

# Kan het iets stiller?

Het binnenklimaat in veel scholen is ronduit slecht. In meer dan 80% van de scholen wordt onvoldoende geventileerd, is er sprake van tocht of is het in de zomer te warm. De in 2009 verschenen ISSO publicatie 89 formuleert eisen en geeft oplossingen om tot verbetering te komen. De praktijk leert echter dat een deel van de voorgestelde mechanische ventilatiesystemen overmatige geluidsniveaus en geluidhinder realiseren.

Ing. J.H.N. (Jan) Buijs en W. (Wietse) Koornneef, Peutz bv Zoetermeer

### ■ EISEN

ISSO publicatie 89 geeft prestatie-eisen voor het thermische binnenklimaat, de luchtkwaliteit en het geluid. Naar aanleiding van de subsidieregeling voor scholen is daar het onderwerp energiebesparing bij gekomen. De markt legt de meeste nadruk op de luchtkwaliteit en te bereiken energiebesparing. Het geluid blijkt vaak het ondergeschoven kindje. Voor alle prestatie-eisen, waaronder geluid, maakt ISSO publicatie 89 onderscheid in drie klassen, te weten klasse A, B en C. Klasse A komt overeen met een hoog verwachtingspatroon bij de gebouwgebruikers, klasse B met een gemiddeld en klasse C met een matig verwachtingspatroon. In tabel 1 zijn de eisen aan het installatiegeluidsniveau weergegeven naast de eisen aan de minimale ventilatiecapaciteit en de maximale CO<sub>2</sub>-concentratie. Op het moment van schrijven gelden er geen wettelijke eisen voor het geluidsniveau in leslokalen als gevolg van de installaties. Het voornemen van VROM is echter om een geluidsniveaueis van maximaal 35 dB(A) (klasse C volgens tabel 1) op te nemen in het Bouwbesluit.

In de praktijk blijkt een installatiegeluidsniveau van 35 dB(A) bij een bezet lokaal (circa 25 personen) wel hoorbaar maar voldoende laag om hinder te voorkomen, mits het geluid een ruisachtig karakter heeft. Bij een hoger geluidsniveau

of een geluid dat sterk laag frequent of tonaal van karakter is, kan het gevolg zijn dat de gebruiker de installatie op een lager debiet instelt of in het geheel uitschakelt, waardoor de luchtkwaliteit in het gedrang komt.

### ■ MECHANISCHE VENTILATIE

ISSO publicatie 89 maakt onderscheid in natuurlijke en mechanische ventilatiesystemen. Systemen met een natuurlijke luchttoevoer en natuurlijke luchtafvoer produceren doorgaans geen hinderlijk geluid, echter bij een dergelijk systeem zijn het thermisch comfort en de luchtkwaliteit niet zonder meer gegarandeerd. Ook is de geluidisolatie van gevelroosters tegen buitengeluid beperkt.

Om een goede luchtkwaliteit onder alle weersomstandigheden te kunnen realiseren worden mechanische ventilatiesystemen (volledig mechanische of hybride systemen) toegepast. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in centrale systemen, waarbij de lucht voor meerdere ruimten vanuit een centrale luchtbehandelingskast wordt toe- en/of afgevoerd, en decentrale systemen waarbij de lucht per lokaal wordt toe- en/of afgevoerd door een ventilator of luchtbehandelingskast in of nabij het betreffende leslokaal.

### ■ OORZAKEN

Het geluid geproduceerd door een mecha-

nisch ventilatiesysteem kent verschillende oorzaken. Ten eerste is er het geluid afkomstig van de ventilator. Dit geluid kan zich via een kanalsysteem voortplanten. Bij systemen waarbij de ventilator in de ruimte zelf wordt geplaatst, straalt eveneens de behuizing van de ventilator geluid af in de ruimte. Andere bronnen van geluid zijn luchtverwelingen in de kanalen en ter plaatse van inregelkleppen, en geluid van inblaas- of afzuigroosters. Voor een stil ventilatiesysteem moet de bijdrage van al deze geluidbronnen tezamen voldoende laag te zijn.

### ■ CENTRAAL VENTILEREN

Bij mechanische ventilatie m.b.v. een centrale lbk (figuur1) zijn geluidsniveaus van 35 dB(A) en lager haalbaar indien het systeem aerodynamisch goed is ontworpen (geen grote drukverschillen) en de luchtsnelheden in de kanalen en kleppen voldoende laag zijn. Voor een voldoende geluiddemping moet direct na de ventilator van de luchtbehandelingskast een geluiddemper worden toegepast. Inblaasroosters worden in het algemeen met een flexibele geluiddempende slang aangesloten. Deze geluiddempende slang dient zowel om het resterende ventilatorgeluid als het stromingsgeluid ontstaan in de kanalen en kleppen te dempen. Hiernaast is het van belang dat het type en de grootte van de

roosters zodanig worden geselecteerd dat het stromingsgeluid veroorzaakt door de roosters bij de gewenste luchthoeveelheid voldoende laag is.

Ondanks dat het goed mogelijk is om met een centraal ventilatiesysteem een laag geluidsniveau in een lokaal te realiseren, blijkt het in de praktijk toch regelmatig fout te gaan. Veel voorkomende problemen zijn een incorrect ingeregeld systeem waardoor plaatselijk hoge drukken kunnen optreden, onvoldoende geluiddempende voorzieningen en een aerodynamisch ongunstig en daarmee akoestisch ongunstig ontwerp. Het is dan ook van groot belang dat reeds in de ontwerpfase rekening wordt gehouden met deze aspecten.

Een nadeel van een centraal ventilatiesysteem is dat aanvullende voorzieningen nodig zijn om de ventilatiehoeveelheid per lokaal te kunnen inregelen. Voorzieningen in de vorm van regelkleppen kunnen dan weer een bron van geluid zijn. Eén van de grootste nadelen van een centraal systeem is dat relatief grote luchtkanalen nodig zijn. In bestaande situaties is hier vaak geen of te weinig ruimte voor.

## ■ DECENTRAAL VENTILEREN

ISSO publicatie 89 omschrijft naast centrale ventilatiesystemen ook decentrale ventilatiesystemen. Het betreft hier systemen met alleen een lokale luchttoevoer en systemen met zowel een lokale luchttoevoer als lucht-afvoer. Bij systemen met alleen een lokale toevoer wordt de lucht per vertrek via de gevel of via het dak mechanisch aangezogen en wordt de lucht centraal afgezogen. Bij systemen met een lokale luchttoevoer en -afvoer wordt de lucht via de gevel of het dak mechanisch toegevoerd en afgevoerd; een warmtewisselaar kan de warmte uit de ventilatielucht terugwinnen (WTW).

In de figuren 2 tot en met 5 zijn enkele voorbeelden gegeven van op de markt verkrijgbare decentrale ventilatiesystemen.

Het voordeel van een decentraal systeem is dat dit relatief eenvoudig in een bestaand lokaal aan te brengen is zonder dat een uitgebreid kanalenstelsel nodig is. Door de wijze van toevoer (achter een radiator of plafond) of bij toepassing van warmteterugwinning is het risico op tochtklachten aanzienlijk kleiner dan bij toepassing van een natuurlijke luchttoevoer via gevelroosters. Het blijkt echter dat de geluidproductie van deze mechanische systemen bij het gewenste debiet veelal relatief hoog is.

Bij decentrale units wordt geluid in ISSO publicatie 89 als aandachtspunt genoemd. Gesteld wordt dat in sommige gevallen geluiddempende maatregelen moeten worden getroffen. Als suggestie wordt gegeven dat een luchtfilter

	A	B	C
maximaal installatie-geluidsniveau	30 dB(A)	33 dB(A)	35 dB(A)
minimale verse buiten-luchttoevoer	40 m <sup>3</sup> /h p.p.	30 m <sup>3</sup> /h p.p.	20 m <sup>3</sup> /h p.p.
maximale CO <sub>2</sub> -concentratie	800 ppm	900 ppm	1200 ppm

-Tabel 1-



-Figuur 1- Centrale luchtbehandelingskast



-Figuur 2- Innosource Innoventus (in woning)



-Figuur 3- Climarad in schoollokaal (WTW)

de interne demping zou kunnen verbeteren. Het moge duidelijk zijn dat een paar losse dB's demping door een luchtfilter niet het verschil kan maken tussen teveel geluid en een voldoende laag geluidsniveau.

Bij verschillende fabrikaten van decentrale systemen is de maximale capaciteit op de hoogste stand beperkt tot circa 500-600 m<sup>3</sup>/h, hetgeen overeenkomt met de minimum ventilatie zoals gesteld voor klimaatklasse C. Een hogere klimaatklasse is dan bij voorbaat al niet haalbaar. Bij in de radiator of convector geïntegreerde systemen met een beperkte capaciteit is het nodig om in een klaslokaal meerdere units (ingesteld op de hoogste stand) toe te passen om de benodigde ventilatiecapaciteit te behalen. Het aantal kan eenvoudig meer dan vijf stuks bedragen, waarbij zich direct de vraag voordoet of dit wel ruimtelijk inpasbaar is. Akoestisch gezien dient rekening te worden gehouden met bijvoorbeeld 5 dB(A) hogere geluidsniveaus door optelling van geluidbronnen

Het blijkt dat bij decentrale units, geplaatst in de leslokalen, vaak te hoge geluidsniveaus optreden. Zo is bij een WTW-unit gemonteerd boven een verlaagd plafond (figuur 5) in de praktijk een geluidsniveau gemeten van 48 dB(A) in het leslokaal. Na aanpassing waarbij de unit geheel is voorzien van een omtimmering en geluiddempers bleek het geluidsniveau nog steeds meer dan 40 dB(A). Het gevolg van een en ander is dat recentelijk de gehele installatie gedemonteerd is en er alsnog een centraal systeem is geïnstalleerd, voorzien van voldoende geluiddempende voorzieningen. Indien betrouwbare specificaties, in de vorm van meetresultaten in het laboratorium, beschikbaar zijn, kan in het leslokaal het te verwachten geluidsniveau berekend worden. Zo leveren vier units die voldoen aan de geluidvermogen-luchtdebietrelatie van figuur 6 bij 140 m<sup>3</sup>/h in een leslokaal een geluidsniveau op van circa 50 dB(A). Op een lagere stand van 90 m<sup>3</sup>/h zijn er zes units nodig voor dezelfde ventilatiecapaciteit en is het totale geluidsniveau van 40 dB(A) nog ruim hoger dan het gewenste niveau van maximaal 35 dB(A). In veel gevallen ontbreekt het nog aan betrouwbare informatie en moet de leverancier op zijn blauwe ogen geloofd worden dat het allemaal wel goed komt met het geluid.

Alle door Peutz bv tot op heden in de praktijk gemeten vergelijkbare systemen waarbij de ventilator van de unit direct in het klaslokaal is geplaatst leidden tot geluidsniveaus van minimaal 40 dB(A) bij het ontwerp luchtdebiet. Dit is ook niet verwonderlijk gezien de opbouw en de situering van deze systemen. In tegenstelling tot bij centrale systemen is er bij decentrale systemen weinig ruimte om



-Figuur 4- Ned-Air VHR600 monoline (WTW klasse-unit), in bouwkundige kast, binnen schoollokaal



-Figuur 5- Decentrale WTW-installatie boven plafond

geluiddempers toe te passen. Ter vergelijking: bij centrale systemen wordt een totale demperlengte tussen ventilator en lokaal (demper bij de luchtbehandelingskast en flexibele slang) van circa 2,5 meter aanbevolen voor een geluidsniveau van maximaal 35 dB(A). Het aanbrengen van een luchtfilter, zoals wordt gesuggereerd in ISSO 89 als geluiddempende voorziening, is dan ook, zoals te verwachten, absoluut onvoldoende.

Naast een hogere geluidsniveaubijdrage als gevolg van de beperkte demping levert de geluiduitstraling van de omkasting ook een bijdrage aan het totale geluidsniveau. Deze geluidafstraling is gezien het grote luchtdebiet wat voor een volledig bezet leslokaal nodig is eveneens hoog en niet zomaar te verlagen. De geluidproductie van een ventilator is namelijk direct gerelateerd aan het luchtdebiet wat deze moet verplaatsen. In figuur 6 is de relatie te zien tussen het luchtdebiet en het geluidvermogen van een decentrale unit. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat het geluidsniveau 15 dB(A) lager is bij een halvering van het

luchtdebiet. Geluidsisolerende omkastingen in de vorm van panelen of platen realiseren in de praktijk een beperkte geluidsisolatie, die niet overeenkomt met de gemeten hogere geluidsisolatie van de panelen of platen onder laboratoriumomstandigheden. Door de korte afstand tussen de omkasting en de (ventilator) geluidbron blijft het effect van dergelijke voorzieningen veelal beperkt tot enkele dB(A)'s (maximaal 10 dB(A)).

Systemen met warmteterugwinning bezitten over het algemeen een hogere geluidproductie dan de systemen met alleen een mechanische luchttoevoer of luchtafvoer. Er is namelijk een ventilator nodig voor de toevoer en één voor de afvoer. De warmtewisselaar zorgt voor extra weerstand die door de ventilator overwonnen moet worden.

Gezien het feit dat verschillende decentrale systemen uit vergelijkbare onderdelen (ventilatoren, dempers, omkasting) zijn opgebouwd is het ook niet te verwachten dat bij de vereiste capaciteit van 500 m<sup>3</sup>/h (tot zelfs 1.000 m<sup>3</sup>/h voor klasse A) eenvoudig een lager geluidsniveau

veau kan worden bereikt.

Bij toepassing van een mechanische luchttoevoerunit boven een verlaagd plafond van een schoollokaal (figuur 7) zijn geluidsniveaus gemeten van 45 tot 52 dB(A) met de ventilator op de hoogste stand waarbij een luchtdebiet van circa 500 m<sup>3</sup>/h wordt verplaatst. Ook hier bleek de combinatie van onvoldoende demperlengten en de geluiduitstraling van de behuizing van de ventilator bepalend voor de gemeten geluidsniveaus. De leverancier adviseert dan ook om dergelijke units niet in een schoollokaal te installeren maar erbuiten, hetgeen in veel gevallen ruimtetechnisch gezien niet kan en extra kanaalwerk vergt om toch de gewenste hoeveelheid verse buitenlucht naar de unit toe te voeren. Het advies van de leverancier is niet opgevolgd, met als resultaat een akoestisch slecht klimaat of een luchttechnisch slecht klimaat (units vanwege geluid op te lage ventilatiestand).

Geluidsniveaus van 35 dB(A) of lager kunnen bij dit soort systemen alleen worden bereikt indien de ventilatorunit buiten de ruimte wordt geplaatst en indien tussen de ventilator en de doorvoeren naar de ruimte één of meerdere effectieve geluiddempers worden toegepast. Hier moet dan wel voldoende ruimte voor worden gereserveerd. Bij de renovatie van een school in een monumentaal gebouw te Utrecht is door plaatsing van de decentrale units buiten de lokalen in de gangzone in combinatie met toepassing van meerdere geluiddempers een geluidsniveau in het lokaal gerealiseerd van 32 dB(A).

Oplossingsrichtingen waarbij de ventilator in de ruimte wordt geplaatst en die voldoende stil functioneren, zijn mogelijk te vinden door selectie van stille ventilatoren met een laag toerental in combinatie met een goed geluidsisolerend plafond onder de installatie. Hierbij is het van belang dat er voldoende afstand is tussen de behuizing van de ventilator en het plafond. Bij een korte afstand tot de behuizing blijkt de geluidreductie van een dergelijk plafond in de praktijk aanmerkelijk minder dan men op basis van de theoretische eigenschappen van het plafond zou verwachten.

Er zijn verschillende ventilatorconvectorsystemen (fancoil units) op de markt waarmee momenteel bij een luchtdebiet van circa 600 m<sup>3</sup>/h een installatiegeluidsniveau van 35 tot 38 dB(A) wordt bereikt (met een licht plafond en geluiddempers). Kenmerken van deze systemen zijn dat ze niet voorzien zijn van een kruisstroomwarmtewisselaar en daarmee een lagere systeemweerstand hoeven te overbruggen. Wellicht dat de optimalisatie van een dergelijk systeem voor toepassing in een leslokaal mogelijkheden biedt om tot een geluidsniveau van 35 dB(A) of lager te komen.



-Figuur 6- R-vent systeem boven plafond, inblaas via kanaalwandroosters aan de gevelzijde

## CO<sub>2</sub>-REGELING

De lucht in scholen is vaak verontreinigd met ziektekiemen, allergenen, geurstoffen, fijn stof en andere verontreinigingen die verspreid worden door kinderen en hun activiteiten. Het is zeer moeilijk om al deze verontreinigingen los van elkaar te meten. De uitstoot van CO<sub>2</sub> van personen blijkt redelijk gelijk op te gaan met de uitstoot van geurstoffen. Zodoende wordt veelal de goed meetbare CO<sub>2</sub>-concentratie gebruikt om een indicatie te geven van de luchtkwaliteit.

CO<sub>2</sub>-regeling is hot; veel door Peutz beschouwde systemen maken hier gebruik van. Het meest gebruikte argument voor een CO<sub>2</sub>-regeling is dat hierdoor de ventilator niet altijd de maximale luchtcapaciteit hoeft te leveren, hetgeen energiebesparend werkt. Ook hoeft er uiteindelijk veel minder lucht te worden opgewarmd. Daarnaast is het geluidsniveau als gevolg van de installatie aanzienlijk lager indien de ventilator op een lager toerental draait. De bereikte energiebesparing kan aanzienlijk zijn bij een sterk wisselende en niet-continue bezetting van een ruimte. Een woonkamer is hier een goed voorbeeld van; op sommige momenten zijn alle bewoners aanwezig terwijl op andere momenten slechts enkele of in het geheel geen bewoners aanwezig zijn.

Bij een schoolgebouw kan het gebruik van een leslokaal veel constanter zijn. Als dat het geval is, zal bij het starten van de les het lokaal vol zitten en blijft dit zo tot het einde van de lesdag, met uitzondering van de pauzes waarin het lokaal nagenoeg leeg is. De energiebesparing die behaald kan worden door CO<sub>2</sub>-regeling toe te passen is dan beperkt, zeker in situaties waarin reeds 70% of meer van de warmte door een warmtewisselaar wordt teruggewonnen. Als leslokalen uren achtereenvolgend buiten gebruik kunnen zijn kan het wel lonen om de ventilatie

van deze leslokalen te regelen op aanwezigheidsdetectie. Bij mechanische ventilatiesystemen zonder warmteterugwinning is door CO<sub>2</sub>-regeling en/of aanwezigheidsdetectie een grotere besparing mogelijk.

Door de hoge bezetting in een leslokaal zal bij een beperkte ventilatie de CO<sub>2</sub>-concentratie snel stijgen. Een niveau van 1.000-1.200 ppm wordt binnen 15 minuten tot een half uur bereikt. Afhankelijk van het type regeling zal de ventilator geleidelijk, in stappen of in één keer, op een hoger toerental gaan draaien om het CO<sub>2</sub>-gehalte stabiel/laag te houden. Hierdoor is het in het leslokaal aan het begin van de les relatief stil, maar wordt na enige tijd de ventilator goed hoorbaar. Met name dit contrast versterkt de hinderervaring. Wanneer dit geluid al vanaf het begin van de les hoorbaar is, wordt het als aanzienlijk minder storend ervaren. Het door marktpartijen gebruikte argument dat door een nauwkeurige CO<sub>2</sub>-regeling er minder ventilatiecapaciteit nodig is, is onjuist. De lucht wordt niet opeens minder snel vuil door een dergelijke regeling.

Gezien het bovenstaande kan het afhankelijk van het gekozen systeem wel (bijvoorbeeld bij een centraal systeem) of niet (bijvoorbeeld als reeds warmteterugwinning wordt toegepast) zinvoller (en goedkoper) zijn om voor leslokalen een aan/uit-regeling toe te passen waarbij de installatie 's ochtends aan en 's avonds uit wordt geschakeld (tenzij nachtventilatie i.v.m. koeling is gewenst). Hierbij dient het systeem bij het ontwerp luchtdebiet te voldoen aan de geluideisen. Het verdient de voorkeur om de ventilatie ook in de pauzes in bedrijf te laten. Het neemt namelijk al gauw 15 tot 30 minuten in beslag voordat de CO<sub>2</sub>-concentratie gedaald is tot nabij de buitenluchtconcentratie, zodat na de pauze weer een fris lokaal kan worden betreden. Uiteraard kan de ventilatiecapaciteit tijdens pauzes ook vergroot worden door

ramen open te zetten; dit vergt echter een consequente inzet van de docent(en).

## CONCLUSIE

Bij de toepassing van mechanische ventilatiesystemen in scholen wordt vaak onvoldoende aandacht besteed aan het geluidsniveau dat deze systemen veroorzaken. Bij centrale systemen is het bij een goed ontwerp en correcte inregeling mogelijk om aan de gestelde geluideisen in de ISSO publicatie 89 te voldoen. Bij decentrale ventilatiesystemen waarbij de ventilatie-unit in het lokaal is geplaatst, blijkt uit praktijkmetingen dat het moeilijk is om het gewenste geluidsniveau van 35 dB(A) (klasse C) of lager te realiseren. Geluidsniveaus van meer dan 45 dB(A) zijn geen uitzondering. Verschillende fabrikanten zijn naar eigen zeggen druk bezig de geluid-

productie van hun systemen te minimaliseren. Wij zijn dan ook erg benieuwd naar de (meet-) resultaten van deze inspanningen. Momenteel (status quo november 2010) zijn zogenaamde stand-alone WTW-ventilatie-units verkrijgbaar (figuur 2) die bij een luchtcapaciteit van 750 m<sup>3</sup>/h een geluidproductie bezitten overeenkomend met een geluidsniveau van 36 dB(A), gemeten op 1 meter afstand. Op 5 meter afstand van deze unit wordt in een schoollokaal met een gemiddelde nagalmtijd van 0,8 s een geluidsniveau van circa 32 dB(A) berekend.

Een dergelijk resultaat mag, gezien het voorgaande, een schoolvoorbeeld worden genoemd voor andere ontwerpers/leveranciers van zulke schoolventilatiesystemen. Een dergelijk stil schoolventilatiesysteem is met recht vermelding in de ISSO-publicatie 89 waard.



-Figuur 7- stand-alone unit (Auerhaan)

**VIDEOVRAAGBAAK**  
Alle antwoorden over gaswarmtepompen

**HOEVEEL ENERGIE KUNT U BESPAREN MET EEN AISIN GASWARMTEPOMP?**

Dutch Green Building Council

360p

0:19 / 8:16

**GASENGINEERING.NL**