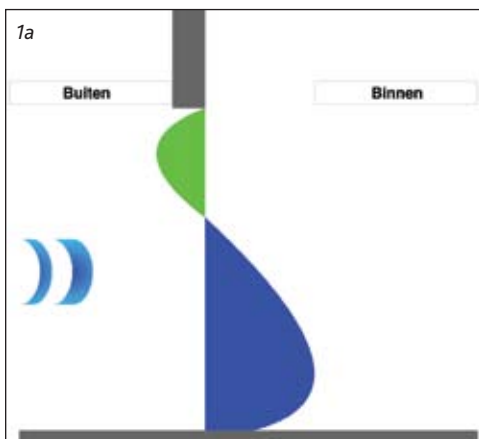


Automatische regeling van luchtgordijnen met CHIPS-technologie

In een tijd van verregaande automatisering kan een luchtgordijn niet achterblijven. Maar hoe regel je een product waarvan de werking niet alleen afhangt van de eigen instellingen, maar ook van de omstandigheden waarin het wordt gebruikt? Dit artikel beschrijft de nieuwste stap in de automatisering van een luchtgordijn boven een openstaande deur. Hiermee heeft het automatisch geregelde luchtgordijn het hoogste scheidingsrendement, laag energiegebruik en optimaal comfort onder wisselende omstandigheden zonder het luchtgordijn handmatig te hoeven bijstellen.

Ir. B.E. Cremers, Biddle BV Kootstertille

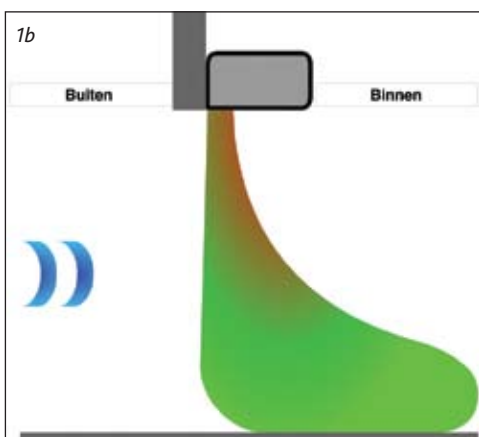


WERKING OPTIMAAL LUCHTGORDIJN

Bij een openstaande deur zonder luchtgordijn zal door het aanwezige temperatuurverschil tussen binnen en buiten een luchtstroming ontstaan, vaak in twee richtingen (zie figuur 1a). De warme lucht ontsnapt bovenin de deuropening naar buiten en zorgt voor energieverlies. De binnenruimte wordt aangevuld met koude buitenlucht, eventueel nog vermeerderd met koude lucht die binnenkomt door de aanwezige onderdruk in de binnenruimte. Dit zorgt voor tochtklachten in de binnenruimte.

Een luchtgordijn is een klimaattechnisch product dat wordt gebruikt om ongewenste effecten bij een openstaande deur te vermijden. Een optimaal ingesteld luchtgordijn (zie figuur 1b) zuigt binnenlucht aan en herleidt de lucht terug naar de binnenruimte, met energiebesparing tot gevolg. Eventuele tocht verdwijnt door de resterende binnenkomende buitenlucht te verwarmen. Dit gebeurt door de uitblaaslucht in het toestel te verwarmen met

- *Figuur 1 - Grafische voorstelling van de stroming in een deuropening:*
a) zonder luchtgordijn
b) met luchtgordijn.



een warmwatersysteem, elektriciteit, warmtepomp of een combinatie van deze technieken.

AUTOMATISCH GEREGELD LUCHTGORDIJN

Een praktische uitvoering is een automatisch geregeld luchtgordijn voor winkeldeuren (zie figuur 2). In tegenstelling tot een handmatig ingesteld luchtgordijn wordt de kracht en de warmte van het automatisch geregeld luchtgordijn niet door de gebruiker bepaald, maar door intelligente software gebruikmakend van sensoren. Het luchtgordijn kan worden aan-/uitgeschakeld met een deurcontactschakelaar of een timer die zijn aangesloten op het bedieningspaneel. De buitentemperatuursensor en de ingebouwde sensoren van het luchtgordijn geven informatie over de omstandigheden waarvoor het luchtgordijn een oplossing moet bieden. De actuele informatie over de omgeving en de instelling van het luchtgordijn worden door de software direct en continu gebruikt voor optimaal behoud van de juiste instellingen van het luchtgordijn. Hiermee zorgt het automatisch geregeld luchtgordijn voor een langdurig hoog scheidingsrendement, laag energiegebruik en optimaal comfort.

■ CHIPS-TECHNOLOGIE

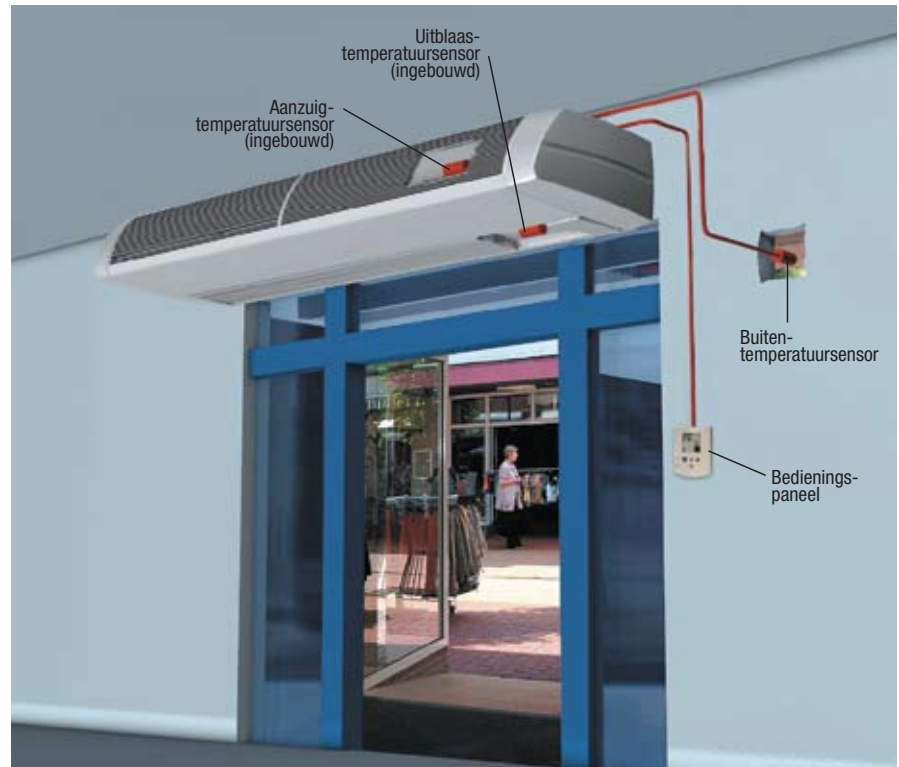
De technologie achter het automatisch geregelde luchtgordijn wordt CHIPS-technologie genoemd. Deze afkorting staat voor "Corrective Heating and Impulse Prediction System". De technologie is gebaseerd op het feit dat de kracht van het luchtgordijn en de warmte van het luchtgordijn afzonderlijk van elkaar worden ingesteld op basis van de (wisselende) omstandigheden in een deuropening. Dit is het beste uit te leggen met een voorbeeld. Bij veel onderdruk in het gebouw moet het luchtgordijn veel kracht en veel warmte leveren om aan de grond te komen en de binnenkomende koude lucht op te warmen. Als de onderdruk geleidelijk aan minder wordt, dan zal het luchtgordijn steeds minder warmte hoeven te leveren, maar ook minder kracht om aan de grond te komen. Ze moeten echter niet in dezelfde mate naar beneden gaan, want bij wegvallende onderdruk moet er toch nog kracht overblijven om aan de grond te komen, terwijl de warmte van het luchtgordijn tot nagenoeg nul kan worden gereduceerd. Het is dus zeer belangrijk om continu de omstandigheden van het luchtgordijn en zijn omgeving bij te houden. De kracht en de warmte van het luchtgordijn moeten ieder met hun eigen afhankelijkheid worden aangepast aan de veranderende omstandigheden. Een verdere uitleg van de kracht en de warmte van een luchtgordijn is te vinden in publicatie [1].

■ TOESTANDSDIAGRAM LUCHTGORDIJN

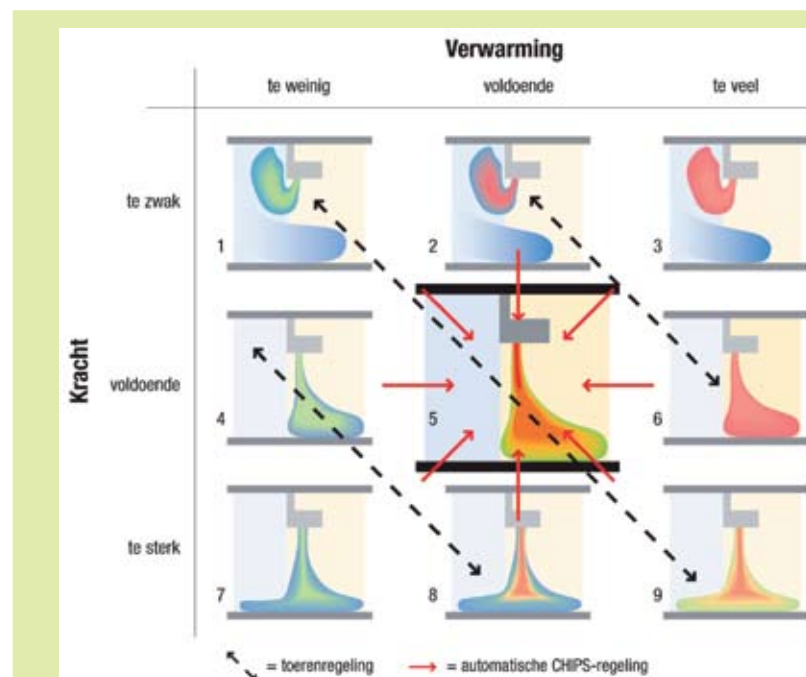
Om de bovenstaande technologie nog beter uit te leggen, is het belangrijk om het stromingspatroon te kennen in een deur bij verschillende instellingen van een (handmatig) ingesteld luchtgordijn. Hiervoor dient het toestandsdiagram van figuur 3. Een te zwakke luchtstraal (toestand 1, 2 en 3) zal de grond niet bereiken, waardoor warme lucht naar buiten verloren gaat en koude lucht nog steeds ongehinderd naar binnen kan komen. Een te sterke luchtstraal (toestand 7, 8 en 9) zal botsen met de grond, waardoor een deel van de lucht uit het luchtgordijn naar buiten verdwijnt met een verlaagd scheidingsrendement tot gevolg. Zie ook verder publicaties [2-5]. De kracht van het luchtgordijn moet exact voldoende zijn om aan de grond te komen (toestand 4, 5 en 6). Zo blijft het scheidingsrendement hoog en komt de warmte uit het luchtgordijn volledig ten goede aan de binnenruimte. Als de kracht goed is afgesteld, moet daarna de warmte van het luchtgordijn worden aangepast aan de omstandigheden om tot een optimaal comfort te komen in de binnenruimte (toestand 5). Het luchtgordijn met de vernieuwde technologie zal continu

de instellingen van het luchtgordijn aanpassen aan de gemeten omstandigheden om zodanig te allen tijde de optimale positie in het toestandsdiagram te behouden (zie rode pijlen). Ter vergelijking is ook een regelschema gegeven van een luchtgordijn met toerenregeling, waarbij warmte en kracht gelijktijdig worden geregeld door het toerental van de ventilator te sturen. Een toerenregeling zal

werken volgens de gestippelde zwarte lijnen in het toestandsdiagram. De risico's worden uitgelegd met twee voorbeelden. Een eerste voorbeeld is de actuele toestand van een luchtgordijn zoals toestand 4. Het luchtgordijn komt aan de grond met te weinig warmte, waardoor het koud is in de binnenruimte. Bij een toerenregeling worden kracht



- Figuur 2 - Het automatisch geregeld comfort luchtgordijn boven een winkeldeur.



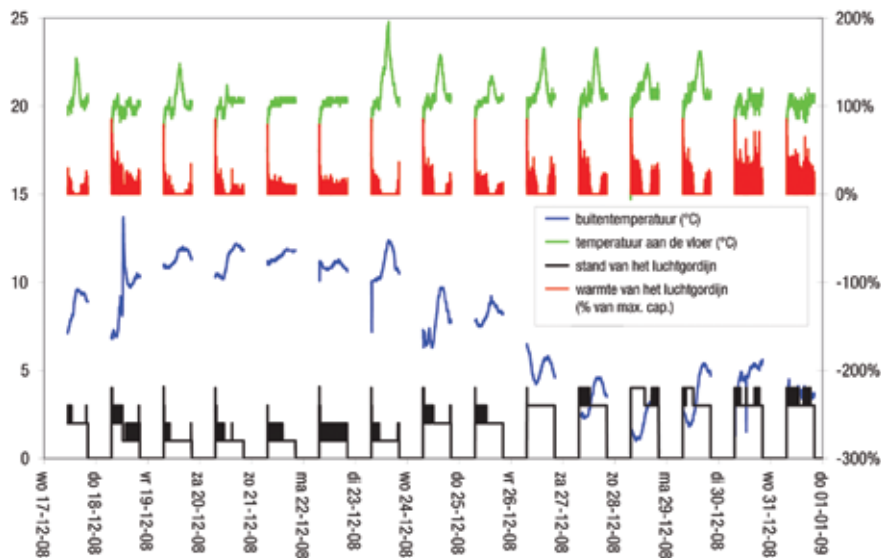
- Figuur 3 - Toestandsdiagram van een luchtgordijn op basis van kracht en warmte. Een toerenregeling gaat volgens de zwarte stippellijnen. De vernieuwde technologie gaat volgens de rode pijlen.

en warmte beide vergroot, waardoor een redelijk comfortabel binnenklimaat wordt verkregen, echter met veel uitstroom van warmte via de vloer naar buiten (toestand 8, onnodig warmteverlies!). Een tweede voorbeeld is de actuele toestand van een luchtgordijn zoals toestand 6. Het luchtgordijn komt aan de grond met meer warmte dan nodig is voor een comfortabel binnenklimaat. Bij een toerenregeling worden kracht en warmte beide verminderd, waardoor het risico bestaat dat het luchtgordijn de grond niet meer bereikt (toestand 2, grote uitstroom van warmte, maar ook tocht over de vloer!). Het is duidelijk dat een volledig handmatig ingesteld luchtgordijn alle toestanden uit het toestandsdiagram kan aannemen, al naar gelang de oplettendheid van de gebruiker en zijn ervaring met het instellen van luchtgordijnen. Een gebruiker zou zich met andere dingen bezig moeten houden dan het waarborgen van klimaatscheiding en comfort, waardoor een luchtgordijn met CHIPS-technologie veel geld en inspanning bespaart.

■ ERVARINGEN IN DE PRAKTIJK

In de winter van 2008-2009 is een luchtgordijn met vernieuwde technologie getest bij een bankgebouw in Frankrijk. Het luchtgordijn is gemonteerd boven een schuifdeur die leidt naar een voorportaal met geldautomaten. Tijdens kantooruren stond het voorportaal in open verbinding met het achterliggende kantoor. Het ging hier om een luchtgordijn type CA M-150 boven een deur van 2.40 m hoog en 1.50 m breed. De situatie ter plaatse is bijgehouden met registratieapparatuur waarbij iedere minuut gegevens werden verzameld over buiten- en binnentemperatuur en actuele gegevens over het luchtgordijn zoals ingestelde ventilatorstand en uitblaastemperatuur. Hierdoor ontstaat een overzicht van de toegevoerde warmte van het luchtgordijn en het resulterende binnenklimaat over de gehele meetperiode van 17 december 2008 tot 19 januari 2009. Figuur 4 laat hiervan de laatste twee weken van 2008 zien.

De buitentemperatuur (blauwe lijn) toont een trend van de gemiddelde dagtemperatuur die oploopt in het eerste deel van de getoonde periode en afloopt in het tweede deel. Ook is er vaak een dagelijkse variatie met veelal koude temperaturen in de ochtend en opwarming in de middag. De (automatische geregelde) ventilatorstand (1 t/m 4) van het luchtgordijn (zwarte lijn) laat zien dat tijdens koudere dagen het luchtgordijn in een hogere stand staat. Ook gedurende een dag is er variatie. Vaak begint de dag met een hoge stand en later in de middag wordt deze teruggeregeld. Bij handmatige regeling zou het luchtgordijn



- Figuur 4 - Resultaten van een automatisch geregeld luchtgordijn met CHIPS-technologie.

waarschijnlijk de gehele dag op een hoog niveau blijven staan. De actuele verwarmingscapaciteit van het luchtgordijn (rode lijn) toont in de vroege ochtend enkele minuten met veel toegevoerde warmte om de ruimte op temperatuur te krijgen na de nacht. Zodra de binnenruimte op temperatuur is, wordt de toegevoerde warmte teruggeregeld naar een niveau dat benodigd is om de binnenkomende koude lucht op te warmen. Gedurende enkele middagperiodes is zelfs geen warmte nodig om het binnen comfortabel te houden. Hier wordt dus bespaard op de gebruikte warmte! Daarnaast is het zo dat bij een toerenregeling (gekoppelde warmte en kracht) in de middag de kracht van het luchtgordijn ook helemaal naar nul zou gaan en daarmee het luchtgordijn niet meer aan de grond zou komen. Het resultaat van de automatische regeling is een constante binnentemperatuur boven een bepaald in te stellen gewenste temperatuur. De temperatuur aan de vloer (groene lijn) is voor een groot deel tussen de 19.5 °C en 20.5 °C bij een variatie van buitentemperatuur tussen 2 °C en 14 °C. Een aantal dagen laat een stijging van de vloertemperatuur in de middag zien. Nadere bestudering van de relevante weergegevens bewijst dat dit komt door zoninstraling in het voorportaal. Hierdoor warmt het voorportaal op naar 23 °C tot 25 °C. Het luchtgordijn reageerde echter snel door de toegevoerde warmte (niet de kracht) volledig uit te schakelen. Voor een energetische vergelijking van de automatische regeling met gebruikelijke regelingen moet een aanname worden gedaan over het toegevoerde vermogen van gebruikelijke systemen. Men zou kunnen kiezen voor het verwarmingsniveau bij opening van de deur in de ochtend, maar dit geeft waarschijnlijk een overschatting van de gebruikte energie, want bij een handmatige instelling of een instelling met tweestapthermostaat wordt het luchtgordijn gedurende dag

wel enigszins teruggeregeld. In overleg met de klant hebben wij gekozen voor een gemiddelde instelling van stand 2 en een uitblaastemperatuur van 35 °C. Dit levert een gemiddelde toegevoerde warmte op van 6.9 kW. Uit de meetgegevens blijkt dat de gemiddelde capaciteit van het luchtgordijn met de nieuwe technologie over deze meetperiode 1.5 kW bedraagt. Dit betekent dus een besparing van 75 % op de toegevoerde warmte door het luchtgordijn met daarbij de garantie van een comfortabel binnenklimaat.

■ CONCLUSIES

In dit artikel wordt een CHIPS-technologie beschreven als nieuwste stap om luchtgordijnen volledig automatisch te regelen onder wisselende buiten- en binnenomstandigheden. Aan de hand van een praktijktest kan een besparing van 75 % van het energiegebruik worden aangetoond gedurende een winterperiode. En dat terwijl het comfort in de binnenruimte optimaal blijft. Prettig geregeld, toch?

■ LITERATUUR

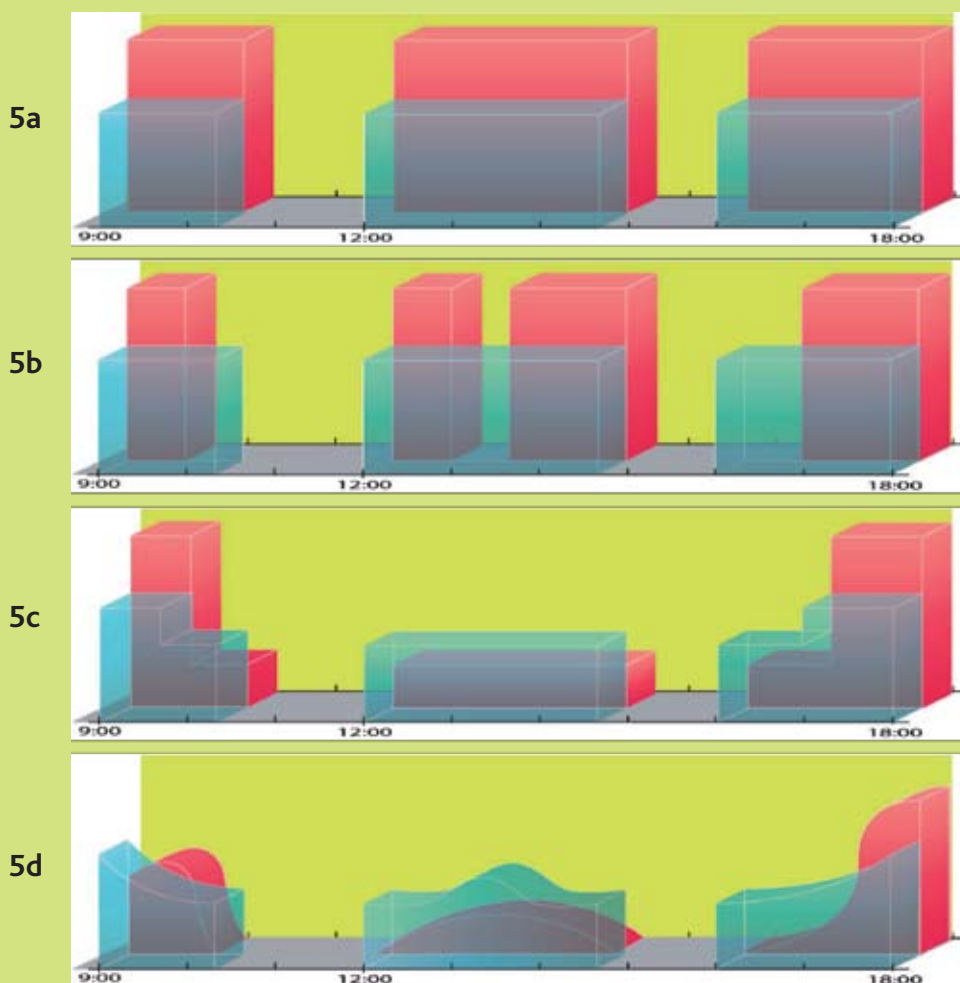
1. Cremers B.E., Tochtbestrijding met industriële luchtgordijnen?, VV+, februari 2008.
2. Cremers B.E., Hoe hard denkt u dat een luchtgordijn moet blazen?, TVVL Magazine, maart 2003.
3. Trojanowski T.J. and Rubnikowicz A., Verminderung der Kälteverluste durch die Kühlraumöffnungen mit vertikalem Luftschleier, Luft und Kältetechnik 1981/3.
4. Howell R.H. and Shibata M., Optimum heat transfer through turbulent recirculated plane air curtains, ASHRAE Transactions 86 (1), 1980.
5. Costa J.J., Oliveira L.A., Silva M.C.G., Energy savings by aerodynamic sealing with a downward-blowing plane air curtain - a numerical approach, Energy and Buildings 38, 2006.

WAT IS EIGENLIJK 'AUTOMATISCH'?

Het luchtgordijn met de in dit artikel beschreven technologie werkt volledig automatisch. Dit wil zeggen dat na installatie de gebruiker niet meer hoeft na te denken wat de optimale instelling is voor een hoog scheidingsrendement, een laag energiegebruik en een optimaal comfort.

Er zijn vele zogenaamde automatische regelingen die hierna worden besproken. Deze regelingen worden behandeld in opklimmende volgorde van energiebesparing en comfort. Een deurschakelaar of een timer zorgt voor een uitschakeling van de kracht (en dus ook de warmte) van het luchtgordijn bij sluiting van de deur of gedurende bepaalde periodes (zie figuur 5a). Dit kan zorgen voor een eerste besparing omdat het luchtgordijn niet wordt gebruikt in niet-relevante periodes.

Beter is om naast aan/uitschakeling van de kracht van het luchtgordijn ook de warmte uit te schakelen wanneer deze niet nodig is, bijvoorbeeld als een ruimte de gewenste temperatuur heeft bereikt (zie figuur 5b). Dit kan tot verdere besparingen leiden. Een toerenregeling zal de kracht en de warmte van het luchtgordijn - gekoppeld aan elkaar - instellen op basis van bijvoorbeeld een tweetrapsthermostaat. Bij overschrijding van een gewenste temperatuur wordt het luchtgordijn in sterkte en warmte teruggeregeld. Bij overschrijding van een tweede, hoger liggend temperatuurniveau wordt het luchtgordijn volledig uitgeschakeld (zie figuur 5c). Dit is een automatische regeling die tot verdere besparingen kan leiden, maar helaas heeft het ook de risico's zoals beschreven bij de toestandsdiagrammen (botsing met de vloer of zelfs de vloer helemaal niet bereiken). Bij een luchtgordijn met vernieuwde technologie worden kracht en warmte onafhankelijk van elkaar aangepast aan de actuele behoefte (zie figuur 5d). Zo wordt onder sterk variërende omstandigheden gegarandeerd dat de luchtstraal van het luchtgordijn goed aan de grond komt (hoog scheidingsrendement), met zo min mogelijk toegevoerde warmte (laag energiegebruik) en een constant comfortabel binnenklimaat.



- Figuur 5 - Voorbeeld van dagelijks verloop van kracht (blauw) en warmte (rood) van automatisch luchtgordijn.
a) aan/uitregeling met deurschakelaar of timer, b) warmte aan/uitregeling met ruimtethermostaat,
c) toerenregeling met tweetrapsthermostaat, d) CHIPS-technologie.