



wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

2018/1

Speciale uitgave

De **technische installaties** van de toekomst



**Combilus-
installaties**
p10-12

**Sanitaire
verdeel-
installaties**
p13-15

**Power over
Ethernet**
p20

**Integratie van
technische
installaties**
p24-25



Shutterstock



Renson

Inhoud

2018/1

	Gebouwinstallaties ten dienste van de gebruiker.....	3
	Ontwerp en dimensionering van slimme installaties.....	5
	Energiebuffering in het gebouw.....	7
	Combilusinstallaties.....	10
	Een nieuwe kijk op sanitaire verdeelinstallaties.....	13
	Waterbesparende sanitaire toestellen vergen aanvullende maatregelen!.....	16
	Ledverlichting en visueel comfort.....	18
	Power over Ethernet.....	20
	Ventilatie van woningen: hybride systemen en toekomstige tendensen.....	21
	Integratie van technische installaties: een uitdaging voor de sector.....	24
	Smart, zei u Smart?.....	26
	Hoe gaan we ons verwarmen in 2050?.....	28



De technische installaties hebben altijd al essentiële functies vervuld in onze gebouwen en ook vandaag de dag staan ze nog steeds centraal. Het leek ons dan ook niet meer dan logisch om deze thematische WTCB-Contact aan dit onderwerp te wijden.

Gebouwinstallaties

ten dienste van de gebruiker



Functies van de technische installaties

Dankzij de aanwezigheid van technische installaties kan een gebouw beantwoorden aan de noden van de gebruikers.

Soms hebben de installaties tot doel om de 'gebreken' van het gebouw te verhelpen. Zo zal een goed geïsoleerd gebouw toch nog **verwarmd** moeten wor-

den en volstaat een goede zonnewering niet altijd om de behoefte aan koeling uit te sluiten.

Verder zal men, ondanks een slim gebruik van natuurlijk licht, toch nog **kunstlicht** nodig hebben om een goed visueel comfort te bereiken.

Teneinde een goede luchtkwaliteit te verzekeren, moet men dan weer een beroep doen op een **ventilatie**-instal-

latie. Ten slotte is er ook nog een **sani-taire** installatie vereist om de hygiëne te waarborgen.

Deze thematische WTCB-Contact zal dieper ingaan op de vier voormelde basisfuncties. Andere – daarom niet minder belangrijke – aspecten, zoals akoestisch comfort, multimedia en veiligheid (bv. inbraakbeveiliging, brandbeveiliging ...) komen in deze uitgave evenwel niet aan bod.



De inspanningen die geleverd worden om de CO₂-uitstoot terug te dringen, mogen het comfort van de gebruikers niet in het gedrang brengen.

Twee belangrijke randvoorwaarden: energie en ICT

Bij de keuze en het ontwerp van de technische installaties moet er – met het oog op de klimaatdoelstellingen – ook op toegezien worden dat de CO₂-uitstoot, die sterk afhankelijk is van het energieverbruik, beperkt blijft. Dit kan door:

- onze energiebehoeften te verminderen door de gebouwen bijvoorbeeld beter te isoleren
- de energie-efficiëntie van de productie-, omzettings- en verbruiksprocessen te verbeteren
- hernieuwbare energiebronnen in te zetten die geen CO₂ uitstoten of een korte regeneratiecyclus hebben (bv. biomassa).

De inspanningen die geleverd worden om de CO₂-uitstoot op elk van de bovenstaande vlakken terug te dringen, mogen het comfort van de gebruikers echter niet in het gedrang brengen.

Teneinde aan de immer strengere reglementaire eisen te beantwoorden, worden de installaties steeds complexer. Ze staan ook alsmaar vaker met elkaar in verbinding, wat niet alleen een betere individuele regeling door de gebruiker mogelijk maakt, maar ook een betere communicatie met de wijk of stad (bv. voor het beheren van de energiestromen in slimme elektrische en warmtenetten). De communicatie- en internettoepassingen zullen hier in de toekomst naar alle waarschijnlijkheid een belangrijke rol in gaan spelen.

Wat valt er te lezen op de volgende bladzijden?

In de eerste plaats zullen we het hebben over het belang van een correcte dimensionering in een goed ontworpen gebouw. Vervolgens zullen we een aantal innovaties toelichten die nu reeds toegepast kunnen worden.

Daarna zal er gereflecteerd worden over de toekomstige ontwikkelingen. Hoewel het hier geenszins exacte voorspellingen betreft, kunnen ze de huidige werkzaamheden van het WTCB wel sterk beïnvloeden.

Aan het einde van dit magazine worden er ten slotte een aantal projecten rond technische installaties opgesteld waaraan het WTCB zijn actieve medewerking verleent.

Wij wensen u alvast veel leesplezier toe!

*P. Van den Bossche, ing.,
laboratoriumhoofd, laboratorium
Verwarming en ventilatie, WTCB
A. Deneyer, ir., afdelingshoofd,
afdeling Binnenklimaat, installaties en
energieprestatie, WTCB*





De technische installaties hebben als oogmerk om het comfort van de gebruikers te waarborgen. Bijgevolg moet er bij het ontwerp ervan rekening gehouden worden met de gebruikersbehoeften en de gebouwbestemming. Deze talrijke installaties zijn evenwel onderhevig aan een immer stijgend aantal eisen. Om hun optimale werking te garanderen, moeten ze dan ook correct ontworpen en gedimensioneerd worden.

Ontwerp en dimensionering van slimme installaties

Gebouwschil

De energiekarakteristieken van de gebouwschil hebben een grote invloed op de **dimensionering van de installaties**. Dankzij een intelligent ontwerp van deze schil kan men de verwarmings- en koelbehoeften verminderen en de installaties vanaf de ontwerpfase van het gebouw correct dimensioneren. Aangezien de technische installaties niet als voornaamste functie hebben om de ontwerpgebreken in de gebouwschil te verhelpen, is een dergelijke intelligente

De energiekarakteristieken van de gebouwschil hebben een invloed op het ontwerp en de dimensionering van de installaties.

aanpak essentieel om te komen tot een performant gebouw.

De energieprestaties van de gebouwschil, die onder meer gekenmerkt worden door de thermische isolatie en de luchtdichtheid ervan, hebben een rechtstreekse invloed op het **vereiste verwarmingsvermogen** en het **energieverbruik van de verwarmingsinstallatie**. Naarmate het gebouw beter geïsoleerd en luchtdichter is, nemen de energieverliezen af en daalt het vereiste vermogen voor de verwarmingsinstallatie.

Ook de aanwezigheid van zonneweringen heeft een impact op de dimensionering van bepaalde installaties. Door deze voorzieningen op een intelligente manier aan te sturen, kan men de zonnewinsten en koelbehoeften tot een minimum beperken. Op die manier dragen de zonneweringen ook bij tot de beperking van het risico op oververhitting. Wanneer ze in een gebouw met een hoge thermische inertie uitgevoerd worden (hoge weerstand tegen temperatuurschommelingen), dan kan dit risico nog beter beheerst worden. Een goed ontwerp van de gebouwschil kan

de plaatsing van een actief koelsysteem dus overbodig maken (behalve in extreme gevallen).

Gebruiksprofiel van het gebouw, behoeften van de gebruikers en kosten

Ook het gebruiksprofiel van het gebouw en de behoeften van de gebruikers hebben een rechtstreekse impact op het ontwerp en de dimensionering van de technische installaties. Het zijn met andere woorden de **comfortbehoeften van de gebruikers** die bepalend zijn voor de dimensionering en vermogensbepaling van de installatie.

Bij het installatieontwerp en de dimensionering ervan dient men bovendien ook rekening te houden met de kosten die ze teweegbrengt:

- **investeringskosten** die voortvloeien uit de aankoop van het materieel (ketel, warmtepomp, warmteverdelingssysteem, verwarmingslichamen, regelsysteem ...) en de uitvoering van de installatiewerken (plaatsing van de leidingen, geothermische boring ...)



Shutterstock



Het ontwerp en de dimensionering zijn afhankelijk van het gebruiksprofiel van het gebouw, de behoeften van de gebruikers en de kosten.

- **exploitatiekosten** die gepaard gaan met de gebruikte brandstof. De kostprijs kan immers een kleinere of grotere volatiliteit vertonen (gas, stookolie, biomassa ...) of op uurbasis getarifeerd worden in functie van de beschikbaarheid van de brandstof op het net (elektriciteit of warmte)
- **onderhoudskosten** die verbonden zijn aan de aangewende technologie en de gebruikte brandstof.

Energetische flexibiliteit

De installateurs zullen in de toekomst alsmear vaker geconfronteerd worden met systemen die de opslag van energie en/of het gebruik van hernieuwbare energiebronnen mogelijk maken. Deze tendens is onvermijdelijk verbonden met de evolutie van de **energiemix** (zie onderstaand kader) die een vermindering van het gebruik van fossiele brandstoffen (stookolie, gas en steenkool) en een stijging van het gebruik van hernieuwbare energie (thermische zonne-energie, fotovoltaïsche zonne-energie, windenergie, hydraulische energie en biomassa) beoogt.

De aanwezigheid van systemen voor de opslag van energie en het gebruik van hernieuwbare energie in een technische installatie hebben een invloed op het ontwerp en de dimensionering ervan en dit, omwille van de **flexibiliteit** die ze vereisen. Denken we hierbij maar even aan het faseverschil tussen de productie van warm water door middel van thermische zonnepanelen en het verbruik van dit water, dat in elke installatie een boiler noodzakelijk maakt.

Aangezien de **energietarieven** variëren volgens de **beschikbaarheid van de energie**, houden intelligente regelsystemen ook rekening met deze aspecten. Zodoende kunnen de installaties gestuurd worden in functie van de behoeften van de gebruikers en de beschikbaarheid van de energie: elek-

triciteitsnet, warmtenet ... Daar waar de behoeften eigen zijn aan het gebouw (te verwarmen volume, thermische-isolatie-niveau ...) en aan de gebruikers (aantal, type activiteit ...), hangt de hoeveelheid beschikbare energie vaak af van de weersomstandigheden en van het net, wat zich uit in een schommeling in de energiekost.

Commissioning van de installaties

Gelet op de steeds strenger wordende comforteisen van de gebruiker en de variërende beschikbaarheid van energie, is de evolutie naar correct ontworpen en gedimensioneerde installaties die aangestuurd worden door geavanceerde beheersystemen onontbeerlijk.

Hoewel deze trend een aanpassing van de ontwerp- en dimensioneringsgewoonten vergt (nauwkeurige berekening van de geïnstalleerde en gebruikte vermogens, parametrisatie van de sturing ...), opent hij ook deuren naar nieuwe 'slimme' mogelijkheden zoals *smart installations* en *smart monitoring*.

Zo zal de **commissioning van de installaties** vergemakkelijkt worden door intelligente beheersystemen die een geavanceerde opvolging ervan toelaten. Onder **commissioning** verstaat men een volledig proces van opvolging en verbetering van de gebouwprestaties

in drie stappen die meermaals doorlopen kunnen worden:

- de **vergelijking tussen de voorspelde** (op basis van rekennota's) **en de werkelijke prestaties** (op basis van het reële verbruik)
- de **identificatie van de mogelijke manieren om de gebouw- en installatieprestaties te verbeteren** op basis van metingen (energieverbruik, temperatuur ...) en/of van *feedback* van de gebruikers (klachten met betrekking tot een gebrekkig comfort of een foutieve werking ...)
- de **verbetering van de werking van de installatie**, bijvoorbeeld dankzij de aanpassing (bijkomende sondes of regelkranen) en/of de bijregeling van de installatie (nieuw uurregime, wijziging van de temperatuur van het circulatiewater ...).

Ook de opvolging van onder meer de werking van de installaties, het energieverbruik en de evolutie van het binnenklimaat laat toe om zich ervan te vergewissen dat de initiële prestaties in de loop van de tijd behouden blijven. ■

A. Deneyer, ir., afdelingshoofd,
afdeling Binnenklimaat, installaties en
energieprestatie, WTCB
X. Loncour, ir., afdelingshoofd,
afdeling Energie, WTCB

De energiemix

De energiemix staat voor de verdeling van de verschillende primaire-energiebronnen die gebruikt worden om energie te produceren en hangt af van:

- de beschikbaarheid van exploitatieerbare grondstoffen en de mogelijkheid om deze te importeren
- het belang van de in te vullen energiebehoeften
- de beleidskeuzes die voortvloeien uit de demografische, economische, sociale en ecologische situatie.



Zoals reeds vroeger in deze WTCB-Contact vermeld werd, hebben de technische installaties in eerste instantie tot doel om het comfort van de gebruikers te waarborgen. Hiertoe gebruiken ze echter een zekere hoeveelheid energie. Dit artikel gaat dieper in op de problematiek van de energiebuffering en op de verschillende oplossingen die in deze context bestaan.

Energiebuffering in het gebouw

1 Buffering ten bate van bepaalde hernieuwbare energiebronnen

Brandstoffen zijn een gekende en zeer compacte vorm van energiebuffering. Naargelang van het geval kunnen ze ofwel omgezet worden in warmte (in een kachel of een stookketel), dan wel in elektriciteit (in een warmte-kranchoppelingssysteem of een brandstofcel). De meeste brandstoffen vormen tijdens de verbranding echter ook CO₂, het belangrijkste broeikasgas.

Hernieuwbare energiebronnen vormen een interessant alternatief voor de fossiele brandstoffen, waarvan het verbruik uit ecologische overwegingen sterk teruggedrongen moet worden. We willen onderstrepen dat hout, gelet op zijn korte regeneratiecyclus en in tegenstelling tot de fossiele brandstoffen, een hernieuwbare energiebron is.

Bepaalde energiebronnen, zoals zon en wind, zijn evenwel niet op permanente basis beschikbaar. Voor de zonne-energie komt deze variabiliteit zowel tot uiting op korte (een minuut tot enkele uren) als op lange termijn (enkele maanden).

Denken we hierbij maar even aan de afwisseling van perioden met bewolking en opklaringen en van dag en nacht enerzijds en de bezonningsperioden gedurende de opeenvolgende seizoenen anderzijds.

Het gebruik van hernieuwbare energiebronnen vergt dus dat men de beschikbaarheid van de energiebronnen ervan laat samenvallen met de noden van de gebruikers. De variabiliteit op korte termijn kan opgelost worden dankzij de energetische flexibiliteit van de gebouwen. Voor de variabiliteit op lange termijn zou er een seizoensbuffering tot stand gebracht moeten worden.

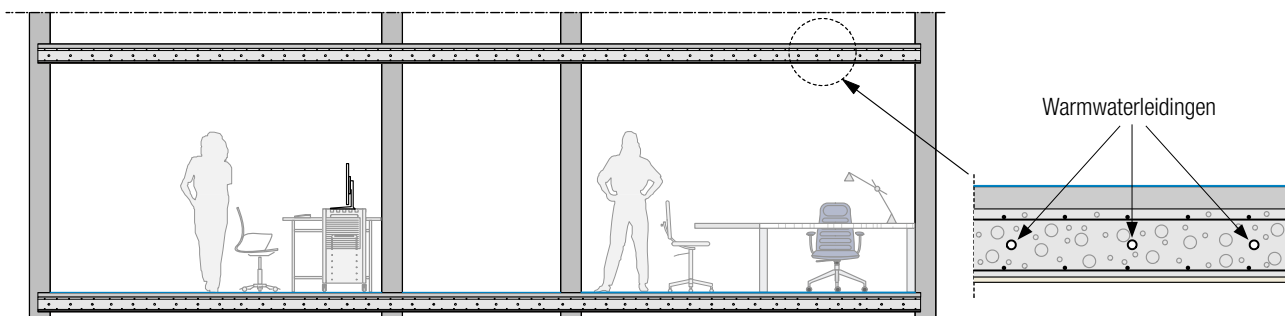
2 Energetische flexibiliteit en seizoensbuffering

Om deze twee concepten te illustreren, hebben wij voor u de volgende voorbeelden uitgedacht.

Laat ons beginnen met **het eerste**. De hoeveelheid energie die door een fotovoltaïsche installatie afgegeven wordt aan het verdeelnet, varieert in functie van de bezonning van de zonnepanelen.

Wanneer er plaatselijk veel dergelijke installaties aanwezig zijn, kunnen ze leiden tot productiepieken die niet door het net geabsorbeerd kunnen worden. Bepaalde installaties zullen dan ook tijdelijk afgekoppeld worden. Een deel van het elektriciteitsverbruik van onze gebouwen zou echter verschoven kunnen worden in de tijd om beter overeen te stemmen met deze pieken en deze af te zwakken. Wanneer deze verschuiving aangestuurd wordt door een signaal dat afkomstig is van een intelligent netwerk, dan heeft men het over *Active Demand Response* (ADR). Dit signaal kan ofwel gebruikt worden om bepaalde elektrische apparaten (bv. wasmachines) aan te schakelen of om de energiebuffering in gang te zetten. **Dit komt de energetische flexibiliteit van het gebouw ten goede.**

Laat ons nu even **het tweede voorbeeld** onderzoeken. Het warmtevermogen dat afgeleverd wordt door een zonneboiler wordt onder de vorm van warm water opgeslagen in een buffervat. Een dergelijke installatie laat toe om meer dan 50 % van de jaarlijkse behoeften aan sanitair warm water te dekken. Het buffervat kan zonder problemen



1 | Systeem opgebouwd uit een geactiveerd constructie-element dat een buffering in de thermische massa van het gebouw toelaat.



de schommeling van de bezonning in de loop van één of meerdere dagen absorberen, maar is niet in staat om het gebrek aan zon in de winter te compenseren. Er is bijgevolg een bijkomend toestel nodig om te kunnen voorzien in de warmwaterproductie en dit, terwijl de overmatige bezonning in de zomer in theorie perfect de jaarlijkse behoeften zou kunnen dekken, mocht het mogelijk zijn om deze energie gedurende meerdere maanden te bufferen met behulp van een **seizoensbufferingssysteem**.

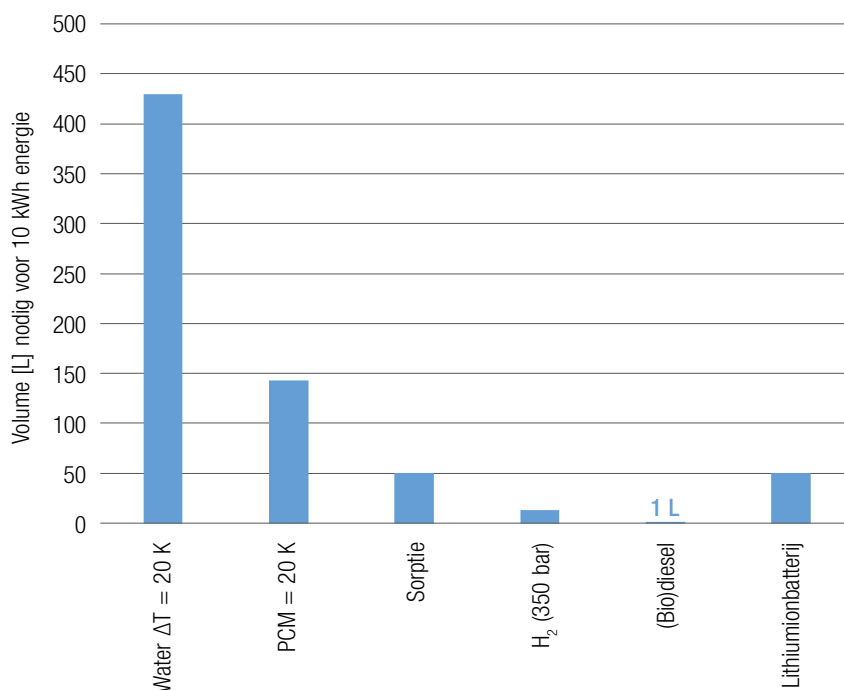
3 Oplossingen voor de buffering in het gebouw

3.1 Structuur van het gebouw

Een gebouw kan tijdelijk verwarmd worden op een temperatuur die hoger is dan de comforttemperatuur om tijdens de daaropvolgende periode niet meer verwarmd te worden. **Op deze manier wordt er energie gebufferd in de thermische massa van het gebouw.** Deze buffercapaciteit is afhankelijk van de temperatuurstijging, het gebouwvolume en het constructietype. Een betonconstructie laat namelijk toe om meer energie op te slaan dan een houtconstructie. Wanneer deze constructie 'geactiveerd' (*) kan worden door warmwaterleidingen (vloerverwarming of betonkernactivering, zie afbeelding 1) in plaats van door een verhoging van de temperatuur van de binnenlucht, dan neemt het buffervermogen toe, dalen de warmteverliezen en is er een beperktere impact op het comfort.

3.2 Warmwaterbuffervat

Warm water kan opgeslagen worden in een thermisch geïsoleerd buffervat. De buffercapaciteit is uiteraard afhankelijk van het volume en het verschil tussen de opslagtemperatuur en de minimale gebruikstemperatuur. Water laat toe om ongeveer 1,2 Wh per liter en per graad te bufferen. Een hoge opslagtemperatuur gaat echter niet alleen gepaard met een toename van de hoeveelheid gebufferde



2 | Vergelijking van de volumes die nodig zijn om 10 kWh energie te bufferen volgens verschillende procedés.

energie, maar ook van de warmteverliezen. Indien de opslagtemperatuur tot onder de insteltemperatuur daalt, dan moet er een bijkomende energiebron aangesproken worden.

3.3 Faseovergangsmaterialen (PCM's)

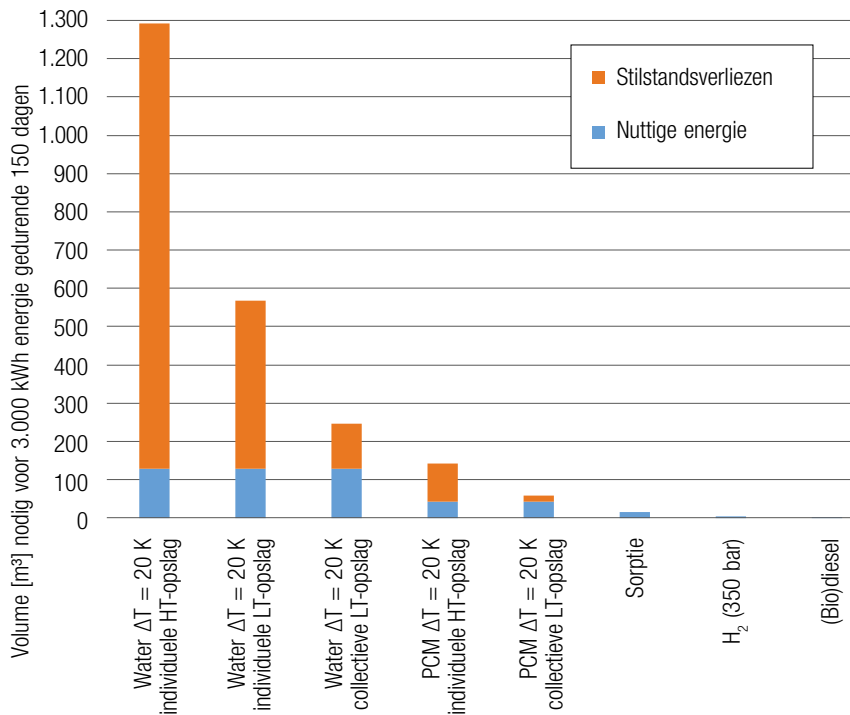
Bij de faseovergang van een materiaal komt er heel wat energie vrij (latente warmte). Zo gaat ijsvorming gepaard met een energieafgifte van 93 Wh/l, hetzij vier maal meer dan de energie die vrijkomt bij een temperatuurvariatie van 20 °C. Ijsvorming gebeurt evenwel bij een temperatuur van 0 °C en vereist een warmtepomp voor de productie van energie op een werkbare temperatuur. Er bestaan specifieke materialen waarbij de faseovergang plaatsgrijpt bij een rechtstreeks bruikbare temperatuur (tussen 20 en 60 °C). Hoewel de best gekende PCM's organische verbindingen zijn, zoals de paraffines die gebruikt worden in kaarsen (energieafgifte van zo'n 50 Wh/l), vertonen anorganische verbindingen in de regel betere prestaties. PCM's worden tegen-

woordig slechts weinig toegepast in HVAC-systemen omwille van hun slechte warmteoverdracht in vaste fase, hun kostprijs en de noodzaak om ze fysisch te scheiden van de andere vloeistoffen in de installatie.

3.4 Buffering door 'sorptie'

Door bepaalde zouten door adsorptie of absorptie binnen een reactor te laten reageren met waterdamp, kan er een aanzienlijke hoeveelheid warmte vrijkomen. In theorie zou men een waarde van meer dan 1000 Wh/l zout kunnen bereiken. De hoeveelheid energie die door de meest geavanceerde prototypes onttrokken kan worden uit droog zout, schommelt momenteel echter eerder rond de 200 Wh/l. Vermits de buffering niet thermisch van aard is, komen er ook geen warmteverliezen voor. De energie kan zo gedurende een zeer lange periode bewaard worden, voor zover de vochtigheidsgraad goed gecontroleerd wordt. De energie-inhoud wordt geregenereerd door de droging van het zout in de zomer.

(*) Volgens www.dicobatonline.fr (2014) betekent de term 'activeren' het toevoegen van een agens dat een reactie bevordert of versnelt.



3 | Opslagvolumes nodig voor het bufferen van 3.000 kWh tijdens een stookseizoen van 150 dagen.

3.5 Elektrische batterijen

De opslag van elektrische energie onder de vorm van elektrochemische energie in een batterij bestaat al geruime tijd en wordt voornamelijk aangewend in mobiele toepassingen. Via de energiedichte lithiumionentechnologie (Li-ion) begint deze vorm van energiebuffering echter ook zijn weg te vinden naar onze woningen. De energiedichtheid van de huidige batterijen ligt rond de 200 Wh/l, wat vergelijkbaar is met de hoeveelheid energie die gebufferd kan worden door sorptie (zie § 3.4). Het oplaadvermogen van een batterij is gevoelig voor de omgevingstemperatuur en de kwaliteit van de oplaadcycli. Een niet-conform gebruik kan de levensduur sterk beperken.

4 Vergelijking tussen de verschillende systemen

Een buffervat wordt gekarakteriseerd door zijn **energiedichtheid**, met andere woorden de maximale hoeveelheid energie die per liter of per m³ opgeslagen kan worden. In afbeelding 2 wordt het volume voorgesteld dat nodig is om 10 kWh te bufferen en dit, voor verschillende systemen. Deze energiedichtheid kan variëren met een factor 10 tot 100.

Een buffervat wordt eveneens gekarakteriseerd door de verliezen die inherent zijn aan de aard en de kwaliteit van het vat (bv. warmteverliezen), maar ook aan de opslagduur. De omvang van deze verliezen is voorgesteld in afbeelding 3 voor een buffering van 3.000 kWh gedurende 150 dagen.

De buffering van energie over kortere periodes kan gebeuren met behulp van bestaande middelen, zoals de gebouwstructuur of een warmwaterbuffervat. Zolang de opslagduur kort blijft, zullen ook de warmteverliezen beperkt zijn, zodat het gebruik van performantere – maar ook duurere – systemen zoals PCM's of thermofysische buffering ('sorptie') niet gerechtvaardigd is. Elektrische batterijen lenen zich eveneens zeer goed voor de buffering op korte termijn. Tegenover hun hoge kostprijs staat het voordeel dat de energie rechtstreeks afgegeven kan worden onder de vorm van elektriciteit.

Bij de buffering over meerdere maanden gaat het om veel grotere energiehoeveelheden (enkele kWh voor de flexibiliteit versus enkele MWh voor de seizoensbuffering). Opdat het opslagvolume redelijk zou blijven, moeten de verliezen beperkt worden en moet de energiedichtheid hoog zijn. De elektrische batterijen die

momenteel op de markt beschikbaar zijn, zijn hiervoor minder geschikt. Ze zijn immers niet compatibel met lange oplaad- en ontladingscycli. Bovendien ligt de kostprijs per geïnstalleerd kilowattuur momenteel nog aan de hoge kant.

In het geval van een klassieke energiebuffering in water, zouden we voor een individueel opslagsysteem op hoge temperatuur een volume van maar liefst 1.300 m³ moeten voorzien. Dit volume zou meer dan gehalveerd kunnen worden indien we de nuttige buffertemperatuur zouden kunnen laten zakken tot 40 °C (lagetemperatuursysteem - LT). De aansluiting van 10 woningen (collectief systeem) op één grote buffer zou op haar beurt de warmteverliezen dermate kunnen terugdringen dat een volume van 230 m³ per woning zou kunnen volstaan. Een overschakeling van water naar PCM's zou dit volume nog verder kunnen terugdringen tot zo'n 85 à 35 m³ per woning.

Mits het gebruik van een sorptiesysteem met een nog hogere energiedichtheid en de afwezigheid van warmteverliezen zou het nuttige volume nog verder gereduceerd kunnen worden tot 15 m³. In vergelijking met het luttele volume van 4 m³ dat vereist is voor de opslag van waterstofgas onder hoge druk of 300 liter (bio)diesel lijkt dit nog altijd veel, maar aangezien de omzetting en de buffering van warmte via een sorptie-desorptiecyclus veel efficiënter verloopt dan via de omweg van synthetisch aangemaakte brandstoffen, gaat het hier toch om een veelbelovende technologie.

5 Besluit

Energiebuffering is een technische oplossing die tal van perspectieven opent voor de bredere inzet van hernieuwbare energiebronnen en het optimale gebruik ervan in gebouwen. Door het gebrek aan financiële stimuli heeft men er economisch gezien momenteel echter slechts weinig belang bij om deze toe te passen. Een aanpassing van de energietarieven zou deze situatie grondig kunnen veranderen.

X. Kuborn, ir., en J. Van de Veken, ir., projectleiders, laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB



Voor wat de verwarming en de productie van sanitair warm water (SWW) betreft, kunnen appartementsgebouwen zowel uitgerust worden met een individuele als een collectieve installatie. Combilusinstallaties vormen een bijzondere type collectieve installaties, dat de laatste tijd alsnak vaker toegepast wordt. In dit artikel gaan we niet alleen dieper in op de voordelen die combilussen te bieden hebben, maar ook op een aantal aandachtspunten bij dergelijke systemen.

Combilusinstallaties

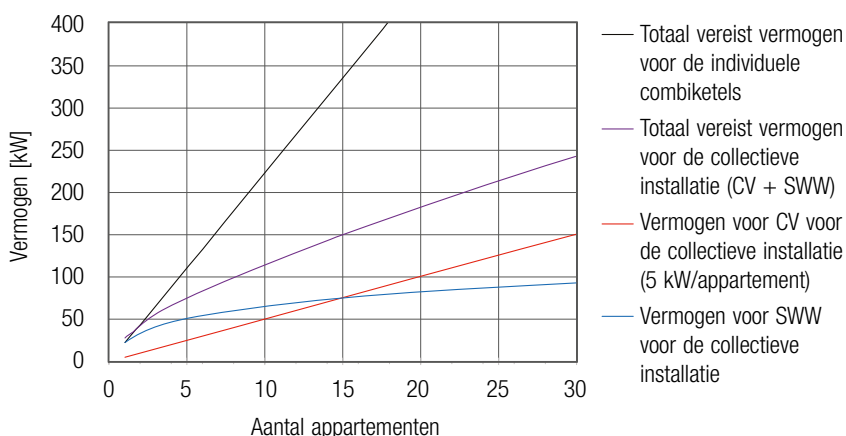
Individuele versus collectieve installaties

Momenteel worden appartementen vaak uitgerust met individuele gascondensatieketels die de vraag naar verwarming en sanitair warm water (SWW) afdekken. Dit is een gekende en goedkope oplossing die het dikwijls ook gemakkelijk maakt om individuele afrekeningen op te maken naar de bewoners toe (verbruik, facturatie...). Deze ketels moeten echter zodanig gedimensioneerd worden dat ze te allen tijde kunnen voldoen aan de vraag naar sanitair warm water (20-25 kW per appartement), waardoor ze niet zelden groot uitvallen in verhouding tot de beperkte verwarmingsvraag van de appartementen.

Voor collectieve installaties kan men bij de dimensionering rekening houden met het gelijktijdigheidseffect in de SWW-vraag. Het is immers onwaarschijnlijk dat alle SWW-tappunten in het gebouw tegelijkertijd gebruikt zullen worden. Daar staat tegenover dat de verwarmingsvraag (CV) wel ongeveer lineair stijgt met het aantal appartementen.

In afbeelding 1 wordt er een vergelijking gemaakt tussen het totaal vereiste vermogen voor verwarming en SWW in een hypothetisch appartementsgebouw dat enerzijds uitgerust werd met individuele combiketels en anderzijds met een collectieve installatie. Het nodige vermogen wordt weergegeven in functie van het aantal appartementen en er werd voor het vereiste vermogen voor CV uitgegaan van een vaste waarde van 5 kW per appartement.

Door het inrekenen van het voormelde gelijktijdigheidseffect in de SWW-vraag,



1 | Vergelijking tussen het totaal vereiste vermogen voor verwarming en SWW in een appartementsgebouw, uitgerust met individuele combiketels (zwarte curve) en collectieve toestellen (paarse curve), in functie van het aantal appartementen.

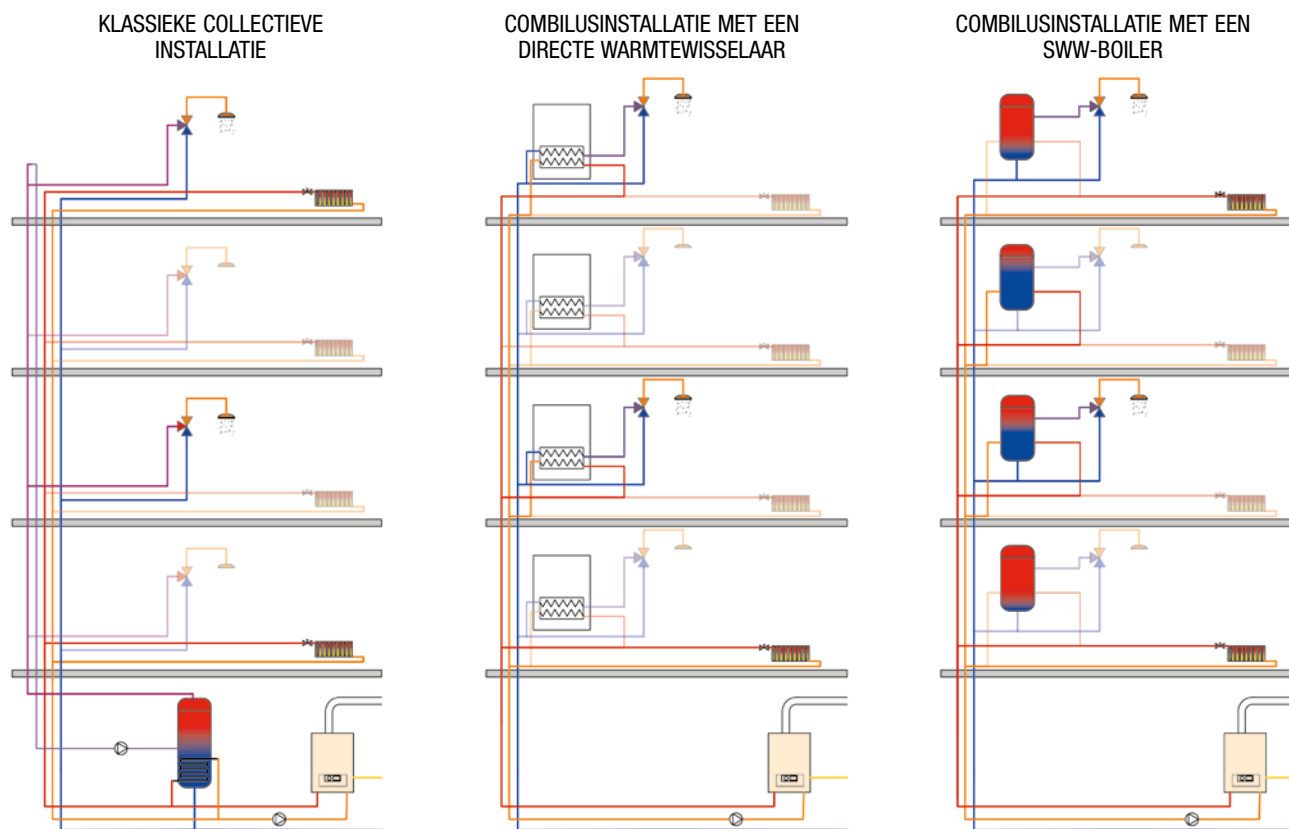
kan men voor wat het totale vermogen (CV + SWW) voor de collectieve installatie betreft (paarse curve) een aanzienlijk kleinere waarde hanteren dan de som van de vermogens van alle individuele combiketels (zwarte curve). Anderzijds zal er wel geïnvesteerd moeten worden in een groter distributienet, wat ook extra distributieverliezen met zich meebrengt.

Klassieke collectieve installaties versus combilusinstallaties

Bij klassieke collectieve installaties gebeuren de warmtedistributie (CV) en de verdeling van het SWW naar de appartementen via twee afzonderlijke circuits. Voor de warmtedistributie (CV) wordt er gebruikgemaakt van technisch water, terwijl het SWW centraal aangemaakt wordt en als SWW verdeeld wordt.

Bij een combilusinstallatie wordt de warmte, zowel voor het SWW als voor de verwarming (CV), centraal opgewekt en via één primair circuit met technisch water naar de afleversets in de appartementen gebracht. De eigenlijke SWW-productie gebeurt echter pas binnen de afleverset zelf, die eveneens gevoed wordt door koud sanitair water, afkomstig van het drinkwaternet.

In afbeelding 2 ziet men aan de linkerkant een klassieke collectieve installatie en rechts daarvan twee combilusinstallaties met een verschillend type afleverset: een directe warmtewisselaar (midden) enerzijds en een SWW-boiler (rechts) anderzijds. Daar waar er bij een klassieke installatie vijf verticale leidingen nodig zijn in de schacht, volstaan bij een combilusinstallatie drie leidingen, omdat de SWW-productie in dit geval in de appartementen zelf plaatsgrijpt.



2 | Klassieke collectieve installatie (links), combilusinstallatie met een directe warmtewisselaar (midden) en combilusinstallatie met een SWW-boiler (rechts). De niet-actieve onderdelen van de installatie worden halft transparant weergegeven.

De productie van SWW krijgt bij een combilusinstallatie doorgaans voorrang op een gebeurlijke verwarmingsvraag vanuit het appartement. Dit heeft echter maar een beperkte invloed op het thermische comfort van het appartement, aangezien het verwarmingssysteem en het gebouw over een toereikende traagheid beschikken om deze periode zonder verwarming te overbruggen.

Daar waar er bij een klassieke installatie in hetzelfde appartement tegelijkertijd een verbruik kan optreden voor CV en SWW (beide distributieleidingen zijn volledig gekleurd in afbeelding 2, links), zal de afleverset bij een combilusinstallatie met een warmtewisselaar ofwel SWW produceren (prioritair), dan wel

zorgen voor verwarming (afbeelding 2, midden).

Bij een combilusinstallatie met satellietboilers is het daarentegen wel mogelijk om gelijktijdig te douchen en te verwarmen (afbeelding 2, rechts). Na de daaropvolgende afkoeling van het boilervat zal de warmtewisselaar van de boiler voorrang krijgen (afbeelding 2, rechts, situatie op de tweede hoogste verdieping).

Er bestaan zowel afleversets voor hoges als voor lagetemperatuurverwarmingssystemen. Beide soorten sets kunnen in dezelfde installatie gecombineerd worden. De meeste afleversets met een warmtewisselaar beschikken over een

comfortstand, waarmee de wisselaar continu op temperatuur gehouden wordt (voornamelijk om de wachttijd op SWW te verminderen).

Voordelen van combilusinstallaties

Combilusinstallaties hebben heel wat voordelen te bieden. **Naast een laag totaal geïnstalleerd vermogen, vertonen ze immers ook tal van integratiemogelijkheden voor energiebesparende technologieën zoals zonthermische systemen, warmtepompen, warmtekrachtkoppeling of een latere aansluiting aan een warmtenet.** De warmteverdeellicingen moeten hiervoor echter

De productie van SWW krijgt bij een combilusinstallatie doorgaans voorrang op een gebeurlijke verwarmingsvraag vanuit het appartement.



wel doorheen het volledige appartementsgebouw doorlopen, wat uiteraard gepaard gaat met extra warmteverliezen. Deze zullen tijdens het stookseizoen niettemin steeds lager zijn dan bij een klassiek collectief systeem.

Verder is het risico op legionellaontwikkeling in een combilusinstallatie kleiner dan in een klassiek systeem met circulatieleiding. Om legionellaontwikkeling te voorkomen, wordt voor afleversets met warmtewisselaars aanbevolen om deze laatste continu op 60 °C te houden. Bij een slechte inregeling van het primaire circuit zouden sommige afleversets de vereiste temperatuur van 60 °C mogelijk niet kunnen halen, met alle thermischecomfortproblemen vandien. Hierdoor zal een slechte inregeling sneller gedetecteerd worden dan bij een klassieke collectieve installatie. Voor afleversets met satellietboilers geldt, net zoals voor andere boilers, dat het volledige watervolume tot op een temperatuur van meer dan 60 °C gebracht moet worden.

Ten slotte wordt in de meeste combilusinstallaties per afleverset zowel het water- als het energieverbruik gemonitord, waardoor een individuele facturatie in functie van het reële verbruik mogelijk wordt (zoals ook het geval is bij de individuele gasketels). Er zijn echter ook een aantal evidente voordelen ten opzichte van dit laatste systeem. Zo dient er geen gasverdeling naar en rookgasafvoer vanuit elk afzonderlijk appartement voorzien te worden en is er voor het onderhoud van de warmteproductie-eenheid geen toegang tot de appartementen vereist.

Aandachtspunten

Naast bovenvermelde voordelen zijn er bij combilusinstallaties ook een aantal specifieke aandachtspunten te melden. **Indien de hardheid van het sanitaire water in de combilusinstallatie groter is dan 25 °fH, dan wordt een waterverzachting ten sterkste aangeraden.** Dit geldt des te meer in het geval van afleversets met warmtewisselaars. Een verzachting tot 15 °fH geniet de voorkeur. Voor de verzachting zijn er twee werkwijzen mogelijk:

- ofwel wordt al het water verzacht, dus

Het risico op legionellaontwikkeling in een combilusinstallatie is kleiner dan in een klassiek systeem met circulatieleiding.

ook het water dat nooit verwarmd zal worden en bijvoorbeeld zal dienen voor de toiletspoeling (d.i. de vaakst weerhouden optie)

- ofwel worden er twee afzonderlijke koudwaterverdeelininstallaties voorzien, één met verzacht water en één met onverzacht water.

Het strekt eveneens tot aanbeveling om na te gaan of er **in de afleversets een keerklep (type EA) voorzien is** ter hoogte van de koudwateraansluiting.

Het belangrijkste aandachtspunt is echter dat er tot op heden geen dimensioneringsnorm of algemeen aanvaarde berekeningsmethode bestaat voor combilusinstallaties. Een eenvoudige optelling van de collectieve verwarmings- en sanitairwarmwatervraag, zoals getoond in afbeelding 1 (paarse curve), zal leiden tot een overgedimensioneerd systeem. De SWW-vraag kan immers beschouwd worden als een zeer kortstondige piekvraag, terwijl de verwarmingsvraag veel regelmatig is en zelfs een korte onderbreking kan verdragen. In een gebouw met een groot aantal appartementen zal de totale warmtevraag (CV + SWW) gewoonlijk vrijwel volledig overeenkomen met de warmtevraag voor verwarming. Voor kleinere appartementsgebouwen bestaat er daarentegen nog onduidelijkheid over de te volgen berekeningsmethode. Wij bevelen daarom aan om voorlopig de methode te hanteren die voorgeschreven wordt door de fabrikanten van de afleversets.

Lopend onderzoek

In het kader van het Instal2020-project (VIS) worden er niet alleen talrijke individuele en collectieve installaties gemonitord, maar worden er ook gedetailleerde simulaties uitgevoerd om een correcte vergelijking te kunnen maken tussen de verschillende verwarmings- en SWW-concepten. Gelet op het feit dat geen enkel gebouw (of bijhorende

installatie) identiek is en ook het gebruikersgedrag sterk kan verschillen, zijn de *in-situ* metingen vaak moeilijk te interpreteren. **Dankzij de virtuele simulatieomgeving van het Instal2020-project is het mogelijk om deze parameters en randvoorwaarden beter in aanmerking te nemen** en zo echt appels met appels te vergelijken. Op deze basis kunnen er beter gestaafde afwegingen gemaakt worden, bijvoorbeeld tussen het hogere productierendement van een combilusinstallatie en de lagere distributieverliezen van een individuele gasketel.

Ook de impact van (nachtelijke) temperatuurverlagingen op het energieverbruik en het thermische comfort kan gesimuleerd worden. Parallele proeven op een reële opstelling met legionellabacteriën (zie p. 13-15) zouden ons bovendien in staat moeten stellen om de grenzen van deze belangrijke randvoorwaarde verder te verfijnen. Deze informatie is evenzeer onontbeerlijk voor een zeer laagtemperatuursysteem zoals een centrale warmtepomp (met een afgiftemtemperatuur van bv. 40 °C) in combinatie met een decentrale *booster*-warmtepomp (die het SWW tot op een hogere temperatuur kan brengen).

Hoewel de simulaties nog niet volledig afgerond zijn, hebben we wel al kunnen vaststellen dat een collectieve installatie beter rendeeft naarmate er meer appartementen op aangesloten zijn en dit, liefst op een zo compact mogelijke manier (lage distributielenkte per appartement). Tegen het einde van het project (najaar van 2018) zouden we in staat moeten zijn om de installateur wegwijs te maken in deze complexe materie. Het is bovendien ons streefdoel om tegen dan een aantal algemene richtlijnen voor de dimensionering van combilusinstallaties opgesteld en gevalideerd te hebben. ■

B. Bleys, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Watertechnieken, WTCB

J. Van der Veken, ir., projectleider, laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB

Bij het ontwerp van sanitaire verdeelinstallaties dient men rekening te houden met verschillende aandachtspunten, waaronder het comfort (bv. de wachttijd), het energieverbruik, de akoestische eisen en dergelijke meer. Men mag hierbij echter niet uit het oog verliezen dat het behoud van de hygiënische waterkwaliteit hét belangrijkste criterium is en dit, zowel bij warm als bij koud water.

Een nieuwe kijk op **sanitaire verdeelinstallaties**

Belang van de hygiënische waterkwaliteit

Overlijdens ten gevolge van de legionairsziekte vormen in ons land – na brand en koolstofmonoxidevergiftiging – **de derde belangrijkste gebouwgerelateerde doodsoorzaak**. Dit risico is groter in installaties met een zekere omvang dan in eengezinsinstallaties.

Om te vermijden dat de legionellabacteriën, die van nature in water aanwezig zijn, zich in een sanitaire installatie zouden beginnen te ontwikkelen, dient men ervoor te zorgen dat er geen zones zijn met een temperatuur begrepen tussen 25 en 55 °C. Het koude water moet met andere woorden koud blijven en het warme water warm.

De huidige praktijk moet evolueren!

Om te vermijden dat het koude water zou opwarmen, dient men:

- ervoor te **zorgen dat er geen koudwaterleidingen geïnstalleerd worden in warme zones** of in de nabijheid van leidingen die warmte afgeven (bv. binnen eenzelfde technische koker)
- **de koudwaterleidingen voldoende te isoleren**
- **erop toe te zien dat het koude water in de leidingen regelmatig ververscht wordt.**

Het sanitaire warme water (SWW) zou op zijn beurt geproduceerd moeten worden bij een temperatuur van 60 °C en deze temperatuur zou op geen enkel punt in

de kring lager mogen worden dan 55 °C. Deze eis is evenwel niet van toepassing op SWW-leidingen die niet op temperatuur gehouden worden (aftapleidingen). De bodems van warmwaterboilers en de uiteinden van slecht uitgebalanceerde kringen vormen de zones met het hoogste risico (de zones 7 en 11, waarvan sprake in [Infofiche nr. 38](#)).

Sedert 2007 bestaat er in Vlaanderen een code voor de goede praktijk om legionellaontwikkeling tegen te gaan. Dit document werd in 2017 herzien. Hoewel de voorschriften uit dit naslagwerk enkel verplicht zijn voor risicogebouwen (bv. ziekenhuizen, rusthuizen, zwembaden), zouden een aantal ervan spontaan toegepast moeten worden voor alle installaties.



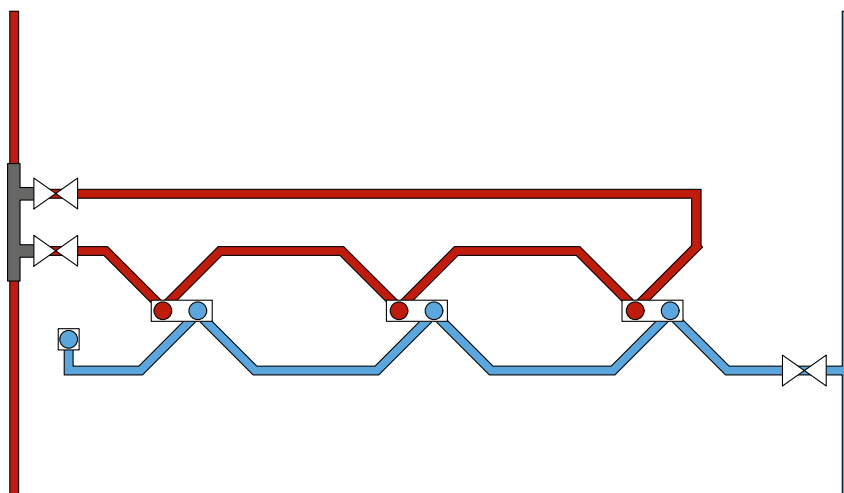
Zo zou het volledige opslagvolume op regelmatige basis opgewarmd moeten worden tot op een temperatuur van meer dan 60 °C. De maximale inhoud van een SWW-aftapleiding die niet permanent op temperatuur gehouden wordt, zou niet groter mogen zijn dan drie liter en de lengte van de leiding zou beperkt moeten blijven tot vijftien meter.

Compactheid van de installatie

Men heeft er baat bij om de installatie zo compact mogelijk te ontwerpen, met een zo klein mogelijke SWW-inhoud, zo kort mogelijke distributieleidingen en leidingen met een zo klein mogelijke binnendiameter. Men dient eveneens rekening te houden met bijkomende comfortcriteria zoals het lawaai en het debiet. Verder moet de installatie correct gezoneerd, uitgebalanceerd en onderhouden worden, waarbij men erop dient toe te zien dat er geen doodlopende leidingen en vervuilsbronnen voorkomen. Bovendien moet ze zo ontworpen worden dat ze volledig gedesinfecteerd kan worden zonder dat de kostprijs hiervoor de pan uitrijst.

Eén van de grote huidige uitdagingen ligt er dus in om **de technische installaties zo vroeg mogelijk in het ontwerp van het gebouw zelf te integreren en niet louter en alleen meer onder de vorm van plaats**, gereserveerd voor de stookketel en het opslagvat, op een 2D-plan en een principeschema. Het gebruik van BIM (zie hiervoor [WTCB-Contact 2017/1](#)) en de 3D-weergave van het leidingennetwerk, de uitrustingen en de toebehoren zouden zeer goed van pas kunnen komen voor het beheer van de beschikbare ruimte in de stookplaats en de technische kokers, evenals voor het anticiperen op mogelijke conflicten tussen de kanalen en de andere gebouwcomponenten. Op basis hiervan zouden er ook specifieke applicaties ontwikkeld kunnen worden voor de berekening van de waterinhoud, de debieten, de wachttijden, de ladingverliezen en de warmteverliezen van een kring.

In een installatie zonder circulatieleiding zouden de horizontale plaatsing van de SWW-leidingen (indien mogelijk) en de aansluiting van de aftappunten in



1 | Principe van een zeer compacte aansluiting in serie.

serie – waarbij er een frequent gebruikte tapkraan aan het einde van de serie aangebracht wordt – ervoor kunnen zorgen dat het water in de leidingen regelmatig ververscht wordt (zie de blauwe leiding in afbeelding 1). De gebruiksvolgorde van de in serie geplaatste uitrustingen heeft een invloed op de wachttijd en de uittapvolumes. Het gebruik van één kring per verdieping en van dynamische venturi's heeft hetzelfde effect (zie de [WTCB-Dossiers 2009/4.16](#)).

Indien er een langdurige waterstagnatie te vrezen is (ongebruikte woning, vakantiewoning ...), dan kan men teruggrijpen naar intelligente kranen die de tijd kunnen meten die verlopen is sedert het laatste gebruik en een automatische spoeling kunnen verzekeren na een langere periode van niet-gebruik.

In het geval van meerdere kringen is de goede uitbalanceren van de verschillende kolommen van essentieel belang om te vermijden dat er zones met een temperatuur van minder dan 55 °C zouden ontstaan. Door thermostatische regelkranen op de retourleidingen aan te brengen, kan men een zekere zelfregelbaarheid bekomen. Het gebruik van een combilussysteem (zie p. 10-12) laat dan weer toe om het totale sanitairwarmwatervolume in de installatie te beperken. Deze systemen zijn vaak voorzien van een comfortstand waarbij de aflevering op temperatuur gehouden wordt.

Verder dient de opslag van de leidingen, zij het in het magazijn of op de bouwplaats, op hygiënische manier te gebeuren. Indien ze niet afgesloten worden door stoppen, dan kan het stof van staal, beton, gips of verf immers gemakkelijk de binnenkant van de leidingen vervuilen. Tijdens de uitvoering en vóór hun definitieve assemblage moeten de buizen zorgvuldig vrijgemaakt worden van eventuele bramen. Zodoende kan men niet alleen ladingverliezen ter hoogte van de aansluiting vermijden, maar kan men ook voorkomen dat kleine deeltjes de terugslagklep zouden gaan blokkeren of een bijkomende voedingsbodem zouden gaan vormen voor bacteriën. Uit veiligheidsoverwegingen zou men de installatie dus vlak vóór de indienststelling grondig moeten spoelen (zie de [WTCB-Dossiers 2011/4.16](#)).

Gedeelde verantwoordelijkheid

Het eindverbruik is niet alleen afhankelijk van het gedrag van de gebruikers, maar ook van het ontwerp en de regelingwijze van de installatie. Een compacte installatie zorgt niet louter voor een maximale waterverversing, maar tevens voor een sterke beperking van de wachttijden en de uittapvolumes. Dit is dus zowel voordelig op het vlak van hygiëne, comfort als energiezuinigheid. Het is met andere woorden van belang om zowel de ontwerper, de installateur als de eindgebruiker bewust te maken van de bestaande keuzemogelijkheden.

Anticiperen op de toekomstige SWW-noden

Zolang de gebruiker zijn verbruik niet in *real time* kan zien, heeft hij geen weet van de impact die zijn gedrag hierop kan hebben. Welnu, om te weten moet men in eerste instantie meten, of het nu gaat om het debiet, de temperatuur, het beschikbare opslagvolume ... Bepaalde fabrikanten hebben dit begrepen en stellen geconnecteerde toestellen voor waarmee de gebruikers hun waterverbruik in *real time* kunnen checken of waarmee ze de gebruiksduur op voorhand kunnen vastleggen. Er bestaan eveneens mobiele toepassingen waarmee men het SWW-verbruik kan analyseren en de toekomstige noden kan plannen en dit, teneinde de waterreserves te optimaliseren.

Uit metingen die in de loop van de laatste drie jaar uitgevoerd werden, is gebleken dat **het dagelijkse SWW-gebruik (aan 60 °C) gemiddeld zo'n 25 liter per persoon bedraagt** (de uittapvolumes van de leidingen inbegrepen). Er bestaan echter extreme verschillen van persoon tot persoon, van familie tot familie en tussen de verschillende installatieontwerpen (van 1 tot 10 liter uittap). Verder kan het aantal gebruikers, de familiesamenstelling of de levensstijl in de loop van de tijd veranderen. Onder dergelijke

voorwaarden is het moeilijk om een standaardinstallatie te dimensioneren die onder alle omstandigheden optimaal zou werken.

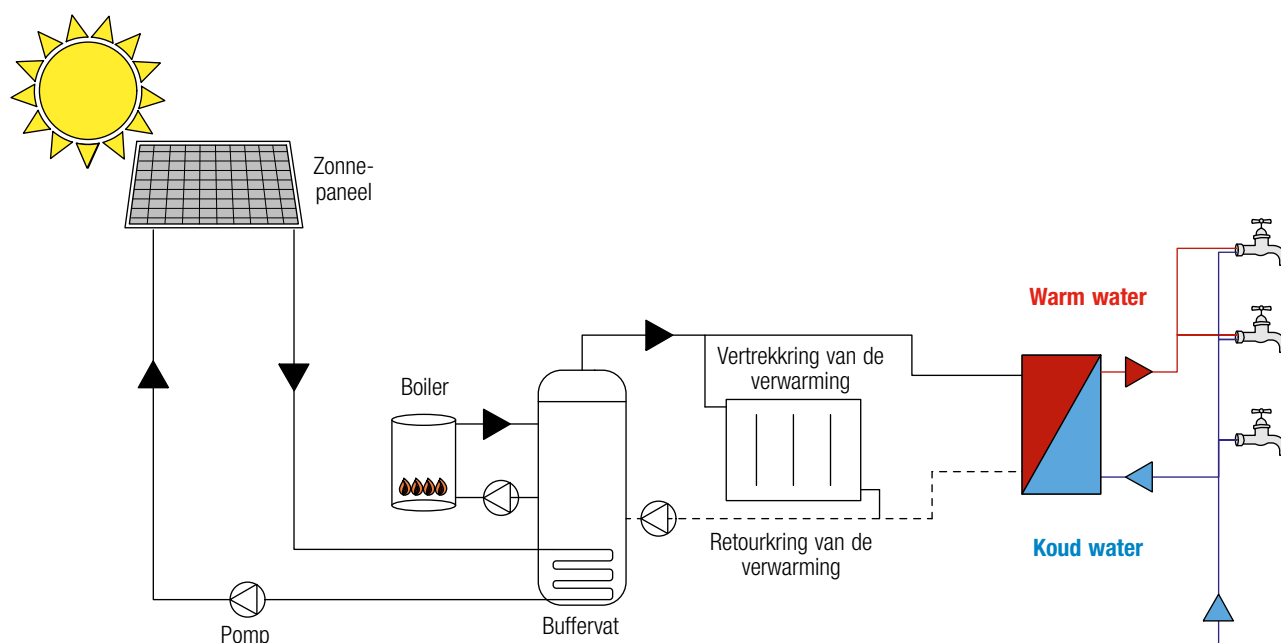
Het verbruik van fossiele brandstoffen verminderen en bijdragen tot een betere flexibiliteit

Het permanent op een temperatuur van 60 °C houden van een volledig SWW-opslagvat of -netwerk gaat uiteraard gepaard met warmteverliezen. Daarom werden er binnen het WTCB proeven uitgevoerd om na te gaan of de opslagtemperatuur niet verminderd zou kunnen worden. Uit de resultaten, verkregen met een SWW-vat dat op een temperatuur van 45 °C gehouden werd, is echter gebleken dat zelfs de regelmatige uitvoering van thermische schokken (60 °C) niet toelaat om de legionellaontwikkeling op een bevredigende manier tegen te gaan. Er is evenwel niets dat ons ertoe verplicht om het SWW zelf op te slaan of te verdelen. De warmte kan immers even goed getransporteerd worden door een warmtegeleidende vloeistof, terwijl het SWW ogenblikkelijk geproduceerd kan worden. In voorkomend geval moet de wisselaar wel goed gedimensioneerd worden ter verzekering van het comfort. Ook de voorverwarming met zonnewarmte en

de recuperatie van de restwarmte uit het afvalwater blijven tot de mogelijkheden behoren (zie afbeelding 2).

Na het minimaliseren van de verliezen door een compact ontwerp, een goede isolatie van de leidingen en de recuperatie van de restwarmte, zou men er in de toekomst naar moeten streven om de energiebehoeften prioritair in te vullen met hernieuwbare bronnen. Deze zijn echter niet altijd en overal beschikbaar en als ze al beschikbaar zijn, zijn ze dit niet automatisch tijdens de verbruiksperiodes. Om hun exploitatiebaarheid te verhogen, is er vaak een opslag nodig. Deze opslag is weldegelijk compatibel met een beperkt sanitairwatervolume in de installatie. Er zijn immers ook nog andere opslagvormen denkbaar (zie p. 10-12) die tevens toelaten om de gebeurlijke productiepieken (fotovoltaïsche panelen of windenergie) te absorberen. De opslag van energie onder de vorm van warmte gaat niettemin steeds gepaard met bijkomende warmteverliezen. Men dient dus een uiterst performante thermische isolatie te voorzien. I

O. Gerin, ir., onderzoeker, en B. Bleys, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Watertechnieken, WTCB



2 | Installatie met buffervat en ogenblikkelijke SWW-productie via een warmtewisselaar.



Onze watervoorraden komen steeds vaker onder druk te staan, onder meer door het stijgende aantal droogteperiodes en de toenemende bevolkingsdichtheid. Om hieraan te verhelpen, wordt de toepassing van waterbesparende maatregelen, zoals het installeren van waterbesparende sanitaire toestellen, sterk aangemoedigd. In dit artikel wordt de aandacht toegespitst op toiletten met een kleiner spoelvolume en op waterloze urinoirs en wordt er dieper ingegaan op de aanpassingen die hun installatie met zich meebrengt.

Waterbesparende sanitaire toestellen vergen aanvullende maatregelen!

Toiletten met een kleiner spoelvolume

Aan de universiteit van São Paulo in Brazilië werd er recentelijk **onderzoek gevoerd naar de doeltreffendheid van waterbesparende toiletten en naar hun impact op de afvoerinstallatie** (*). In de eerste fase van dit onderzoek werden twintig verschillende toiletten in laboratoriumomstandigheden beproefd om na te gaan of zij voldeden aan de normatieve eisen. Van deze toiletten had een deel een spoelvolume van 4,8 liter en een ander deel een spoelvolume van 6,8 liter dat gereduceerd werd tot 4,8 liter. Uit deze proeven is gebleken dat slechts vijf van de twintig beproefde toiletten in overeenstemming waren met alle voormelde eisen. Het ging hierbij telkens om toiletten die ontworpen waren met een spoelvolume van 4,8 liter.

Vervolgens werd in tien aanpalende huizen overgegaan tot de vervanging van de aanwezige toiletten met een spoelvolume van 6,8 liter door toiletten met een spoelvolume van 4,8 liter

De correcte werking van een toilet met een spoelvolume van minder dan zes liter vereist meestal aanpassingen aan de installatie.

(telkens twee exemplaren van de vijf in het laboratorium gevalideerde toiletten). Hierbij werden er geen verdere aanpassingen aan de afvoerinstallatie doorgevoerd. Het waterverbruik werd vóór en na de vervanging van de toiletten gemonitord en de riolering werd stroomafwaarts uitgerust met camera's. Hoewel de bewoners geen klachten hadden, bleek echter dat zij, zelfs met de in laboratoriumomstandigheden goedgekeurde toiletten, **nagenoeg geen water bespaarden** en dat er zich bovendien een **ernstig verstoppingsprobleem** ontwikkelde in de riolering als gevolg van de gereduceerde spoelvolumes.

Deze onderzoeksresultaten bevestigden wat reeds in eerdere onderzoeken

aangetoond werd, namelijk dat het verkleinen van het watervolume van de spoelbak **geen goede oplossing is om water te besparen** enerzijds en dat er bij de vervanging van oude toiletten door waterzuinigere modellen **rekening gehouden moet worden met de diameter en de helling van de stroomafwaartse leidingen** anderzijds.

Teneinde het voorgaande te illustreren, gaan we uit van een toilet met een spoelvolume van 9 liter dat aangesloten is op een afvoerleiding uit kunststof met een nominale diameter van 100 mm en een helling van 1 %, wat op zich een toereikende oplossing is. Wanneer dit toilet vervangen wordt door een model met een spoelvolume van slechts 4,5 liter,

(*) Zie het artikel *Field evaluation of water consumption and drainage system performance when 6.8Lpf toilets were replaced by 4.8Lpf toilets*, Valencio I., Goncalves O., CIB W062, 2017.

De installatie van waterloze urinoirs vergt een aangepast gebruik en onderhoud.

dan zou de nominale diameter van de afvoerleiding echter niet groter mogen zijn dan 80 mm. **Een grotere diameter zal bij dit geringe spoelvolumen immers leiden tot een lage gemiddelde watersnelheid in de leiding, met een groter risico op verstoppingen tot gevolg.** Om te komen tot een doeltreffende afvoer, zou men in een nieuwbouwproject voor dit toilet met andere woorden een afvoerleiding met een nominale diameter van 80 mm en een helling van 1,5 à 2 cm/m moeten voorzien.



Waterloze urinoirs

Een ander voorbeeld van een waterbesparend toestel is het waterloze urinoir, waarvan de toepassing in het verleden problematisch bleek te zijn omwille van het optreden van verstoppingen (zie ook de [WTCB-Dossiers 2010/4.15](#)). Dergelijke urinoirs worden gekenmerkt door een stankafsluiter die geen enkele waterspoeling vereist. Uit een uitgebreide bevraging bij fabrikanten en gebouwbeheerders in 2014 is evenwel gebleken dat de **verdere ontwikkeling van de stankafsluiters en onderhoudsproducten door de fabrikanten** enerzijds en de **jarenlange praktijkervaring van de gebouwbeheerders** anderzijds ertoe geleid hebben dat deze toestellen vandaag de dag met succes toegepast worden in diverse gebouwen (bv. bioscopen, luchthavens, restaurants) en grote waterbesparingen opleveren. We willen er niettemin op wijzen dat er bij de installatie van waterloze urinoirs niet alleen rekening gehouden moet worden met het ontwerp van de afvoerleidingen, maar ook met de richtlijnen van de fabrikant over het gebruik en het onderhoud. Dit laatste houdt in dat het onderhoudspersoneel een degelijke opleiding moet krijgen.



Illustratie van het effect van een geschikt onderhoudsproduct op de neerslag van urine in de transparante afvoerleiding van een rij waterloze urinoirs in het station Brussel-Noord en dit, vóór, tijdens en na het toepassen van het onderhoudsproduct.

*L. Vos, ir.-arch., onderzoeker,
laboratorium Watertechnieken, WTCB*



Tegenwoordig kiest men vaak voor ledarmaturen als verlichtingsoplossing. Deze worden immers alsmaar energiezuiniger en de beste producten kunnen hun prestaties zelfs gedurende een lange gebruiksduur handhaven. Bovendien bieden ze talrijke mogelijkheden op het vlak van regeling. Hoe zit het echter met het visuele comfort bij gebruik van dergelijke armaturen en welke aandachtspunten moeten er precies in aanmerking genomen worden?

Ledverlichting en visueel comfort

Er zijn tal van parameters die van belang zijn bij het behalen van een ideaal comfort en een optimale visuele ergonomie, zoals het behoud van verlichtingssterkte en uniformiteit, de beheersing van het verblindingsrisico en de lichtsfeer. De visuele waarneming van een ruimte is immers complex en wordt zowel beïnvloed door fysische (bv. de reflectieve eigenschappen van de oppervlakken) als subjectievere factoren (bv. het visuele vermogen of de voorkeur van de waarnemer). De nood aan verlichting in een ruimte is steeds afhankelijk van de activiteit en de visuele taken die erin uitgevoerd worden. In dit artikel wordt er dieper ingegaan op de voornaamste problemen voor **werkplekken** die uitgerust zijn met ledverlichting.

De te verzekeren verlichtingssterkte

De verlichtingssterkte moet aangepast

worden aan de werkelijke omstandigheden in de ruimte en moet toelaten om details goed waar te nemen. De desbetreffende eisen voor werkplekken staan vermeld in de normen NBN EN 12464-1 (binnen) en 12464-2 (buiten).

Vooraleer de verlichtingsinstallatie uitgevoerd kan worden, moeten **de activiteiten en de precieze ligging van de werkvlakken duidelijk gedefinieerd worden**. Bij gebrek aan voormelde informatie of wanneer er een maximale flexibiliteit vereist is, moet het volledige oppervlak van de ruimte als werkzone beschouwd worden.

Het ontwerp van een ledverlichtingsinstallatie levert geen bijzondere moeilijkheden op voor wat het verzekeren van de verlichtingssterkte betreft. Men dient echter wel toe te zien op een goede uniformiteit van de verlichting om schaduwzones en storende contrasten te vermijden.

Het evenwicht van de luminanties

De werkelijke waarneming van een ruimte is afhankelijk van de verdeling van de luminanties over alle zichtbare oppervlakken. Teneinde het verblindingsrisico te beperken, moeten **overdreven luminantieverhoudingen vermeden worden**. Dit kan door de verdeling ervan in het gezichtsveld te homogeniseren. Een aantal studies hebben aangetoond dat de berekening van de verblindingsindex (UGR of *Unified Glare Rating*) die gebruikt wordt voor de traditionele armaturen met fluorescentie- of gloeilampen geen betrouwbare resultaten oplevert voor ledarmaturen, tenzij deze voorzien zijn van diffuse optieken die er uniforme lichtbronnen van maken. Vermits de in een armatuur ingewerkte ledchips een zeer hoge luminantie hebben, worden ze best aan het zicht onttrokken door middel van optische elementen. Bij gebrek aan een aangepaste metriek, bestaat een prag-

Gerichtheid van het licht met op de **linkse foto een gerichte verlichting**, op de **rechtse foto een volledig diffuse verlichting** en in het **midden een evenwichtige verlichting**.





matische en veilige aanpak erin om de maximale punctuele luminantie van de armatuur te beperken tot een drempelwaarde van om en bij de 50.000 cd/m² en de gemiddelde luminantie over het volledige zichtbare oppervlak van de armatuur tot 10.000 cd/m².

De gerichtheid van het licht

De gerichtheid van het licht (*modeling*) is onlosmakelijk verbonden met de lichtverdeling en is **van belang om volumes en vormen te onderscheiden**. Wanneer men de drie onderstaande foto's bekijkt, dan is het duidelijk dat het licht op de linkse foto te gericht is door de aanwezigheid van een krachtige accentverlichting. Hierdoor ontstaan er zeer uitgesproken schaduwen. Indien de verlichting – zoals op de rechtse foto – te diffuus is, dan zal het reliëf daarentegen vervagen en zal de ruimte vaal aandoen. Voorwerpen lijken er in de ruimte te zweven. Men dient dus een goed evenwicht te vinden tussen de algemene verlichting en de accentverlichting, zoals het geval is op de foto in het midden.

Aangezien de ledtechnologie het mogelijk maakt om het licht precies op welbepaalde zones te laten invallen, bestaat het risico dat er een te gericht licht uitgestraald wordt. Om een evenwichtige gerichtheid te bekomen, raadt de norm NBN EN 12464-1 een minimale cilindrische verlichtingssterkte aan. Deze blijkt in de praktijk evenwel ontoereikend te zijn. Ter beoordeling van de gerichtheid van het licht in een ruimte, kan men

Human Centric Lighting

Een verlichting van het type *Human Centric Lighting* (HCL) wordt vaak beschouwd als een dynamische verlichting waarvan niet alleen de intensiteit, maar ook de kleur van het door de armaturen uitgestraalde licht gemoduleerd kan worden. **Deze armaturen trachten niet alleen aan de behoeften op het gebied van visueel comfort te beantwoorden, maar ook maximaal profijt te trekken uit de mogelijks heilzame effecten van het licht op ons organisme.** Ons bioritme wordt immers in sterke mate bepaald door de natuurlijke variatie van het licht in de loop van de dag. Vermits kunstlicht slechts één van de aspecten van de lichtsfeer van een ruimte uitmaakt, biedt de keuze voor HCL-armaturen evenwel geen garantie op voormelde voordelen.

een beroep doen op computersoftware waarmee dit fenomeen gevisualiseerd kan worden. Als alternatief kan men ook waarnemingen en luminantiemetingen uitvoeren in een modelruimte.

De kleurweergave

De goede waarneming van de kleuren in een ruimte is zowel afhankelijk van het licht als van de omgeving. Het vermogen van een lichtbron om de kleuren van een belicht object te restitueren, in vergelijking met de waarneming ervan onder een referentie-illuminant, wordt gedefinieerd door de **kleurweergave-index** (*Color Rendering Index* R_a). Deze drukt met andere woorden de kleurvervorming onder verschillende lichtbronnen uit en wordt in de norm als criterium gehanteerd. Vermits de kleurweergave-index echter enkel betrekking heeft op de armatuur, laat hij niet toe om de

kleuromgeving in een volledige ruimte te karakteriseren. Het is immers het op het oog invallende licht dat bepaalt hoe de kleuren waargenomen zullen worden. Onze visuele waarneming resulteert uit een combinatie van daglicht- en verschillende kunstlichtbronnen, met inbegrip van alle reflecties op de wanden en het meubilair.

Teneinde te komen tot een verlichtingsinstallatie die de meest geschikte kleuromgeving biedt, moet men **de verlichting in een ruimte ontwerpen, rekening houdend met de binneninrichting**. Ledverlichting laat een grote waaier aan kleurvariëaties toe en soms worden er zelfs dynamische verlichtingsoplossingen, ook wel *Human Centric Lighting* genoemd (zie kader), voorgesteld.

Toekomstperspectieven

Ledverlichting heeft tal van voordelen te bieden. Vermits deze technologie echter op verschillende vlakken verschilt van de traditionele oplossingen, dringt er zich ook een evolutie van de ontwerp- en beoordelingsmethoden op. Zo worden er tegenwoordig robuustere methoden ontwikkeld, in het bijzonder voor het beperken van het verblindingsrisico en het beheersen van de kleuromgeving, die op middellange termijn zouden moeten resulteren in nieuwe metrieken die beter aangepast zijn aan de huidige ledoplossingen. |

B. Deroisy, ir., adjunct-laboratoriumhoofd, en
P. D'Herdt, ir., laboratoriumhoofd,
laboratorium Licht, WTCB





Hoewel het huidige elektriciteitsnetwerk wisselstroom levert aan gebouwen, werken verschillende toestellen die we tegenwoordig dagelijks aanwenden, zoals ledverlichting, laptops en smartphones, intern op gelijkstroom. Een omzetting is dus nodig. Fotovoltaïsche panelen produceren op hun beurt gelijkstroom die, met het oog op de injectie ervan, omgevormd moet worden in wisselstroom. Al deze omzettingen brengen energieverliezen met zich mee. Daarom zou het zinvol kunnen zijn om onze gebouwen uit te rusten met een elektriciteitsnetwerk op gelijkstroom, zeker als men hiervoor de bestaande infrastructuur in het gebouw kan aanspreken. In dit artikel wordt het concept van *Power over Ethernet* toegelicht, dat toelaat om via het klassieke *datanetwerk* ook voeding op gelijkspanning te voorzien.

Power over Ethernet

Datacommunicatie via het ethernet

Een interessante evolutie die door de huidige tendens naar *smart buildings* nog aan belang aan het winnen is, is de digitalisering van gebouwen. **Daar waar er vroeger drie fundamentele netwerken in een gebouw aanwezig waren (water, gas en elektriciteit), komt er tegenwoordig nog een extra netwerk bij: het datanetwerk.**

Het bekendste netwerkprotocol dat door computers gebruikt wordt om te communiceren, is het ethernet (beschreven in het protocol IEEE 802.3). Het laat toe om via een datakabel documenten af te drukken of om via een modem verbinding te maken met het internet en zodoende wereldwijd te communiceren.

De stap naar Power over Ethernet

Dankzij Power over Ethernet of elektrisch vermogen via het netwerk (beschreven in het protocol IEEE 802.3at) **is er niet**

alleen datacommunicatie tussen geconnecteerde toestellen mogelijk, maar is het eveneens mogelijk om deze toestellen (op gelijkspanning) te voeden. Dat gebeurt via de ethernetkabel die reeds gebruikt wordt voor de datacommunicatie.

Voormelde kabel bestaat uit vier paren van draden: twee voor de dataoverdracht en twee andere voor de vermogensoverdracht. Aangezien de data aan zeer hoge frequentie doorgestuurd worden, is er geen risico op interferentie met de vermogensoverdracht op gelijkspanning.

Voor- en nadelen van Power over Ethernet

Het *Power over Ethernet*-concept heeft enkele belangrijke voordelen te bieden. **Zo functioneert het op een zeer lage veiligheidsspanning (< 60 V), kan het eenvoudig in een gebouw geïntegreerd en geïnstalleerd worden en biedt het een hoge bedrijfszekerheid, die voor**

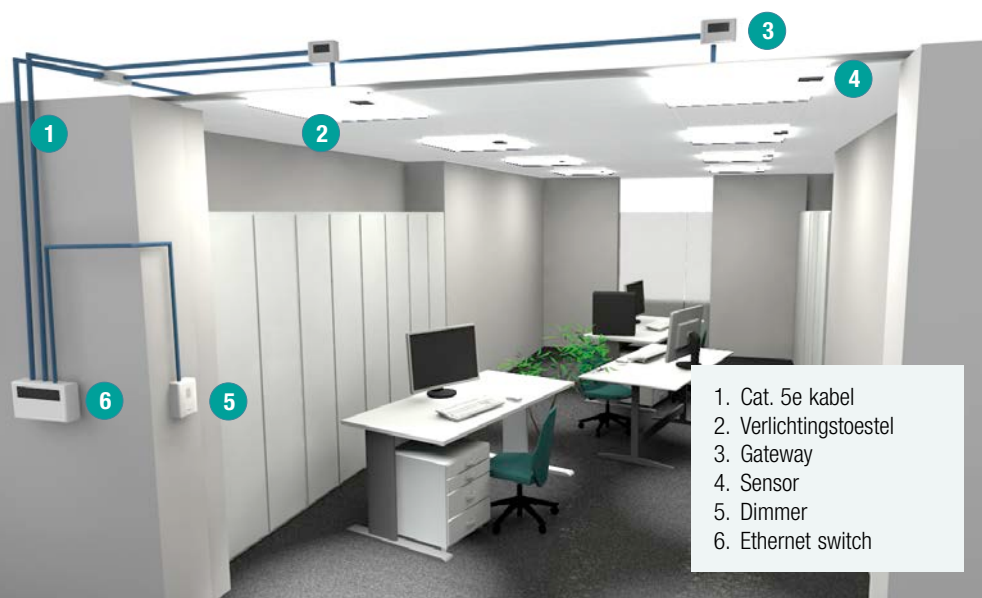
het datanetwerk sowieso nodig is om een digitale shutdown te vermijden.

Niettemin brengt *Power over Ethernet* ook nog enkele uitdagingen met zich mee, zoals de aanzienlijke verliezen in de kabels die leiden tot de opwarming ervan en de vooralsnog beperkte vermogens die overgebracht kunnen worden. Het gegarandeerde vermogen per gebruiker bedraagt tegenwoordig immers slechts 25,5 W bij een kabellengte van maximum 100 m. De in 2018 geplande herziening van het protocol zal het echter mogelijk maken om tot 100 W aan een gebruiker te leveren, voor zover de kabellengte beperkt blijft.

Power over Ethernet opent deuren voor de toekomst

Momenteel wordt *Power over Ethernet* reeds toegepast om bepaalde componenten van het *datanetwerk* (bv. modems, telefoons en camera's) te voeden. Door de toenemende aanwezigheid van elektronische componenten in een gebouw, gekoppeld aan het gebruik van toestellen op lager vermogen en de behoefte aan data-uitwisseling, nemen de opportuniteiten evenwel toe. **Zo kan Power over Ethernet in de toekomst niet alleen een zinvolle optie vormen in gebouwen waar er al een sterk uitgebouwd datanetwerk aanwezig is, maar ook in elke gebouwomgeving waar data-uitwisseling een belangrijke rol te spelen heeft.**

Toepassing van *Power over Ethernet* in een kantoor.



R. Delvaeye, ing., onderzoeker, laboratorium Watertechnieken, WTCB

P. D'Herdt, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Licht, WTCB



Ventileren kan gepaard gaan met een aanzienlijk energieverbruik en dit, niet alleen voor het verwarmen of het koelen van de verse lucht, maar ook voor de werking van de ventilatoren in het geval van een mechanische ventilatie. Bij ventilatie moet er dus vaak gezocht worden naar een compromis tussen de noodzaak aan een toereikend debiet om de luchtkwaliteit te verzekeren en de noodzaak om dit debiet te beperken om energie te kunnen besparen. Er zijn een aantal nieuwe tendensen in opmars waarmee dit compromis gemakkelijker bereikt zou kunnen worden.

Ventilatie van woningen:

hybride systemen en toekomstige tendensen

1 Waarom ventileren?

Ventileren is nodig om het comfort binnenin de woning veilig te stellen en om een toereikende luchtkwaliteit te verzekeren met het oog op de gezondheid van de gebruikers (en de duurzaamheid van het gebouw). Concreet laat ventilatie toe om de pollutanten af te voeren die afgegeven worden binnen het gebouw. Denken we hierbij maar even aan de bio-effluenten die afgegeven worden door de bewoners en de vochtigheid en geurtjes die vrijkomen bij bepaalde activiteiten (badkamer, keuken ...). Ventilatie heeft eveneens een rol te spelen bij de beheersing van de pollutanten die afgegeven worden door de materialen en het meubilair.

2 Ventilatie vandaag

Vandaag de dag wordt de ventilatie gewoonlijk tot stand gebracht door de toepassing van één van de in de norm NBN D 50-001 beschreven natuurlijke en/of mechanische systemen (A, B, C of D) ⁽¹⁾.

Er bestaan verschillende oplossingen om het energieverbruik ervan te beperken. Bij vraaggestuurde ventilatie is het mogelijk om **de debieten aan te passen aan de reële noden van de gebruikers** door gebruik te maken van sensoren (CO₂, vocht ...) en automatische regelementen (kleppen, venti-

Ventilatie is nodig voor het comfort, maar ook om de luchtkwaliteit te verzekeren met het oog op de gezondheid van de gebruikers.

latoren ...). Bij een systeem D is het dan weer mogelijk om warmte te recupereren en om de verse lucht voor te verwarmen dankzij de warmte die aan de vervuilde lucht onttrokken wordt alvorens deze naar buiten afgevoerd wordt.

Om goede prestaties te bereiken op het vlak van luchtkwaliteit, comfort (akoestisch, thermisch ...) en energie is het uiteraard essentieel om te zorgen voor een goed ontwerp en een correcte installatie en indienststelling. Ook een aangepast onderhoud kan bijdragen tot een goed behoud van de prestaties in de tijd. De recente TV 258 en de hiermee gepaard gaande reken-tool **OPTIVENT** zijn waardevolle hulpmiddelen die toelaten om dit doel te bereiken ⁽²⁾.

3 Evoluties op het gebied van ventilatie

De verbetering van de energieprestaties heeft de afgelopen jaren een sterke stempel gedrukt op de ventilatie. Dit heeft ertoe geleid dat de energiezui-

nige mechanische ventilatiesystemen (systeem D met warmterugwinning, systeem C met vraagsturing) de volledig natuurlijke ventilatiesystemen (systeem A) aan het verdringen zijn. Verder neemt ook de noodzaak toe om het risico op oververhitting in onze moderne gebouwen te beheersen door middel van een intensieve nachtventilatie in de zomer. Door deze twee evoluties mag men zich **in een min of meer nabije toekomst** gaan verwachten aan **een sterke opmars van verschillende hybride systemen en alternatieve ventilatiestrategieën**. De prenormatieve studie PREVENT die momenteel gevoerd wordt door het WTCB heeft als oogmerk om deze oplossingen te bestuderen, temeer omdat een aantal ervan nog niet erkend zijn in de huidige reglementaire en normatieve context.

3.1 Gemengde hybride systemen ter verbetering van de natuurlijke systemen

Volledig natuurlijke ventilatiesystemen zijn enkel afhankelijk van natuurlijke

⁽¹⁾ **A:** natuurlijke toevoer en afvoer; **B:** mechanische toevoer en natuurlijke afvoer; **C:** natuurlijke toevoer en mechanische afvoer; **D:** mechanische toevoer en afvoer.

⁽²⁾ Zie eveneens het reglementaire EPB-kader, de STS-P 73-1 en de EPB-productendatabank op www.epbd.be.

drijvende krachten, meer bepaald van de wind en de thermische trek. Deze krachten zijn echter variabel in de tijd en zijn niet altijd toereikend om het vereiste debiet te waarborgen. Ze laten met andere woorden niet altijd toe om de verhoopde luchtkwaliteit en het gevraagde comfort te bereiken.

Een interessante oplossing in dit opzicht is om **gemengde hybride systemen** te gebruiken (zie afbeelding 1) waarbij de natuurlijke basisventilatie gecombineerd wordt met bijkomende ventilatoren. De inschakeling van deze ventilatoren kan bijvoorbeeld gestuurd worden door luchtkwaliteitssensoren die zich in de betrokken ruimten bevinden en/of door een debiet- of drukmeting in het natuurlijke afvoerkanaal. Deze ventilatoren treden slechts in werking wanneer de natuurlijke drijvende krachten ontoereikend zijn. Dit laat een zekere elektriciteitsbesparing toe in vergelijking met een systeem dat voorzien is van een permanente mechanische afzuiging.

3.2 Seizoensgebonden hybride systemen die basisventilatie en zomerkoeling combineren

De ventilatieverliezen – en dus ook het energieverbruik voor de verwarming – vormen enkel een probleem in het stookseizoen van het gebouw. Het is bijgevolg vooral in de winter dat er een goede controle van de debieten nodig is en dat dit type verliezen beperkt moet worden dankzij een mechanische ventilatie en eventueel door een beroep te doen op warmteterugwinning.

De **seizoensgebonden hybride systemen** worden gekenmerkt door de combinatie van een mechanische basisventilatie en intensieveventilatievoorzieningen, zoals (eventueel geautomatiseerde) roosters of vensters.

In het tussenseizoen en in de zomer, wanneer de buitentemperatuur het toelaat (noch te koud, noch te warm), kan de ventilatie verzekerd worden door de **intensieveventilatievoorzieningen** (zie afbeelding 2 op de volgende bladzijde). Deze zorgen enerzijds voor een goede luchtverversing en laten anderzijds toe om het elektriciteitsverbruik voor de



1 | Voorbeeld van een ventilator, gebruikt voor een gemengd hybride systeem.

ventilatoren te verminderen. De regeling van beide bedrijfsmodi kan verzekerd worden dankzij temperatuur- en luchtkwaliteitssensoren.

Tijdens een oververhittingsperiode in de zomer kunnen deze voorzieningen tevens zorgen voor een passieve nachtkoeling, terwijl het basisventilatiesysteem op zijn beurt toelaat om de luchtverversing overdag tot het strikt noodzakelijke te beperken.

3.3 En waarom geen alternatieve ventilatiestrategieën?

Gewoonlijk gebeurt de toevoer van verse lucht vanuit de droge ruimten (kamers, woonkamer ...). De lucht wordt vervolgens – eventueel via de gangen – tot in de vochtige ruimten (keuken, badkamer, toiletten ...) gebracht van waaruit de vervuilde lucht uiteindelijk naar buiten afgevoerd wordt.

De laatste jaren is er een variant op het systeem C verschenen, waarbij er een aantal bijkomende afvoeren in de slaapkamers voorzien worden. Deze laten toe om **de natuurlijketoeverdebieten beter te controleren door een onderdruk te creëren** rechtstreeks in de ruimten. Gecombineerd met een vraaggestuurde regeling (vochtsensoren in de vochtige ruimten en CO₂-sensoren in de kamers) is deze variant van het systeem C zeer doeltreffend in vergelijking tot een standaardstelsel C. Er zijn tegenwoordig verschillende systemen van dit type op de markt.

Naar de toekomst toe zouden de ventilatiesystemen *an sich* op een andere manier bekeken kunnen worden, wat de weg zou kunnen openen voor een aantal alternatieve strategieën. Zo zou men verse lucht kunnen toevoeren naar de gangen en de hallen (in plaats van naar de droge ruimten), de lucht vandaaruit naar de andere ruimten (kamers, badkamer, open keuken ...) kunnen laten doorstromen en de vervuilde lucht uit deze laatste ruimten naar buiten kunnen afvoeren. Dit alternatief is echter enkel interessant onder bepaalde voorwaarden, onder meer wanneer het gecombineerd wordt met een vraaggestuurde regeling.

Het biedt het voordeel dat de regelcomponenten zich voornamelijk op het afvoernetwerk bevinden: CO₂-sensoren in de afvoerkanaal van de kamers, vochtsensoren in de kanalen van de vochtige ruimten, regelkleppen op elk van deze kanalen ... Een bijkomend voordeel voor een systeem met een natuurlijke toevoer (zoals de huidige systemen C) ligt in het feit dat de eventuele ongemakken ten gevolge van buitenlawaai en (koude) tocht (in de winter) zich niet langer voordoen in de slaapkamers en de woonkamer, maar veeleer in de gangen en de hallen, waar ze minder storend zijn.

In het geval van een volledig mechanisch systeem (zoals de huidige systemen D) biedt deze variant het dubbele voordeel dat hij opgebouwd is uit één enkel netwerk dat de afvoer van de meeste ruimten verzorgt, en dat ook het netwerk voor de toevoer redelijk beperkt is. Dit kan vooral nuttig zijn in een renovatiecontext.



De *smart ventilation* zou zodanig geregeld kunnen worden dat het debiet vermindert in functie van de vervuiling buitenshuis en/of binnenshuis.

We willen er niettemin op wijzen dat deze alternatieve ventilatiestrategie niet toegelaten is in de huidige versie van de norm NBN D 50-001. Ze wordt daarentegen wel onderzocht in de prenominatieve studie PREVENT.

3.4 Andere tendensen

Er komen alsmaar meer andere pollutanten voor dan deze die vermeld werden in het begin van dit artikel. Denken we hierbij maar even aan de fijne deeltjes (PM₁₀, PM_{2.5} ... waarbij het cijfer verwijst naar hun diameter in µm) die aanwezig zijn in de buitenlucht, maar die eveneens geproduceerd worden binnenin onze woningen (keuken, kaarsen ...).

Om het aantal deeltjes dat onze woning binnendringt te beperken, werden er diverse innovatieve oplossingen ontwikkeld, zoals de **actieve elektrostatische filtering** (zie de C-Watch-pagina op de WTCB-website). In de context van *smart buildings* (zie p. 26-27) zou de *smart ventilation* eveneens geregeld kunnen worden in functie van de in de buitenlucht aanwezige pollutanten – door het debiet te verminderen indien de buitenlucht meer vervuild is (piekuren) – en/of in functie van de vervuiling binnenshuis (dankzij sensoren voor bijkomende pollutanten binnenin de woning).

Op nog langere termijn zouden bepaalde luchtzuiveringstechnieken die specifieke pollutanten binnenin de woning

eliminieren en/of pollutanten uit de verse buitenlucht verwijderen eveneens een rol kunnen gaan spelen in de ventilatie. De noodzakelijke verbetering van de buitenluchtkwaliteit (fijne deeltjes, stikstofoxide ...) zal in de loop van de volgende jaren op haar beurt enkel bereikt kunnen worden indien ook de vervuilingbronnen verminderd worden (transport, verwarming en industrie). ■

S. Caillou, dr. ir, adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB

C. Delmotte, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Prestatiemetingen technische installaties, WTCB



Daar waar de technische installaties in het verleden eerder los van elkaar stonden en door verschillende vakspecialisten gerealiseerd werden, merken we tegenwoordig een sterke tendens naar integratie op. Zo zijn verwarming, warm water, ventilatie en elektriciteit alsmaar meer met elkaar verbonden en worden ze enerzijds gekoppeld aan de gebouw- en omgevingsparameters en anderzijds aan externe netten. Dit stelt de installatiesector uiteraard voor talloze uitdagingen. Dit artikel bespreekt hoe de installaties vanaf de ontwerpfase geïntegreerd kunnen worden en verduidelijkt de rol die de verschillende betrokkenen hierin te spelen hebben.

Integratie van technische installaties: een uitdaging voor de sector

Vormen van integratie

De tendens naar integratie uit zich op de volgende drie niveaus:

- **door de combinatie van verschillende installaties tot hybride systemen** (bv. de combinatie van een gasketel met een warmtepomp of een zonthermisch systeem zoals een zonneboiler, of van een ventilatiesysteem met een warmtepompboiler; zie ook p. 7-12 en p. 21-23)
- **door een sterke interactie tussen de technische installatie enerzijds en de gebouw- en omgevingsparameters anderzijds:** aanwezigheidsdetectie, detectie van de behoefte aan verwarming, ventilatie of warm water, thermische buffermogelijkheden in de gebouwstructuur, sturing in functie van de buitentemperatuur, de bezonning, de wind of de weersvoorspellingen, domoticaoplossingen of sturing op basis van grote hoeveelheden informatie (*Internet of Things*, zie p. 26-27)
- **door de koppeling met externe netten.** Het ligt in de lijn van de verwachtingen dat de wisselwerking tussen de technische installaties en het elektriciteits- of warmtenet veel sterker zal worden (zie ook p. 28-30). Daar waar gebouwen hun energie momenteel gewoon van het elektriciteitsnet halen in functie van de behoeften van de gebruikers, zal deze netafname naar de toekomst toe niet alleen gestuurd worden in functie van de beschikbaarheid van de energie, maar

zullen de gebouwen bovendien zelf actieve producenten worden (door middel van zonnepanelen, warmtekrachtkoppeling en mogelijks ook windmolens) die het net bevoorraden op momenten van productieoverschot. Tariefverschillen tussen de piek- en daluren zouden hierbij een belangrijke invloed kunnen hebben op de afname en de levering van elektriciteit. Wellicht zullen op termijn ook warmtenetten een belangrijkere plaats krijgen. Een wisselwerking tussen periodes van afname en productie behoort ook hier tot de mogelijkheden, maar vergt wel nog een betere buffering van de thermische energie in het gebouw (zie p. 7-9).

Uitdagingen

Om het energievraagstuk op te lossen, **is er nood aan een overkoepelende aanpak waarbij de focus verschuift van de individuele installatie naar het volledige gebouw, de wijk of de stad.** Het mag duidelijk zijn dat dit een sterke weerslag heeft op de complexiteit van het gebouwontwerp. Het is bijgevolg van groot belang om het ontwerp van de technische installaties vanaf een zo vroeg mogelijk stadium in beschouwing te nemen.

Deze aanpak impliceert dat de opdrachten niet simpelweg meer doorgegeven worden aan de volgende vakspecialist, **maar dat er onderling beter samenge-**

werkt moet worden. Een dergelijke versterkte interactie veronderstelt andere samenwerkingsverbanden (bv. via een bouwteam) die in de twee richtingen verlopen. BIM kan hierbij goed van pas komen, onder meer om de communicatie te stroomlijnen.





Bij grote projecten is de taakverdeling tussen het ontwerp van het gebouw, het ontwerp van de technische installaties en de realisatie van deze installaties op de werf meestal vrij duidelijk afgebakend. **Zo vallen het ontwerp van het gebouw en het globale ontwerp van de installaties ⁽¹⁾ onder het takenpakket van het architecten- en/of het studie-bureau en zijn de installatiebedrijven verantwoordelijk voor de uitvoering.** Het studie-bureau heeft in deze context gewoonlijk ook de opdracht om de integratie van de technieken in de ontwerpfase te beheren.

Voor kleinere projecten en individuele woningbouw vindt er vandaag de dag evenzeer een evolutie naar een meer overkoepelende aanpak plaats. Zo legt de opdrachtgever tegenwoordig niet langer meer zelf alle individuele contacten met de verschillende technische aannemers. Deze taak wordt alsmaar vaker toevertrouwd aan **een projectleider die het volledige bouwproces, met inbegrip van de technieken, coördineert.** Deze rol kan vervuld worden door de archi-

tect, door een studie-bureau of een EPB-verslaggever. Het is ook mogelijk dat de samenwerkende bedrijven hiervoor een specifieke contactpersoon aanstellen.

Een andere belangrijke tendens is dat er **tussen het gebouwontwerp en de uitvoering van de technische installaties alsmaar meer aandacht komt voor het installatieontwerp.** Tot op heden kwam deze opdracht vaak terecht bij de installateur, die hiervoor evenwel slechts zelden een behoorlijke vergoeding kreeg. Naar de toekomst toe moet er bijgevolg duidelijk vastgelegd worden wie het detailontwerp ⁽²⁾ voor zijn rekening dient te nemen: ofwel kan er hiervoor een architecten- of studie-bureau (of een andere coördinator) aangeduid worden, waarbij één of meerdere installatiebedrijven als uitvoerders optreden, ofwel kan het toevertrouwd worden aan een installatiebedrijf met ruime ontwerpervaring dat hiervoor een billijke compensatie krijgt.

Voor de meeste installateurs zal een dergelijke meer planmatige aanpak wellicht een zekere aanpassing van hun werkmethode vergen. De integratie van technische installaties vereist immers dat een groot aantal aspecten vooraf in detail uitgewerkt moeten worden en niet langer uitgesteld mogen worden tot de werffase. Ook voor wat het beheer van de informatiestroom betreft, zullen er nog competenties opgebouwd moeten worden.

Antwoord op de uitdagingen

De installatiesector kan zich op verschillende manieren voorbereiden op de uitdagingen die deze evolutie naar een sterkere integratie met zich meebrengt. Zo zal een goede basisvorming en permanente bijscholing in de toekomst nog belangrijker worden. Dit houdt in dat **de installatiebedrijven zich meer**

zullen moeten gaan specialiseren. Het zal voor een klein bedrijf immers niet langer mogelijk zijn om alle bestaande technologieën of merken onder de knie te hebben. Deze specialisatie kan niet alleen een specifieke technologie of een welbepaald merk betreffen, maar kan ook meer ontwerpmatig zijn en zich richten op de integratie van de technische installaties (met inbegrip van de integratie in gebouwen en netten).

Een andere tendens bestaat erin dat meerdere kleine gespecialiseerde bedrijven hun krachten projectmatig gaan bundelen en via een coördinator een compleet pakket gaan aanbieden (daar waar grote installatiebedrijven doorgaans de mogelijkheid hebben om verschillende specialisten in huis te houden). Een dergelijke clustering van kleine competente entiteiten zou naar de toekomst toe zelfs noodzakelijk kunnen worden.

Rol van de installatiesector

De technische installaties in gebouwen winnen alsmaar aan belang en dit, enerzijds om het vereiste comfort te leveren en anderzijds als antwoord op het globale energievraagstuk. De toenemende integratie van de installaties heeft echter ook tot gevolg dat ze veel complexer worden en vereist dat ze in het gehele ontwerp- en bouwproces meegenomen worden. De installatiesector heeft daarin een belangrijke taak waarbij competentie en samenwerking de sleutelwoorden vormen. **I**

P. Van den Bossche, ing., laboratoriumhoofd, laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB

J. Lhoëst, commercial director, Techlink

B. Verstraete, directeur Marketing en beweging, Bouwunie

⁽¹⁾ Het globale ontwerp van de installatie omvat onder meer de keuze van het verwarmings-systeem (centraal, decentraal of combi).

⁽²⁾ Het detailontwerp omvat onder meer de keuze van de materialen en de dimensionering.





Geconnecteerde objecten staken de kop op vanaf het begin van de jaren 2000 en nemen sedertdien een alomtegenwoordigere plaats in ons dagelijkse leven in: geconnecteerde verwarmingsketels, communicerende brandalarmsystemen, intelligente sloten ... Anno 2008 telde onze planeet al meer geconnecteerde objecten dan bewoners. Volgens de voorspellingen zou het aantal geconnecteerde objecten tegen 2020 niet minder dan 50 miljard moeten bedragen. Door het verschijnen van deze objecten werd de weg geëffend voor de uitvoering van geconnecteerde gebouwen en zelfs intelligente steden. De aannemer moet deze dan ook integreren in zijn beroepsactiviteiten om zijn klanten nieuwe diensten te kunnen aanbieden.

Smart, zei u Smart?

Een geconnecteerd object is een object dat gegevens verzamelt, opslaat, verwerkt en doorgeeft en dat ook instructies kan ontvangen en geven. Hiertoe moet het in staat zijn om zich te verbinden met een netwerk dat aangeduid wordt als het **Internet der Dingen (in het Engels: Internet of Things, of afgekort IoT)**.

Het Internet der Dingen duidt dus op een netwerk van verschillende fysieke objecten die uitgerust zijn met sensoren en die niet alleen in staat zijn om te interageren met hun omgeving, maar ook om onderling te communiceren. De hierbij doorgegeven informatie kan verzameld en geanalyseerd worden door de gebruikers met als oogmerk om ideeën te genereren en acties te suggereren die kunnen leiden tot kostenbesparingen en/of tot een verbetering van de efficiëntie en het comfort.

Smart buildings

Smart buildings zijn gebouwen met een hoge energie-efficiëntie die dankzij hun ontwerp, hun installaties en hun uitrusting een groot aantal diensten bieden aan hun gebruikers. Doordat het beheer en de controle ten dienste gesteld worden van de bewoners en de gebruikers, mag het gebouw niet louter meer beschouwd worden als een omhulsel, maar veeleer als een dienstenleverancier. Dit wordt aangeduid door het begrip *'building as a service'*.

De diverse gebouwinstallaties communiceren niet alleen met elkaar en met de gebruikers, maar ook met het gebouw zelf en diens omgeving. Dit gebeurt op

verschillende vlakken:

- **energie** (beheer en controle van het energieverbruik ...)
- **veiligheid** (beheer van de toegang om de veiligheid binnen het gebouw te verzekeren ...)
- **comfort** (beheer van de temperatuur en de luchtvochtigheid om een gunstig binnenklimaat te waarborgen ...)
- **gezondheid** (medische opvolging vanop afstand om ouderen de mogelijkheid te geven langer in hun eigen woning te blijven leven ...)
- **onderhoud** (opsporing en opvolging van defecten aan installaties voor de technische diensten ...)

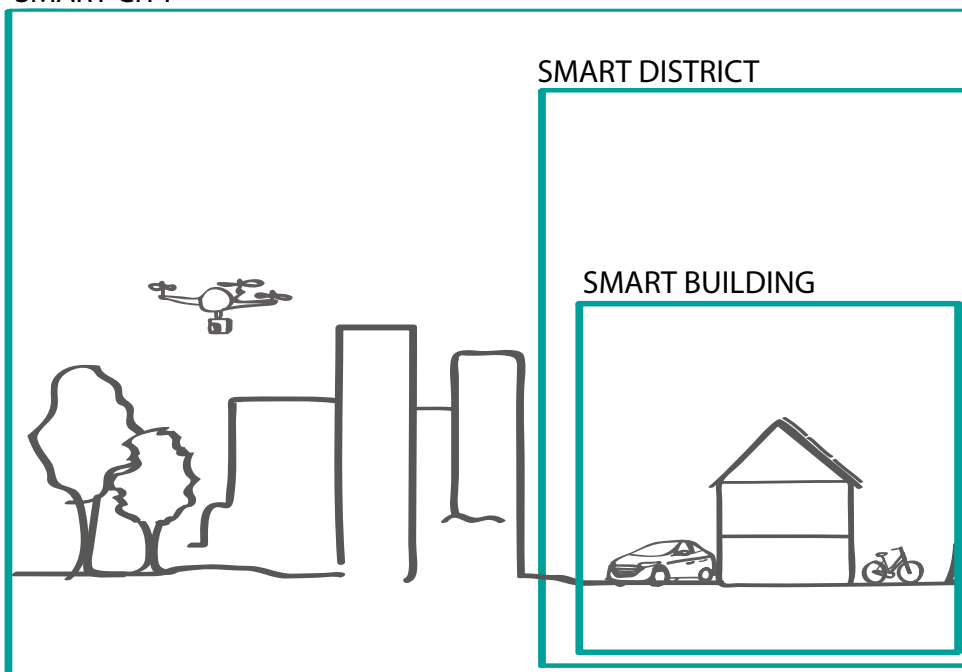
- **gebouwbeheer** (beheer van de bezetting van vergaderzalen ...).

Smart districts

Het begrip *smart district* is een niveau hoger dan *smart building*. Het omvat immers meerdere gebouwen of gebouwencomplexen. Dit principe berust op drie pijlers:

- **het efficiënte gebruik van energie** dankzij intelligente netwerken (warmteterugwinning uit een rioleringsnetwerk voor de voeding van een stadsverwarmingsinstallatie ...)

SMART CITY





- **het tot stand brengen van nieuwe mobiliteitsconcepten** (autodelen ...)
- **het optimale gebruik van communicatietechnologieën** (met behulp van tools die zorgen voor de opvolging van de bezetting van grote collectieve gebouwen in *real time* ...).

Een *smart district* heeft als streefdoel om:

- **het energieverbruik te verlagen** (door de verlichting te doven wanneer de ruimten niet langer in gebruik zijn ...)
- **de verbruikspieken van de piekuren uit te vlakken** buiten de piekuren (door de inwerkingstelling van een elektrische boiler buiten de piekperiode)
- **de energie-efficiëntie te maximaliseren** (gebruik van een warmtepomp met een hoge prestatiecoëfficiënt ...)
- **hernieuwbare energiebronnen te integreren** die toelaten te komen tot een energetisch evenwicht op niveau van een groep gebouwen (evenwicht tussen de energieproductie en het energieverbruik).

Hoewel het *smart district* nauw verbonden is met het elektriciteitsnet, steunt het eveneens op de andere energienetwerken (gas en warmte). In de haven van Gent is er bijvoorbeeld een warmtenetwerk aanwezig dat het energie-

overschot dat geproduceerd wordt door een papierfabriek recupereert voor het verwarmingssysteem van een autobedrijf dat enkele kilometers verderop gelegen is.

Aangezien de waternetten (toevoer en afvoer) alsmat vaker uitgerust worden met intelligente tellers en regelsystemen, is hun integratie in het *smart district* een feit geworden. In de Tivoliwijk te Laken, met zijn mix van winkels, woningen en crèches, maken het waterbeheer (collectief netwerk voor verwarming en sanitair warm water, hergebruik van grijs water ...), het beheer van het energieverbruik van de gebouwen (gedetailleerde energiemonitoring en -boekhouding) en het beheer van de afvalstromen bijvoorbeeld deel uit van één geïntegreerd concept.

Smart cities

Het begrip *smart cities* is zo mogelijk nog ruimer. Het gaat hier om intelligente steden die in staat zijn hun werking en de werking van hun infrastructuur te monitoren, te analyseren en te optimaliseren aan de hand van in *real time* verkregen data. Dankzij de sensorennetwerken en de verwerking van de verzamelde

gegevens is het in deze steden mogelijk om de efficiëntie van **het verkeer, het openbare vervoer, de openbare verlichting ... sterk te verbeteren**.

Een *smart city* is eveneens in staat om **ruimten met elkaar te verbinden of zelfs om individuen of groepen individuen te connecteren met deze ruimten**. De grens tussen de openbare ruimte en de gedeelde ruimte wordt dus vager. Zo zouden de parkeerplaatsen die in een *smart city* overdag gebruikt worden door de werknemers van een bedrijf gedeeld kunnen worden en 's avonds gebruikt kunnen worden door de wijkbewoners.

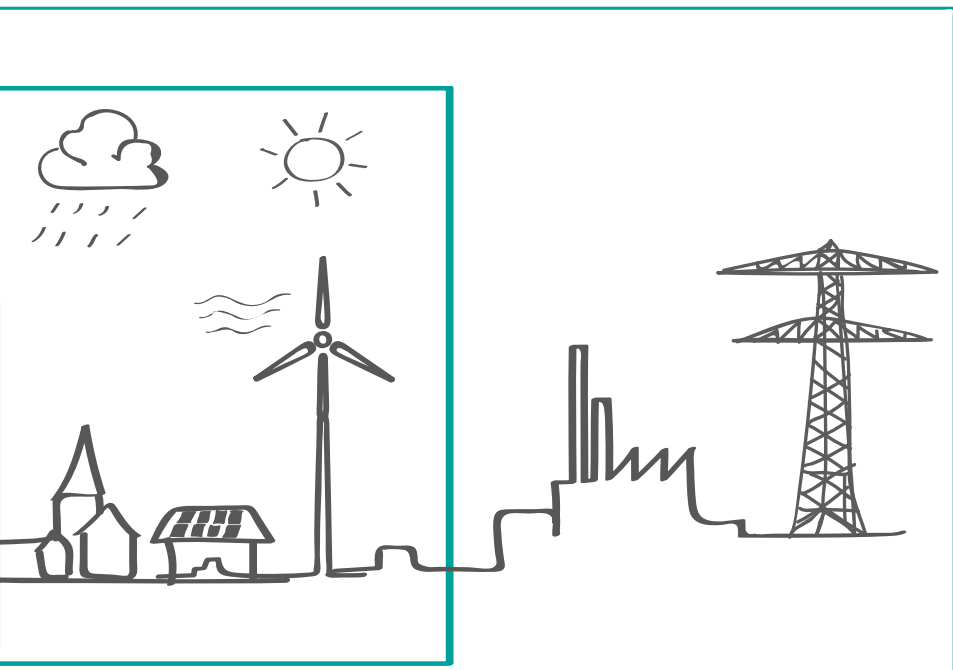
Noodzakelijke aanpassing van de huidige werkmethoden

De rol van de verschillende betrokkenen, waaronder deze uit de bouwsector in het algemeen en de aannemers in het bijzonder, moet nog verder gedefinieerd worden. De ontwikkeling van *smart buildings* impliceert dat er compatibele producten geïnstalleerd moeten worden. Dit vergt niet alleen een aanpassing van de bestaande werkmethoden, maar ook de invoering van nieuwe processen en diensten. Om een concreet voorbeeld te geven, maakt de installatie van een geconnecteerde verwarmingsketel het niet alleen mogelijk om de verwarmingsinstallatie vanop afstand op te volgen, maar ook om preventief onderhoud te doen. Zodoende kan het klassieke en punctuele onderhoud van de verwarmingsketel als het ware omgevormd worden tot een continue dienstverlening aan de klant.

Bijkomende elementen zoals het informeren van de klant, de eventuele compatibiliteit met andere systemen in het gebouw, de aansluitingsaspecten of het onderhoud, zijn maar **een greep uit de zaken die de aannemer in het achterhoofd dient te houden en moet integreren in zijn beroepsactiviteiten**.

A. Deneyer, ir., afdelingshoofd, afdeling Binnenklimaat, installaties en energieprestatie, WTCB

C. Mees, ir., senior projectleider, afdeling Energie, WTCB





Het risico op klimaatopwarming vormt een bedreiging voor het fragiele evenwicht van ons ecosysteem en moet dus op mondiaal niveau aangepakt worden. Hiertoe dient de uitstoot van broeikasgassen (vooral CO₂), die deels gerelateerd is aan het energieverbruik van onze gebouwen, verminderd te worden. Diverse studies gaan er dan ook van uit dat de meeste gebouwen tegen 2050 energieneutraal of zelfs energiepositief zullen zijn door het terugdringen van hun energiebehoeften en het veelvuldige gebruik van hernieuwbare energie. In dit artikel worden er een aantal scenario's voorgesteld waarbij de warmtebehoeften tegen 2050 volledig gedekt zouden kunnen worden door hernieuwbare energie. We bekijken hiervoor eerst de energieproductie en de distributienetten en nadien nemen we de gebouwen en de installaties zelf onder de loep.

Hoe gaan we ons verwarmen in 2050?

All-electric op individuele basis?

Als we vandaag over energieneutrale woningen spreken, dan gaat dit vaak over **nieuwbouwwoningen waarbij er gezocht wordt naar een balans tussen hernieuwbare-elektriciteitsproductie en elektrisch verbruik**. Dit concept past goed binnen het huidige juridische en financiële kader en houdt nog maar weinig uitdagingen in op technisch vlak. **Door de combinatie van een goede isolatie, luchtdicht bouwen en een kwalitatieve ventilatie kunnen het vermogen en het energieverbruik van een warmteopwekker immers verkleind worden**. Een warmtepomp met een elektrisch vermogen van 2 kW (thermisch vermogen van circa 8 kW) kan bv. volstaan om een individuele woning te verwarmen en van sanitair warm water te voorzien. De zonnepanelen op het dak kunnen meestal zodanig gedimensioneerd worden dat ze in staat zijn om zowel het elektriciteitsverbruik voor de verwarming als voor de huishoudtoestellen te dekken.

Bij een correct ontwerp van dit type woningen meten de elektriciteitsstellers, die terugdraaien bij een elektriciteitsproductieoverschot, inderdaad een nulverbruik op jaarbasis op. Zolang het piekvermogen onder 10 kW blijft, wor-

den de huidige randvoorwaarden voor de aansluiting op het elektriciteitsnet vervuld en kan dit net als buffer gebruikt worden. **Wanneer deze oplossing echter massaal op wijk- of nationaal niveau geïmplementeerd zou worden, dan zou de all-electric-configuratie wellicht talloze problemen met zich meebrengen**, zoals:

- een overbelasting van het elektriciteitsnet op zonnige lente- en zomerdagen door een piekende productie van de zonnepanelen en een laag elektriciteitsverbruik voor verwarming. Tijdens koude winterochtenden daarentegen zouden bijna alle elektrische warmteopwekkers in de wijk gelijktijdig draaien en een grote piekvraag veroorzaken (bovenop het normale verbruik)
- een onevenwicht op korte termijn tussen de productie en het verbruik van hernieuwbare energie op nationaal niveau (bv. tijdens de verbruikspieken 's morgens, 's avonds als de zon al onder is, of bij een niet te verwaarlozen afnamebehoefte tijdens windluwe nachten)
- een onbalans op seizoensbasis. In energiezuinige woningen komt de verwarmingsbehoefte bijna volledig in de winterperiode te liggen, terwijl er op dat ogenblik net weinig zonne-energie te oogsten valt. Ook de andere

elektrische verbruikers blijven 's winters werken. In de lente en zomer is er dan weer een groot overschot aan geproduceerde zonne-energie.

De problemen op korte termijn (overbelasting of onbalans op kwartier-, uur- of dagbasis) kunnen verzacht worden door een slim elektriciteitsnet (smart grid), waarbij elektrisch gebruik ontmoedigd wordt tijdens verbruikspieken en aangemoedigd wordt tijdens momenten met een toereikende hernieuwbare-energie-opwekking. **De opslag van warmte in waterbuffers of in de gebouwstructuur en de opslag van elektriciteit in een batterij (of een elektrische wagen) kunnen hiertoe bijdragen** (zie ook p. 7-9). Deze maatregelen vereisen vaak bijkomende investeringen in buffers en in het slim maken van de woning en het elektriciteitsnet, maar verlagen uiteindelijk wel de kostprijs van de energieproductie en -distributie. Het is echter niet evident om dit in alle gebouwen toe te passen. Dit geldt des te meer voor slecht geïsoleerde bestaande woningen met hogere energiebehoeften die uitgerust zijn met installaties met een aanzienlijk vermogen.

De grootste problemen worden evenwel veroorzaakt door de seizoenonbalans: de huidige technologie laat immers

Door de combinatie van een goede isolatie, luchtdicht bouwen en een kwalitatieve ventilatie worden het vermogen en het energieverbruik van een warmteopwekker verkleind.



niet toe om zonne-energie op lange termijn (bv. 6 maanden) **op te slaan in individuele woningen**. Hoewel het met ondiepe geothermie weldegelijk mogelijk is om warmte (en koude) voor lange perioden te stockeren, zal men in de winter nog altijd een zekere hoeveelheid elektrische energie nodig hebben om de warmtepomp te laten draaien. Uit het artikel over warmtebuffering (zie p. 7-9) is gebleken dat opslagvormen op individuele basis tot zeer grote en dure systemen zouden leiden. De *all-electric*-oplossing op individueel niveau is volgens ons dus niet echt haalbaar.

Ondanks het feit dat er momenteel ook onderzoek gevoerd wordt naar collectieve elektrische opslagsystemen op wijkniveau, zijn het vooral de thermische opslagsystemen die veel compacter en efficiënter worden naarmate er een groter aantal gebouwen op aangesloten wordt. Deze vormen van collectieve warmteopslag vragen echter om een andere aanpak.

Collectieve productie en distributie

Als we kijken naar de hernieuwbare

energiebronnen die in de winter voorradig zijn, komen we naast geothermie ook uit bij windenergie en biomassa. Voor windenergie is het energetisch en financieel interessanter om een paar grote windturbines op het elektriciteitsnet aan te sluiten dan elke woning van een kleine windmolen te voorzien. **Collectieve warmtenetten laten bovendien ook toe om de volgende warmtebronnen maximaal te benutten:**

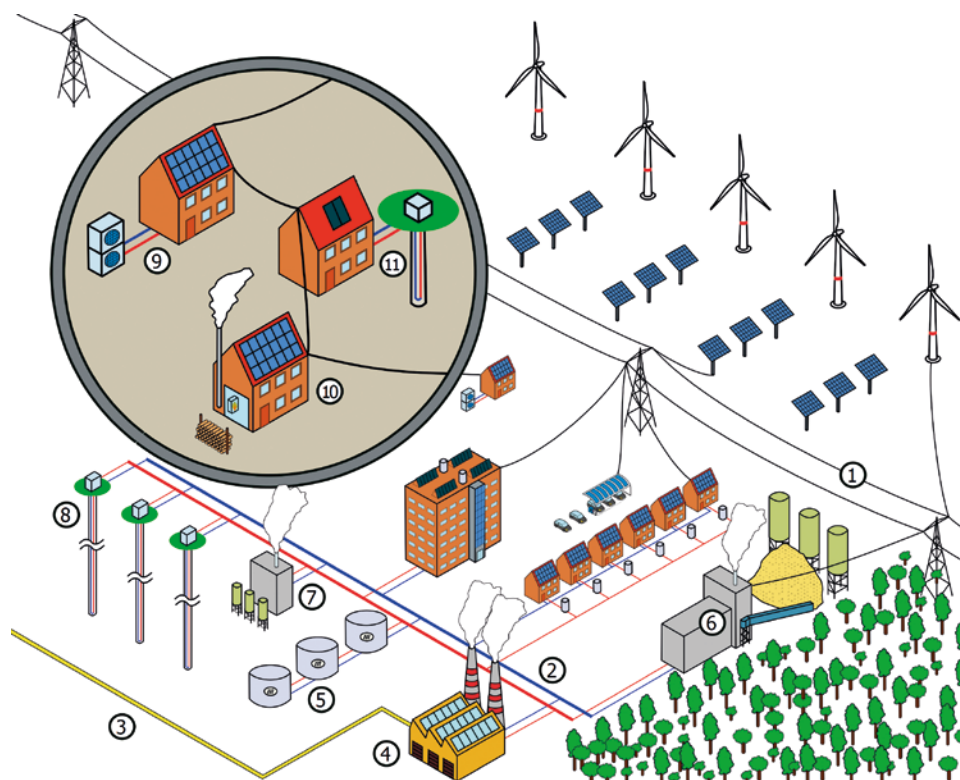
- **diepe geothermie** (waarbij warmte op hoge temperatuur uit de diepe aardlagen opgepompt wordt); hiertoe is er altijd een warmtedistributienet vereist
- **ondiepe geothermie**; ook in dit geval kan een (lagetemperatuur)warmtenet nuttig zijn, aangezien een collectieve installatie de kosten kan drukken en de warmteverliezen kan terugdringen (de warmte en koude worden immers voor langere perioden opgeslagen)
- **gas** dat we niet uit de ondergrond halen, maar via biologische processen opwekken (groengas) of synthetisch aanmaken op plaatsen waar en momenten dat er een overschot aan hernieuwbare energie is (bv. syngas); deze energie is kostbaar, aangezien ze warmte op zeer hoge temperatuur kan genereren. Deze hoogwaardige

warmte kan best eerst aangewend worden voor industriële processen of voor elektriciteitsopwekking. De laagwaardige warmte die daarbij vrijkomt (restwarmte op lage temperatuur) kan dankzij een warmtenet verdeeld worden naar de woningen die dergelijke warmte vragen

- dezelfde redenering geldt voor **biomassa**: hout of andere brandbare restfracties kunnen perfect aangewend worden in kachels of ketels, maar in een collectieve installatie kan het energetische potentieel ervan op een betere manier ingezet worden en kan men de fijnstofemissie bovendien beperken.

Een warmtenet biedt dus vooral flexibiliteit en de mogelijkheid om verschillende hernieuwbare energiebronnen op een kostenefficiënte manier te combineren.

Het onderstaande schema geeft de belangrijkste hernieuwbare energiebronnen weer, evenals de energieomzettingen die kunnen plaatsvinden op individueel (binnen het gebouw) en op collectief niveau door wisselwerkingen met het elektriciteits-, warmte- en gasnet.



Schematisch concept voor warmtelevering.

1. Elektriciteitsnet
2. Warmtenet
3. Gasnet
4. Recuperatie van restwarmte vanuit de industrie
5. Collectieve warmtebuffering
6. Warmte-krachtkoppelingseenheid
7. Biomassastookplaats
8. Diepe geothermische boringen
9. Lucht-waterwarmtepomp
10. Rechtstreekse verwarming met biomassa
11. Ondiepe geothermische boring



Indien het gasnet enkel nog bedrijven en decentrale collectieve systemen (bv. WKK's) van gas zou moeten voorzien, dan zou de omvang ervan progressief verkleind kunnen worden. De warmtenetten zouden daarentegen sterk uitgebreid moeten worden en dit, vooral in steden en gemeenten waar de warmtevraag het meest geconcentreerd is en men het warmtenet compact kan houden. Het zou in dit geval bij voorkeur over warmtenetten op lage temperatuur moeten gaan, omdat de distributieverliezen hierbij veel beperkter zijn. Lagetemperatuurwarmtenetten bieden bovendien ook meer kansen voor de valorisatie van restwarmte of ondiepe geothermie (met of zonder mogelijkheid tot opslag). In het geval van een (dreigende) oververhitting kunnen de warmteoverschotten ten slotte zelfs opnieuw geïnjecteerd worden in het net.

Hoewel het schema op de vorige bladzijde een overzicht geeft van de diverse mogelijkheden, bestaat er geen one-size-fits-all-oplossing. De productie-, opslag- en distributiewijze die uiteindelijk weerhouden wordt voor de energie, zal immers verschillen van gebouw tot gebouw. Bovendien zal er naar de toekomst toe meer flexibiliteit nodig zijn om tussen verschillende oplossingen te kunnen kiezen. Het gebruik van ICT-tools met intelligente stuursystemen (zie p. 26-27) zou hierbij een belangrijke rol kunnen gaan spelen omdat ze toelaten om te allen tijde de optimale oplossing te selecteren, rekening houdend met de mogelijke variabiliteit van de tarieven voor afname en teruglevering. Deze laatste zouden immers op elk moment kunnen verschillen in functie van de vraag naar en de beschikbaarheid van (hernieuwbare) energie.

2050 begint nu

Hoe de warmtelevering er voor een specifiek gebouw gaat uitzien in 2050, is natuurlijk niet te voorspellen. **Voor alle scenario's die sterk steunen op hernieuwbare energiebronnen zouden er echter eerst diverse energiebesparingstechnieken toegepast moeten worden op het volledige gebouwpark.** Verder zouden er op het bestaande woningpark in de mate van het mogelijke een hele reeks maatregelen op het vlak van iso-

We moeten snel onze koers bepalen, opdat de huidige nieuwbouw- en renovatieprojecten compatibel zouden zijn met de oplossingen van morgen.

latie, luchtdichtheid, zuinige ventilatie, slim warmwaterbeheer ... toegepast moeten worden. Hierdoor zouden niet alleen de verwarmingsbehoeften, maar ook het warmtevermogen en de benodigde investeringen voor de productie en de buffering van hernieuwbare energie beperkt kunnen worden.

De focus op energiebesparing mag evenwel niet ten koste gaan van de flexibiliteit. We moeten ook opletten dat een verregaande vermindering van de warmtebehoeften in de winter, niet leidt tot een grotere koelbehoefte in de zomer. Bovendien mogen we niet vergeten dat door de reductie van de verwarmingsbehoeften het aandeel van sanitair warm water in het verbruik van het gebouw steeds groter wordt. Zelfs wanneer men de energiebehoeften fors kan laten dalen door bepaalde van de voormelde besparingstechnieken toe te passen en te combineren met zonthermische systemen (zonneboiler), zal men nog steeds andere energiebronnen nodig hebben (zie p. 13-15). Systemen zoals combilussen (zie p. 10-12) zijn makkelijk aansluitbaar op een warmtenet, maar vereisen momenteel nog wel warmte op hogere temperaturen (meer dan 60 °C).

In het algemeen is het aan te raden om de systeemtemperaturen zo laag mogelijk te houden teneinde de prestaties van de eventueel hierop aangesloten warmtepomp te maximaliseren en het gebouw rechtstreeks aan het lagetemperatuurwarmtenet te kunnen koppelen. Dit is mogelijk met op lage temperatuur gedimensioneerde afgiftetoestellen, maar ook met vloer-, wand- en plafondverwarmingssystemen of zelfs betonkernactivering. Een beperking van het piekvermogen voor verwarming laat toe om deze systemen toe te passen of de regimetemperatuur nog verder te

verlagen. Het WTCB doet momenteel onderzoek naar een lageretemperatuurregime waarbij men de legionellaontwikkeling toch onder controle zou kunnen houden (zie p. 13-15). In gevallen waar er voortdurend hogere temperaturen vereist zijn, kunnen *boosterwarmtepompen* een uitweg bieden. Deze pompen maken gebruik van warmte op lagere temperatuur (bv. 40 °C) en herverdelen deze aan 60 °C.

Hoewel er noch voor nieuwbouwwoningen noch voor doorgedreven renovaties in de eerste (dertig) jaar al gestreefd zal worden naar een volledige warmtelevering door hernieuwbare energie, moeten er wel reeds voorbereidingen getroffen worden om klaar te zijn voor 2050 (de warmte- en koellast terugdringen, de gebouwen preferentieel uitrusten met een lagetemperatuuremissiesysteem en eventueel nadenken over een toekomstige warmtenetaansluiting). Een in 2020 geplaatste ketel zal in 2050 namelijk al lang vervangen zijn, terwijl het gebouw en het emissiesysteem een levensduur hebben die 2050 (ver) kan overstijgen.

Het uitbouwen van warmtenetten vergt tijd, geld en een visie over meerdere decennia. **Toch moeten we snel onze koers bepalen, opdat de huidige nieuwbouw- en renovatieprojecten compatibel zouden zijn met de oplossingen van morgen.** Zoals u reeds kon lezen in het artikel over de integratie van technieken (zie p. 24-25), heeft dit ook belangrijke implicaties voor de installateur zelf. De toekomst begint nu!

J. Van der Veken, ir., en X. Kuborn ir., projectleiders, en P. Van den Bossche, ing., laboratoriumhoofd, laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB

WTCB-projecten

Om te beantwoorden aan de noden van de bouwsector, lopen er binnen het WTCB momenteel verschillende onderzoeken, studies en sensibiliseringsacties die verband houden met technische installaties. Hieronder volgt een kort overzicht.

Vlaanderen

- **Instal2020** – Integraal ontwerp van installaties voor sanitair en verwarming
- **NEPBC** – *Next generation building assessment methods towards a carbon neutral building stock*
- **SilenceVent** – Voorspelbare stromings-akoestische prestaties van ventilatiesystemen in woongebouwen
- **BBT Legionella** – Best Beschikbare Technieken (BBT) voor legionellabeheersing in nieuwe sanitaire systemen
- **Smart Geotherm** – Mobiliseren van thermische-energieopslag en thermische inertie in grondgekoppelde concepten voor de slimme verwarming en koeling van (middel)grote gebouwen
- **Groen Licht Vlaanderen 2020** – Innovatieve en duurzame lichtbronnen

Brussel

- **Delta-T** – Inrichting met automatische stroomvoorziening voor thermische installaties via thermo-elektrisch effect
- **Prio-Climat** – Prioritering en optimalisatie van renovatiestrategieën voor sociale woningen: naar een beter binnenklimaat
- **BruGeo** – Valorisatie van het geothermische potentieel van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
- **OUT2IN** – Impact van filtratie- en luchtzuiveringstechnieken op het binnen-

dringen van buitenluchtpolluenten via ventilatie ter verbetering van de binnenluchtkwaliteit in duurzame gebouwen

- **TD Duurzaam bouwen** – Duurzaam Bouwen en Duurzame Ontwikkeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Wallonië

- **PEPSE** – Ontwerp, ontwikkeling, validatie en inwerkingstelling van een 'semivirtuele' proefpost voor het testen van systemen voor energieproductie, -opslag en -distributie
- **Silentialpic** – Geluidloze en intelligente gedecentraliseerde ventilatie met gevoelige en potentiële warmterugwinning

FOD Economie

- **Normen-Antennes** – Akoestiek, Energie en binnenklimaat, Water en daken, Geotechniek, Verlichting
- **PREVENT** – Ventilatie van woningen: prestatiecriteria en regels voor het ontwerp van de apparaten
- **In-Vent-Out** – Relatieve positionering van de luchttoevoeropeningen ten opzichte van de lucht- en rookgasafvoeropeningen van gebouwen
- **EVACODE** – Evaluatiemethode voor waterbehandelingsinstallaties ter voorkoming van kalkvorming

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen

innoviris.brussels
empowering research



Wallonie

NBN



economie
FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

Publicaties

De WTCB-publicaties zijn beschikbaar:

- op onze website:
 - gratis voor aannemers die lid zijn van het WTCB
 - via abonnementsformule voor andere bouwprofessionelen (registratie op www.wtcb.be)
- in gedrukte vorm en op usb-stick.

Voor bijkomende inlichtingen kan u ons telefonisch bereiken op het nummer 02/529.81.00 (van 8u30 tot 12u00) of kan u steeds bij ons terecht per mail (publ@bbri.be).

Opleidingen

- Voor meer informatie met betrekking tot de opleidingen kan u zowel per telefoon (02/716.42.11) als per mail (info@bbri.be) contact opnemen met S. Eeckhout.
- Nuttige link: www.wtcb.be (rubriek 'Agenda').



Publicatie van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Verantwoordelijke uitgever: Jan Venstermans, WTCB, Lombardstraat 42, B-1000 Brussel

Dit is een tijdschrift van algemeen informatieve aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de teksten van dit tijdschrift is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

www.wtcb.be

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 85.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comités die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 650 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel
tel. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail: info@bbri.be
website: www.wtcb.be

KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tel. 02/716 42 11
fax 02/725 32 12

- technisch advies – publicaties
- beheer – kwaliteit – informatietechnieken
- ontwikkeling – valorisatie
- technische goedkeuringen – normalisatie

PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
tel. 02/655 77 11
fax 02/653 07 29

- onderzoek en innovatie
- vorming
- bibliotheek

DEMONSTRATIE- EN INFORMATIECENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder
tel. 011/22 50 65
fax 02/725 32 12

- ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)
- Digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Poincarélaan 79, B-1060 Brussel
tel. 02/529 81 29

BRUSSELS GREENBIZZ

Dieudonné Lef  vestraat 17, B-1020 Brussel
tel. 02/233 81 00