



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-kraftkoppelingssysteem of een brandstofcel). De meeste brandstoffen vormen tijdens de verbranding echter ook CO<sub>2</sub>, 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 beschikbaarheidsperioden 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.

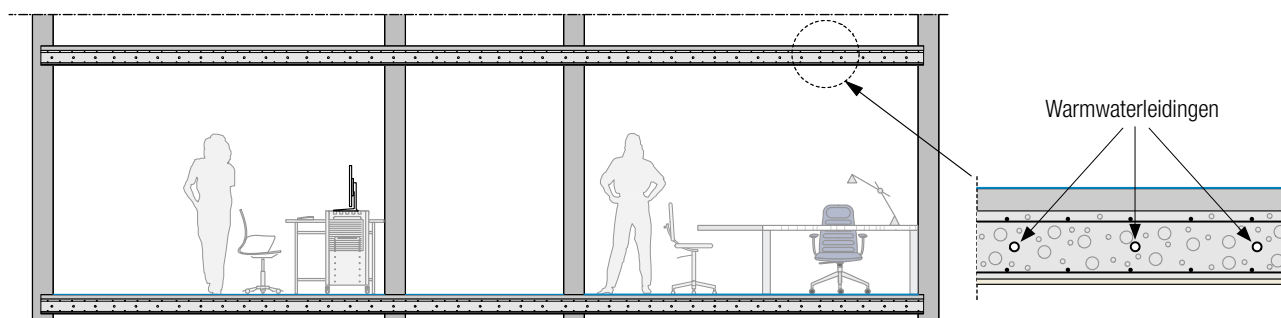
## 2 Energetische flexibiliteit en seizoensbuffering

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 **seizoensbufferings-systeem**.

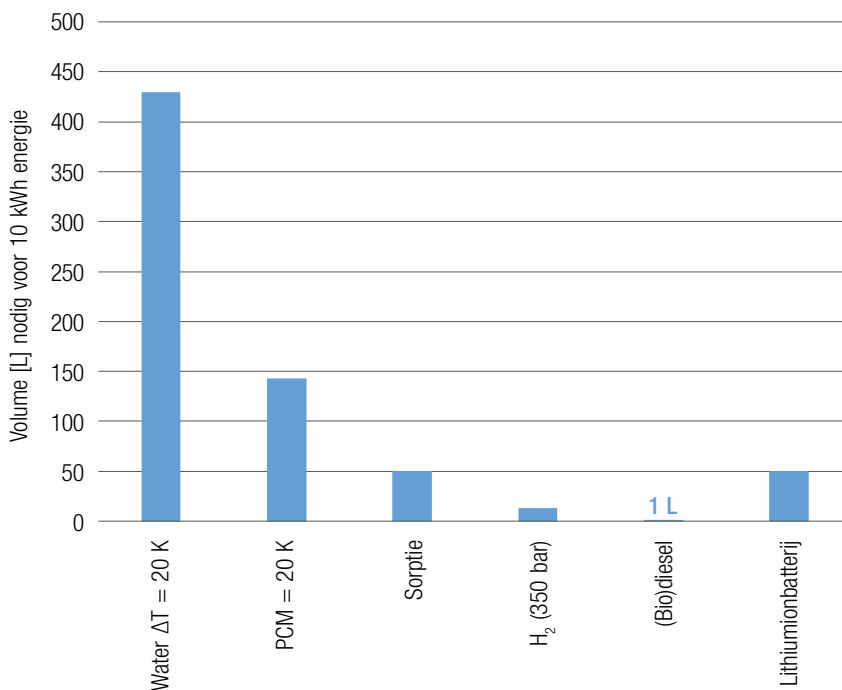
### 3 Oplossingen voor de buffering in het gebouw

#### 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)

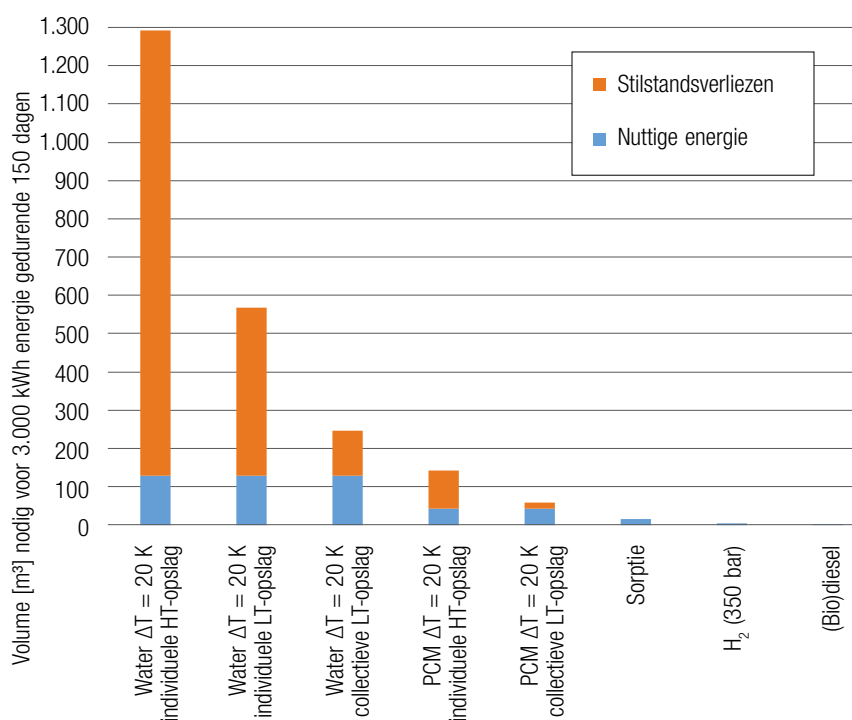
**Bij de faseovergang van een materiaal komt er heel wat energie vrij (latente warmte).** Zo gaat ijsvorming gepaard met een energieafgifte van 93 Wh/l, hetzij vier maal meer dan de energie die vrijkomt bij een temperatuurvariatie van 20 °C. Ijsvorming gebeurt evenwel bij een temperatuur van 0 °C en 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](http://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 m<sup>3</sup> 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 duurdere – 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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>. In vergelijking met het luttele volume van 4 m<sup>3</sup> 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 sorptiedesorptiecyclus 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*