

Luchtdoorlatendheid van woningen (deel 1)

Het zogenaamde luchtdicht bouwen krijgt steeds meer aandacht. Er zijn in het verleden door het toenmalige SenterNovem in kader van het E'novatie programma al veel luchtdichtheidsmetingen uitgevoerd. Na circa twee decennia zijn het nu steeds vaker de opdrachtgevende en uitvoerende partijen zelf die om de zogenaamde 'blower door tests' vragen om de luchtdichtheid van gebouwen te testen. De 3TU.Bouw heeft financiering toegekend aan het onderzoeksvoorstel 'Impenetrable Infiltration': een onderzoek naar de stand van zaken van de luchtdoorlatendheid van Nederlandse woningen.

Dr.ir. A.G. (Bram) Entrop, universitair docent Duurzaam Bouwen, vakgroep Bouw/Infra, Universiteit Twente en initiator 3TU Lighthouse onderzoeksproject 'Impenetrable Infiltration'

De Universiteit Twente en de Technische Universiteit Eindhoven hebben samen met het bouwbedrijf SelektHuis gewerkt aan de uitvoering van het onderzoek 'Impenetrable Infiltration'. Het onderzoek kent twee onderdelen, namelijk:

- het uitvoeren van luchtdichtheidsmetingen op woningen om zo te bepalen tegen welke keuzemogelijkheden luchtdichtheidsmeters en uitvoerende bouwondernemingen aanlopen om de te meten luchtvolumestroom te beïnvloeden;
- het bestuderen van rapportages van luchtdichtheidsmetingen op woningen uitgevoerd door luchtdichtheidsmeters om zo te bepalen wanneer de maximaal toelaatbare luchtvolumestroom ten gevolge van infiltratie wel of niet wordt overschreden.

In een volgend artikel zal worden ingegaan op Onderdeel B. In dit artikel wordt ingegaan op Onderdeel A van het onderzoek. De focus ligt op de ontwikkelingen inzake de luchtdichtheid van vrijstaande woningen van één specifieke

bouwonderneming. Deze bouwonderneming wil zelf graag weten hoe de luchtdoorlatendheid van haar woningen kan worden gereduceerd.

Eerst zal kort worden ingegaan op de regelgeving inzake luchtdoorlatendheid. Vervolgens zal inzicht worden gegeven in hoeverre in het verleden van de bouwonderneming reeds luchtdoorlatendheidsonderzoeken hebben plaatsgevonden en tot welke resultaten dat leidde. Daarna komt een veldstudie aan bod, waarbij in aanbouw zijnde vrijstaande woningen werden getest op hun luchtdoorlatendheid door het uitvoeren van zogenaamde blower door tests. Het artikel eindigt met conclusies en aanbevelingen.

■ REGELGEVING

Het is wenselijk dat gebouwen beschikken over voldoende en juiste mogelijkheden om te ventileren. Buiten de benodigde ventilatievoorzieningen is het echter de bedoeling een gebouw zo luchtdicht mogelijk te maken ten einde comfortklachten en onnodig energiegebruik te

voorkomen. In het Bouwbesluit zijn eisen met betrekking tot de luchtdoorlatendheid opgenomen. Artikel 3.21 besteedt aandacht aan de maximale specifieke luchtvolumestroom die vanuit de kruipruimte een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte bereikt.

Met betrekking tot een heel gebouw wordt in Art. 5.4 lid 1 het volgende geëist: *De volgens NEN 2686 bepaalde luchtvolumestroom van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten van een gebruiksfunctie is niet groter dan 0,2 m³/s.*

De waarde van 0,2 m³/s oftewel 200 l/s danwel 200 dm³/s speelt een centrale rol, maar afhankelijk van hoe de vereiste energieprestatiecoëfficiënt (EPC) wordt behaald, dient vaak een betere luchtdichtheid te worden gerealiseerd. In de EPC-berekening wordt namelijk ook de infiltratie meegenomen, waarbij vaak waarden van 0,150 (voor passiefhuisniveau), 0,400 of 0,625 dm³/s per m² vloeroppervlak worden gehanteerd. Wanneer wordt uitgegaan van een A_g van 150 m², dan is de vereiste luchtvolumestroom uit Art. 5.4 lid 1 een grenswaarde die

Case nummer en locatie	Datum meting	Gemeten lucht-volumestroom $q_{v,10}$ (dm ³ /s)	Oordeel Bouwbesluit	Karakteristieke lucht-volumestroom $q_{v,10;kar}$ (dm ³ /s·m ²)	Oordeel ambitie EPC-berekening
1. Wirdum	09-07-2013	80,556	Voldoet	0,344	Voldoet
2. Wenum Wiesel	20-11-2013	129	Voldoet	0,50	Voldoet
3. Middelie	24-04-2014	237	Voldoet	1,21	Voldoet niet
4. Schalkhaar	03-06-2013	100	Voldoet	0,520	Voldoet
5. Huizen	-	-	-	1,004	Voldoet niet
6. Lochem	16-12-2011	Meting enkel gericht op luchtdichtheid kap met rieten dakbedekking			
7. Woudrichem	28-03-2012	225	Voldoet niet	1,359	Voldoet niet

- Tabel 1- Resultaten van reeds beschikbare luchtdoorlatendheidsmetingen voor vrijstaande woningen

meer dan twee keer zo hoog ligt.

In NEN 2686 'Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode' wordt de term lucht volumestroom in drie gedaanten beschreven. In alle gevallen wordt de lucht volumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek van een gebouw bij een drukverschil van 10 Pa. Er kan echter sprake zijn van een lucht volumestroom ($q_{v,10}$) die wordt herleid naar een netto-inhoud van 500 m³, indien de inhoud van het betreffende gebouw groter is dan 500 m³. De tweede gedaante is de gemeten lucht volumestroom ($q_{v,10;gemeten}$) zonder herleiding naar een gestandaardiseerde netto-inhoud. De derde vorm is de karakteristieke lucht volumestroom ($q_{v,10;kar}$). Dit betekent dat tot en met een netto-volume van 500 m³ $q_{v,10}$ en $q_{v,10;kar}$ aan elkaar gelijk zijn.

NEN 2686 geeft tevens inzicht in hoe de luchtdichtheid gemeten dient te worden en aan welke administratieve bepalingen het verslag van de meting dient te voldoen. Er is ook een Engelstalige Europese norm die op dergelijke zaken ingaat, te weten EN 13829 'Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen – Overdrukmethode'. Met de in ontwikkeling zijnde NEN-EN-ISO 9972 'Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen – Overdrukmethode' is het de verwachting dat ook die norm vanaf 2015 een, zo niet dé, leidraad gaat vormen voor luchtdichtheidsmetingen. In de tussentijd heeft Stichting Keuringsbureau Hout (SKH) in opdracht van de Nederlandse Branchevereniging voor Luchtdichtheidsmetingen (NBVL) de publicatie 'Luchtdichtheidsmetingen' uitgebracht om meer eenduidigheid te scheppen. Deze richtlijn geeft een suggestie hoe om te gaan met de verschillen tussen NEN 2686 en EN 13829. Ondanks dat alleen NEN 2686 direct wordt aangewezen in het Bouwbesluit, zijn er dus verschillende andere richtlijnen waarvan luchtdichtheidsmeters gebruik kunnen maken.

DESKSTUDIE

Al voor aanvang van het onderzoeksproject waren er binnen de bestudeerde bouwonderneming zeven onderzoeksrapporten beschikbaar waarin de luchtdichtheid van hun woningen werd getest. De onderzoeksrapporten hebben betrekking op vrijstaande woningen met een netto-volume van zo'n 420 tot 670 m³ en een netto-vloeroppervlak van 165 tot 260 m².

Luchtdichtheid woningen in rapporten

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de gemeten lucht volumestroom, zoals deze in de betreffende rapportage is vermeld. De lucht volumestroom is als een totaalwaarde in dm³/s en als specifieke waarde in dm³/s per m² vloeroppervlak weergegeven. Volgens deze rapportages voldoen drie van de zes daadwerkelijk bemeeten woningen niet aan de gestelde ambities in de EPC-berekening. Eén woning lijkt niet conform Bouwbesluit te presteren. Van de woningen die wel voldoen, liggen de gemeten waarden minimaal zo'n 17% onder de ambitie in de EPC-berekening. In geval van Case 5 is door de betreffende gemeente aangegeven dat de luchtdichtheid van de woning is gemeten en niet zou voldoen. Er is echter geen volledig meetrapport overhandigd. In geval van Case 6 is de woning onder onderdruk en overdruk gezet om te bekijken in hoeverre de dakconstructie luchtdicht is. Dit was gedaan om een lange levensduur van de rieten dakbedekking veilig te kunnen stellen. Het is natuurlijk voor de betreffende bouwonderneming belangrijk stil te staan bij de vraag door welke oorzaken de vereiste dan wel geambieerde luchtdichtheid niet wordt gehaald. Gelijktijdig met een blower door test wordt daarom meestal een overzicht gemaakt van de verscheidene luchtlekken in de schil. Deze lekken worden vaak bij een onderdruk van circa 50 Pa zichtbaar met behulp van een rookmachine en/of een infraroodcamera. In sommige gevallen wordt met de hand gevoeld of er op

de grens van verschillende bouwelementen luchtstromen bestaan. Een dergelijk uitgebreid testrapport omvat dan diverse foto's met een korte omschrijving van de aanwezige luchtlekken.

Bestudering rapporten

Naast lering trekken uit de foto's, is het echter bijna net zo interessant om de rapporten zelf eens tegen het licht te houden. Want ondanks dat de rapporten vermelden dat ze de prestatie van de woning toetsen aan het Bouwbesluit, komt het oordeel toch niet altijd tot stand op de wijze zoals bedoeld in NEN 2686.

In het rapport met betrekking tot Case 1 wordt bijvoorbeeld de gemeten waarde tot drie cijfers achter de komma weergegeven in plaats van twee. Voor de bepaling van de lucht volumestroom van Case 2 wordt bij één meting een te klein aantal meetpunten gehanteerd en wordt er geen correctie toegepast voor het netto-volume. In het rapport behorende bij Case 3 wordt de bruto-inhoud van de woning gebruikt voor de correctie in plaats van de netto-inhoud. Het rapport voor Case 4 is conform de Europese norm, in plaats van de door het Nederlandse Bouwbesluit aangewezen norm, NEN 2686 opgesteld. Er is daarbij geen volumecorrectie gehanteerd. Er wordt ook hier gewerkt met drie cijfers achter de komma en er is een vrij hoge meetwaarde geaccepteerd bij het vaststellen van de baseline. Uit de foto's van dit rapport bleek dat tijdens de meting de meterkast volledig was afgetaped, waardoor de lekken in die ruimte vermoedelijk nauwelijks tot geen invloed hadden op de gemeten waarde. Voor Case 5 wordt vastgesteld dat de woning niet zou voldoen aan de in de EPC vastgelegde ambitie, maar in de betreffende tekst worden waarden met verschillende eenheden met elkaar vergeleken. In geval van Case 7 wordt op basis van het netto-vloeroppervlak geoordeeld dat de woning niet zou voldoen aan het Bouwbesluit, terwijl hier eigenlijk een rol voor de netto-

inhoud is weggelegd. Deze woning is overigens eveneens kleiner dan 500 m³, waardoor $q_{v,10}$ en $q_{v,10, \text{kar}}$ aan elkaar gelijk zijn.

Met de kennis dat het geen eenvoudige opgave is om een lichtdichtheidsmeting op een correcte wijze uit te voeren en vast te leggen, is er een veldstudie opgestart en uitgevoerd.

VELDSTUDIE

In deze sectie zal eerst de opzet van de veldstudie worden behandeld, alvorens de meetresultaten en de analyse te presenteren.

Opzet veldstudie

Om de veldstudie uit te kunnen voeren, is de nodige apparatuur aangeschaft. Om de lucht volumestroom vast te stellen, is er gebruik gemaakt van een blower door, een Model 1000 ventilator en de DM-2A Mark II van Retrotec. Tevens is er tijdens de metingen gebruik gemaakt van twee Voltcraft DL-181THP dataloggers om de luchtdruk, binnen- en buitentemperatuur elke minuut vast te leggen. Er werd een Windmaster 2 anemometer gebruikt om de windsnelheid op locatie te bepalen. Om inzicht te krijgen waar eventuele lekken zich bevonden, werden een Power Tiny rookmachine en een Nieaf-Smitt infraroodcamera ingezet bij een onderdruk van circa 50 Pa. De veldstudie heeft betrekking op negen verschillende cases, die in 2014 zijn opgeleverd. Alle cases zijn wederom vrijstaande woningen

met een netto-volume van zo'n 335 tot 685 m³ en een netto-vloeroppervlak tussen de 135 en 265 m² (zie voor de specifieke waarden tabel 2). Het netto-volume omvat niet de volumes met een hoogte kleiner dan 1,5 m, zodat dit volume aansluit bij het netto-vloeroppervlak. De omvang van de thermische schil en het netto-vloeroppervlak zijn vastgesteld aan de hand van de EPC-berekening.

Voor het bepalen van de lucht volumestroom is, in lijn met EN 13829, het gemiddelde van twee meetseries genomen; één op onderdruk en één op overdruk. Het drukverschil over de gevel liep hierbij op van 20 tot 90 Pa. NEN 2686. Elke meetserie bestond uit het bepalen van een baseline met tien meetwaarden vooraf, twaalf debietmetingen en tot slot een baseline met wederom tien meetwaarden achteraf. Vervolgens is met deze meetwaarden teruggerekend naar een lucht volumestroom bij een drukverschil van 10 Pa.

Resultaten metingen

In totaal zijn er zestien metingen uitgevoerd op de negen cases. In tabel 2 zijn de resultaten van de uitgevoerde metingen terug te vinden. De gemeten lucht volumestroom ($q_{v,10}$ in dm³/s) is gedeeld door het netto vloeroppervlak (in m²) van de woning om zo tot de karakteristieke lucht volumestroom ($q_{v,10, \text{kar}}$ in dm³/(s·m²)) van de woning te komen, welke kan worden vergeleken met de bij de vergunningaanvraag

gespecificeerde ambitie in de EPC-berekening. Bij vier cases is er een tussentijdse meting en een eindmeting uitgevoerd. De eindmeting vond dan plaats vlak voor of na de oplevering. In het geval van Case 2 was er in eerste instantie een standleiding over het hoofd gezien. Na het dichten van deze leiding met een plakkende folie werd de bij 10 Pa gemeten lucht volumestroom 5,83 dm³/s lager. Een soortgelijke situatie deed zich voor bij Case 7, alwaar een nog loze dakdoorvoer over het hoofd werd gezien. Het effect was een reductie van 3,89 dm³/s bij 10 Pa. In Soest, Case 5, hebben de medewerkers op de bouwplaats enkele minuten de tijd gekregen om na een eerste meting diverse met de rookmachine en infraroodcamera geconstateerde lekken dicht te zetten met behulp van tijdelijke maatregelen. Met deze test konden de medewerkers zelf zien wat het effect is van dergelijke te treffen verbeteringen. De luchtdoorlatendheid werd daarna nogmaals gemeten met als resultaat een reductie van 196,25 dm³/s (bij 10 Pa). Op 8 december gaf een eindmeting het inzicht dat de luchtdoorlatendheid van Case 5 verder was beperkt, maar nog niet voldeed aan de ambitie uit de EPC-berekening. Dit brengt ons bij de analyse.

Analyse meetresultaten

Het Bouwbesluit eist, zoals reeds uitgelegd, een luchtdoorlatendheid die kleiner is dan 200

#	Case nummer en locatie	Datum meting	Netto-volume (m ³)	Nettovloeroppervlak (m ²)	Gemeten lucht volumestroom $q_{v,10}$ (dm ³ /s)	Karakteristieke lucht volumestroom $q_{v,10, \text{kar}}$ (dm ³ /(s·m ²))
1	1. Radio Kootwijk	06-10-2014	682	265	290,28	1,09
2		08-12-2014			95,83	0,36
3	2. Doorn	28-10-2014	451	171	194,58	1,14
4		28-10-2014			188,75	1,10
5	3. Rijssen	28-10-2014	391	156	134,03	0,86
6		17-12-2014			94,58	0,61
7	4. 's-Graveland	12-11-2014	339	135	95,97	0,71
8		08-12-2014			56,81	0,42
9	5. Soest	12-11-2014	482	191	430,56	2,26
10		12-11-2014			234,31	1,23
11		08-12-2014			150,56	0,79
12	6. Bruinisse	01-12-2014	509	196	115,00	0,59
13	7. Teteringen	01-12-2014	*622	*217	133,06	0,61
14		01-12-2014			129,17	0,60
15	8. Waddinxveen	18-12-2014	550	215	113,19	0,53
16	9. Brielle	18-12-2014	646	260	158,47	0,61

*) Het nettovolume, het transmissieoppervlak en het nettovloeroppervlak van de case te Teteringen zijn aangepast i.v.m. een meting inclusief garage door het ontbreken van een binnendeur

-Tabel 2- Resultaten van luchtdoorlatendheidsmetingen in het veldonderzoek

dm³/s en een EPC van maximaal 0,6. Een dergelijk lage EPC wordt bij deze woningen bereikt door onder andere een $q_{v,10,spec}$ te behalen van 0,625 dm³/s per m² vloeroppervlak. Van de negen bemeten cases in de veldstudie, voldeden alle woningen aan het Bouwbesluit. Alleen Case 2 en 5 voldeden niet aan de ambitie, zoals aangegeven in de EPC-berekening (zie tabel 3). Van de negen cases voldeed één woning, Case 5, vlak voor oplevering nog niet aan de in de EPC-berekening gestelde ambitie van 0,625 dm³/s per m² vloeroppervlak. Case 2 naderde op het moment van meten nog niet de oplevering, maar de stap om van 1,10 naar 0,625 dm³/(s·m²) te komen, is nog wel vrij groot. Deze stap is met name lastig te maken, omdat de aansluiting tussen de mansardekap en de gevel over de lengte van deze woning niet meer van binnenuit is te bereiken vanwege het reeds geplaatste knieschot. Juist van achter dit knieschot kwam in de ketelruimte redelijk veel koude lucht de woning in, toen op onderdruk werd gemeten. De aansluiting van het dak op de muurplaat verdient in de meeste woningen nog enige aanvullende aandacht.

Bij Case 1, 3, 4 en 5 is een tweede meting uitgevoerd om te bekijken wat het effect is geweest van de gegeven feedback aan de uitvoerders.

De tips die het vaakst aan de uitvoerders werden doorgegeven, zijn:

- aan binnenzijde afkitten rondom kozijnen en vensterbanken, waarbij ook de onderzijde van de vensterbank niet moest worden vergeten;
- afdichten openingen in de meterkast. Vooral bij de gaten in de vloer en vanaf het plafond via de achterplaat was vaak een luchtstroom te vernemen;
- controleren aansluiting dak op muurplaat. Met name ter plaatse van muurplaatschoenen en doorvoeren door de muurplaat is vaak nog een onbedoelde luchtstroom te voelen;
- afkitten aansluiting tussen kopgevel en

dakconstructie;

- (dak-)doorvoeren rondom goed afpurren en manchetten correct aanbrengen.

De eindmetingen vonden dus rond de oplevering plaats, nadat de uitvoerders de tips ter harte hadden genomen. Na navraag te hebben gedaan bij de uitvoerders en zelf vier cases te hebben gecontroleerd, bleek 71,7% van de tips daadwerkelijk opvolging te hebben gekregen. In het geval van Case 1 is de gemeten luchtvoelumbestroom gereduceerd met 67%, waarbij het ten tijde van de eindmeting nota bene niet mogelijk was om het ventilatierooster van het dakraam boven de hal te sluiten. Voor Case 3 is de reductie 22%. Bij Case 4 en Case 5 was de reductie respectievelijk 41% en 65%. Dat is dus voor deze vier cases een gemiddelde reductie van 49%. Bij Case 6 is eveneens een tweede meting uitgevoerd, maar ditmaal door een andere partij. Deze meting gaf een resultaat van 0,45 dm³/s per m² oftewel een verbetering van 24%. Bij deze tweede meting werd het ventilatiesysteem echter niet ter plaatse van de dakdoorvoer met opgeblazen ballonnen afgesloten, maar ter plaatse van de ventilatieopeningen in de woning. De blower door werd daarnaast in de voordeur geplaatst in plaats van één van de twee tuindeuren aan de achterzijde van de woning. Deze twee veranderingen in de uitvoering van de meting zullen enige invloed hebben op het verschil. Naast het voldoen aan het Bouwbesluit of de ambitie uit de EPC-berekening, worden er in NEN 2687 drie luchtdichtheidsklassen onderscheiden. Klasse 1 vormt de basisklasse, Klasse 2 is een goede luchtdichtheid en Klasse 3 is uitstekend. Buiten Case 2 en 5, voldoen alle woningen in dit veldonderzoek in ruime mate aan de vereisten van Klasse 1. Case 1 betreft een woning met een erg groot volume en daardoor is de totale luchtvoelumbestroom net te hoog voor een Klasse 2 notering. Case 4 valt wel, na afronding, in Klasse 2.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit bestudering van de reeds aanwezige testrapporten kan worden geconcludeerd dat het wenselijk is dat de werkwijze bij metingen en de bevindingen in blower door testrapporten wordt gecontroleerd en bevestigd. Want wanneer het netto-volume van een woning groter is dan 500 m³, dient er – om te komen tot $q_{v,10}$ – een correctie plaats te vinden op basis van dit netto-volume, dus niet op basis van het bruto-volume of het netto-vloeroppervlak. In één geval was er geen degelijk meetrapport beschikbaar dat de bewering van de gemeente, dat de woning niet luchtdicht genoeg zou zijn, met meetdata ondersteunde. Daarnaast was het aantal meetpunten in één meting te klein, een baseline meetwaarde te hoog en was bijvoorbeeld de gehele meterkast afgeplakt ten tijde van een meting.

De bestudering van de aanwezige testrapporten leert ook dat de betreffende bouwonderneming in staat is om haar woningen aan de eis van maximaal 200 dm³/s uit het Bouwbesluit te laten voldoen. De ambitie, zoals vastgelegd in de EPC vormt echter een grotere uitdaging, want binnen de deskstudie voldeed 50% niet van de woningen waarvan een meetwaarde beschikbaar was. De conclusie is dat zonder enige aandacht voor de luchtdichtheid tijdens de uitvoering van het bouwproject de kans groot is dat de ambitie van 0,625 dm³/s per m² vloeroppervlak niet wordt gehaald.

Ten tijde van de veldstudie was er binnen de bouwonderneming uiteraard al wel meer aandacht voor de luchtdichtheid van de woningen. Men wist immers dat er metingen zouden worden uitgevoerd. De veldstudie leert dat alle cases aan het Bouwbesluit voldoen en dat nu nog maar 22,2% niet voldeed aan de ambitie uit de EPC, waarbij het één tussen-tijdse meting en één eindmeting betrof. Twee cases lijken zelfs in aanmerking te komen voor een oordeel 'goed' zoals gespecificeerd in NEN

Case	Datum meting	$q_{v,10}$ (dm ³ /s)	Oordeel Bouwbesluit	$q_{v,10;kar}$ (dm ³ /(s·m ²))	Oordeel ambitie EPC-berekening	Oordeel NEN 2687
1	08-12-2014	95,83	Voldoet	0,36	Voldoet	bijna Klasse 2 Goed
2	28-10-2014	188,75	Voldoet	1,10	Voldoet niet	geen Klasse
3	17-12-2014	94,58	Voldoet	0,61	Voldoet	ruime Klasse 1 Basis
4	08-12-2014	56,81	Voldoet	0,42	Voldoet	Klasse 2 Goed
5	08-12-2014	150,56	Voldoet	0,79	Voldoet niet	bijna Klasse 1 Basis
6	01-12-2014	115,00	Voldoet	0,59	Voldoet	ruime Klasse 1 Basis
7	01-12-2014	129,17	Voldoet	0,60	Voldoet	ruime Klasse 1 Basis
8	18-12-2014	113,19	Voldoet	0,53	Voldoet	ruime Klasse 1 Basis
9	18-12-2014	158,47	Voldoet	0,61	Voldoet	ruime Klasse 1 Basis

-Tabel 3- Beoordeling resultaten van luchtdoorlatendheidsmetingen in het veldonderzoek

2687. Wanneer men nagaat dat gemiddeld 71,7% (n=7) van de tips werd opgevolgd en dat dit leidde tot een gemiddelde verbetering van 43,8% (n=5) qua $q_{v,10,ker}$, dan wordt ook het grote belang duidelijk van een B-meting tijdens de uitvoering met bijpassende opmerkingen en fotomateriaal, ten opzichte van een A-meting rond de oplevering.

Voor het soort en het formaat woningen van deze bouwonderneming is het niet gemakkelijk om aan de lage totale luchtvolumestroom te voldoen voor de klasse 'goed'. Het lijkt erop dat het wenselijk is om meer klassen te onderscheiden, omdat er tussen de huidige klassen Basis en Goed, maar ook tussen Goed en Uitstekend een vacuüm lijkt te zijn. Je kunt je tevens afvragen of het uitdrukken van een infiltratie als een totale waarde in m^3/h of dm^3/s dan wel naar vierkante meters vloeroppervlak in $dm^3/(s \cdot m^2)$ wel de juiste manieren zijn

om de prestatie van een woning mee vast te leggen, aangezien je de luchtdichtheid van een woningschil probeert te bepalen en te beoordelen; een schil met een bepaald oppervlak dat een volume omsluit. Een omvangrijkere studie naar de luchtdichtheid van woningen moet hier meer inzicht in gaan geven.

De bouwonderneming heeft tijdens de uitvoering van het onderzoek reeds aanbevelingen per case mogen ontvangen. Voor toekomstige bouwprojecten is het aangeraden om te gaan werken met vulblokken voor de kanaalplaatvloeren, manchetten voor de dakramen en tapes om kozijnen luchtdicht te verbinden met het binnenspuouwblad. Gezien de luchtdoorlatendheid van sommige raamen deursystemen is tevens aangeraden om met de leveranciers om tafel te gaan zitten. Het gestructureerd blijven uitvoeren van B- en A-metingen zal moeten aantonen of straks

consequent een goede luchtdichtheid kan worden behaald. In de nabije toekomst kan de bouwonderneming dan naar verwachting, in het licht van NEN 8088-1 C1 Art. 5.8.2.1, voor haar EPC-berekeningen een gunstigere $q_{v10,spec}$ aanhouden.

■ DANKWOORD

Het gepresenteerde onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door het expertisecentrum 3TU.Bouw. De bouwonderneming SelektHuis was bereid inhoudelijk mee te werken aan dit onderzoek door cases, mankracht en documentatie beschikbaar te stellen. De auteur is 3TU.Bouw en SelektHuis daarom zeer erkentelijk voor de geboden ondersteuning. Zijn dank gaat in het bijzonder uit naar de heer ing. J. Averink voor zijn ondersteuning in de uitvoering van de metingen.

Smitsair-JETsystemen



LUCHTDISTRIBUTIE OP MAAT

- PROJECTMATIGE AANPAK • LUCHTVERDELING OP MAAT • SNELLE INSTALLATIE
- LAAG ENERGIEVERBRUIK • WEINIG TRANSPORTKANALEN NODIG • TOCHTVRIJ EN HOMOGEEN KLIMAAT • HOOGINDUCEREND SYSTEEM • INCLUSIEF INBEDRIJFSTELLING
- ONDERHOUDSVRIJ • GESCHIKT VOOR KOELING, VERWARMING EN VENTILATIE



Toepassingsgebieden JETsystemen;

- fabriekshallen en lashallen,
- magazijnen en distributiecentra,
- voedselverwerkende industrie,
- sporthallen en zwembaden,
- concertzalen, theaters en discotheken,
- multifunctionele evenementenhallen,
- winkels, bouwmarkten,
- atria en binnentuinen,
- kantoorruimten, hotelkamers,
- scholen, klaslokalen.



SMITSAIR-JETsystemen B.V.

Tel. 0297-564455

Fax 0297-569296

e-mail: jetsystemen@smitsair.nl

internet: www.smitsair.nl