één van de hierna aanbevolen methoden echter noodzakelijk.

3 Algemene aanbevelingen

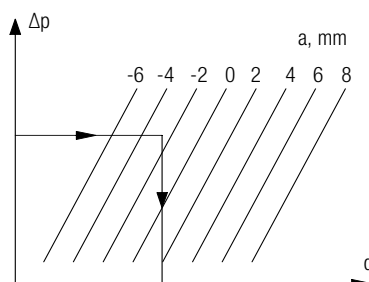
3.1 Meetfouten

Om het risico op systematische fouten (zie kader) te beperken, dient men ervoor te zorgen dat:

- de meetinstrumenten regelmatig geïjkt worden (volgens de voorschriften van de fabrikant: bv. eenmaal per jaar) door de fabrikant of een gespecialiseerd laboratorium. De ijkfrequentie kan ook variëren



1 | Nomogram ter bepaling van het debiet met behulp van een verschilddrukvoorziening (in dit geval een ventiel).



2 | Zelfregelend ventiel of ventiel met constant debiet.



naargelang van de toepassing (bv. in functie van de gewenste betrouwbaarheid)

- de meetinstrumenten beschermd zijn tegen beschadiging: schokken, stof ... Bij twijfel, bijvoorbeeld na een toevallige schok, is het raadzaam om het instrument te laten nakijken door de fabrikant
- de meetinstructies van de fabrikant en de aanbevelingen uit dit artikel zeer nauwkeurig gevolgd worden. Dit geldt met name voor wat betreft het gebruiksgebied (minimum- en maximumdebiet) dat vermeld staat in de gebruikershandleiding
- de meting in een relatief comfortabele houding uitgevoerd wordt, zodat men het instrument correct kan plaatsen en het resultaat correct kan aflezen. Voor metingen ter hoogte van de ventielen kan het bijvoorbeeld beter zijn om een trapladdertje te

gebruiken

- het instrument tijdens de volledige meting stevig vastgehouden wordt.

Om het risico op toevallige fouten (zie kader) te beperken, kunnen de volgende maatregelen getroffen worden:

- het aantal opeenvolgende metingen kan verhoogd worden (bv. twee of drie): het gemiddelde van de aldus verkregen resultaten zal betrouwbaarder zijn dan het resultaat van één enkele meting
- de uitvoeringstijd voor metingen met bepaalde instrumenten kan verlengd worden (bv. met vijf of tien seconden). Het toestel genereert vervolgens automatisch een gemiddelde waarde voor de over deze tijdsduur verkregen resultaten (in te stellen op het toestel zelf). De meetomstandigheden

moeten constant blijven gedurende deze periode (het toestel mag niet verplaatst worden ...). Het is ook handiger om deze gemiddelde waarde te noteren dan de resultaten van de verschillende momentopnames van het toestel. Deze laatste kunnen immers aan aanzienlijke schommelingen onderhevig zijn.

3.2 Van bij het ontwerp en de installatie

Al van bij het ontwerp en de installatie van het ventilatiesysteem kan men de nodige maatregelen treffen om de debietmeting te vergemakkelijken.

Bij de installatie van de ventielen dient

Meer informatie over meetfouten

Uiteraard kunnen we niet spreken over metingen, zonder het ook over meetfouten te hebben. Elke meting is van nature delicaat, of het nu gaat om een eenvoudige temperatuurmeting thuis, dan wel om een complexe meting in een laboratorium. Er zijn verschillende factoren die het meetresultaat kunnen beïnvloeden, met name:

- de gebruikte meetmethode
- het meetinstrument
- de meetomstandigheden, de omgeving
- de persoon die de meting uitvoert.

We onderscheiden hoofdzakelijk twee soorten fouten: toevallige fouten en systematische fouten. Door beide soorten goed te begrijpen, kan ook hun impact aanzienlijk beperkt worden. De soorten fouten worden geïllustreerd in afbeelding 3 (p. 4), die naast de werkelijke waarde van een welbepaalde grootte (rood vierkant) ook enkele meetpunten voor deze grootte (blauwe ruitjes) toont.

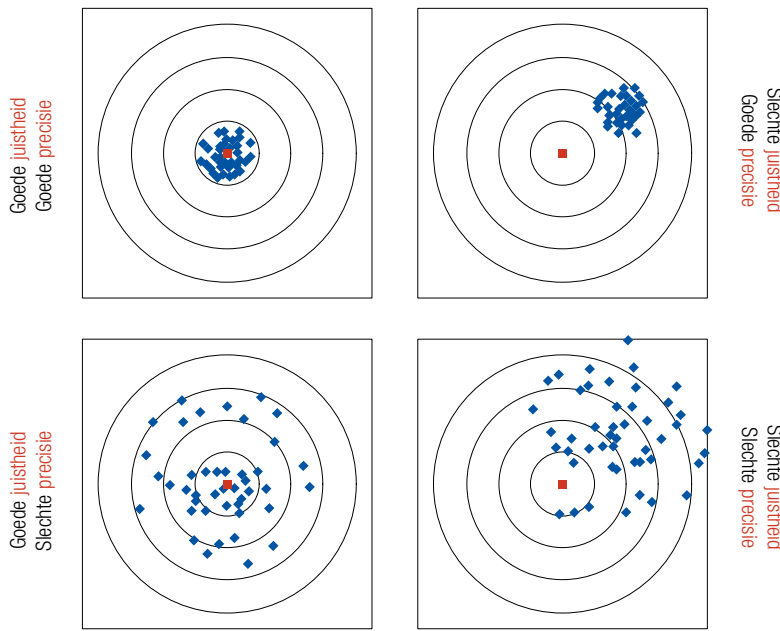
De toevallige fout (**precisiefout**) heeft, zoals de naam al aangeeft, betrekking op gebeurtenissen die zich toevallig voordoen. Ze heeft te maken met het verschil tussen de gemeten waarden voor eenzelfde grootte. In afbeelding 3 is het verschil tussen de meetpunten in de bovenste twee figuren kleiner dan in de onderste twee: de **precisie** van de meting is dus groter in de bovenste figuren. De **precisie** is echter ook afhankelijk van het aantal meetpunten: hoe meer meetpunten, hoe beter het gemiddelde ervan aan de werkelijkheid zal beantwoorden.

De systematische fout (**juistheidsfout**) heeft betrekking op gebeurtenissen die zich systematisch voordoen. Ze heeft te maken met het verschil tussen het gemiddelde van de gemeten waarden en de werkelijke waarde van een grootte. In afbeelding 3 is het verschil tussen het gemiddelde van de meetpunten en de werkelijke waarde groter in de twee figuren van rechts dan in die van links: de **juistheid** van de meting is dus groter in de twee figuren van links. Een lage **juistheid** kan bijvoorbeeld te wijten zijn aan een defect instrument dat systematisch het resultaat van een bepaalde waarde overschat. Zelfs indien dezelfde meting verschillende keren herhaald wordt, zal het gemiddelde altijd een systematisch verschil met de werkelijke waarde van de grootte opleveren.

We willen erop wijzen dat een systematische fout meestal niet opgemerkt wordt door de uitvoerder omdat de werkelijke waarde van de grootte onbekend is. De enige manier om de juistheid van de meting na te gaan, is door het resultaat te vergelijken met dat van een referentiemeting. Bedachtzaamheid is dus noodzakelijk om systematische fouten zo veel mogelijk te vermijden.

De precisie van een meting (toevallige fout) kan daarentegen wel getoetst worden door de uitvoerder. Bij twijfel kan dezelfde meting namelijk verschillende keren herhaald worden om na te gaan of de veranderlijkheid van de verkregen resultaten al dan niet normaal is.

Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de GUM en de VIM [3, 4].



3 | Het verschil tussen een toevallige fout en een systematische fout.

men er bijvoorbeeld op toe te zien dat de meting ter hoogte van de ventielen kan plaatsvinden. Verder zouden de mechanische toevoer- en afvoerventielen in een vlak oppervlak en op voldoende afstand van de aangrenzende wanden geplaatst moeten worden om de correcte positionering van de meetinstrumenten toe te laten (zie afbeelding 4).

Bij metingen ter hoogte van de ventielen kunnen de meetresultaten sterk beïnvloed worden door het type ventiel (zie § 4).

Soms, voornamelijk uit esthetische overwegingen, kan het aangewezen zijn om te opteren voor ventielen met een speciale vorm (bv. in de vorm van een rooster) of met specifieke afmetingen. In dat geval dient men ook een andere meetmethode te hanteren of gebruik te maken van specifieke meetconus-

sen (bv. met grotere afmetingen). Bepaalde ventielen kunnen ook uitgerust worden met een ingebouwde verschilddrukvoorziening die echter met de nodige omzichtigheid behandeld moet worden (zie § 2.2).

Ten slotte kan een netwerk dat correct gedimensioneerd is en over een voldoende natuurlijk evenwicht (†) beschikt niet alleen gemakkelijker afgesteld, maar ook gemakkelijker gemeten worden. Bepaalde meetmethoden zijn namelijk gevoelig voor ventielen in een zeer gesloten stand.

3.3 Voorbereiding van het gebouw en het ventilatiesysteem

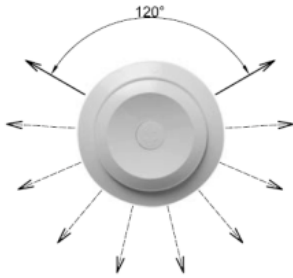
Voor het opmeten van de ventilatiedebieten moet **het gebouw** als volgt **voorbereid worden**:

- alle buitendeuren en -vensters moeten geplaatst zijn en gesloten worden
- alle binnendeuren moeten gesloten worden. Dit geldt ook voor de deur van de ruimte waarin de meting plaatsvindt. Als er op het moment van de meting nog geen binnendeuren aanwezig zijn, kan hun latere plaatsing de werking van het ventilatiesysteem beïnvloeden
- de natuurlijke toevoer- en afvoerventielen (ventilatiesystemen type B en C) moeten in volledig open stand gezet worden
- de woning moet voldoende stofvrij gemaakt worden om de verontreiniging van het luchtdistributiesysteem te vermijden
- de ventilatoren moeten zich in de op te meten regelstand bevinden (bv. de 'nominale' positie voor een meting conform de EPB-regelgeving). Het kan echter ook nuttig zijn om debietmetingen uit te voeren voor de andere regelstanden die in de praktijk gebruikt zullen worden. Zodoende kunnen de ventilatoren voor elk van deze standen op het gewenste debiet afgesteld worden
- in geval van vraaggestuurde ventilatie kan het nodig zijn om bepaalde onderdelen volgens de voorschriften van de fabrikant te fixeren in hun nominale positie. Dit geldt met name voor de natuurlijke openingen, ventielen of ventilatoren die afgesteld kunnen worden in functie van het CO₂-gehalte, het vochtgehalte of de aanwezigheid van personen
- de vervuilde filters kunnen eventueel vervangen worden door nieuwe
- alle andere installaties die buitenlucht naar binnen brengen of die binnenlucht naar buiten stuwen moeten tijdens de meting uitgeschakeld worden (afdichting is niet noodzakelijk). Dit geldt in het bijzonder voor de volgende systemen:
 - open verbrandingstoestellen (niet hermetisch gesloten) met afvoer naar buiten toe: verwarmingsketels, boilers en geisers, kachels en andere



4 | Slecht geplaatste ventielen (links en midden) en een voorbeeld van een correcte positionering die een meting mogelijk maakt (rechts).

(†) In een netwerk met een natuurlijk evenwicht liggen de drukverliezen die berekend werden voor de verschillende trajecten binnen het netwerk, voor de ontwerpdebieten en voor ventielen in volledig open stand zeer dicht bij elkaar.



5 | Ventiel met asymmetrische stroming (of met schone sector).

- dampkappen die de lucht naar buiten stuwen
- droogkasten die de lucht naar buiten stuwen.

Extreme weersomstandigheden (bv. zeer sterke wind) kunnen de werking van het systeem beïnvloeden. Onder dergelijke omstandigheden is het dan ook afgeraden om metingen uit te voeren of de ventilatie-installatie af te stellen.

4 Aanbevolen methoden

Er zijn tegenwoordig tal van instrumenten beschikbaar voor de hiervoor beschreven methoden. Het WTCB heeft in deze context een proefcampagne uitgevoerd om de voornaamste meetmethoden te evalueren. Hieruit kwam duidelijk naar voren dat bepaalde methoden een stuk betrouwbaarder zijn dan andere. Sommige methoden moeten bijvoorbeeld uitgevoerd worden onder strikte gebruiksvoorwaarden om het risico op meetfouten te beperken. In de volgende paragrafen volgt een gedetailleerde beschrijving van de gebruiksvoorwaarden voor de – op basis van de huidige informatie – relevantste geachte debietmeetmethoden voor residentiële toepassingen. De nummers bij de methoden verwijzen naar tabel B (p. 9).

Bij de keuze van de meetmethode dient men eveneens de bijzondere kenmerken van de ventielen in acht te nemen. Dit geldt met



6 | Ventiel met voornamelijk zijwaartse stroming.

name in aanwezigheid van:

- ventielen met asymmetrische stroming (ventielen met zogenaamde schone sector) (zie afbeelding 5)
- ventielen met voornamelijk zijwaartse stroming (zie afbeelding 6).

Bepaalde instrumenten kunnen tevens belangrijke meetfouten opleveren wanneer het ventiel (ongeacht het type) erg gesloten is (zie afbeelding 7).

Onder bepaalde omstandigheden kan de meting ook gevoelig zijn voor de centrering van het meettoestel ten opzichte van het ventiel.

4.1 Drukcompensatie met rooster ter hoogte van het ventiel

Een meting ter hoogte van het ventiel met behulp van een **toestel met drukcompensatie dat uitgerust is met een stabiliserend rooster (1)**, is ongetwijfeld de aanbevolen methode. Deze toestellen bieden immers uitstekende resultaten en dit zowel op het vlak van meetbetrouwbaarheid (meetfouten van maximum 10 %) als op het vlak van gebruiksgemak. Verder zijn ze slechts weinig gevoelig voor de meetomstandigheden (type en opening van het ventiel, centrering van het meettoestel ten opzichte van het ventiel ...). Aan dit soort toestellen hangt een redelijk hoog prijskaartje vast, maar daar staat tegenover dat ze in de praktijk een aanzienlijke tijdswinst opleveren (gebruiksgemak, één enkel toestel voor alle ventieltypes, resultaten die minder vatbaar zijn voor interpretatie ...).

Bijzondere aanbevelingen:

- het toestel moet op een doorlopend vlak



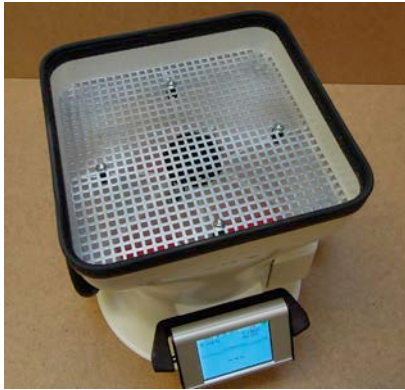
7 | Erg gesloten ventiel.

oppervlak (muur, plafond ...) geplaatst worden en niet op de rand van het ventiel. Soms zijn bijkomende specifieke conussen verkrijgbaar bij de fabrikant of kunnen ze op maat gemaakt worden

- het toestel moet gedurende de gehele meting stevig vastgehouden worden. Het kan immers even duren vooraleer de drukcompensatie gestabiliseerd is.

Sommige toestellen genereren een gemiddeld meetresultaat over een bepaalde periode van zodra de drukcompensatie gestabiliseerd is.

Belangrijke opmerking: het **stabiliserend rooster** is in dit geval een cruciaal element. Het zorgt er immers voor dat de luchtstroom gestabiliseerd wordt en levert goede resultaten op, zelfs indien de stroom verstoord is (bv. asymmetrische stroom met een ventiel met zogenaamde schone sector, een plaatselijk zeer hoge lichtsnelheid ...). Hoewel de in het meetinstrument ingebouwde ventilator toelaat om het drukverlies dat veroorzaakt wordt door het rooster en het instrument zelf te compenseren, vormt deze drukcompensatie op zich nog geen garantie voor een betrouwbare meting. Bepaalde varianten van deze methode, **met compensatie van het drukverlies, maar zonder stabiliserend rooster (2)**, leveren in bepaalde omstandigheden immers minder goede resultaten op, precies omdat de luchtstroom niet gestabiliseerd wordt. Dit is vooral het geval wanneer het toevoer- en afvoerventiel abnormaal gesloten zijn of wanneer de stroom ter hoogte van het toevoer-ventiel asymmetrisch is. Aangezien ze over het algemeen even duur zijn als toestellen met een rooster en bovendien een gelijkaardig foutenpercentage vertonen als andere, minder dure meetmethoden, is het belang van deze varianten relatief beperkt. Afbeelding 8 (p. 6) toont het verschil tussen een stabiliserend rooster, opgebouwd uit een



8 | Stabiliserend rooster en compensatie van het drukverlies. Boven: toestel dat voorzien is van een stabiliserend rooster. Onder: toestel dat enkel voorzien is van een beveiliging.

geperforeerde plaat met kleine gaatjes, en een eenvoudige beveiliging die enkel de toegang tot de ventilator verhindert, maar geen afdoend effect heeft op de stabilisatie van de luchtstroom.

4.2 Anemometer met een conus ter hoogte van het ventiel

Anemometers die voorzien zijn van een conus (3) en een vleugelrad (meestal met een diameter van 10 cm, zie afbeelding 9) dat het volledige meetvlak aan de uitgang van de conus bedekt worden veelvuldig gebruikt, maar kunnen ook aan de basis liggen van belangrijke fouten. Deze methode mag in geen geval gebruikt worden in de volgende omstandigheden:

- bij toevoer:
 - bij ventielen met asymmetrische of zijwaartse stroming (zie § 4)
 - als het instrument niet gecentreerd is ten opzichte van het ventiel (ongeacht het type)
 - als het ventiel erg gesloten is
- bij afvoer:
 - als het ventiel erg gesloten is.

Opmerking: de sluitstand vanaf dewelke er zich problemen kunnen voordoen, verschilt van ventiel tot ventiel. Zo werden er proble-



9 | Anemometer die voorzien is van een conus en een vleugelrad.



10 | Kleine sonde in combinatie met een specifieke conus.

men vastgesteld bij een ventiel dat voor 3/4 van zijn instelbereik gesloten was.

Bijzondere aanbevelingen:

- het toestel moet op een doorlopend vlak oppervlak (muur, plafond ...) geplaatst worden en niet op de rand van het ventiel. Soms zijn bijkomende specifieke conussen verkrijgbaar bij de fabrikant of kunnen ze op maat gemaakt worden
- het toestel moet gedurende de gehele meting stevig vastgehouden worden
- het toestel moet gecentreerd worden ten opzichte van het meetventiel
- men dient te opteren voor de grootste mogelijke conus, voor zover deze laatste perfect gecentreerd kan worden ten opzichte van het ventiel.

Belangrijke opmerking: het gebruik van een **kleine sonde (thermische anemometer of kleine vleugelradanemometer, meestal met een diameter van 10 tot 20 mm, zoals bij metingen in een kanaal) in combinatie met een specifieke conus (4)** wordt afgeraden (zie afbeelding 10). In het laboratorium werd er immers een foutenmarge van meer dan 60% waargenomen. De meting op één punt in het midden van de conus is waarschijnlijk onvoldoende representatief voor de gemiddelde luchtsnelheid over het gehele meetvlak.



11 | Gebruik van een kleine sonde in een cirkelvormig kanaal.

4.3 Kleine sonde in een kanaal

Een meting met behulp van een **kleine sonde in een cirkelvormig kanaal (thermische anemometer of kleine vleugelradanemometer)**, meestal met een diameter van 10 tot 20 mm (6) is mogelijk (zie afbeelding 11), maar minder praktisch. Een deel van het kanaalnetwerk moet namelijk toegankelijk blijven, wat in de praktijk slechts zelden het geval is.

Bijzondere aanbevelingen:

- de keuze van het type sonde is afhankelijk van de te meten snelheid en de specifica-



12 | Thermische sonde.



13 | Vleugelradsonde.



Vleugelradanemometer met stroomstabilisator

Zeer onlangs kwam een fabrikant met een belangrijke innovatie voor de methode van de grote vleugelradanemometer op de prop-pen. Steunend op de eerste proefresultaten die het WTCB in het kader van deze studie behaalde, stelde voornoemde fabrikant een luchtstroomstabilisator op punt waarmee het mogelijk is om de foutenmarge, die zich bij het gebruik van een dergelijke anemometer onder bepaalde omstandigheden kan voordoen, fors in te perken (zie hoger). Het gaat hier om een korte, rechte buis (van ongeveer 40 cm lang) die tussen de conus en de anemometer aangebracht wordt (zie afbeeldingen 14 en 15).

Laboratoriumproeven hebben aangetoond dat het bijkomende toestel bijzonder doeltreffend is om de stroom te stabiliseren onder de verschillende beschouwde meetomstandigheden (type en opening van het ventiel, centrering van het apparaat ten opzichte van het ventiel ...).

De combinatie van de vleugelradanemometer met deze stabilisator levert een behoorlijke meetbetrouwbaarheid (foutenmarge van maximum 15 %) op. Bovendien is het bijkomende toestel vrij goedkoop en kan het makkelijk aangepast worden aan de bestaande conussen en anemometers van dezelfde fabrikant.

Het gaat hier dus om een zeer interessante oplossing en dit, zowel voor installateurs die reeds over een dergelijke anemometer beschikken, als voor installateurs die een nieuw meetinstrument willen aanschaffen met een uitstekende prijs-betrouwbaarheidsverhouding.

Voor het opmeten van debieten van meer dan 90 m³/h wordt het systeem echter afgeraden, omdat de stabilisator een drukverlies teweegbrengt dat ongeveer 1,5 keer hoger ligt dan dat van de conus en de anemometer alleen. Als gevolg van dit bijkomende drukverlies kan het gemeten debiet (bij hoge debietwaarden en onder bepaalde omstandigheden) aanzienlijk lager liggen dan het werkelijke debiet ter hoogte van het ventiel wanneer er geen meetinstrument aanwezig zou zijn.

Ten slotte toont deze interessante innovatie ook aan dat er technische oplossingen bestaan om de betrouwbaarheid van de huidige debietmeetmethoden aanzienlijk te verbeteren.

ties van de fabrikant. Algemeen kan men stellen dat:

- de thermische sonde (zie afbeelding 12, p. 6) vooral geschikt is voor lage luchtsnelheden (idealiter tussen 0,2 en 3 m/s [2])
- de kleine vleugelradanemometer (zie afbeelding 13, p. 6) een minimale luchtsnelheid van 1 m/s vereist [2]
- er in principe ook gebruikgemaakt kan worden van de *pitotbuis* (of *prandtl-buis*). De minimum meetbare snelheid hangt in dit geval echter af van de resolutie van de manometer die in combinatie met deze buis gebruikt wordt. In de praktijk is er meestal een minimumsnelheid van om en bij de 2,5 à 3 m/s nodig, waardoor het gebruik ervan in het eindkanaal van een ventilatie-installatie uitgesloten is
- voor wat betreft het aantal meetpunten in het meetvlak kan men de volgende aanbevelingen formuleren:
 - bij een kanaaldiameter van meer dan 160 mm zijn er verschillende meetpunten noodzakelijk [2]
 - bij een kanaaldiameter van minder dan of gelijk aan 160 mm kan de meting verricht worden aan de hand van één enkel

meetpunt in het midden van het meetvlak, voor zover er een correctiefactor gebruikt wordt die rekening houdt met het snelheidsprofiel (*pipe factor*) (zie afbeelding 16, p. 8) [1, 5]

- er moet een voldoende lang, recht gedeelte tussen het meetvlak en de meest nabije storing (ventilator, geluïdsdemper, T-stuk, bochtstuk, verloopstuk, klep, ventiel ...) aanwezig zijn:
 - vóór het meetvlak (stroomopwaarts): minstens tien keer de diameter van het kanaal
 - achter het meetvlak (stroomafwaarts): minstens drie keer de diameter van het kanaal
- de debietberekening gebeurt op basis van de gemeten snelheid volgens onderstaande formule:

$$q = \frac{1}{3600} \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times C \times v_{\text{meas}}$$

waarbij:

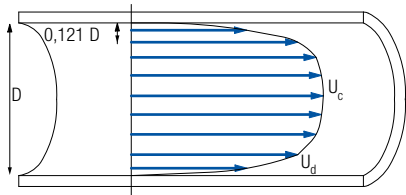
- q: het debiet [m³/h]
- D: de diameter van het kanaal [m]
- C: de correctiefactor van het snelheidsprofiel (*pipe factor*)
- v_{meas}: de gemeten snelheid in het midden van het meetvlak [m/s]



14 | Innovatief toestel dat de stroom kan stabiliseren bij gebruik van een grote vleugelradanemometer.



15 | Methode waarbij de vleugelradanemometer gecombineerd wordt met een stroomstabilisator.



16 | Snelheidsprofiel in een cirkelvormig kanaal.

Voor de correctiefactor van het snelheidsprofiel kan onder de hierboven aanbevolen meetomstandigheden (recht gedeelte van tien keer de kanaaldiameter vóór het meetvlak; kanaaldiameter van minder dan 160 mm) een waarde van 0,9 gebruikt worden

- voor wat betreft de eigenlijke meting kan men de volgende aanbevelingen formuleren:

- het gat in het kanaal moet zo voorzichtig mogelijk gemaakt worden en men dient te vermijden dat er bramen op de binnenwand zouden ontstaan (hiervoor bestaan speciale boren)
- men dient rekening te houden met de stroomrichting ten opzichte van de sonde, zoals voorzien door de fabrikant
- men dient de sonde op de juiste manier in het kanaal te positioneren: de sonde moet goed gecentreerd zijn en zich in de as van de luchtstroom bevinden
- het aantal luchtlekken ter hoogte van het gat in het kanaal (tussen de sonde en de kanaalwand) moet tot een minimum beperkt worden
- men dient het toestel gedurende de gehele meting stevig vast te houden
- na de metingen moet het gat in het kanaal volledig afgedicht worden (bv. met kleefband).

4.4 Kleine sonde in een hulpkanaal ter hoogte van het ventiel

Onder bepaalde voorwaarden kan een kleine sonde ook rechtstreeks ter hoogte van de ventielen (5) toegepast worden, met behulp van een extra stuk buis. Hoewel minder praktisch, kan deze methode een oplossing zijn voor de gebruiksbeperkingen van bepaalde meetinstrumenten bij de toevoer.

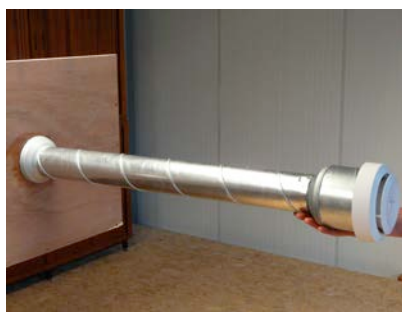
Hierna wordt het principe van deze meetmethode stapsgewijs beschreven:

1. men start met de verwijdering van het ventiel (let er daarbij op dat de afstelling niet gewijzigd wordt; controleer

- indien nodig de vergrendeling van de afstelling) (zie afbeelding 17)
2. vervolgens wordt er een voldoende lang, recht stuk buis op de plaats van het ventiel aangesloten. Het meetvlak bevindt zich stroomopwaarts op een rechte afstand van tien keer de diameter en stroomafwaarts op een rechte afstand van drie keer de diameter. Een praktische en doeltreffende oplossing bestaat in het gebruik van een buis met een kleinere diameter (bv. 80 mm) en de bijhorende verloopstukken. De minimumlengte van deze buis bedraagt 104 cm (d.w.z. $(10 + 3)$ keer de diameter) (zie afbeelding 18)
3. daarna wordt het ventiel aan het andere uiteinde van het stuk buis gemonteerd zonder de afstelling te wijzigen (zie afbeelding 19)
4. tot slot wordt de meting uitgevoerd op dezelfde wijze als voor de hierboven beschreven meting in een kanaal (zie afbeelding 20).



17 | Het ventiel wordt verwijderd.



19 | Het ventiel wordt aan het andere uiteinde van het stuk buis gemonteerd.

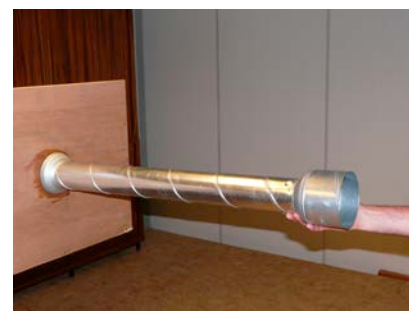
Bijzondere aanbevelingen:

- de aanbevelingen voor de methode met een kleine sonde in een kanaal (zie § 4.3) gelden ook voor deze toepassing
- de meting van debieten van meer dan $90 \text{ m}^3/\text{h}$ wordt afgeraden met deze methode (met een buis van 80 mm) omdat de door het hulpstuk teweeggebrachte drukverliezen in dit geval erg groot kunnen worden.

Tabel B (p. 9) geeft een overzicht van de hierboven beschreven methoden en de beoordeling van een aantal criteria (voor- en nadelen).

5 Valoriseratie in de EPB

Een correcte meting van de mechanische ventilatiedebieten vraagt wat tijd en ook een zekere investering. Een dergelijke meting gaat echter ook gepaard met tal van voordelen (zie hierboven) en kan bovendien gevaloriseerd worden in de EPB, wat uiteindelijk een winst van enkele E-punten kan opleveren (enkel voor residentiële toepassingen). De verschillende parameters voor de berekening van het E-peil waarin de meting van de mechanische debieten gevaloriseerd kan worden, worden in detail beschreven in Infocfiche 42.3 [6].



18 | Een voldoende lang, recht stuk buis wordt aangesloten op de plaats van het ventiel.



20 | De meting wordt uitgevoerd op dezelfde wijze als voor een meting in een kanaal.



Het is ook belangrijk te weten dat het Vlaamse Gewest sinds kort bijkomende eisen stelt inzake de meetrapporten en hun inhoud (zie bijlage 6 van het Ministerieel Besluit van de Vlaamse Gemeenschap de dato 30 november 2012, verschenen in het Staatsblad van 17 december 2012 ⁽²⁾, met als titel 'Meten van mechanische ventilatiedebieten – ver-eisten aan het meetrapport').

Op vrijwillige basis kan ook een standaard-formulier (Excelbestand) voor het meetrap-port van de mechanische-ventilatiedebieten gebruikt worden. Dit formulier kan gedownload worden via de volgende link: www.energiesparen.be/epb/prof/ventilatie-systeem.

6 Besluit

Het opmeten van de mechanische-ventilatiedebieten kan een delicaat werk zijn dat wat tijd en een zekere investering vraagt. Anderzijds is het een belangrijk middel om de goede werking van het ventilatiesysteem aan te tonen. Bovendien kan de valorisatie van de meting in de EPB voor de klant een zeker voordeel opleveren. Investeren in een kwalitatieve meting kan dus indirect rendabel gemaakt worden.

Er wordt aanbevolen om, indien mogelijk, te kiezen voor de drukcompensatiemethode met een stabiliserend rooster. Dit is immers de enige meetmethode die goede resultaten

oplevert onder al de omstandigheden die normaal aangetroffen worden in residentiële toepassingen. ■

S. Caillou, dr. ing., adjunct-laboratoriumhoofd, labora-torium Luchtkwaliteit en ventilatie, WTCB

Dit artikel werd opgesteld in het kader van het OPTI-VENT-project, met de financiële steun van het IWT.

B | Overzicht en beoordeling van de belangrijkste meetmethoden voor residentiële toepassingen.

Meetmethode	Afvoer		Toevoer			Prijsindi-catie [€] (excl. BTW)	Gebruiksgemak
	Voldoende open ventiel + al dan niet gecentreerd instrument	Zeer gesloten ventiel	Voldoende open ventiel met symmetrische stroming + gecentreerd instrument	Ventiel met symmetrische stroming + niet-gecentreerd instrument	Zeer gesloten ventiel met asymmetrische stroming		
Meting ter hoogte van het luchtventiel							
(1) Compensatie met rooster	v	v	v	v	v	2500 tot 3500	Eenvoudig en snel
(2) Compensatie zonder rooster	v	x	v	v	x	2500 tot 3500	Eenvoudig en snel
(3) Anemometer met conus	v	x	v	x	x	< 1000	Eenvoudig en snel
(4) Kleine sonde met conus	x	x	x	x	x	< 1000	Minder eenvoudig
(5) Kleine sonde in een kanaal	v	v	v	Niet van toepassing	v	< 1000	Minder handig + berekening vereist
Meting in het rechte gedeelte van een kanaal							
(6) Kleine sonde in een kanaal	v	v	v	Niet van toepassing	v	< 1000	Toegankelijke leiding noodzakelijk + berekening vereist

⁽²⁾ Volledige titel: 'Ministerieel besluit houdende wijziging van het ministerieel besluit van 13 januari 2006 betreffende de vorm en inhoud van de startverklaring, het ministerieel besluit van 2 april 2007 betreffende de vastlegging van de vorm en de inhoud van de EPB-aangifte en het model van het energieprestatie-certificaat bij de bouw en het ministerieel besluit van 15 september 2009 betreffende de vaststelling van de gelijkwaardigheid van innovatieve systemen, bouwconcepten of technologieën in het kader van de energieprestatie-regelgeving'.



LITERATUURLIJST

1. Bonthoux F. en Fontaine J.R.
Mesure des débits d'air en conduit. Incertitude liée au nombre et à la position des points de mesures. Institut national de recherche et de sécurité. Parijs, Institut national de recherche et de sécurité, Hygiène et sécurité au travail, 2012.
2. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 12599 Ventilatie van gebouwen. Beproeversprocedures en meetmethoden voor de oplevering van geïnstalleerde ventilatie- en luchtbehandelingsystemen. Brussel, NBN, 2012.
3. Comité commun pour les guides en métrologie
Évaluation des données de mesure. Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM). Sèvres (Frankrijk), Bureau international des poids et mesures, 2008.
4. Comité commun pour les guides en métrologie
Vocabulaire international de métrologie. Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM). Sèvres (Frankrijk), Bureau international des poids et mesures, 2008.
5. Kennisinstituut voor de Installatiesector
Publicatie 52 Luchtzijdig inregelen van klimaatinstallaties. Rotterdam, ISSO, 2009.
6. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
Ventilatie van gebouwen. Mogelijkheden voor het verlagen van het E-peil. Brussel, WTCB, Infofiche 42.3, 2010.