

Vernieuwen of vervangen?

dr.ing. Hans Werner Roth,
Evert van de Lustgraaf

In de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw zijn de klimaatinstallaties in kantoorgebouwen hoofdzakelijk uitgevoerd met inductie-units. Van deze installaties zijn er in Nederland nog duizenden in bedrijf. Met goed onderhoud en goede reparaties zijn deze nog prima bruikbaar. Stijgende energieprijzen en hogere comforteisen zorgen ervoor dat veel opdrachtgevers in de nabije toekomst toch de oude inductie-installaties moeten vernieuwen.

De noodzaak en de omvang van een renovatie moeten bij elk project verschillend worden beoordeeld. Een renovatie kan zich beperken tot vervanging van afzonderlijke componenten, maar het kan ook nodig zijn om een klimaatinstallatie volledig te vervangen. Renovatiewerkzaamheden kunnen worden uitgevoerd terwijl het gebouw nog in gebruik is, maar kan ook gebeuren als de binnenruimten zijn ontmanteld of als de gevels moeten worden vervangen. Vaak kan een eenvoudige revisie of vervanging van inductie-units al voldoende zijn.

INDUCTIE-UNITS

Om beter te kunnen beoordelen of een inductie-installatie behouden kan blijven, is een vergelijking gemaakt tussen oudere modellen en huidige modellen (tabel 1). Hierbij zijn de weergegeven toepassingsgebieden gebaseerd op een minimale energiebehoefte en een maximaal thermisch comfort. De vergelijking laat duidelijke verbeteringen zien bij het thermische en akoestische comfort. Het grote energiebesparingspotentieel (minder lucht- en watertransport, minder

energiegebruik voor luchtopwarming) is bij de bestaande, oude installaties al voor een deel benut, maar vanwege de hydraulische techniek nog beperkt. De primaire luchtstroom kan via de druk en de nozzles van de inductie-units worden aangepast, het waterdebiet via nieuwe kleppen (k_{VS} -waarden) en eventueel nieuwe warmtewisselaars. Voorwaarden zijn lagere verwarmings- en koellasten.

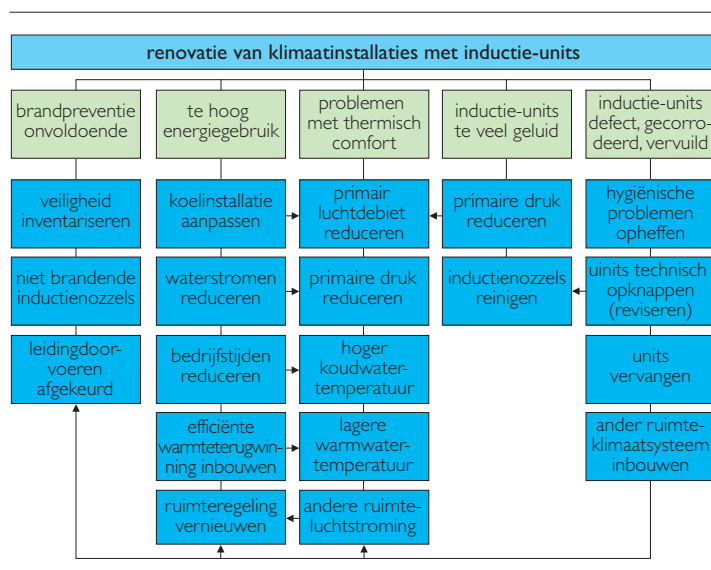
Ook zijn reducties mogelijk door vernieuwing van de gevels en/of de vensters op basis van lagere g- en U-waarden van de ramen, verwijdering van doorlatende delen en koudebruggen, en door het gebruik van zuinige (energie-efficiënte) kantoorapparatuur.

STROMINGSVORMEN

Voor de drie basistypen van ruimtestromingsvormen (afbeelding 2) die men met de huidige inductie-units kan bereiken, bestaan installatiebeperkingen die door thermisch discomfort worden bepaald.

De klassieke tangentiële ventilatie kan nog steeds worden gebruikt als de uittrede-impuls en de straalondertemperatuur kan zodanig zijn dat de ruimtewals tussen 2,5 en 3,5 m in de ruimte naar binnendringt. Een te kleine impuls of te koude lucht zorgen ervoor dat de toegevoerde luchtstraal al snel zijn kleefeffect verliest en afbuigt. Daardoor ontstaan tochtklachten op nekhoogte. Een te sterke impuls versterkt de retourstroom op de vloer met verhoogde luchtsnelheden op voethoogte. Zonweringen, vooruitstekende plafonddelen en verlichtingselementen kunnen de stromingsweg versperren en de toegevoerde luchtstraal ongunstig afbuigen. De inrichting van de tangentiële ventilatie vereist veel ervaring. Grensgevallen zouden in debiettesten in de kantoorruimte moeten worden gecontroleerd en geoptimaliseerd.

De koelsituatie met verdringingsventilatie is in stromingstechnisch opzicht stabiel. Voor deze units zijn geperforeerde omkastingen nodig. Op een afstand van 1 m van de luchtdoorlaat zou de snelheid van de ruimtelucht op 10 cm van de vloer, niet hoger mogen zijn dan 20 cm/s. De luchttemperatuur mag daarbij niet kouder zijn dan 21 °C, de



1. Enkele voorbeelden en oplossingen bij een eventuele ingreep zien.

temperatuur op een hoogte van 1,1 m zou maximaal met 2 – 3 K mogen toenemen. Deze comforteisen beperken de luchttoevoer bij een verdringingsventilatie tot 50 à 150 m³/h per meter gevel, en de koelcapaciteit tot 200 – 300 W/m. Bij verwarming stijgt de impulsarme straal met toevoerlucht naar het plafond. Deze schermt de koude gevel goed af, maar verslechtert de luchtkwaliteit door stromingskortsluitingen met de retourlucht en door de slechte afvoer van stoffen uit de ruimtezones met een (te) geringe luchtbeweging. De derde stromingsvorm, de mengverdringingsventilatie, combineert het voordeel van de hoge koelcapaciteit van de gemengde stroming en de karakteristieke lage snelheid van de ruimtelucht bij de verdringingsventilatie. De mengzone blijft bij een juiste luchtstroming en het gebruik van de juiste units beperkt tot een breedte van 1 m in de buurt van de gevel. Deze 1 m-zone is door de normen voor de thermische behaaglijkheid internationaal vastgelegd en voor het onderhoud van de apparatuur toch al vereist. De mengventilatie glijdt met een zeer lage ondertemperatuur naar de vloer en verzamelt zich daar tot een impulsarme stromingslaag die zich uitstrekt tot ruimtediepten van wel 8 m (afbeelding 2). De grens van de koelcapaciteit wordt door de snelheid van de ruimtelucht vlakbij de vloer op 1 m afstand tot de gevel en met een hoogte van 10 cm bepaald. Op die manier kan door een optimalisering van de apparatuur en de stromingstechniek een verbetering tot 600 W/m gevel worden bereikt.

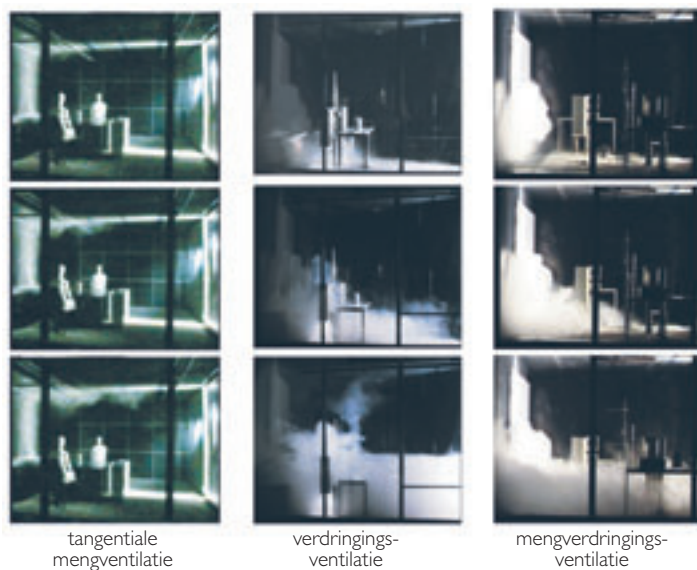
BUITEN- EN BINNENZONES

In de tijd dat het aanleggen van inductie-installaties hoogtijdedagen vierde, had men de voorkeur voor grote kantoorruimten (kantoortuinen) met diepten van 8 tot 10 m. Bij veel van deze installaties werden de binnenzones geventileerd en geconditioneerd via een lagedruk-eenkanaalsinstallatie met zoneluchtverwarmers via luchtuitlaten in het plafond.

In het overgangsgedebied, waar de tangentiële stralen van de buitenzone en de luchttoevoerstralen van de lichtdoorlaten in de binnenzone samenkomen, ontstaan vaak tochtproblemen. Bovendien kunnen variabele ruimteafscheidingsstromingstechnisch zo ongunstig zijn aangebracht, dat deze de doorspoeling van de toevoerlucht belemmeren. Ook kunnen de afscheidingen de reden zijn dat een straal van het plafond naar de zitplaats afbuigt en daar tochtproblemen veroorzaakt. Verder kunnen in hoekgebieden verkeerd ingestelde inductie-units elkaar negatief beïnvloeden en de luchtsnelheden ontoelaatbaar verhogen.

installatieparameters	'oude' inductie-units	huidige inductie-units
primaire luchtstromen / unit	80 – 150 m ³ /h	40 – 80 m ³ /h
primaire luchtstromen / m l gevel	60 – 100 m ³ /h	30 – 60 m ³ /h/m (ook 1 unit / 2 modules)
totale luchtwisseling (prim. + sec.)	15 – 20 l/h/m l (6 m ruimtediepte)	7 – 12 l/h (5 m ruimtediepte)
primaire druk op de unit	400 – 600 Pa	70 – 250 Pa
secundaire koelcapaciteit / unit (26°C in de ruimte)	650 – 1.200 W	350 – 700 W
totale koelcapaciteit / m l gevel	700 – 1.100 W/m	350 – 550 W/m
spec. koelcapaciteit	120 - 180 W/m ² (6 m ruimtediepte)	70 – 100 W/m ² (5 m ruimtediepte)
koudwaterdebiet / unit	200 - 400 l/h	100 – 200 l/h
koudwaterintrede-temperatuur	12 – 14 °C	15 – 17 °C
warmwaterintrede-temperaturen	70 – 90 °C (eigen convectie)	30 – 60 °C
stromingsvorm	tangentiale ventilatie	tangentiale ventilatie, verdringingsventilatie, mengverdringingsventilatie
max. snelheden ruimtelucht	0,18 – 0,25 m/s	0,10 – 0,20 m/s
geluidrukniveau in de ruimte	38 – 45 dB(A)	25 – 38 dB(A)
energiebehoefte voor luchttransport van toevoer- en retourventilator	5 – 7 kW/(m ³ /s)	2 – 3 kW/(m ³ /s)
temperatuurregeling	kleppenregeling bij constante waterstromen, pneumatisch	kleppenregeling met variabele waterstromen, elektronisch

Tabel 1. Vergelijking tussen de installatieparameters van 'oude' en huidige borstweringunits die onder de vensters zijn ingebouwd.



2. De stromingsvormen bij borstwering inductie-units.

De genoemde voorbeelden laten zien hoe klein de speelruimte is voor het ontwerp en deregulering van beide klassieke inductie-installaties en hoe moeilijk hoge luchtwisseling kan worden beheerst met een tangentiële ventilatie. Het thermische comfort zal geen problemen geven als het is gebaseerd op de juiste parameters (tabel 1) en voor alle ruimtetypen en omstandigheden een uniform ruimtestromingsysteem wordt opgezet.



Als na renovatie open binnenzones overblijven die klimatologisch moeten worden behandeld, kunnen de volgende plafondgerelateerde ruimteklimaatssystemen worden aanbevolen:

- Bij een lagedruksysteem (30 – 50 Pa overdruk in de horizontale leidingen) zijn gering belaste lijnroosters geschikt. Deze moeten worden uitgelegd met maximaal 8 – 10 m³/h/m² primaire lucht (100 procent buitenlucht) en specifiek 40 – 70 m³/h/m¹, overeenkomstig een interne koellast van maximaal 30 W/m². Binnenzones met veel cad-werkplekken, printers of kopieerapparaten moeten afzonderlijk worden behandeld.
- Bij hoge druksystemen (100 – 250 Pa overdruk) kunnen plafondinductie-units, ook wel actieve koelconvectoren genoemd, worden toegepast. In de tweepijpsuitvoering kan de secundaire lucht decentraal worden nagewarmd, in de vierpijpsuitvoering kan deze worden gekoeld en naverwarmd. Door een geschikte positionering van de plafond-units kan een ongunstig wisselspel tussen de ruimtestroming en de buitenzone worden voorkomen. Om bijvoorbeeld ook in de binnenzones een uniforme meng-verdringingsventilatie te bereiken, zouden luchtuitlaten moeten worden gerealiseerd langs de binnenmuren of in de zones waar mensen lopen.

VERGADERRUIMTEN

In vergaderruimten zou de primaire luchtstroom aan de bezettingsgraad van het aantal personen moeten worden aangepast. De eis van flexibele ruimtebenutting betekent ook, dat een ruimte in klimaattechnisch opzicht, tegen redelijke kosten en binnen een relatief korte tijd, met regelapparatuur in een vergaderruimte kan worden omgebouwd. Als een inductie-unit per venstermodule onvoldoende is voor de toevoer van primaire lucht, kunnen bijvoorbeeld de inductie-

nozzles worden vervangen. De hoeveelheid toegevoerde lucht kan het gemakkelijkst aan de bezettingsgraad worden aangepast als men buiten het gebruik een deel van de units blokkeert. De ruimtetemperatuur wordt met kleppen geregeld.

CENTRALE LUCHT- EN WATERTOEOVER

Kleinere verwarming- en koellasten in het gebouw, evenals de reductie van de buitenluchtstroom, stellen hoge eisen aan de capaciteitsregeling van de warmte- en koude-units en de ventilatoren. Het inregelen van de lucht- en waterkringlopen is moeilijker naarmate meer leidingen moeten blijven behouden.

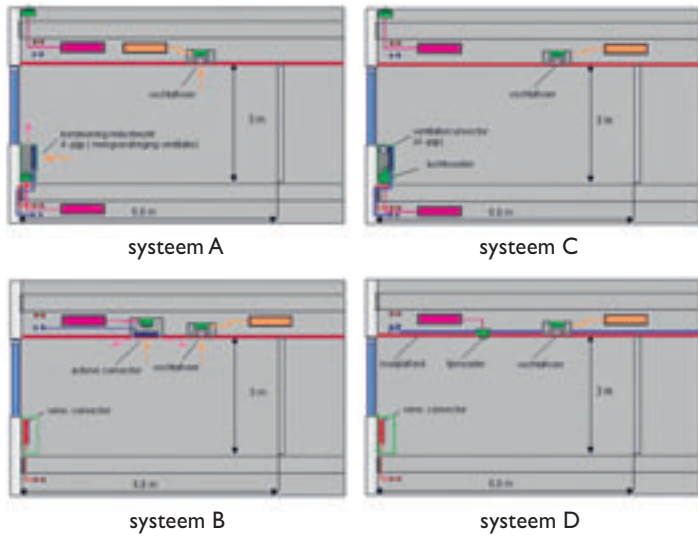
Aan te bevelen zijn druk- of debietregelaars op de luchtaansluitingen naar de verticale schachten. Deze regelaars moeten bij een etagegewijze renovatie relatief hoge drukverschillen compenseren, omdat de nog niet gerenoveerde etages met hogere primaire drukken moeten worden bediend. Nuttig zijn extra smookkleppen voor de luchtroosters die bij de nieuwe apparaten een deel van de drukvermindering overnemen tot dat alle etages zijn gerenoveerd.

BRANDPREVENTIE

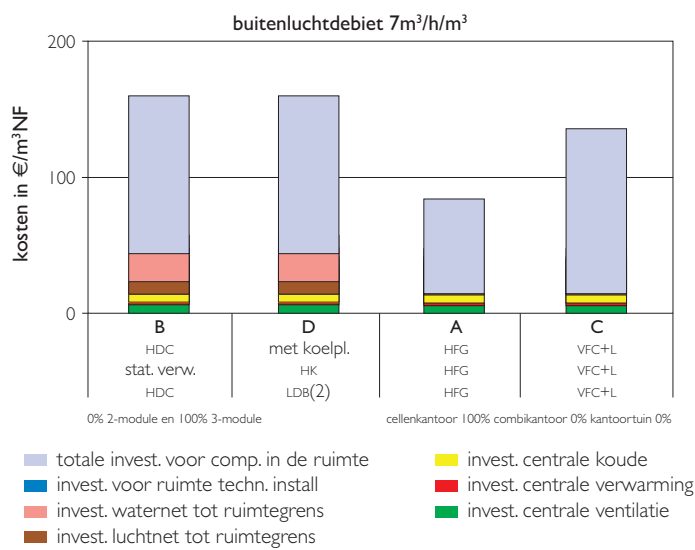
Elke renovatie van een klimaatinstallatie vereist een controle van de technische staat van de leidingen, vooral bij de doorvoer door wanden en plafonds. Hierbij moet worden gelet op de eisen van de modelrichtlijnen voor leiding- en ventilatie-installaties. Bij flatgebouwen gelden de strengere eisen van de richtlijn voor flatgebouwen. In 2007 is de nieuwe geharmoniseerde Europese versie verschenen. Bij de renovatie van flatgebouwen wordt geadviseerd de brandbeveiligingsinstanties op tijd in het proces te betrekken. Nieuwe inductie-units kunnen met niet-brandbare inductieozzles worden uitgerust.

positie	systeem A	systeem B	systeem C	systeem D	opmerkingen
bekleding borstwering	blijft	blijft	blijft	blijft	wordt nieuw geleverd
verlaagd plafond	nieuw	nieuw	nieuw	nieuw	incl. retourverlichting
warmwaterleidingen	blijven	blijven	blijven	blijven	aansluitingen liggen langs de gevel
koudwaterleidingen	blijven	nieuw in tussenplafond	blijven	nieuw in tussenplafond	horizontale hoofdverdeler blijft behouden
leidingen voor primaire lucht	blijven	nieuw in tussenplafond	blijven	nieuw in tussenplafond	horizontale hoofdleiding blijft
retourleidingen	blijven	blijven	blijven	blijven	nieuwe aansluitingen voor retourverlichting, incl. mech.V.-regelaar

Tabel 2. De randvoorwaarden voor sanering van een inductie-unit.



4. Een schematische weergave van de klimaatsystemen bij een renovatie.



5. Vergelijking van de investeringskosten bij een renovatie.

ALTERNATIEVEN

Als de aanwezige lucht- en waterleidingen en gevelbekledingen van borstweringen niet meer kunnen worden gebruikt en het verlaagde plafond wordt vernieuwd, wordt de speelruimte voor alternatieve ruimteklimaatssystemen groter. Dit neemt echter niet weg dat de beperkingen bij de verticale ontsluiting van de media via de beschikbare schachten en bij de unitkoppelingen via het plafond of de gevel, blijven bestaan. Daarbij komen eventueel nieuwe eisen voor de brandbeveiliging.

Een voor de hand liggend alternatief is het achteraf aanbrengen van een statische verwarming aan de gevel en ventilatie en koeling met plafondinductie-units (actieve koelconvectoren). De positie en afmetingen van de units zijn afhankelijk van het plafondsysteem. De aanpassing aan de koellast en de dichtheid van de primaire lucht kan gemakkelijk en flexibel worden gerealiseerd door het aantal units. De ruimtestroming is een zuivere mengventilatie met retourluchtafvoer via de plafondverlichting of de plafondinductie-units

zelf. Bij deze variant moet worden nagegaan of de bovenverdieping met primaire lucht via het plafond kan worden verzorgd, omdat de inductie-units bij veel bestaande installaties op een primaire luchtleiding van de verdieping eronder zijn aangesloten.

Bij zeer verschillende koellastdichtheden binnen een gebouw zijn ventilatorconvectoren de beste keuze. Door de convectieve verwarmings- en koelcapaciteit van het primaire luchtdebiet te scheiden, kunnen ruimten ook bij een uitgeschakelde luchtbehandelingsinstallatie afzonderlijk worden geconditioneerd en via de vensters vrij worden geventileerd. De luchtroosters kunnen in de ventilatorconvector worden geïntegreerd of gescheiden daarvan in het plafond worden ingebouwd.

Een andere variant is een lucht-watersysteem, bestaande uit statische verwarmingsvlakken, koelplafonds en plafondluchtroosters, uitgevoerd als wervel- of lijnroosters.

De systeemkeuze wordt in belangrijke mate bepaald door de investeringskosten, de flexibiliteit van de uitbreiding en de benodigde tijd. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de kantooruren en de eventuele verhuizing.

RENOVATIE

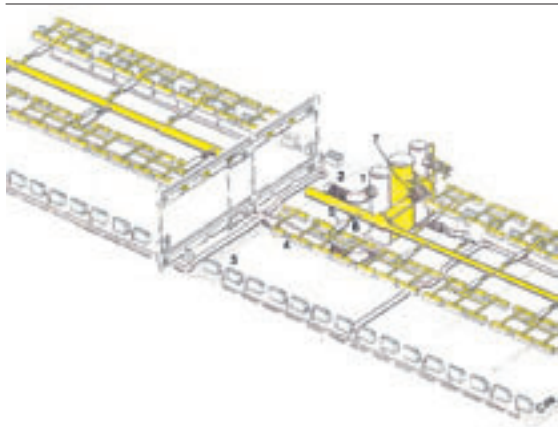
Bij de genoemde renovatieconcepten (afbeelding 4) gaat het om de volgende klimaatinstallaties:

- A. nieuwe inductie-units voor borstweringen (HFG), steeds één unit per venstermodule, retourlucht via de verlichtingsarmatuur in het plafond;
- B. verwarmingsconvectoren onder elk venster; plafondinductie-units (HDC), steeds één unit per module, retourlucht via de verlichtingsarmatuur in het plafond;
- C. vierpijpsventilatorconvectoren met luchttoevoeruitlaten (VFC+L) in de borstwering, in elke module, retourlucht via de verlichtingsarmatuur in het plafond;
- D. verwarmingsconvectoren onder elk venster; koelplafonds en roosteruitlaten (LDB), retourlucht via de verlichtingsarmatuur in het plafond.

De inductie-units van de borstwering (systeem A) zijn hier af fabriek met een meng-verdringingsventilatie uitgerust. Bij systeem B worden verwarmingsconvectoren in de gevelomkasting van de borstwering geïnstalleerd. De plafond inductie-units zijn zuivere koelconvectoren. De ventilatorconvectoren van systeem C zijn eveneens op een meng-verdringingsventilatie ingesteld en via de toerentallen van de ventilator voor hogere koelcapaciteiten te gebruiken. De koelplafonds (systeem C) bestaan uit koelregisters die op het nieu-



6. Een kritieke koellastsituatie in een model kantoorruimte in het laboratorium voor luchtstromingstesten in Stuttgart, waarbij de instelling van de units worden geoptimaliseerd en in documenten beschreven om een soepele renovatie te kunnen garanderen.



7. Een karakteristieke inductie-installatie uit de jaren zeventig van de vorige eeuw.

we metalen plafond worden gemonteerd. De klimaatcomponenten in de modules worden overeenkomstig de afmetingen van de ruimte in regelzones onderverdeeld.

De basisventilatie wordt uniform op $7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ vastgelegd. In vergaderruimten is maximaal $12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ beschikbaar. De koellast ligt gemiddeld bij $60 \text{ W}/\text{m}^2 \pm 10 \text{ W}/\text{m}^2$. Een venstermodule is 1,35 m breed. De kostenvergelijking wordt exemplarisch voor een ruimte met 22 m^2 gebruiksoppervlakte (drie modules en 5,5 m diepte) uitgevoerd. Bij andere oppervlakten en verschillend ingedeelde ruimtetypen kunnen de investeringskosten van elkaar afwijken.

Voor de renovatie van de centrale warmte-, koude- en luchtverzorging wordt bij elkaar uitgegaan van 30 procent van de nieuwwaarde.

Het grootste deel van de investeringen omvatten alle kosten van de klimaatcomponenten die direct in of op de binnenruimte zijn aangesloten (de blauwe balken in afbeelding 5). Het koelplafond (D) met lijnroosters (het duurste systeem) is een factor twee duurder dan het goedkoopste systeem A (de inductie-units in de bestaande borstwering). De rentabiliteit (efficiëntie en kostenbesparing) van de plafondinductie-units wordt in dit voorbeeld door een noodzakelijke extra verwarming negatief beïnvloed. Bij de systemen B en D is de benodigde tijd voor de renovatie het grootst, omdat de horizontale lucht- en koudwaterverdeling nieuw moet worden aangelegd.

De resultaten zijn, vanwege de verschillende randvoorwaarden bij een klimaatrenovatie, niet algemeen geldend. Ze laten wel zien dat er grote kostenbesparingen mogelijk zijn als een aantal varianten met de voor- en nadelen tegenover elkaar wordt gezet en met dezelfde kostenpercentages beoordeeld.

SAMENVATTING

Veel inductie-installaties kunnen het beste rendabel en duurzaam worden gerenoveerd als de kosten, de kosten-batenanalyse en de benodigde tijd goed worden vergeleken. Om de optimale oplossing te vinden, moeten de investerings- en exploitatiekosten en het ruimtecomfort van verscheidene renovatievarianten worden berekend en met elkaar worden vergeleken.

Als de gebruikers van een ruimte niet meer tevreden zijn met de bestaande inductie-installatie, zullen zij een nieuwe inductie-installatie alleen accepteren als zij goed over de nieuwe techniek worden geïnformeerd. Dat lukt het best als de nieuwe ruimteklimaattechniek in een laboratorium wordt getest, of als deze in een omgebouwde kantoorruimte in het pand tijdens de werkzaamheden door de mensen zelf wordt getest.

Inductie-installaties zijn qua energiebehoefte en thermisch comfort gelijk aan andere lucht-watersystemen, maar bij de renovatie zijn zij financieel de beste oplossing.

Auteurs

Dr.ing. Hans Werner Roth is werkzaam als hoofd technische innovaties bij LTG in Stuttgart. Evert van de Lustgraaf is directeur Opticlina Systems te Ermelo.