

Gebruik van zones bij betonkernactivering

De zone-indeling van een gebouw is een belangrijke succesfactor voor het leveren van comfort met betonkernactivering. Dit artikel geeft praktijkervaringen van twee gebouwen. Een verrassend resultaat is dat gelijktijdige warmte- en koudelevering slechts zeer beperkt voorkomt. Ook blijkt het belangrijk de zones te relateren aan het minimum leverbaar vermogen van de opwekkingsinstallatie. Naast dit alles worden ook temperatuurverschillen tussen de aanvoer en retour gepresenteerd.

Dr. ir. C.J. (Kees) Wisse, DWA, ir. A.K. (Kundert) de Wit, IHC Handling systems (DWA ten tijde van het onderzoek)

De regeling van betonkernactivering is een veelkoppig monster. Er wordt van alles geroepen, geprobeerd, gesimuleerd. Wist je nou maar hoe dat in de praktijk uitpakt. Dit artikel is het tweede deel in een serie van twee met resultaten van een praktijkevaluatie van twee gebouwen met betonkernactivering. In het eerste deel zijn de comfortprestaties geëvalueerd op basis van de ontwerpnormen voor het binnencomfort [1]. De stooklijnen bleken een belangrijke invloedfactor om de binnentemperaturen binnen de bandbreedte van binnenklimaatklasse B te kunnen regelen. Prima, zou je denken, dan weten wij toch voldoende? Nee, want de onderliggende voorwaarde is namelijk dat het gebouw op de goede manier in zones is opgedeeld.

■ WAAROM ZONES?

Waarom is een goede zone-indeling van belang? De zelfregelende werking en buffering van betonkernactivering is niet voldoende om het binnenklimaat 'in toom' te houden. Het is nodig om de temperatuur van het beton actief bij te sturen, vandaar de term betonkernactivering. De temperatuur bijsturen gebeurt door middel van het warme of koude water uit het cv- of gekoeldwater(gkw-)circuit. Een zuidgevel met veel zon gedraagt zich echter anders

dan een noordgevel. Het is dus nodig om het gebouw in zones in te delen. Vraag daarbij is natuurlijk: hoe doe je dat dan?

■ ZONE-INDELING

De standaard voor indeling in zones is op basis van oriëntatie, verschil in warmtelast en verschil in binnentemperatuur (zie [2]). Relatief eenvoudig, maar de vervolgvragen zijn een stuk lastiger.

1. Wat zijn goede inschakelwaarden voor de warmte- en koudevraag van zones en de bijbehorende dode-bandregeling?
2. Hoe nauwkeurig werkt zo'n regeling in de praktijk?
3. Komt het vaak voor dat de ene zone warmte nodig heeft en de andere koude?
4. Wat zijn typerende temperatuurverschillen tussen de aanvoer en retour?
5. Heeft het zin om water te circuleren, zonder actieve opwekking?
6. Ga je de zones vrije keuze bieden voor het afnemen van warmte of koude?

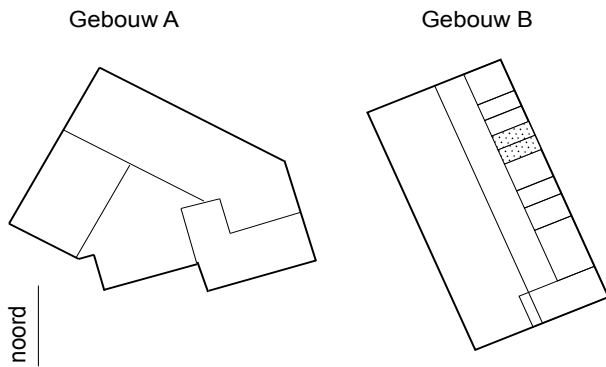
In dit artikel volgt een evaluatie van deze vragen aan de hand van een praktijkevaluatie van twee gebouwen. De resultaten zijn voor een deel eerder gepubliceerd in het internationale wetenschappelijke tijdschrift Energy

and Buildings [5]. In dit artikel zijn de meetdata nader geanalyseerd en is de wijze van presentatie van de data anders uitgewerkt. De comfortprestaties en de gebouwen zijn beschreven in het eerste deel van de Nederlandstalige publicatie [1].

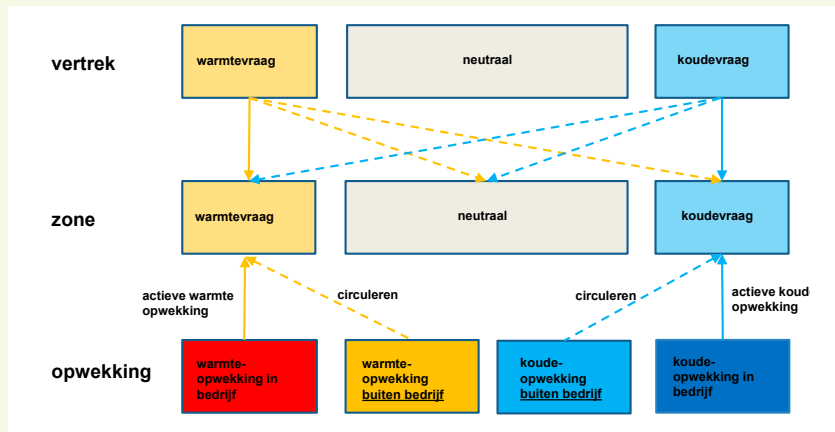
In verband met de leesbaarheid van het artikel geeft figuur 1 nogmaals de plattegrond met zone-indeling.

■ SAMENSPEL

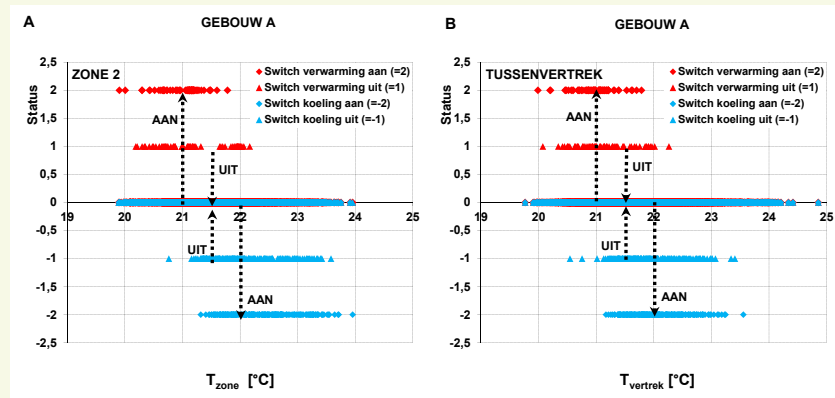
Om de thematiek goed te begrijpen, is het belangrijk te beseffen dat de zones de spil vormen tussen de opwekking en de individuele vertrekken. Als denkkader laat figuur 2 een aantal mogelijke interacties zien in het geheel van de keten van opwekking op gebouwniveau tot comfort op individueel ruimteniveau. Idealiter heeft een vertrek warmtebehoefte als de andere vertrekken binnen de zone dat ook hebben en de opwekker ook in bedrijf is (getrokken pijlen bij 'warmtevraag'). Datzelfde geldt natuurlijk voor koude (getrokken pijlen bij 'koudevraag'). Het is ook mogelijk dat er andere combinaties optreden; er is wel warmte of koude nodig, maar het vertrek krijgt het niet (gestreepte pijlen figuur 2). Het vertrek wijkt bijvoorbeeld af van de overige vertrekken, zodat de zone als geheel een koudebehoefte



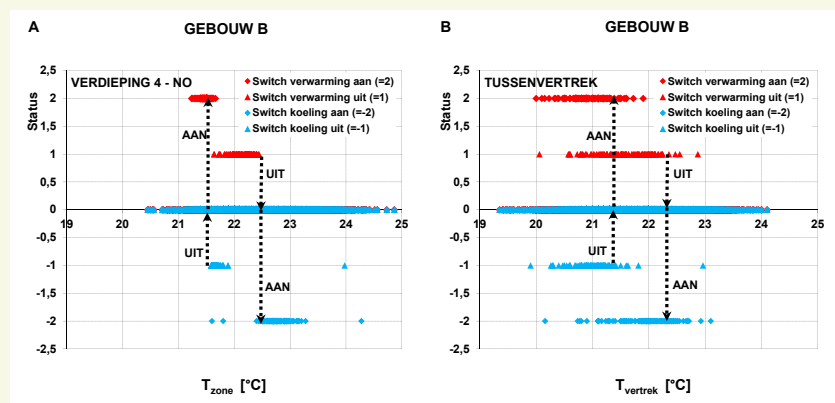
-Figuur 1- Zone-indeling van gebouw A (links, totaal drie bouwlagen, aandeel glas in de gevel = 30%) en gebouw B (rechts, totaal zes bouwlagen, aandeel glas in de gevel 40 - 45%)



-Figuur 2- Selectie van mogelijk voorkomende combinaties status vertrek, zone en opwekking



-Figuur 3- Omschakelgedrag **gebouw A** warmte- en koudevraag van de zones. Stippellijnen: ingestelde waarden GBS. Rode en blauwe waarden: gemeten waarden gerelateerd aan de zonetemperatuur (figuur a) en aan de temperatuur van één van de vertrekken (figuur b).



-Figuur 4- Omschakelgedrag **gebouw B** warmte- en koudevraag van de zones. Stippellijnen: ingestelde waarden GBS. Rode en blauwe waarden: gemeten waarden gerelateerd aan de zonetemperatuur (figuur a) en aan de temperatuur van één van de vertrekken (figuur b).

heeft terwijl het vertrek zelf warmtebehoefte heeft.
 Ook kan het zijn dat de zone dezelfde behoefte heeft als het vertrek, maar dat de opwekking niet in bedrijf is. Deze situatie van 'wel gevraagd, maar niet gekregen' heeft effect op de comfortprestaties. In het eerste deel van deze publicatie is het eindresultaat van dit samenspel gegeven door middel van de comfortevaluatie van de vertrekken [1].

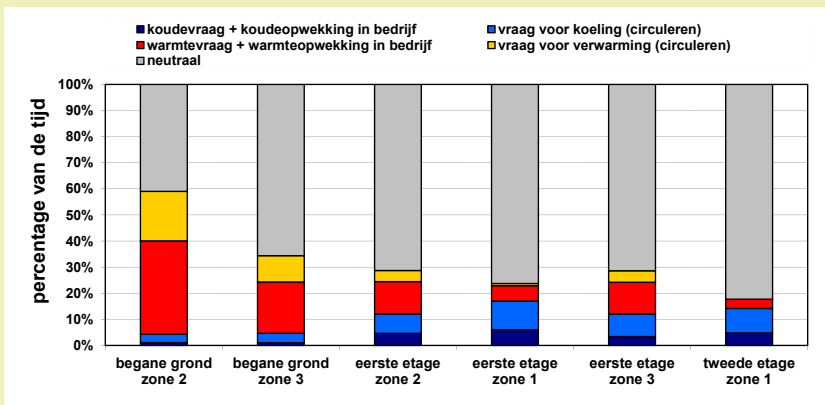
■ KOUDE OF WARMTE?

In deze paragraaf bekijken wij eerst de in- en uitschakeling van de warmte- en koudevraag en hoe dit in relatie staat tot de individuele vertrekken.
 Of een zone warmte of koude nodig heeft, wordt in deze gebouwen bepaald op basis van een representatieve luchttemperatuur van de betreffende zone in combinatie met een dode-bandregeling voor de inschakeling van de warmte- of koudevraag. Voor gebouw A wordt de representatieve temperatuur bepaald op basis van twee vertrekken per zone. Voor gebouw B wordt de gemiddelde temperatuur van alle aangesloten vertrekken van een zone genomen.

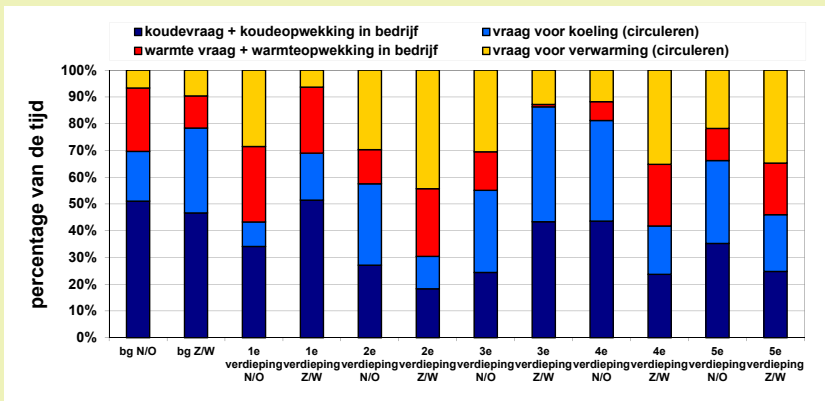
De ingestelde in- en uitschakelwaarden voor de warmte- en koudevraag in het gebouw-beheersysteem (GBS) zijn weergegeven door middel van de stippellijnen in figuur 3 (gebouw A) en figuur 4 (gebouw B).

Hier is het belangrijk om te realiseren dat in gebouw B altijd sprake is van een warmte- of koudevraag. Als de koudevraag 'uit' gaat, dan gaat de warmtevraag 'aan' en vice versa. Er is dus geen sprake van een neutrale status. Minstens zo interessant is wat er in de praktijk van het schakelgedrag terecht komt. Dit is weergegeven in dezelfde figuren door middel van rode punten voor het cv-circuit en blauwe voor het gkw-circuit. Figuur 3a en figuur 4a geven daarbij de waarden op basis van de zonetemperatuur. Dat is de waarde op basis waarvan de schakeling van de zone plaatsvindt. Dat wil natuurlijk niet zeggen dat een individueel vertrek binnen die zone ook precies die temperatuur heeft en die behoefte aan warmte of koude heeft. Om het effect hiervan te laten zien, is in figuur 3b en figuur 4b het schakelgedrag op basis van de vertrektemperatuur uitgezet. Hiervoor is één van de vertrekken uit de betreffende zone als voorbeeld genomen.

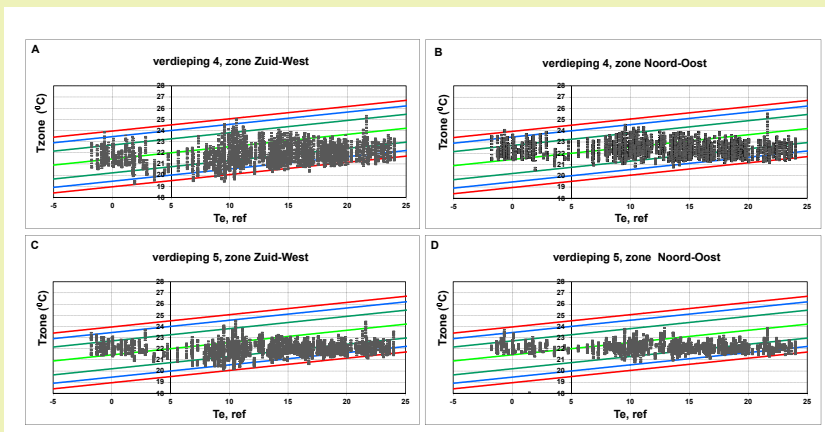
In- en uitschakeling van de warmte- en koudevraag vindt plaats met een behoorlijke spreiding rond de setpoints. De invloed op het comfort is beperkt in vergelijking met de stooklijnen.



-Figuur 5- **Gebouw A**: gemeten verdeling van de status per zone



-Figuur 6- **Gebouw B**: gemeten verdeling van de status per zone



-Figuur 7- **Gebouw B**: gemeten temperaturen van de zones, verdieping 4 en 5. $T_{e,ref}$ is de gewogen gemiddelde buitentemperatuur conform [6].

De conclusie hieruit is dat het schakelen gerelateerd aan een individueel vertrek lang niet zo nauwkeurig gebeurt als je dat vergelijkt met de in- en uitschakelwaarden in het GBS. De invloed op de bandbreedte van de binnentemperatuur is daarom veel minder dan die van de stooklijnen.

UNIEK GEDRAG

In het vervolg wordt verder ingegaan op het gedrag van de verschillende zones in relatie tot de opwekking.

Van de twee gebouwen is gedurende de meetperiode de status van de zones opgeslagen. De resultaten zijn weergegeven in figuur 5 (gebouw A) en figuur 6 (gebouw B). Het eerste wat opvalt is dat de zones zich allemaal verschillend gedragen. Het tweede

opvallende punt is het grote aandeel van de neutrale status bij gebouw A. Men zou dit als volgt kunnen interpreteren: de zelfregelende werking van de betonkernactivering is voor een groot deel van de tijd voldoende. Bij gebouw B komt de neutrale status niet voor. Dit komt, zoals eerder opgemerkt, door de ingestelde schakelwaarden (zie stippellijnen figuur 4). Het is vervolgens interessant de verschillen in de geveloriëntatie van de zones te bestuderen. In dit artikel worden de resultaten van gebouw B (figuur 6) besproken. In eerste instantie zou je verwachten: zones op zuidwest hebben minder warmtevraag en meer koelvraag dan zones op noordoost, dit als gevolg van de bijdrage van de zonnewarmte. Dat blijkt niet zo eenvoudig te zijn. Er is niet echt een consistente relatie gevonden tussen het aandeel warmtevraag,

koelvraag en de oriëntatie. De interne warmtelast en de infiltratie door de gevel zijn belangrijke factoren in de samenstelling van de energievraag, naast de externe warmtelast. De interne warmtelast en infiltratie zijn echter niet gemeten, waardoor een sluitende analyse niet goed mogelijk is.

De gegevens van de status van de zones zijn wel consistent met de gemiddelde ruimtemperaturen van de zones. Als voorbeeld zijn de zonetemperaturen van de vierde en vijfde verdieping weergegeven in figuur 7. In de range van buitentemperaturen tussen de 5 en de 15°C worden veel uren gemaakt. Bij de zones op zuidwest is er in deze periode sprake van grotere spreiding en treden ook lagere zonetemperaturen op. Hierdoor stijgt het aandeel warmtevraag op het totaal. Zoals opgemerkt in het eerste artikel wordt er in deze periode weinig vermogen afgegeven doordat de stooklijnen dicht bij ruimtetemperaturen zitten [1]. Inschakeling van het cv-circuit heeft dan ook niet zoveel effect waardoor de temperatuur ook niet snel stijgt en de status 'warmtevraag' langer blijft duren.

Een conclusie die in elk geval uit figuur 5 tot en met 7 volgt, is dat zones zich inderdaad verschillend gedragen. Indeling in zones naar oriëntatie en verdieping heeft dus zin.

Uit de metingen blijkt dat de zones uniek gedrag vertonen. Het is dus inderdaad belangrijk een gebouw in zones op te delen, er is geen sprake van een 'eenheidsworst'.

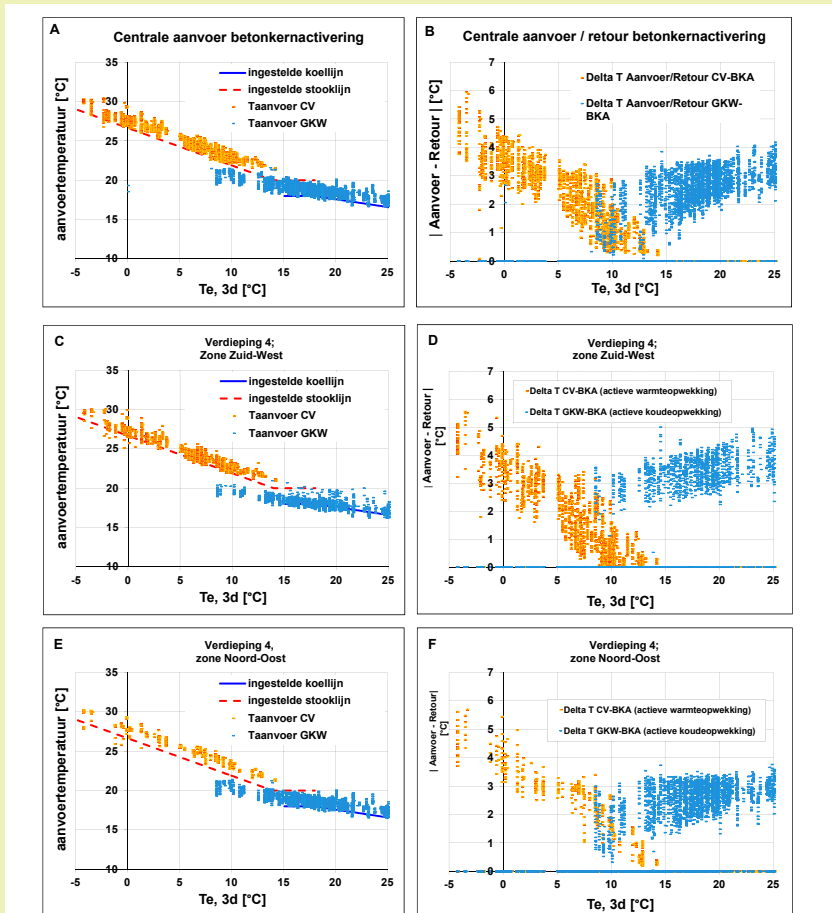
TEMPERATUURVERSCHILLEN

Om het gedrag van de verschillende zones te onderzoeken, zijn ook de temperatuurverschillen tussen de aanvoer en retour van de betonkernactivering nader bekeken. Is het verschil in gedrag uit figuur 6 ook terug te zien in de aanvoer- en retourtemperaturen? Behalve dit geven de aanvoer- en retourtemperaturen ook informatie die bruikbaar is voor ontwerptrajecten: hoe gedraagt zich het temperatuurverschil in deellast? Dat is een belangrijk onderwerp voor het ontwerp van de energieopwekking (zie ISSO 39 [4]). De temperatuurverschillen worden hier nader uitgewerkt voor gebouw B.

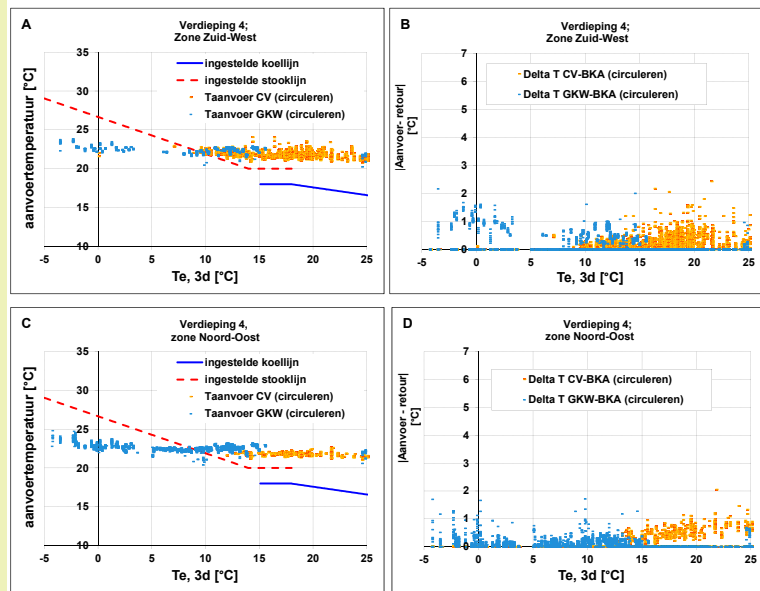
Figuur 8 geeft links de aanvoertemperaturen van het cv- en het gkw-circuit van gebouw B. Rechts is de absolute waarde van het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour weergegeven. Figuur 8 a en b betreffen het centrale distributienet. Figuur 8c tot en met f geven de data van de vierde verdieping voor de zones zuidwest en noordoost. Bij de interpretatie van de temperatuurverschillen is het belangrijk te

realiseren dat ΔT 's $< 1^\circ\text{C}$ vallen binnen de onnauwkeurigheidsmarge van de metingen. Op de horizontale as staat de buitentemperatuur, gemiddeld over drie dagen zoals die staat geregistreerd in het GBS. Dit is ook de basis voor de regeling van de aanvoertemperaturen. Globaal gezien is er in de centrale distributie en de zones het volgende te zien: naarmate de aanvoertemperatuur dicht bij de ruimtemtemperatuur komt, neemt het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour af. In het tussen-seizoen wordt er bijvoorbeeld in het cv-circuit nauwelijks vermogen meer overgedragen ($\Delta T < 1^\circ\text{C}$) doordat de aanvoertemperatuur rond de 22°C ligt. De ruimtemtemperatuur van de zones ligt ook in die buurt (zie figuur 7 a en b). De afnemende temperatuurverschillen vallen verder te begrijpen door de relevante vermogens in formules uit te schrijven: $P_{BKA} = A(T_{\text{water}} - T_{\text{ruimte}}) / R_{\text{wl}}$, waarbij P_{BKA} het vermogen is (W/m^2) en R_{wl} de samengestelde warmte-weerstand tussen de watertemperatuur in het distributienet en de ruimtemtemperatuur. Deze warmte-weerstand is min of meer constant en is verder uitgewerkt in ISSO 85, bijlage D [5]. In evenwichtstoestand en met uitmiddeling van buffereffecten is het vermogen P_{BKA} ook bij benadering af te leiden uit het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour: $P_{BKA} = \rho c_v (T_{\text{aanvoer}} - T_{\text{retour}})$, waarbij ρ en c_v respectievelijk de water eigenschappen en het debiet representeren. Bij een constant debiet is het dan te verklaren dat bij een afnemend afgiftevermogen het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour ook afneemt. Of er sprake is van een constant debiet wordt bepaald door de hydraulische schakeling. Bij systemen met betonkernactivering die niet op de aanvoertemperatuur worden geregeld, zal verder het verloop van de temperatuurverschillen anders uitpakken. Bij het gkw-circuit in de zone zuidwest ligt de aanvoertemperatuur lager dan bij de centrale aanvoer en de zone noordoost. De verschillen tussen de aanvoer en retour zijn voor de zone zuidwest dus groter dan voor de centrale aanvoer en de zone noordoost. De meest waarschijnlijke verklaring is de meetonnauwkeurigheid van de sensoren. De centrale aanvoertemperatuur is de laagst beschikbare temperatuur in het hydraulisch circuit: de verdiepingen betrekken hier het water uit. De aanvoertemperatuur van de zone zuidwest is dus in principe gelijk aan die van de andere zones.

Bij de regeling van de betonkernactivering met een stooklijn op de aanvoertemperatuur en een constant debiet neemt het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour verder af naarmate de aanvoertemperatuur dicht bij de vertrektemperatuur komt.



-Figuur 8- **Gebouw B**: centrale aanvoertemperatuur cv en gkw (a), temperatuurverschil aanvoer en retour BKA, centraal (b), verdieping 4 (c en d), verdieping 5 (e en f). De bedrijfssituatie betreft actieve warmte- en/of koudeopwekking. $T_e, 3d$ is de gemiddelde buitentemperatuur over drie dagen zoals die volgt uit het GBS.



-Figuur 9- **Gebouw B**: aanvoertemperaturen en temperatuurverschillen distributie bij circuleren. $T_e, 3d$ is de gemiddelde buitentemperatuur over drie dagen zoals die volgt uit het GBS.

CIRCULEREN?

Circuleren zonder actieve opwekking wordt wel eens ingezet met de gedachte dat je hiermee warmte en koude kunt uitwisselen, bijvoorbeeld tussen een noord- en zuidzone. In de gedachte van cradle-to-cradle: afvalwarmte van de ene zone is voedsel voor de andere zone.

Op zoneniveau zou je wellicht de verschillen tussen de verschillende vertrekken kunnen verkleinen: het ene vertrek koelt, het andere vertrek wordt verwarmd. De bijdrage hieraan door het circuleren van het watercircuit wordt echter bepaald door de aanvoertemperatuur die gemaakt kan worden.

Zoals al bleek uit de vorige paragraaf: als er weinig verschil is tussen de vertrektemperatuur en de watertemperatuur, dan is het geleverde vermogen nihil. Dit wordt ook bevestigd door de metingen van de aanvoer- en retourtemperaturen bij circuleren. De opwekkers zijn dan buiten bedrijf. Figuur 9 (vorige pagina) geeft de resultaten voor de vierde verdieping (zones zuidwest en noordoost). De gemeten temperatuurverschillen zijn door de bank genomen kleiner dan 1°C en vallen binnen de foutenmarge van de bepaling van de temperatuurverschillen. De conclusie is dan ook dat circuleren niet zinvol is voor een bijdrage aan het comfort en vooral leidt tot een toename van de hoeveelheid pompenergie.

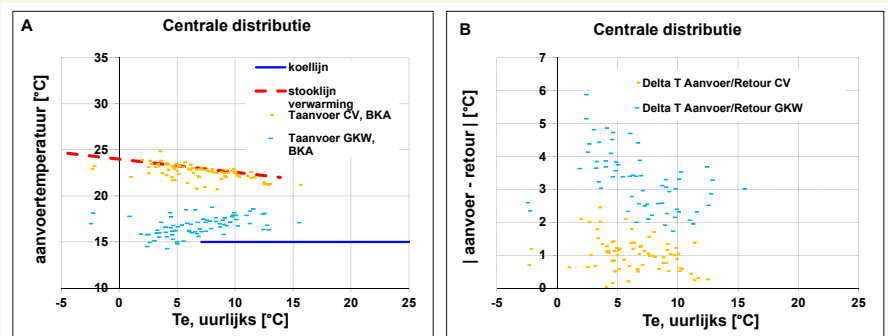
Circuleren van water zonder actieve opwekking heeft weinig zin. De aanvoertemperatuur ligt te dicht bij de vertrektemperatuur om vermogen te kunnen leveren.

TWEE- OF VIERPIJPS?

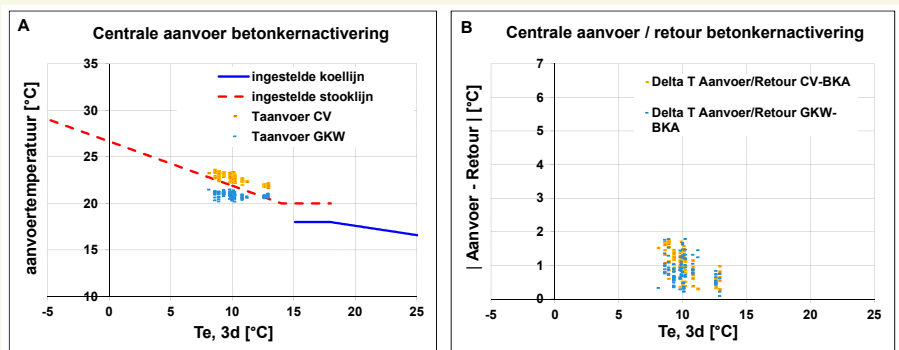
Zoals blijkt uit de meetdata van het circuleren en de actieve opwekking is er een gebied met buitentemperaturen waar zowel warmte als koude gevraagd kan worden. De interessante vraag hierbij is: komt het vaak voor dat er zowel warmte als koude wordt gevraagd in het gebouw? Met andere woorden: is het noodzakelijk om tegelijkertijd zowel warmte als koude aan te bieden in het gebouw? Hydraulisch gezien kun je dit als volgt vertalen. Is een vierpijpsysteem noodzakelijk (aanbieden van warmte en koude) of kan volstaan worden met een tweepijpsysteem (warmte of koude)? Het blijkt dat het aantal uur waarbij er gelijktijdig warmte en koude aan het gebouw wordt geleverd (zeer) beperkt is. Dat is dus de situatie dat de zones om warmte en koude vragen en dit ook wordt geleverd. Tabel 1 geeft voor zowel gebouw A als gebouw B het aantal uur dat dit voorkomt in de meetperiode, alsmede het relatieve aandeel. Het aantal uur dat er gelijktijdig warmte en koude wordt gevraagd, is hoger dan het aantal uren met gelijktijdige levering. Een aantal uren zal het voorkomen dat de opwekking niet in bedrijf is gekomen. Bij gebouw B komt dit het grootste deel van de tijd voor vanwege de in- en uitschakelwaarden voor warmte- en koudevraag. Hierdoor ontbreekt de status 'neutraal' (zie figuur 4 en figuur 2). In gebouw A komt het slechts beperkt voor dat er vanuit de zones bezien zowel warmte als koude nodig is (10% van de tijd). Ook al zou de opwekking in bedrijf zijn geweest, dan nog zou de benutting van het vierpijpsprincipe beperkt zijn geweest. Een interessante vraag is dan ook: kan (in deze gebouwen) worden volstaan met een tweepijpsprincipe? Daarvoor is het interes-

Gebouw	Aantal uren vraag van de zones: warmte en koude	Aantal uren gelijktijdige levering van warmte en koude	Totaal aantal metingen
A	610 (10%)	79 (1%)	6.264
B	5.509 (89%)	108 (2%)	6.200

-Tabel 1- Gelijktijdige levering van warmte en koude komt slechts een zeer beperkt deel van de tijd voor



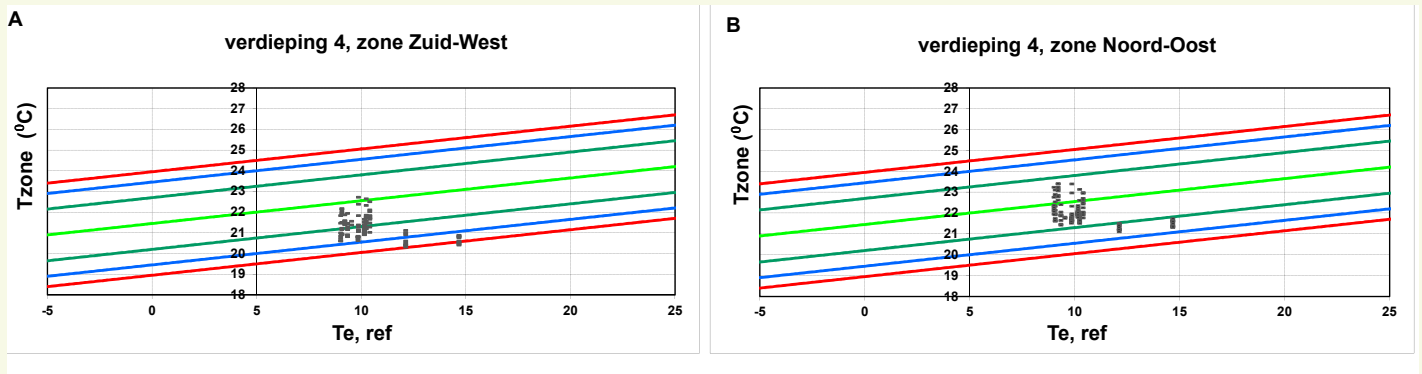
-Figuur 10- Gebouw A: aanvoertemperaturen en verschil aanvoer en retour bij gelijktijdige warmte- en koudelevering (actieve opwekking warmte + koude). Te, uurlijks is de uurlijks gemiddelde waarde van de buitentemperatuur.



-Figuur 11- Gebouw B: aanvoertemperaturen en verschil aanvoer en retour bij gelijktijdige warmte- en koudelevering (actieve opwekking warmte + koude). Te, 3d is de gemiddelde buitentemperatuur over 3 dagen zoals die volgt uit het GBS.

sant te weten wanneer de gelijktijdige levering plaatsvindt en wat de temperatuurverschillen tussen de warmte en de koude zijn. De aanvoer- en verschiltemperaturen van de 79 meetpunten uit tabel 1 zijn voor gebouw A weergegeven in figuur 10. Door de lage aanvoertemperatuur van het gkw-circuit treden in dit circuit behoorlijke temperatuurverschillen op tussen de aanvoer en retour. Voor slechts een beperkt aantal punten is voor het cv-net het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour groter dan 1°C. Als de binnentemperaturen in de warmtevragende zones relatief hoog zijn (bijvoorbeeld 21 - 22°C), dan heeft warmtelevering met de weergegeven aanvoertemperaturen een beperkt effect. Figuur 11 geeft de centrale aanvoer- en verschiltemperaturen van gebouw B voor de 108 meetpunten uit tabel 1. Hier blijkt dat de temperatuurverschillen tussen de aanvoer en retour beperkt zijn en voor een groot deel kleiner zijn dan de onnauwkeurigheidsmarge van de metingen ($dT < 1^\circ C$). Er wordt dus nau-

welijks vermogen geleverd. Zoals in [1] opgemerkt, hangt dit ook samen met de instelling van de stooklijnen in het tussenseizoen. Echter, figuur 8b laat rond deze buitentemperaturen ook dT 's zien tussen de 2 en de 3°C. Het lijkt er op dat de koeling best gemist kan worden tijdens het gelijktijdig bedrijf van warmte- en koude-opwekking. Dit wordt bevestigd door het beeld van de zonetemperaturen tijdens het gelijktijdige bedrijf. De vierde verdieping is een interessante casus wat dat betreft: 80 van de 108 meetpunten uit tabel 1 betreffen het gelijktijdig optreden van warmte- en koudevraag. Figuur 12 geeft de zonetemperaturen gedurende gelijktijdig warmte- en koudevraag. De zuidwestzone vraagt meestentijds om warmte, de noordoostzone om koeling. De temperaturen van de noordoostzone zijn echter zodanig dat een neutrale bedrijfstoestand (geen warmte- of koudevraag) ook zou volstaan. De conclusie is dat een tweepijpsysteem voor gebouw A en B waarschijnlijk ook zou volstaan.



-Figuur 12- Zonetemperaturen verdieping 4 tijdens gelijktijdige levering van warmte en koude aan het gebouw (actieve opwekking). $T_{e,ref}$ is de gewogen gemiddelde buitentemperatuur conform [6].

Wel is het dan belangrijk dat de zone met een klep afgesloten kan worden van de levering (status neutraal).

De vraag is natuurlijk hoe generiek deze conclusie is. Een belangrijke overeenkomst tussen de beide gebouwen is dat de zones met elkaar in open verbinding staan door middel van trappenhuizen, open deuren etc. De temperatuurverschillen binnen het gebouw zijn daarom gematigd waardoor het gelijktijdig voorkomen van hoge warmte- en koudevermogens nauwelijks voorkomt. Voor gebouwen die uit meerdere vleugels bestaan of een grote variëteit in warmtelast hebben, kan dit anders uitpakken. Het is de moeite waard dit, bijvoorbeeld met simulaties, verder te onderzoeken. Dit valt echter buiten het kader van dit artikel.

Door gematigde luchttemperatuurverschillen tussen de zones kan in de onderzochte gebouwen hoogstwaarschijnlijk worden volstaan met een tweepijpsysteem. Belangrijk is wel dat zones afgesloten kunnen worden van levering.

■ MINIMUM VRAAG

Een onderbelicht onderdeel bij het indelen van zones en de keuze voor een tweepijps- of vierpijpsysteem is de minimum vermogensvraag die er nodig is om opwekkers in bedrijf te laten komen. Het kan heel aantrekkelijk lijken om een fijnmazige zone-indeling te maken. Er moeten echter genoeg zones met hetzelfde vraagtype optreden wil deze minimale vermogensvraag ook werkelijk ontstaan. De resultaten van gebouw A laten dit duidelijk zien: met medeneming van de opwekking daalt het aandeel gelijktijdige vraag van 10% naar 1% van de tijd met gelijktijdige levering. In ISSO 85 was dit aspect nog buiten beeld,

de huidige monitoringsgegevens geven echter aan dat dit een belangrijk aspect is om rekening mee te houden. Verder is het zo dat huidige temperatuuroverschrijdingsberekeningen vaak op vertrekniveau worden uitgevoerd, zonder medeneming van het totale gebouw en de beschikbaarheid van de opwekkers. Dit leidt dus tot een vertekend beeld van de comfortprestaties. Dit bevestigt het eerder gesignaleerde nut van het integraal simuleren op gebouwniveau [7].

Voor het ontwerpen van een zone-indeling is het belangrijk de vermogensvraag van de zone te relateren aan de minimum deellast van de opwekkers. Zonder het integrale gebouw mee te nemen in comfortberekeningen op vertrekniveau ontstaat er een vertekend beeld van de prestaties.

■ CONCLUSIES

1. Indeling van zones van een gebouw is inderdaad noodzakelijk om de verschillen in de vermogensvraag binnen het gebouw op te vangen.
2. Bij het indelen van een gebouw in zones is het van belang de omvang van de warmte- en koudevraag per zone te relateren aan de minimum deellast van de opwekkers.
3. Temperatuuroverschrijdingsberekeningen die geen rekening houden met de minimum deellast van de opwekker geven een vertekend beeld van de comfortprestatie.
4. Als zones door open verbindingen (open deuren/gangen) met elkaar in verbinding staan, dan is er minder snel sprake van zowel koude- als warmtelevering op gebouwniveau. Een tweepijpsysteem zal

hoogstwaarschijnlijk kunnen volstaan.

5. Voor minder compacte gebouwen en een sterk variërende warmtelast kan een vierpijpsysteem wel van belang zijn.
6. Temperatuurverschillen tussen de aanvoeren en retourtemperatuur nemen af naarmate het verschil tussen de watertemperatuur en de vertrektemperatuur afneemt.
7. Circuleren van water over BKA-zones zonder actieve opwekking is niet zinvol. Het beschikbare vermogen is te klein omdat de watertemperatuur te dicht bij de vertrektemperatuur komt.

■ LITERATUUR

1. Wisse, C.J., Praktijkevaluatie thermisch comfort betonkernactivering, TVVL Magazine, maart 2014
2. ISSO 85, Thermisch Actieve vloeren, Betonkernactivering, Stichting ISSO, maart 2011
3. de Wit, A.K., Wisse, C.J.; Hydronic circuit topologies for thermally activated building systems - design questions and case study. Energy and Buildings 52 (2012) 56 - 67
4. ISSO 39, Ontwerp, realisatie en beheer van een energiecentrale met warmte- en koudeopslag (wko)
5. de Wit, A.K., Wisse, C.J.; Hydronic circuit topologies for thermally activated building systems - design questions and case study. Energy and Buildings 52 (2012) 56 - 67
6. ISSO 74, Thermische behaaglijkheid, Eisen voor binnentemperatuur in gebouwen, Stichting ISSO, maart 2004
7. Wisse, C.J., Mag het een onsje meer zijn?, TVVL Magazine januari 2014