

SKH-publicatie

Luchtdichtheidsmetingen



Uitgave: SKH

Nadruk verboden

Algemene informatie

Deze SKH-publicatie is door SKH opgesteld.

Deze publicatie is goedgekeurd op 18-12-2013 door de certificatie- en attesteringsinstelling SKH.

Voorwoord

Dit document is tot stand gekomen door de vele interpretaties over de metingen die verricht worden om de luchtdoorlatendheid (luchtdichtheid) van gebouwen te meten. De normen NEN 2686 en NEN-EN 13829 zijn niet allesomvattend waardoor deze interpretatieverschillen zijn ontstaan. Er zijn verschillende soorten apparatuur te verkrijgen voor luchtdichtheidsmetingen, maar allemaal met hetzelfde doel: het meten van de luchtvolumestroom die door de schil naar binnen of naar buiten gaat, door de luchtdruk met etappes te verhogen of te verlagen, om vervolgens de volumestroom te kunnen registreren. De richtlijnen die door verschillende meetbureaus gebruikt worden over hoe er gemeten moeten worden om inzicht te krijgen in de luchtdoorlatendheid van een gebouw zijn echter verschillend. Bijvoorbeeld welke ruimtes qua volume wel of niet moeten worden meegenomen in de software en welke openingen dichtgezet of afgeplakt moeten worden. Duidelijkheid over hoe de metingen daadwerkelijk verricht zouden moeten worden is in Nederland niet eenduidig vastgelegd. In dit document zijn richtlijnen aangegeven die door meerdere bedrijven zijn goedgekeurd. Een leidraad waar een ieder die luchtdichtheidsmetingen verricht mee uit de voeten kan, om dit specialisme de erkenning te geven van betrouwbaarheid en kwaliteit wat betreft de kennis en kunde van u en uw bedrijf.

Opmerking: de officiële term is luchtdoorlatendheid, vaak wordt gesproken over luchtdichtheid. In dit document worden beide termen gebruikt.

Deze publicatie is tot stand gekomen op initiatief van: H.J. Bos, Thermodicht (Auteur en initiatiefnemer publicatie) in samenwerking met:

R. Bluemink, Adviesbureau Bluemink
R. Geerligs, SBRCURnet
E. Giesen, Invent Advies
W. de Groot, SHR
P. Kuindersma, Nieman Raadgevende Ingenieurs BV
M. Nooijen, Raak Energie advies
E. Taelman, SAnIDetectif

Uitgever:

SKH

Postbus 159

6700 AD WAGENINGEN

Telefoon: (0317) 45 34 25

Fax: (0317) 41 26 10

E-mail: mail@skh.org

Website: <http://www.skh.org>

© SKH

Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SKH, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	4
1.1 Algemeen	4
1.2 Toepassingsgebied	4
2. DOELSTELLING	5
3. TERMEN EN DEFINITIES	6
4. MEETCONDITIES	9
4.1 Te meten zone.....	9
4.2 Tijdstip van de meting en staat van het gebouw	11
4.3 Methode en materiaal.....	11
5. VOORBEREIDING VAN HET GEBOUW	13
5.1 Verwarming, ventilatie en andere apparatuur	13
6. MEETPROCEDURE	16
6.1 Installatie van de apparatuur	16
6.2 Aanbevelingen.....	16
7. BEREKENING VAN HET TOTALE LUCHTLEKDEBIET	18
8. VERMELDINGEN IN HET RAPPORT	19
9. REFERENTIES	21
10. DOCUMENTENLIJST	22
BIJLAGE A CONTROLELIJST (NIET) TE SLUITEN OPENINGEN EN UIT TE TOESTELLEN	SCHAKELEN 23
BIJLAGE B CHECKLIST	24

1. INLEIDING

1.1 Algemeen

In deze publicatie zijn de richtlijnen vastgelegd die moeten worden nageleefd bij het meten van de luchtdoorlatendheid van gebouwen. Deze publicatie richt zich in hoofdzaak op de meettechnicus van metingen (de persoon die verantwoordelijk is voor de meting en het meetrapport). Het Bouwbesluit refereert enkel naar de NEN 2686. Deze norm komt grotendeels overeen met de norm NEN-EN 13829 voor de meting van het luchtlekdebiet van de gebouwschil. De luchtdichtheidsmeting wordt uitgevoerd om inzicht te krijgen in de voorschriften die zijn gesteld aan de kwaliteit van gebouwen zoals beschreven in de NEN-normen, aangestuurd door het Bouwbesluit. Deze voorschriften zijn opgesteld uit het oogpunt van energiezuinigheid.

1.2 Toepassingsgebied

Het uitgangspunt voor de meting is om te toetsen in hoeverre de luchtdoorlatendheid van een gebouw overeenkomt met de eis uit het Bouwbesluit en de gehanteerde infiltratiewaarde in de EP-berekening, uitgedrukt in $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$. Deze gehanteerde waarde wordt dan ook getoetst. Hetzelfde geldt voor de n_{50} waarde.

In het Bouwbesluit wordt de eis gesteld (dit is de ondergrens) dat de hoeveelheid lucht die door de schil naar buiten treedt niet groter mag zijn dan $200 \text{ dm}^3/\text{s}$ of $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een drukverschil van 10 pascal (bij gebouwvolume tot 500 m^3), of een afgeleide hiervan. Deze publicatie beschrijft de meetmethode met meerdere mogelijke varianten en legt de eisen vast die moeten worden nageleefd, naast de normen NEN 2686 en NEN-EN 13829. De kennis van deze normen is een noodzakelijke voorwaarde bij het toepassen van dit document. Wanneer, door de aanvrager van de test, het resultaat van de luchtdichtheidsmeting van een gebouw in kaart is gebracht, wordt getoetst of de beoogde waarden zijn gehaald uit de gehanteerde energieprestatieberekening.



Een belangrijk aandachtspunt bij energiezuinig bouwen is het beperken van de luchtdoorlatendheid. Hiermee wordt ongewenste infiltratie van de koude lucht naar binnen en exfiltratie van warme lucht naar buiten beperkt.

Met luchtdoorlatendheid wordt bedoeld, de mate waarin de schil van een gebouw (door kieren en naden) bij een bepaald drukverschil lucht doorlaat. Een lage luchtdoorlatendheid (ofwel: een hoge luchtdichtheid) wordt bereikt door een goed ontwerp, een juiste voorbereiding en zorgvuldige uitvoering.

De mate van luchtdichtheid en de plaats en grootte van eventuele luchtlekken kunnen naast het effect op het energieverlies en de luchtkwaliteit consequenties hebben voor de waterdichtheid, inwendige condensatie door convectie, comfort, geluidwering en brandwerendheid.

Let op: bij luchtdicht bouwen is er een duidelijke relatie met het ventilatiesysteem.

2. DOELSTELLING

Algemeen

Het doel van deze publicatie is duidelijkheid te verschaffen in de wijze waarop luchtdoorlatendheidsmetingen moeten worden uitgevoerd.

Metingen die uitgevoerd zijn met in acht name van de in deze publicatie opgenomen aanwijzingen, zijn reproduceerbaar.

Doel van de luchtdoorlatendheidsmeting

Het doel van een luchtdoorlatendheidsmeting is het kunnen vaststellen van de mate van infiltratie/exfiltratie door de gebouwschil en dit te toetsen aan de voor het betreffende gebouw geldende eisen.

De eisen liggen over het algemeen vast in het Bouwbesluit, EP-berekening, NEN-normen, bestekken of in andere private regelingen die horen bij de regeling passief bouwen, BREEAM, enz.

Andere redenen voor het uitvoeren van een luchtdoorlatendheidsmeting kunnen zijn:

- het inzichtelijk maken van de luchtlekken (met bijvoorbeeld rook);
- het vaststellen van de ernst (en omvang) van de aangetroffen luchtlekkages;
- het beoordelen van bouwschades (denk aan vochtindringing als gevolg van convectie);
- het beoordelen van klachten zoals tocht, niet warm kunnen krijgen, enz.;
- controleren op/waarborgen van de kwaliteit van de schil van een gebouw.

Naast het meten van de luchtdoorlatendheid en het vaststellen van de ernst/omvang van de aangetroffen luchtlekken kan, indien de opdrachtgever daar om vraagt, advies worden gegeven voor eventueel herstel of oplossing van de geconstateerde problemen.

3 TERMEN EN DEFINITIES **A_g** Gebruiksoppervlakte in m², volgens NEN 2580.**Barometerdruk**

Atmosferische druk.

Beaufort (Bft)De winddruk is grofweg gelijk aan: $\text{druk} = \frac{1}{2} \times (\text{luchtdichtheid}) \times (\text{windsnelheid})^2 \times (\text{vormfactor})$.

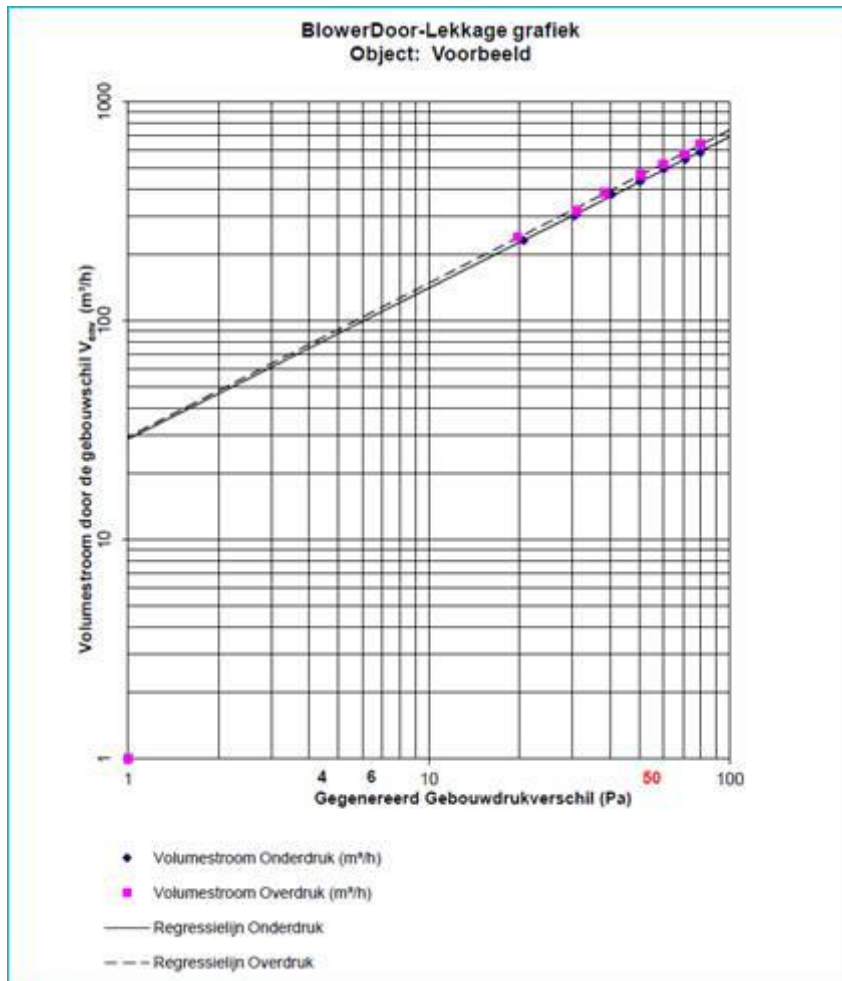
- De luchtdichtheid is ongeveer 1,25 kg/m³.
- De vormfactor (drag coefficient) hangt af van het voorwerp waarom het gaat. Deze heeft orde grootte 1 en is dimensieloos.
- De windsnelheid moet in m/s worden gebruikt. Dan is de druk in kg/m/s², oftewel N/m².

Tabel 1

Bft	Windsnelheid (m/s)		Winddruk (N/m ²)
	Ondergrens	Bovengrens	Bovengrens
0	0,0	0,2	0,03
1	0,3	1,5	1,4
2	1,6	3,3	6,8
3	3,4	5,4	18
4	5,5	7,9	39
5	8,0	10,7	72
6	10,8	13,8	119
7	13,9	17,1	183
8	17,2	20,7	268
9	20,8	24,4	372
10	24,5	28,4	504
11	28,5	32,5	660
12	32,6		> 660

CC is totale luchtdoorlatendheid bij een drukverschil van 1 Pa [dm³/s.Pa¹].**c**c is partiële luchtdoorlatendheid - per meter aansluiting - bij een drukverschil van 1 Pa [dm³/s.m¹.Pa¹] ('kleine letter' c).**Druk/volumestroomkarakteristiek**

Grafische voorstelling van het wiskundig verband tussen de lucht volumestroom door de omhulling van een gebouw, of een gedeelte daarvan, en het luchtdrukverschil over de omhulling.



Figuur 1 Voorbeeld van druk/volumestroomkarakteristiek

EP

Energieprestatie.

Equivalente oppervlakte (A_e)

Som van alle denkbeeldige oppervlakten van o.a. naden, spleten en kieren, afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek van een luchtdoorlatendheidsmeting.

Gebouwschil

Omhuiling van het gebouw met betrekking tot de luchtdoorlatendheid.

Luchtdoorlatendheid

Eigenschap van een object om lucht door te laten indien hierover een luchtdrukverschil aanwezig is.

Luchtvolumestroom: $q_{v;10}$ in [dm³/s]

Luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 10 Pa, herleid naar een netto-inhoud van 500 m³, indien die inhoud groter is dan 500 m³.

Voorbeeld:

Een gebouw heeft een volume van 600 m³

De gemeten waarde bij 10 pascal bedraagt 150 dm³/s

$$q_{v;10;gemeten} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$q_{v;10;kar} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$q_{v;10} = (500/600) \times 150 = 125 \text{ dm}^3/\text{s}$$

De $q_{v;10}$ die kan worden vergeleken met de waarde genoemd in de EP wordt als volgt bepaald:

$$q_{v;10;kar} / \text{m}^2 A_g; \text{ waarbij geldt dat } A_g \text{ overgenomen mag worden uit de EP-berekening.}$$

Stel dat het A_g 160 m^2 bedraagt, dan is de $q_{v,10;kar}$ t.b.v. een vergelijking met de EPC, $150 \text{ dm}^3/\text{s} / 160 \text{ m}^2 = 0,94 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$.

Opmerking: tot en met een netto volume van 500 m^3 zijn $q_{v,10}$ en $q_{v,10;kar}$ aan elkaar gelijk.

In de praktijk wordt de $q_{v,10}$ (dus herleid naar een inhoud van 500 m^3) vrijwel niet gebruikt. Dit komt omdat de $q_{v,10}$ -waarde in ontwerpberekeningen vaak gerelateerd is aan m^2 vloeroppervlak en dus niet gerelateerd aan het volume. *Opmerking: tot en met een netto-volume van 500 m^3 zijn $q_{v,10}$ en $q_{v,10;kar}$ aan elkaar gelijk.*

Meetdeur of meetraam

Hulpconstructie die op de plaats van een deur of raam in het kozijn wordt geplaatst, waardoor met een ventilator lucht wordt gevoerd.

Opmerking: de meetdeur of het meetraam wordt in de praktijk ook wel 'dummy'deur of 'dummy'raam genoemd.

Meetmethode A (volgens NEN-EN 13829)

Gebouw in afgewerkte toestand, hier wordt de energetische situatie van het gebouw gemeten. Controle op ontwerpuitgangspunt.

Methode A test het gebouw zoals deze zal worden opgeleverd.

Meetmethode B (volgens NEN-EN 13829)

Hier meten we de luchtlekkage van de gebouwschil (kwaliteitscontrole). Dit is een tussentijdse meting waarbij gemeten wordt voordat de afwerking wordt aangebracht, hierbij is bijsturing mogelijk.

Methode B test de luchtdichte schil op een willekeurig moment als de luchtdichte schil is aangebracht.

n_{50} (volgens NEN-EN 13829)

De n_{50} -waarde is de ventilatievoud per uur die door een schil gaat, bij een drukverschil van 50 Pa binnen en buiten de schil. De gebruikte eenheid is 1/h.

Natuurlijke druk

Drukverschil tussen binnen en buiten voor en na de meting bij statische druk.

Synoniemen: Baseline, Bias of nuldruk.

$q_{v,10}$ gemeten

Gemeten luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 10 Pa, zonder herleiding naar een gestandaardiseerde netto-inhoud.

$q_{v,10 kar}$

Karakteristieke luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 10 Pa, zonder herleiding naar een gestandaardiseerde netto-inhoud.

Statische druk

De druk bij een gereedstaande toestand voor de luchtdoorlatendheidmeting met afgedekte ventilator(en).

Stromingsexponent (n)

Verhouding van het verschil van de logaritmen van twee drukverschillen afgeleid van de druk/volumestroomkarakteristiek en het verschil van de logaritmen van de bij deze druk behorende volumestromen.

Opmerking: de stromingsexponent is gelijk aan de tangens van de druk/volumestroomkarakteristiek ($0,5 \leq n \leq 1$, zie bijlage B).

V_{50} (volgens NEN-EN 13829)

Karakteristieke luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 50 Pa.

Volume

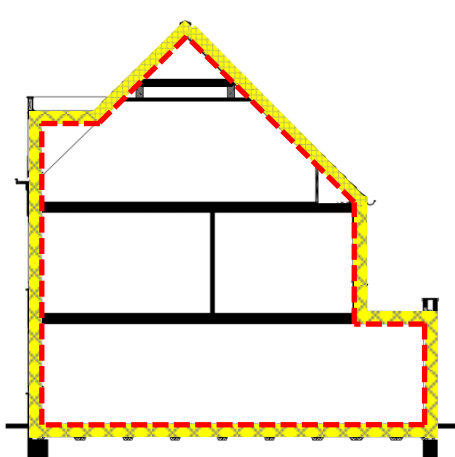
Inhoud binnen de luchtdichte schil in m^3 .

4 MEETCONDITIES

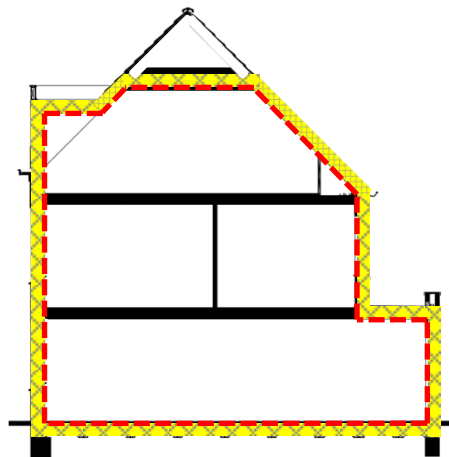
4.1 Te meten zone

Eisen

De meting is bedoeld voor de verwarmde zones van een gebouw inclusief kasten en bergruimten maar exclusief kruipruimten, niet-verwarmde zones en passieve zonne-energiesystemen zoals serres die geen deel uitmaken van de thermische schil van een gebouw (zie figuren 2). (Bij onduidelijkheid over te sluiten/afdichten openingen zie bijlage A.)

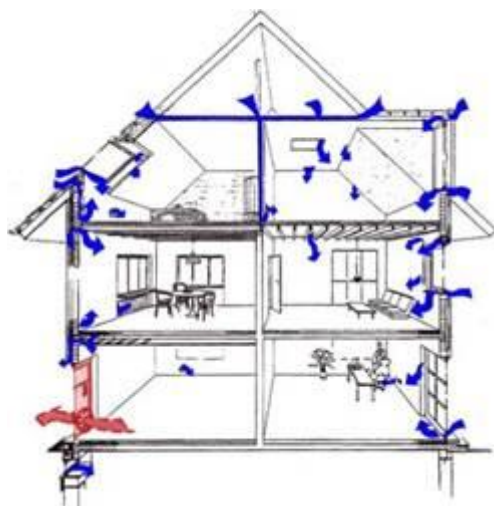


Figuur 2a: Te meten zone valt binnen de thermische schil (= luchtdichte schil); ook de vliering ligt binnen de thermische schil; vliedaken/knieschotten behoren tijdens de meting gesloten te zijn – zie hiervoor paragraaf 5.1.5.



Figuur 2b: Te meten zone valt binnen de thermische schil (= luchtdichte schil); de vliering ligt buiten de thermische schil; vliedaken/knieschotten behoren tijdens de meting gesloten te zijn – zie hiervoor paragraaf 5.1.5.

Opmerking: ter plaatse van de thermische schil ligt de luchtdichte laag. Het gebruiksoppervlak c.q. volume wordt bepaald aan de hand van de ontwerpberekening.



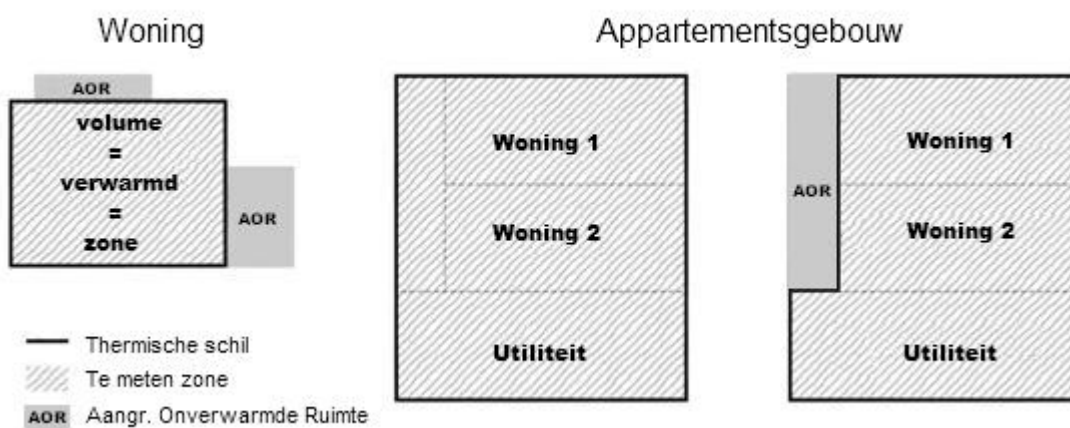
Figuur 2c Gebouwschil: linker figuur luchtlekken/rechter figuur gele arcering is voorbeeld van een luchtdichte schil c.q. te meten zone van het gebouw

Mogelijke luchtlekkages

De te meten zones moeten worden bepaald door de aanvrager van de meting, in samenhang met de opdeling van het gebouw in het kader van de ontwerpberekening. De te meten zones moeten ten minste het hele beschouwde volume bevatten of een representatief gedeelte tot 3000 m³ volgens NEN 2686 of tot 4000 m³ volgens NEN-EN 13829. Ze mogen geen ruimten bevatten die buiten het volume vallen waarvoor de luchtdichtheidseis geldt, zoals aangrenzende onverwarmde ruimten. De werkelijk gemeten zone moet in het rapport duidelijk en nauwkeurig worden beschreven door de meettechnicus van de meting. De tekeningen van het gebouw (plattegronden van de verschillende niveaus en doorsneden), met duidelijke aanduiding van de grenzen van de gemeten zones, dienen als bijlage bij het rapport te worden gevoegd.

Aanbevelingen

In de meeste gevallen kan de luchtdichtheidstest op het gehele volume binnen de luchtdichte schil worden uitgevoerd. De te meten zone kan dan ook verschillende volumes omvatten (zie de plattegronden/doorsneden figuur 3).



Figuur 3

Schets van de te meten zone (gearceerd) in overeenstemming met het volume binnen de luchtdichte schil (doorlopende lijn), voor een individuele woning of voor een appartementsgebouw (AOR = aangrenzende onverwarmde ruimte)

Opmerking: indien er een luchtdichte scheiding aanwezig is tussen woonfunctie en utiliteitsfunctie kunnen deze apart van elkaar gemeten worden.

In sommige gevallen kan de meting echter worden uitgevoerd op slechts een deel van het volume binnen de luchtdichte schil, maar altijd ten minste op het bedoelde volume (bijvoorbeeld een individueel appartement).

Opmerking: trappenhuis of liftschaft binnen de luchtdichte schil behoort tot de te meten zone.

Uitzondering

In het ongebruikelijke geval dat het volume samengesteld is uit meerdere gescheiden delen die geen onderlinge openingen hebben (die geopend kunnen worden zonder gereedschap), maar die elk wel openingen naar buiten hebben, moet de meting worden uitgevoerd op elk van deze individuele delen. Het totale luchtlekdebiet van dit volume bedraagt dan de som van de luchtlekdebieten van elk deel afzonderlijk. Uitgangspunt is dat bij voorkeur het gehele volume van een gebouw op luchtdichtheid wordt getest. Het is echter mogelijk dat in bijzondere situaties een steekproef (deel van het gebouw) gewenst is. Indien vanwege de specifieke situatie, die in de meetrapportage is onderbouwd, verantwoord kan worden dat een representatieve steekproef gewenst is, dienen de volgende uitgangspunten gebruikt te worden voor het bepalen van de steekproef:

- De omvang van de steekproef dient bepaald te worden door de square root methode: n steekproef = \sqrt{n} , afgerond op gehele getallen, met een minimum van 10% van het totaal.
- Voor woningen en winkelunits: De omvang van de steekproef is als hierboven bepaald en waarbij 'n' het aantal woningen/winkelunits betreft.
- Voor overige utiliteitsbouw: De omvang van de steekproef is als hierboven bepaald en waarbij 'n' het volume (m³) van het gebouw betreft.
- Indien een gebouw over verschillende geveltypes beschikt dient de steekproef minimaal alle typen gevels te omvatten.

Opmerking: ten slotte moet de te meten zone in het rapport duidelijk worden beschreven om achteraf de oppervlakten en volumes te kunnen valideren.

4.2 Tijdstip van de meting en staat van het gebouw

4.2.1 Eisen (herhaling van de norm)

De meting kan alleen plaatsvinden indien de gebouwschil volledig wind- en waterdicht is; alle ramen en deuren die de gemeten zone begrenzen dienen aanwezig te zijn. Bovendien moeten alle definitieve doorvoeren zijn aangebracht.

Voor zover de luchtdichte schil kan worden beïnvloed, is het een voorwaarde dat het gebouw opleveringsgereed is alvorens de meting methode A uit te voeren: Deze meting is dan ook de eindmeting. Wanneer na deze meting lekken worden gemaakt in de schil, kunnen geen rechten worden ontleend aan deze eindmeting.

4.3 Methode en materiaal

4.3.1 Keuze van de methode

Eisen

Volgens het bouwbesluit moet de luchtdoorlatendheidsmeting van het gebouw worden uitgevoerd volgens de NEN 2686. Tevens kan er gemeten worden volgens methode A zoals bepaald in de NEN-EN 13829. Indien er een cascometing wordt gedaan dan wordt er gemeten via methode B, tussentijdse meting voordat de eindafwerking wordt aangebracht.

Nadere toelichting: Methode A

Methode A: Test van de woning zoals deze zal worden opgeleverd (ter controle EP-berekening).

De NEN-EN 13829 definieert twee meetmethodes, afhankelijk van de doelstelling die door de luchtdichtheidsmeting wordt beoogd. Methode A laat toe om de luchtdichtheid van het gebouw in reële omstandigheden te meten. De NEN-EN 13829 vermeldt: 'De toestand van de gebouwschil dient de toestand ervan weer te geven tijdens het seizoen waarin de verwarming- of koelsystemen worden gebruikt'. Bij methode A moeten deuren, ramen en andere regelbare ventilatieopeningen die te sluiten zijn, gesloten worden. Deze meting is de definitieve meting ter controle van de gehanteerde infiltratiewaarde in de ontwerpberekening.

In de praktijk moet diverse openingen worden dichtgezet en/of worden afgeplakt (zie bijlage A).

Nadere toelichting: Methode B

Methode B: Test van de luchtdichte schil op een willekeurig moment als de luchtdichte schil is aangebracht. Deze meetmethode mag niet worden toegepast als eindmeting.

Methode B laat toe om de luchtdichtheid van de gebouwschil te meten. De NEN-EN 13829 vermeldt: 'Alle bewuste openingen in de gebouwschil moeten worden gesloten of afgedicht.' Deze meting wordt toegepast wanneer het gebouw in ruwbouw klaar is, dat wil zeggen dat de thermische schil gereed is. Methode B is gericht op het meten van het luchtlekdebiet alleen door de gebouwschil en niet door de bewuste openingen in de gebouwschil; ze is dus van toepassing om specifiek de afwerkingskwaliteit van de gebouwschil te controleren, waarbij nog wijzigingen aangebracht kunnen worden door de aannemer.

Opmerking : methode A is dus veeleisender dan methode B. Methode B kan ten opzichte van methode A een afwijking opleveren in meetresultaat, afhankelijk van de staat van de afwerking en aangebrachte doorvoeringen.

4.3.2 Meetapparatuur**Eisen**

De eisen betreffende de drukapparatuur (manometer) en de meetinstrumenten zijn gedetailleerd beschreven in NEN-EN 13829 en in NEN 2686.

4.3.3 Benodigde meetinstrumenten

Tabel 2 Toegepaste meetinstrumenten

Meetinstrument	Merk	Type	Meting	Apparaatnummer
Drukmeters			Drukverschil	
Ventilator				
Temperatuurmeter			Temperatuur	
Barometer			Luchtdruk (barometerdruk)	

* De gebruikte meetapparatuur dient in het rapport opgenomen te worden.

4.3.4 Visuele controle meetinstrumenten

Vóór elke meting dienen de gebruikte meetinstrumenten grondig visueel geïnspecteerd te worden, zoals op mechanische schade, sporen van vervuiling, verstopping of beschadiging van de slangen enz.

Enkele praktische aanbevelingen:

- Repareer of vervang zo mogelijk meetinstrumenten, anders de meting staken of afbreken;
- Controleer dichtheid drukslangen;
- Controleer aansluiting apparatuur;
- Houd rekening met bouwstof.

4.3.5 Kalibreren

Het is duidelijk dat de kalibratie van de meetinstrumenten van essentieel belang is om de nauwkeurigheid van het meetresultaat te waarborgen. Het is dus verplicht om de meetinstrumenten regelmatig te kalibreren. Op basis van de gangbare praktijk van de geconsulteerde professionelen lijkt een interval tussen 2 ijkingen aanvaardbaar wanneer onderstaande frequenties worden aangehouden.

Het is een vereiste dat de meetapparaten regelmatig worden gekalibreerd volgens de door de fabrikant verstrekte voorschriften.

- 1 Een minimale frequentie van 1 maal per 2 jaar voor de drukmeter (manometer).
- 2 Een minimale frequentie van 1 maal per 5 jaar voor de ventilator/meetset.
- 3 Een minimale frequentie van 1 maal per 5 jaar voor de temperatuurmeter.
- 4 Een minimale frequentie van 1 maal per 5 jaar voor de barometer.

5 VOORBEREIDING VAN HET GEBOUW

5.1 Verwarming, ventilatie en andere apparatuur

Eisen

Met uitzondering van de systemen die eventueel deel uitmaken van de luchtdichtheidsmeting, moeten alle systemen die lucht aan de te meten zone toevoeren of eraan onttrekken vóór de meting worden uitgezet en waar nodig afgedicht; het gaat hierbij o.a. om de volgende systemen:

- mechanische ventilatie en airconditioning;
- luchtverwarming;
- verbrandingstoestellen;
- afzuigkappen;
- wasdrogers met luchtafvoer naar buiten.

Opmerking: zie bijlage A voor nadere specificatie.

Bewuste openingen

In dit document:

- betekent 'afdichten': hermetisch afsluiten met alle mogelijke geschikte middelen (tape, ballonnen, enz.);
- betekent 'sluiten': het gebruik van de op de betrokken opening aanwezige sluitingsinrichting zonder de luchtdichtheid van de opening in gesloten toestand te verhogen. Niet afdichten!

5.1.1 Algemene regel voor de openingen in de gebouwschil van de te meten zone.

Met een luchtdoorlatendheidsmeting wordt de luchtstroom via de ondichtheden in de gebouwschil inzichtelijk gemaakt. Het gaat hier om de zogenaamde 'onbedoelde' luchtlekken. Ventilatievoorzieningen zijn 'bedoelde' lekken die niet in de meting moeten worden meegenomen. Algemeen kan dus worden gesteld:

- dat voorzieningen voor (bewuste) ventilatie tijdens de meting worden gesloten, deze openingen mogen dus niet worden afgedicht met bijvoorbeeld tape;
- wanneer er geen sluitingsinrichting voorzien is, mag geen enkele maatregel worden genomen om de dichtheid van de opening te verhogen, tenzij er sprake is van wachtopeningen (5.1.3).

Omdat er in de praktijk veel verschillende situaties voorkomen en er niet altijd getoetst moet worden aan een EP-berekening is per opening in bijlage A aangegeven of deze open dient te blijven of moet worden afgesloten en/of afgedicht.

De openingen moeten zodanig gesloten worden dat ze gedurende de hele meting gesloten blijven. In sommige gevallen zullen bedoelde openingen gesloten gehouden moeten worden (omdat deze tijdens de meting kunnen bewegen) door middel van een doeltreffende voorziening.

De gebruikte voorziening om een opening gesloten te houden kan bijvoorbeeld bestaan uit een stukje plakband of een mechanische inrichting (een spie, een gewicht), maar mag in geen geval worden gebruikt om de dichtheid van de opening in gesloten toestand te verhogen (dus niet afdichten).

De openingen die op deze manier eventueel dicht gehouden dienen te worden zijn bijvoorbeeld kattenluiken, brievenbussen, enz.

5.1.2 Mechanische ventilatiesystemen

NEN 2686 en NEN-EN 13829 vereisen dat de luchtopeningen (ventilatieventielen) van mechanische ventilatiesystemen of airconditioningsystemen worden afgedicht. Als alternatief, en in afwijking van de norm, is het toegestaan om deze systemen af te dichten ter hoogte van de kanalen, zo dicht mogelijk bij de doorgang van deze kanalen door de luchtdichte schil van de te meten zone. Dit heeft sterk de voorkeur maar dient in de praktijk wel uitvoerbaar te zijn.

In de praktijk volstaat het om:

- ofwel alle individuele ventielen af te dichten (item 1 in figuur 4) (niet aan te bevelen, omdat anders lekverliezen uit ventilatiekanalen worden meegemeten);

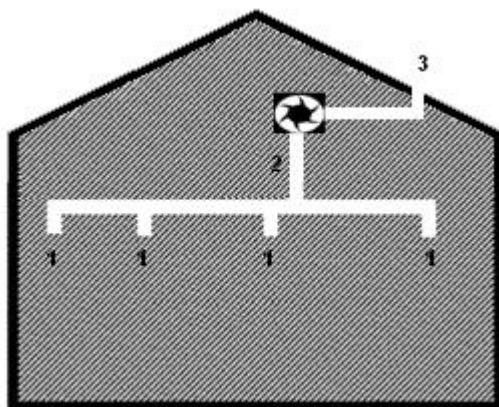
- ofwel de hoofdkanalen af te dichten tussen de ventilator en de luchtdichte schil van de te meten zone (item 2 in figuur 4), ongeacht de positie van de ventilator ten opzichte van de gebouwschil (binnen of buiten de te meten zone) (niet aan te bevelen);
- ofwel de buitenopeningen af te dichten (luchtinlaat en -uitlaat, item 3 in figuur 4) (aan te bevelen).

Opmerking: 'voor deze methode moet er een dakdoorvoer aanwezig zijn in de luchtdichte schil'.

Een praktisch middel om kanalen of openingen af te dichten bestaat erin de ventielen weg te nemen en het luchtkanaal met een luchtballon af te sluiten. De afdichting moet omkeerbaar zijn zonder schade voor het kanaal/ventiel.

De plaats waar de kanalen worden afgedicht en het gebruikte middel moeten in het rapport worden vermeld.

Indien in een afvoerkanaal van een ventilatiesysteem van type A of B een ventilator wordt ingebouwd, wordt dit nog steeds als een natuurlijke en niet als een mechanische afvoer beschouwd. Overeenkomstig bovenstaande regels mogen dergelijke kanalen dan ook niet afgedicht worden, maar moeten hun regelbare afvoeropeningen gesloten worden.



Figuur 4

Positie van de afdichting van luchtkanalen (voor een ventilator binnen het beschermd volume): ter hoogte van de individuele ventielen (1), tussen de ventilator en de gebouwschil van de te meten zone (2), of ter hoogte van de buitenopeningen voor luchtinlaat- of uitlaat (3)

Nadere toelichting:

Met betrekking tot de ventielen van de mechanische ventilatie is het, in afwijking van de norm, toegestaan om de hoofdkanalen af te dichten tussen de ventilator en de gebouwschil van de te meten zone. Het afdichten van elk ventiel afzonderlijk zoals geëist door de norm vertoont meerdere nadelen:

- Het eventuele luchtlekdebiet dat door de luchtkanaalwanden gaat, zal bijdragen aan het gemeten luchtlekdebiet.
- De werktijd voor het afdichten van elk ventiel afzonderlijk zal waarschijnlijk langer duren dan voor het afdichten van het hoofdkanaal ter hoogte van de ventilator. In de praktijk is het gebruikelijk dat de hoofdkanalen van de ventilator kunnen worden afgekoppeld voor onderhoud, hierdoor zou het dus gemakkelijk moeten zijn om de hoofdkanalen af te dichten tussen de ventilator en de gebouwschil van de te meten zone.
- Met betrekking tot de andere bewuste openingen volstaat het deze te sluiten en gesloten te houden, zonder ze af te dichten. Hierbij is het luchtlekdebiet in gesloten toestand onderdeel van de infiltratie/exfiltratie.

5.1.3 Openingen waaraan nog gewerkt wordt of wachtopeningen

Bewuste openingen waaraan nog gewerkt wordt of die in afwachting van de installatie van een toestel (verbrandingstoestel, afzuigkap, wasdroger, zonneboiler, enz.) zijn, dienen afgedicht te worden voor de meting. Het adequaat en duurzaam afdichten van deze niet gebruikte openingen is geen taak van de meettechnicus. Hij moet echter melden dat deze afgedichte openingen niet zijn toegestaan, en dat de meting niet als methode A door mag gaan of dit moet expliciet worden vermeld in de rapportage.

5.1.4 Brandkleppen

- Voorzieningen voor rookwarmteafvoer die normaal gesloten zijn en zich automatisch openen in geval van brand, moeten gesloten blijven tijdens de meting;
- Brandkleppen die normaal open zijn en zich automatisch sluiten in geval van brand, mogen niet worden gesloten tijdens de meting;
- Brandkleppen in een luchtdichte scheiding worden gesloten.

5.1.5 Openingen in ruimten die grenzen aan de te meten zone

In de verwarmde en onverwarmde ruimten buiten de te meten zone (bijvoorbeeld een serre, een veranda, een garage enz.), moeten de deuren, vensters en regelbare toevoeropeningen en andere openingen die eventueel in de buitenschil zijn aangebracht, ook worden gesloten, maar niet worden afgedicht.

Opmerking: van een tochtportaal moeten beide deuren worden gesloten.

Opmerking: Een deur of luik naar een zolder of een kelder sluiten.

5.1.6 Openingen binnenin de te meten zone

Alle deuren, luiken en openingen binnen de te meten zone moeten geopend zijn, indien deze kunnen worden geopend zonder gereedschap. De openingen, binnen de te meten zone, die geopend moeten zijn, zijn bijvoorbeeld:

- Alle binnendeuren die behoren tot de te meten zone;
- Een deur naar een technische ruimte binnen de te meten zone;
- Een deur naar een technische schacht die deel uitmaakt van de te meten zone;
- Een deur naar een berging of inloopkasten die behoren tot de te meten zone.

Opmerking: knieschotten/vlizotrappen dienen dicht te blijven. Indien dit niet mogelijk is dient dit te worden omschreven in het rapport.

Om praktische en veiligheidsredenen is het toegestaan dat sommige openingen gesloten blijven (bijvoorbeeld toegangsdeuren naar liften of naar hoogspanningruimten).

Indien een ruimte die deel uitmaakt van de te meten zone, bepaald in ontwerpberekening, geen opening heeft naar de rest van de te meten zone, maar wel naar buiten, moet deze afzonderlijk gemeten worden (zie hoofdstuk 4.1, te meten zone).

Het afdichten van openingen dient op een adequate en duurzame wijze te gebeuren, waarbij vermeden wordt dat openingen, die in normale condities gebruikt worden, onrechtmatig worden afgedicht. Het is de verantwoordelijkheid van de meettechnicus om na te gaan of er niet onrechtmatig werd afgedicht.

6 MEETPROCEDURE

6.1 Installatie van de apparatuur

De keuze van de positie van de meetdeur (drukapparatuur) die in een buitenopening (deur of raam) wordt geplaatst, dient uit te gaan naar een veilig toegankelijke opening die de grootste luchtdichtheid biedt. In het algemeen zal de meettechnicus a.d.h.v. ervaring uit de volgende opties kiezen (beste keuze staat bovenaan):

1. een deur of een raam met een elastische dichting over de volledige omtrek;
2. een deur uitgerust met afdichting onderaan (bijvoorbeeld valdorpel of borstel);
3. een deur zonder afdichting onderaan.

Aanbevelingen

De luchtdichtheid tussen de meetdeur (drukmeetapparatuur) en het gebouw dient verzekerd te zijn (de Blowerdoor sluit luchtdicht aan). Tape kan in voorkomende gevallen worden gebruikt om de luchtdichtheid aan de randen van de meetdeur (drukmeetapparatuur) te verzekeren.

Nadere toelichting

Door het gebruik van een meetdeur (drukmeetapparatuur) die in een buitenopening (deur of raam) wordt geplaatst, kan het luchtlekdebiet dat door deze opening wordt teweeggebracht, niet worden gemeten. Het is dan ook aan te bevelen deze meetdeur (drukmeetapparatuur) in de meest luchtdichte opening te plaatsen, bij voorkeur in een deur of een raam met een afdichting over heel de omtrek. Het kozijn kan aan de omtrek voorzien zijn van sluitingen of nokken die extra aandacht vragen om de luchtdichtheid tussen de drukmeetapparatuur en de gebouwschil te verzekeren. De plaats van de meetdeur (drukmeetapparatuur) moet opgenomen worden in de rapportage (bijvoorbeeld d.m.v. een foto).

Opmerking: uit praktijkervaring blijkt dat het lekverlies van een goed opgestelde meetopstelling vrijwel gelijk is aan het lekverlies van het gevelement dat tijdens de meting wordt geëlimineerd, de meetdeur hoeft niet te worden afgeplakt.

6.2 Aanbevelingen

6.2.1 Positie meettoestel (gevel/volume van het gebouw)

Eisen

- De positie van het meettoestel (of meerdere meettoestellen) moet zodanig worden gekozen dat deze vrij uit kan (kunnen) blazen of vrij aan kan (kunnen) zuigen waardoor een gelijkmatige drukverdeling in het gebouw/de meetruimte zal ontstaan.
- Tussen de ruimte waarin de meetopstelling is geplaatst en de aangrenzende ruimten mag het drukverschil t.o.v. de gemiddelde druk in het gebouw niet groter zijn dan 5 pascal).
- Bij het meten van een hoog gebouw mag ter voorkoming van het zogenaamde 'schoorsteeneffect' ΔT (tussen binnen-buiten), vermenigvuldigd met de gebouwhoogte in meters, niet groter zijn dan 500 mK (Voorbeeld: Bij een gebouwhoogte van 50 meter mag ΔT maximaal 10 K zijn). Wordt hier niet aan voldaan dan dient als eerste meetpunt (drukverschil over de gevel) te worden gekozen voor de waarde die bepaald wordt uit '5 x het hoogst gemeten statische drukverschil + 5 pascal'. Daarnaast moeten tenminste 8 meetpunten worden bepaald.
- Binnen het gebouw mogen geen grotere drukverschillen dan 5 pascal aanwezig zijn.
- Wanneer er met x ventilatoren wordt gemeten moeten de natuurlijke drukken bij tenminste 2 posities worden gemeten. Het verschil tussen de hoogste en laagste waarde mag niet meer dan 10 pascal bedragen.

Wordt aan voorgaande voorwaarden niet voldaan met de gekozen opstelling, dan dient het meettoestel verplaatst te worden naar een 'centralere' positie of moet gebruik gemaakt worden van meerdere meettoestellen.

Aanvullende opmerkingen/adviezen:

- Om grote gebouwen te kunnen meten, moeten (meestal) meerdere ventilatoren worden gebruikt. Dit om bij alle benodigde meetdrukken een gelijkmatige drukverdeling in het gebouw te kunnen garanderen.
- Het aantal ventilatoren en de positie ervan is mede afhankelijk van de winddruk, thermische druk in/op het gebouw en de massa-traagheid van de lucht.
- Bij langwerpige gebouwen (afhankelijk van de indeling) moeten de ventilatoren over de lengte van het gebouw verdeeld worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een distributiecentrum. Deze zijn vaak zeer lang, maar vaak niet zo heel diep. Dan is het beter om meerdere ventilatoren in de lange gevel te plaatsen om zo de winddruk te compenseren.
- Bij hoge gebouwen zal/zullen ook op hoger gelegen verdieping(en) ventilator(en) geplaatst moeten worden. Alternatief is de meetopstelling en/of meetsonde van de ventilator of drukmeter te plaatsen op een neutraal hoger gelegen punt in het gebouw.
- De ventilatoren moeten worden opgesteld in de gevel van een ruimte/gebouw die zoveel mogelijk in open verbinding staat met de rest van het meetcompartiment.
- Om te zorgen voor een gelijkmatige drukverdeling in het gebouw, het meettoestel/de ventilator bij voorkeur niet aan het eind van een smalle gang plaatsen.
- Om te beoordelen of een drukverschil binnen het gebouw aanwezig is kan eenvoudig met een drukmeter en drukslangen ter plaatse van een smalle doorgang het drukverschil (dus luchtstroming) worden gemeten.
- Het drukverschil tussen binnen en buiten wordt over het algemeen gemeten op het niveau van de laagste verdieping van het gebouw. Of het drukverschil over de gevel voldoende gelijk is, wordt bepaald door bij het kleinste en grootste drukverschil waarbij de meting wordt uitgevoerd, op verschillende posities het drukverschil over de gevel te meten. Het drukverschil tussen het kleinste en grootste drukverschil mag niet meer dan 10 Pa bedragen. De meetpunten dienen opgenomen te worden in de rapportage.
- In gebouwen met grote hoogte (vanaf circa 15 meter) is het beter om ook het drukverschil op de hoogste verdieping te meten.

6.2.2 Slang t.b.v. meting drukverschil over de schil

- Voor de meting dienen de slangen gecontroleerd te worden op dichtheid of verstoppingen.
- De slang dient vrij van de grond geplaatst te worden.
- Bij regenachtig weer dient ervoor gezorgd te worden dat er geen water in de slang kan komen.
- Het uiteinde van de slang dient minimaal 1 m¹ van de gevel af te liggen.

6.2.3 Meten van grote volumes (luchtverlies > 750 l/sec/10Pa)

Bij grote gebouwen adviseren wij om van hoge druk naar lage druk te meten.
85 – 75 – 65 – 55 – 45 – 35 – (25)

6.2.4 Meten van kleine volumes (luchtverlies ≤ 750 l/sec/10Pa)

25 – 35 – 45 – 55 – 65 – 75 – 85

Toelichting: De meetpunten zijn gebaseerd op de NEN 2686 en de NEN-EN 13829.

- Er moeten twee metingen worden uitgevoerd: één met overdruk en één met onderdruk.
- Voor alle bouwtypes moet het grootste drukverschil tussen het laagste en hoogste punt minstens 50 Pa bereiken (in absolute waarde).
- Er dienen minimaal zes meetpunten te zijn.
- Drukverschil tussen twee opeenvolgende punten dient 5 tot 10 Pa te zijn.
- Hoogste meetpunt ligt tussen de 85 en de 100 Pa.
- Laagste meetpunt minimaal 5 * Baseline (met minimum van 15 Pa).

7 BEREKENING VAN HET TOTALE LUCHTLEKDEBIET**Eisen volgens ontwerpberekening**

Het luchtlekdebiet (V) moet worden berekend in overeenstemming met NEN 2686 en/of NEN-EN 13829, afzonderlijk voor de metingen met overdruk (en hier genoteerd als V_{pres}) en voor de metingen met onderdruk (genoteerd als V_{depres}).

Het eindresultaat van het luchtlekdebiet is het gemiddelde van de luchtlekdebieten bepaald bij overdruk en bij onderdruk, berekend als volgt:

$$V = \frac{V_{depres} + V_{pres}}{2} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Opmerking: Bij grote verschillen tussen $V_{depress}$ en V_{press} , moet dit worden onderbouwd in de rapportage.

Opmerking: De opdrachtgever kan bepalen dat alleen een over- of onderdrukmeting nodig is.

Omrekenmethode

Omrekenen naar infiltratiewaarde EP ($q_{v,10;kar}/\text{m}^2$):

Volumestroom

$$V_{10}: \text{m}^3/\text{h} \quad / \quad 3,6 \quad = \quad V_{10}: \quad \text{dm}^3/\text{s} \quad = \text{l/s}$$

$$V_{10}: \text{dm}^3/\text{s} \quad / \quad A_g \quad = \quad q_{v,10} \quad \text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2 \quad = \geq \quad \text{Waarde EP - berekening}$$

$$V_{50}: \text{m}^3/\text{h} \quad / \quad \text{Inhoud van de te testen ruimte} \quad = \quad n \quad (\text{ACH})$$

Nadere toelichting:

Het debiet gemeten bij overdruk en het debiet gemeten bij onderdruk laat zowel de infiltratie als de exfiltratie zien. De gemeten zone is afhankelijk van de ontwerpberekening die hieraan ten grondslag ligt. De bepaling ervan is de verantwoordelijkheid van de aanvrager van de meting of zijn vertegenwoordiger en niet van de meettechnicus.

8 VERMELDINGEN IN HET RAPPORT

Eisen

In het kader van de uniformiteit dienen ten minste de volgende tekst en gegevens te worden opgenomen (zie ook bijlage B):

Bij de luchtdichtheidsmeting werden alle voorschriften nageleefd in het kader van de NEN 2686 en NEN-EN 13829 ten behoeve van controle op een luchtdoorlatendheidswaarde, zoals beschreven in de 'SKH-Publicatie13-01 "luchtdichtheidsmetingen", van 18-12-2013.

Gegevens over het bedrijf die de metingen verricht:

- NAW-gegevens van het bedrijf (indien van toepassing);
- Datum van de meting;
- Naam van de verantwoordelijke meettechnicus (metingen, berekeningen en rapport);
- Datum rapport.

Gegevens van de aanvrager:

- Naam, adres (bedrijfsnaam);
- Naam contactpersoon.

Gegevens van het gebouw en de gemeten zones:

- Volledig adres;
- Duidelijke, nauwkeurige en eenduidige omschrijving van de effectief gemeten zone, eventueel aangevuld met een aanduiding op de bouwtekeningen;
- De plattegronden mogen vereenvoudigd zijn om gemakkelijk bij het rapport te kunnen worden toegevoegd;
- De infiltratiewaarden uit de ontwerpberekening;
- Toestand (gesloten of niet afgesloten) van de bewuste openingen in de gebouwschil;
- Positie van de afdichting van de ventilatiekanalen.

Gegevens over de meting:

- Merk, type en positie van de meetdeur (drukapparatuur) en de meetapparaten;
- Betreffende de meetapparaten: laatste kalibratiedatum en naam van de instelling die deze kalibratie heeft uitgevoerd;
- Inbouwplaats meetopstelling;
- Binnen- en buitentemperaturen;
- Windsnelheid;
- Gemeten zone (Ag of V);
- Oppervlakte scheidingsconstructie in m^2 ;
- Detail van de drukverschillen bij nuldebiet (natuurlijke druk/bias/baseline), gemeten vóór en na de meting, en drukverschil bij gemiddeld nuldebiet gebruikt in de berekeningen;
- Gegevens van de relaties debiet/druk bij overdruk en bij onderdruk;
- Dubbele logaritmische grafiek met de gegevens en de regressielijnen bij overdruk en bij onderdruk;
- Gemiddelde luchtlekdebiet, V, onderdruk en overdruk luchtlekdebiet, V en bijbehorende drukvermelding;
- Correlatiecoëfficiënt $\geq 0,98$;
- Meetresultaten;
- De waarden van de gemeten volumestromen (q_v , in dm^3/s) bij de corresponderende drukverschillen (Δp , in Pa) in tabelvorm (zie bijlage B); $q_v;10$ waarde $dm^3/s.m^2$;
- De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt (C) volgens de druk/volumestroomkarakteristiek (zie bijlage B) en de vervolgens berekende:
 - Stromingsexponent (n);
 - C_{env} is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt, in $dm^3/(h \cdot Pa)$;
 - C_L is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt, in $dm^3/(h \cdot Pa)$;
 - n_{50} waarde $1/h$ (alleen op verzoek).

Nadere toelichting:

De beschrijving van de gemeten zone moet duidelijk, nauwkeurig en eenduidig zijn, onder andere om achteraf de gemeten zone te kunnen (her)berekenen. Aan de hand van de andere eisen van het rapport kan worden nagegaan of de procedure werd gevolgd, zowel wat de naleving van de procedure en de berekeningsmethode van de NEN-EN 13829 als wat bij de SKH-Publicatie 13-01 behorende bij NEN-EN 13829 en NEN 2686 betreft.

De n_{50} -waarde is vereist in de norm NEN-EN 13829. Deze waarde wordt regelmatig gebruikt om de metingen tussen gebouwen, met name op internationaal vlak, te vergelijken.

9 REFERENTIES

H.J. Bos, Thermodicht (auteur en initiatiefnemer)
R. Bluemink, Adviesbureau Bluemink
W. Borsboom, Tightvent Europe – NL
F. Dam, Buildingdoctor.eu
R. Geerligs, SBRCURnet
E. Giesen, Invent Advies
W. de Groot, SHR
P. Kuindersma, Nieman Raadgevende Ingenieurs BV
H. Nieman, Nieman Raadgevende Ingenieurs BV
M. Nooijen, Raak Energie advies
P. Simons, BlowerDoor Duitsland
M. Steps, Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV (Math Steps)
E. Taelman, SaniDetectif België

10 DOCUMENTENLIJST

NEN 2686:1988+A2:2008	Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode
NEN-EN 13829:2000	Thermische prestaties van gebouwen. Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen - Overdrukmethode
BRL 0905-1	Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO® attest of KOMO® attest-met-productcertificaat voor bouwsystemen voor energiezuinige woningen, woninguitbreidingen en/of woongebouwen

BIJLAGE A CONTROLELIJST (NIET) TE SLUITEN OPENINGEN EN UIT TE SCHAKELN TOESTELLEN

'afdichten/afplakken' betekent: hermetisch afsluiten met alle mogelijke geschikte middelen (tape, ballonnen, enz.);

'sluiten' betekent: het gebruik van de op de betrokken opening aanwezige sluitingsinrichting zonder de luchtdichtheid van de opening in gesloten toestand te verhogen. Niet afdichten!

Buitendeuren	Sluiten
Tourniquet	Sluiten
Ramen	Sluiten
Binnendeuren (inclusief meterkast, bergruimte, enz.)	Open
Mechanische ventilatie openingen (WTW)	Afkoppelen en afdichten bij doorvoer door schil
Zolderluik (onverwarmd puntdak)	Sluiten
Kelderdeur binnen thermische schil	Open
Knieschot	Sluiten
Kelderdeur buiten thermische schil	Sluiten
Open haard, hout- en kolenkachel, inbouwhaard (en andere)	Klep dicht, indien mogelijk (as verwijderen) ⁽¹⁾
Open haard luchttoevoer	Afdichten van het kanaal
Vuurhaarden in verwarmde kamers (op gas enz.)	Uitschakelen
Hout en kolenkachels, inbouwhaard (en andere) niet horende tot het volume	Uitschakelen
Luchttoevoer branders (gas), vuurplaatsen in verwarmde kamers	Uitschakelen
Kleppen, deuren, luiken tot onverwarmde ruimtes (niet behorend tot de te meten zones)	Sluiten
Sleutelgaten	Open
Brandkleppen in luchtdichte scheiding	Sluiten
Afzuigkap afvoer	Afplakken ⁽²⁾
Warmtepomp (voor ventilatiesysteem)	Afkoppelen
Ventilatie roosters ramen en dakramen	Sluiten
Brievenbussen	Sluiten/vergrendelen ⁽³⁾
Kattenluik	Sluiten ⁽³⁾
Wasdroger in verwarmde plaats met afvoer naar buiten.	Sluiten
Wasschacht naar onverwarmde ruimten	Sluiten
Centrale stofzuiginstallatie	Sluiten
Openingen van rolluiklint	Open
(CV-)Installaties in verwarmde ruimten	Uitschakelen
Ontbrekend raam/deurkruk	Afdichten
In verwarmde ruimten verplichte beluchtingopening voor de schoorsteen	Open
Liftschacht kanalen	Afvoer afdichten ⁽²⁾
Ramen in onverwarmde ruimten	Sluiten
Afvalwater, afvoerbuizen	Gevulde sifon = dicht
Verbrandingstoestellen	Uitschakelen.

⁽¹⁾ Indien het open verbrandingstoestel geen onderdeel is van de bouwvergunning (en dus ook energieberekening), wordt de opening aanvullend afgeplakt;

⁽²⁾ Er is vanwege uniformiteit gekozen voor afplakken, eventueel kan hiervan worden afgeweken mits goed onderbouwd.

⁽³⁾ In verband met het op overdruk meten van het gebouw wordt de klep vergrendeld.

BIJLAGE B CHECKLIST

Checklist luchtdichtheidsmetingen

gegevens meetbedrijf	
Naam:	SHR b.v.
Adres:	Nieuwe kanaal 9b
postcode:	6709 PA
plaats:	Wageningen
btw nr:	

gegevens gebouw	
Adres:	
postcode:	

gegevens meting	
datum meting:	
tijd:	
meettechnicus:	
type meting:	type A / type B
werkzaamheden afgerond	ja / nee
verwarming:	aan / uit
ventilatie:	aan / uit
andere toestellen:	
.....	aan / uit

toestand bewuste openingen in de gebouwschil:	
	open / gesloten

positie van de afdichting van de ventilatiekanalen:	
---	--

tpv aanzuiging in gebouw / tpv afvoer door de schil	
---	--

Type meetdeur:	
laatste kalibratie	... / ... /
instelling:	
plaats meetdeur:	voordeur / achterdeur /
foto meetdeur	ja / nee

type deur:	
- afdichtingsprofielen:	ja / nee
- valdorpel / plint:	ja / nee
- brievenbus met klep:	ja / nee
binnentemperatuur:	°C
buitentemperatuur:	°C
windsnelheid:	m/s

natuurlijke press en depress	
vóór de meting:	Pa
ná de meting:	Pa
gebruikt in de meting:	Pa
Barometerdruk	Pa
bereikte druk ≥ 85 Pa	ja / nee
Correlatiecoëfficiënt $\geq 0,98$	ja / nee
foto meetopstelling:	ja / nee
foto afdichtingen:	ja / nee

gegevens opdrachtgever	
Naam:	
Adres:	
postcode:	
plaats:	
contactpersoon:	

gegevens Energie Prestatieberekening	
gebruiksoppervlak A_g :	m ²
V_{netto} (netto-volume)	m ³
$q_{v,10}$	dm ³ /s·m ²

uitkomsten meting tbv NEN 2686	
$V_{10, \text{press}}$	m ³ /h
$V_{10, \text{depress}}$	m ³ /h
$V_{10} = (V_{10, \text{press}} + V_{10, \text{depress}}) / 2 =$	m ³ /h
$q_{v,10, \text{kar}} = V_{10} / 3,6 =$	dm ³ /s
$q_{v,10}^* = (q_{v,10, \text{kar}} / V_{\text{netto}}) \cdot 500 =$	dm ³ /s
$q_{v,10, \text{per m}^2}^{**} = q_{v,10} / A_g =$	dm ³ /s·m ²

* tbv controle bouwbesluit: $q_{v,10} \leq 200$ dm³/s ≤ 500 m³ geldt: $q_{v,10} = q_{v,10, \text{kar}}$

** tbv Energie Prestatieberekening

uitkomsten meting tbv NEN-EN 13829:2001 (optioneel)	
$V_{50, \text{press}}$	m ³ /h
$V_{50, \text{depress}}$	m ³ /h
$V_{50} = (V_{50, \text{press}} + V_{50, \text{depress}}) / 2 =$	m ³ /h
$n_{50}^* = V_{50} / V_{\text{netto}}$	h ⁻¹

* tbv controle Passief Bouwen: $n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹

[Pa]	meting	
	press [m ³ /h]	depress [m ³ /h]
(25)*		
35		
45		
55		
65		
75		
85		

*niet benodigd voor gebouwen met een groot volume

aangeven gemeten zone:

aangeven afgedichte kanalen:

De '**SKH-Publicatie 13-01**' beschrijft de meetmethode voor het meten van de luchtdoorlatendheid van gebouwen met meerdere mogelijke varianten, en legt de eisen vast die moeten worden nageleefd. Dit in aanvulling op de regelgevende teksten omschreven in de Nederlandse norm NEN 2686 'Luchtdoorlatendheid van de gebouwschil' en de Europese norm NEN-EN 13829 'Luchtdichtheidsmeting van gebouwen'. In deze '**SKH-Publicatie 13-01**' zijn de preciseringen vastgelegd voor de uitvoering van luchtdichtheidsmetingen in het kader van controle op de regelgeving.