

# "ENERGIE in CIJFERS"

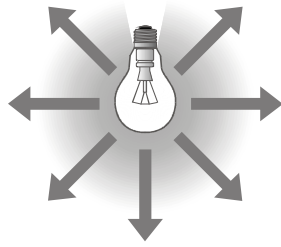
Jacques Claessens

---

## Inhoudstafel

1. Energie en Vermogen
2. Drie thermische basiswetten
  - warmteoverdracht van een wand naar de omgeving
  - warmteoverdracht doorheen een wand
  - het opwarmen van een ruimte
3. Kostprijs van energie
4. Drie basisratios
5. Energiebalans van een gebouw tijdens het winterseizoen
6. Toepassing: is het de moeite waard de verwarming 's nachts af te schakelen, gezien 's morgens dan het hele gebouw terug moet worden opgewarmd ?

## 1. ENERGIE en VERMOGEN



$$\text{ENERGIE} = \text{VERMOGEN} \times \text{TIJD}$$

→ Vermogen van de lamp : 60 Watt of 60 W

→ Energie om ze 20 uur te laten branden :

$$60 \text{ Watt} \times 20 \text{ uur} = 1200 \text{ Wattuur} = 1.200 \text{ Wh} = 1,2 \text{ kWh}$$

- Andere eenheden van energie :

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Watt} \times 1 \text{ seconde}$$

$$1 \text{ MJ} = 1 \text{ Mega-Joule} = 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ GJ} = 1 \text{ Giga-Joule} = 10^9 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1 \text{ uur} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ sec} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ toe} = 1 \text{ ton olie-equivalent}$$

$$= 1000 \text{ kg} \times 1,1626 \frac{\text{lit}}{\text{kg}} \times 10 \text{ kWh/liter}$$

$$= 11.626 \text{ kWh}$$

- Toepassing : het verbruik van huishoudapparaten – zie bijlage 1. Men stelt vast dat thermische apparaten (waarbij warmte vrijkomt) een hoger verbruik dan mechanische apparaten (pompen, ...). Het verbruik van een CV-circulatiepomp bedraagt ongeveer 2% van het verbruik voor het opwarmen van het getransporteerde water.
- Oefening :

<p>Neem 20 m niet-geïsoleerde leiding met een diameter van 1 duim, waar water van 70 °C doorloopt, in een stooklokaal met een temperatuur van 20 °C.</p> <p>Als je weet dat het verloren vermogen ongeveer 60 W/m bedraagt, schat dan de jaarlijkse warmteverliezen.</p>	<p>The diagram shows a horizontal pipe with a diameter of 1 inch. Water flows from left to right, starting at 70°C and ending at 20°C. Red arrows point upwards from the pipe to a 20°C environment, representing heat loss. A 1-meter section of the pipe is highlighted, with a bracket indicating that this section loses 60W of power. This is equated to a 60W lightbulb.</p>
--	--

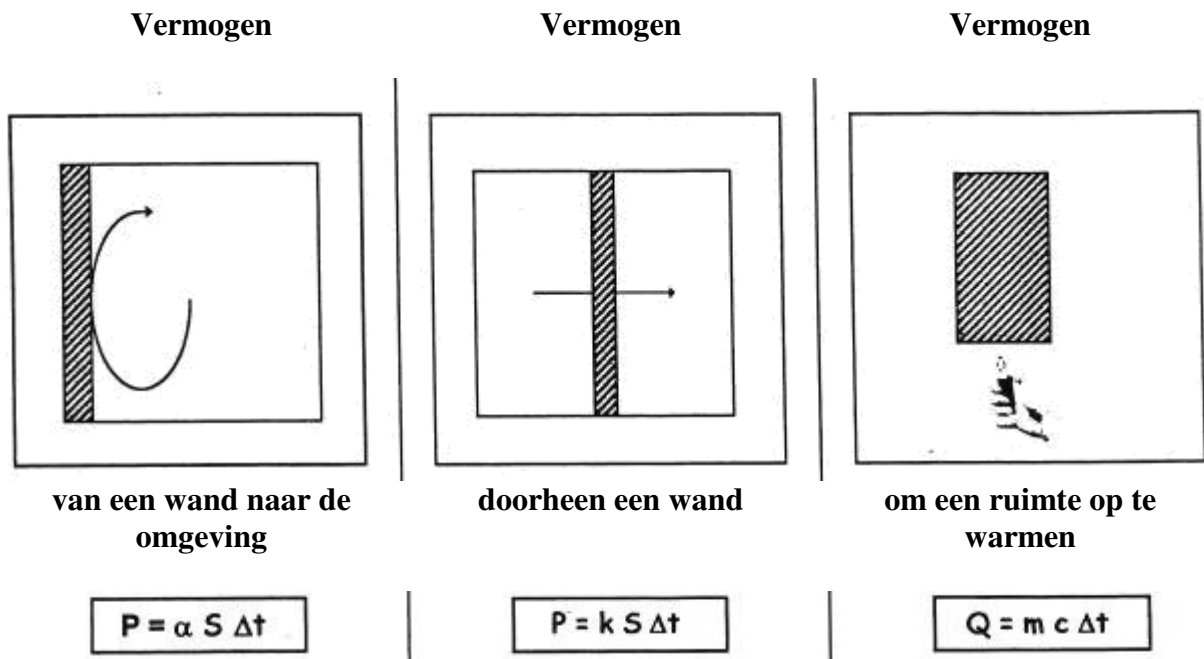
$$\text{Verloren vermogen} = 60 \text{ [W/m]} \times 20 \text{ [m]} = 1,2 \text{ [kW]}$$

Verloren energie (verondersteld dat er het hele jaar door circulatie is) =  $1,2 \text{ [kW]} \times 24 \times 365 \text{ [u/jr]} / 0,8 = 13\ 140 \text{ [kWh/jr]}$  of  $1\ 314 \text{ [liter stookolie]}$  (0,8 is het seizoensrendement van de CV-ketel).

De kostprijs van dit verlies belooft ongeveer 525 €/jaar (à 0,4 €/liter stookolie) voor de 20m niet-geïsoleerde leiding.

## 2. DRIE THERMISCHE BASISWETTEN

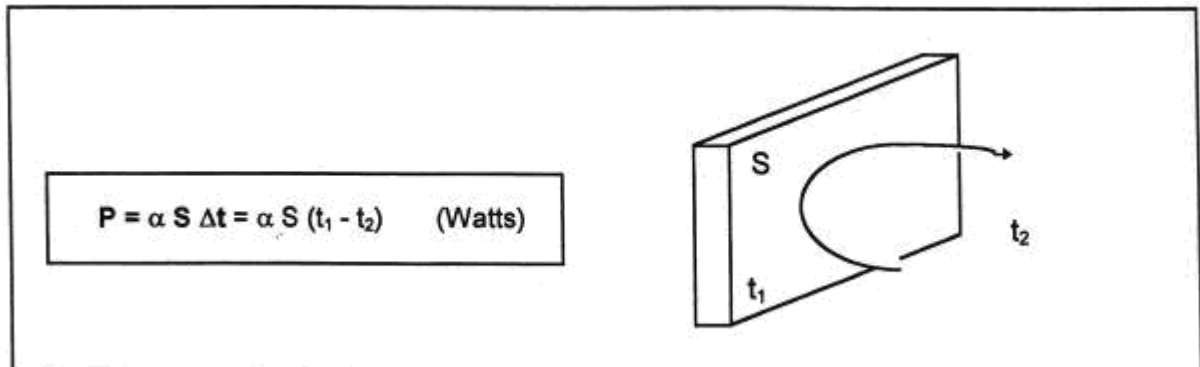
---



Opmerking : ten gevolge van de Europese normalisatie, wordt momenteel de letter "U" gebruikt ipv "k".

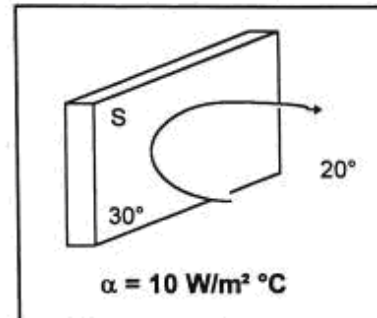
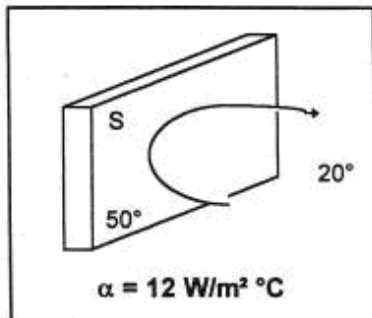
## 2.1 De warmteoverdracht van een wand naar de omgeving

Een warm object geeft een vermogen  $P$  af naar de omgeving volgens de formule :

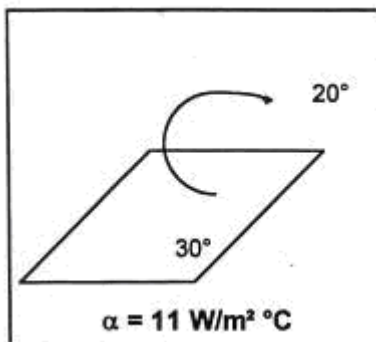


De afgiftecoëfficiënt bedraagt :

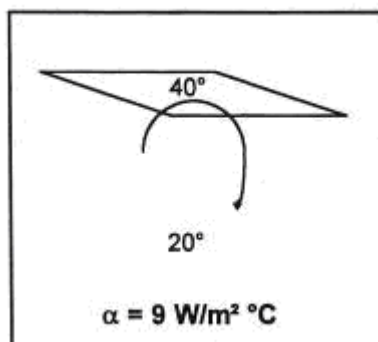
- voor een verticale wand :



- voor een vloer :



- voor een plafond :

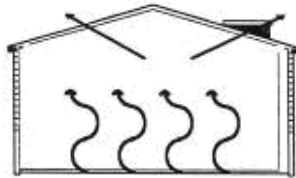


Opmerkingen :

- De overdrachtcoëfficiënt door convectie en straling stijgt naarmate de temperatuur stijgt.
- De overdrachtcoëfficiënt neemt af indien de warmte zich moet verplaatsen van hoog naar laag.
- De normalisatie legt op om graden Kelvin te gebruiken om de verschillen in temperatuur tussen twee objecten aan te geven. We gebruiken verder een gemiddelde overdrachtcoëfficiënt van  $11 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

## Toepassingen

1. Men wil vloerverwarming plaatsen in een slecht geïsoleerde sporthal van  $150 \text{ m}^2$ . De verliezen via de wanden worden geschat op  $36 \text{ kW}$ .



- Het noodzakelijke vermogen bedraagt  $36.000 \text{ W} / 150 \text{ m}^2 = 233 \text{ W/m}^2$
- Uit comfortoverwegingen mag de vloerverwarming geen warmte afgeven hoger dan  $30^\circ\text{C}$ . Het maximale vermogen voor verwarming per  $\text{m}^2$  bedraagt dan :
  - $P = \alpha S \Delta t = 11 \cdot 1 \cdot (30^\circ - 20^\circ) = 110 \text{ W/m}^2$
  - ... vloerverwarming is dus niet haalbaar !

Opmerking : een sporthal moet maar tot  $15^\circ\text{C}$  verwarmd worden. In dat geval is de coëfficiënt  $\alpha$  wat te hoog, het vermogen wordt :

$$P = 12 \cdot 1 \cdot (30^\circ - 15^\circ) = 180 \text{ W/m}^2 \dots \text{ wat nog steeds te weinig is !}$$

2. Wat is het verloren vermogen indien de wanden van een CV-ketel een temperatuur hebben van  $40^\circ\text{C}$ , terwijl de temperatuur in de stookruimte slechts  $15^\circ\text{C}$  bedraagt ?

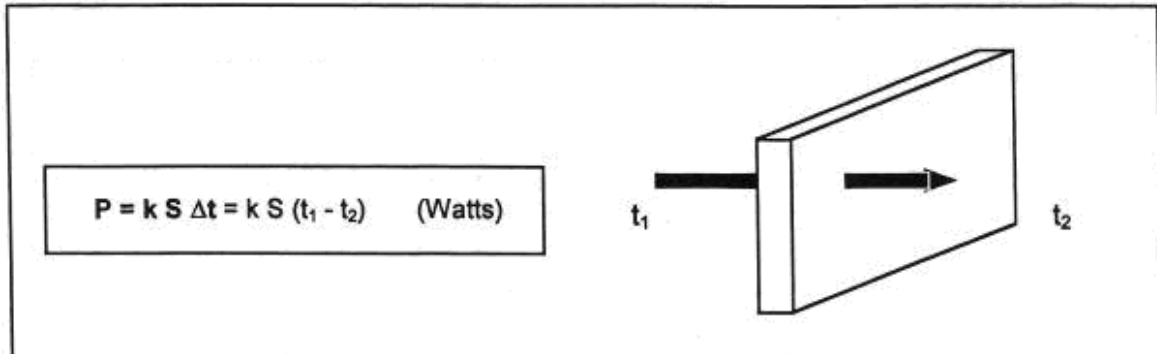
- stel de oppervlakte bedraagt  $10 \text{ m}^2$
- overdrachtscoëfficiënt = ...  $12 \dots \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  (gemiddelde waarde voor de temperaturen tussen de  $20$  en  $80^\circ\text{C}$ )
- $\Delta t = 40^\circ - 15^\circ\text{C}$
- vermogen =  $12 \times 10 \times 25 = 3000 \text{ W}$

3. Wat is de jaarlijkse verloren energie bij een voorraadvat met warm water, waarvan de oppervlaktetemperatuur  $35^\circ\text{C}$  bedraagt tegenover een omgevingswarmte van  $20^\circ\text{C}$  ?

- stel dat het oppervlakte van het vat =  $3 \text{ m}^2$
- overdrachtscoëfficiënt = ...  $12 \dots \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- $\Delta t = 35^\circ - 20^\circ\text{C}$
- vermogen =  $12 \times 3 \times 15 = 540 \text{ W}$
- netto energie =  $540 \text{ W} \times 8760 \text{ u} = 4730 \text{ kWh}$

## 2.2 De warmteoverdracht doorheen een wand

Het overgedragen vermogen tussen de twee omgevingen bedraagt :



De warmtetransmissiecoëfficiënt  $k$  is voornamelijk een functie van de geleidbaarheid van de materialen.

Enkele referentiewaarden zijn opgenomen in onderstaande tabel :

6	Metalen buitendeur
5,5	Enkele beglazing
4	Betonnen linteel
3	Dubbele beglazing/gewapende betonklinker op grond
2,6	Stenen muur van 50 cm/snelbouwsteen van 24 cm
0,4	Aangewezen waarde voor een buitenmuur (binnensteen + 8 cm MW/6 cm PU + buitensteen)

De coëfficiënt  $k$  (of  $U$ ) wordt uitgedrukt in  $W/m^2.K$  en geeft aan welk vermogen per  $m^2$  doorheen een wand wordt doorgelaten, bij een temperatuurverschil van 1K (of  $1^\circ C$ ).

Het lijstje kan worden aangevuld met de coëfficiënt  $k$  van  $1,1 W/m^2.K$  voor de huidige generatie hoogrendementsbeglazing.

Tengevolge van de nieuwe Europese normen wordt deze coëfficiënt steeds vaker «  $U$  » genoemd.

## Toepassingen

1. Verloren vermogen per 20 m<sup>2</sup> enkele beglazing, bij een buitentemperatuur van 0°C ?

$$. P = k \cdot S \cdot \Delta t = 5,5 \cdot 20 \cdot (20^\circ - 0^\circ) = \mathbf{2200 \text{ Watts}}$$

2. Verloren vermogen per 20 m<sup>2</sup> geïsoleerde muur bij een buitentemperatuur van 0°C ?

$$. P = 0,4 \cdot 20 \cdot (20^\circ - 0^\circ) = \mathbf{160 \text{ Watts}}$$

3. Wat zijn de verliezen doorheen een buitenmuur, bij een buitentemperatuur van -10 °C en een binnentemperatuur van 20 °C, wetende dat :

- k muur = 0,41 W/m<sup>2</sup>. °C (muur met 6 cm minerale wol in de spouw)
- k beglazing = 5,9 W/m<sup>2</sup>. °C (enkele beglazing)
- de muur bestaat uit 32 m<sup>2</sup> muur en 8 m<sup>2</sup> beglazing

- Vermogen voor de muur =  $0,41 \cdot 32 \cdot (20^\circ - (-10^\circ)) = 394 \text{ W}$
- Vermogen voor de beglazing =  $5,9 \cdot 8 \cdot (20^\circ - (-10^\circ)) = 1416 \text{ W}$
- Totaal vermogen =  $394 + 1416 = 1810 \text{ W}$

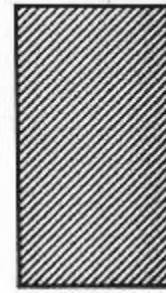
## 2.3 Het opwarmen van een ruimte

De warmte nodig voor het opwarmen van een ruimte met temperatuur  $T_1$  naar een temperatuur  $T_2$  wordt gegeven door

$$Q = m c \Delta T^\circ = \text{massa} \times \text{thermische massa capaciteit} \times \text{delta } T^\circ$$

Of nog, gezien massa  $m = \text{Volume } V \times \text{volumieke massa } \rho$  :

$$Q = V \rho c \Delta T^\circ = \text{volume} \times \text{volumieke thermische capaciteit} \times \text{delta } T^\circ$$



De coëfficiënten " $\rho c$ ", de volumieke thermische capaciteit van verschillende materialen, worden gegeven in bijlage 2.

Ter verduidelijking :

- $\rho c_{\text{lucht}} = 0,34 \text{ Wh/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ , of nog  $0,34 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$
- $\rho c_{\text{water}} = 1163 \text{ Wh/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ , of nog  $1163 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$

materiaal	$\rho$	$c$	$\rho c$	
	$\text{kg/m}^3$	$\text{kJ/ kg.K}$	$\text{MJ/m}^3 \cdot \text{K}$	$\text{Wh/m}^3 \cdot \text{K}$
lucht	1,23	1	0,0012	<b>0,34</b>
water	1000	4,18	4,18	<b>1163</b>
zwaar beton	2300	0,9	2,1	583
minerale wol	450	0,58	0,26	72

(1 Wh = 3,6 kJ en  $1^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$ )

We stellen dus vast dat het 3000 x meer energie kost om één  $\text{m}^3$  water op te warmen dan een  $\text{m}^3$  lucht.

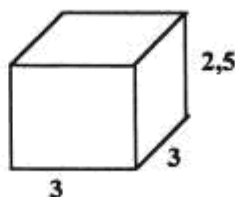
Omgekeerd geldt dat er dus 3000 x meer energie kan worden opgeslagen in 1  $\text{m}^3$  water dan in 1  $\text{m}^3$  lucht.



## Toepassingen

1. Hoeveel energie is er nodig om de lucht in de badkamer op te warmen ?

- we vertrekken van de hypothese dat de badkamer nu 15°C warm is en men ze wil opwarmen naar 23°C.



- volume :  $3 \times 3 \times 2,5 = 22,5 \text{ m}^3$
- volumieke thermische capaciteit van lucht :  $0,34 \text{ Wh/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
- delta t = 8°C
  
- warmte =  $22,5 \times 0,34 \times 8 = 61 \text{ Wh} = 0,061 \text{ kWh}$

2. Welk vermogen is er nodig om de lucht voor de ventilatie van dat lokaal op te warmen ?

- we stellen dat de lucht in het lokaal één keer per uur volledig ververscht wordt. Indien het buiten -10°C is, dan is het vermogen :
- $P = \text{energie/uur} = [0,34 \text{ Wh/m}^3 \cdot ^\circ\text{C} \times 22,5 \text{ m}^3 \cdot (20^\circ - (-10^\circ))]/\text{uur} = 230 \text{ Watt}$

3. Hoeveel energie is nodig om de badkamer muren te verwarmen ?

- onder 'opwarmen van de muren' begrijpen we een temperatuurstijging van 8°C van de eerste drie cm.
- totale oppervlakte :  $2 \times 3 \times 3 + 4 \times 3 \times 2,5 = 48 \text{ m}^2$
- verwarmd volume :  $0,03 \times 48 = 1,44 \text{ m}^3$
- volumieke thermische capaciteit van de gebruikte materialen :  $0,23 \text{ Wh/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- volumieke massa :  $1500 \text{ kg/m}^3$
  
- warmte =  $1,44 \times 0,23 \times 1500 \times 8 = 4 \text{ kWh}$

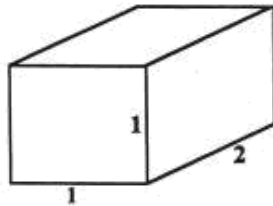
4. Hoeveel energie is er nodig om een boiler vat van 200 liter op te warmen ?

- volumieke thermische capaciteit van water :  $1,16 \text{ Wh/liter} \cdot ^\circ\text{C}$
- delta t : temperatuur warm water – temperatuur koud water =  $40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$
  
- dit geeft :  $200 \times 1,16 \times (40 - 10) = 6,96 \text{ kWh}$

5. Wat is de jaarlijkse kostprijs voor het bereiden van het warm water in een gezin ?

- behoeften : 30 l van 60°C per dag en per persoon, dit is in totaal 30 l x 365 dagen x 4 personen = 43.800 liter = 43,8 m<sup>3</sup>
- om dit water op te warmen van 10° naar 60° :  
 $Q = 43,8 \text{ m}^3 \times 1,16 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{°C} \times (60^\circ - 10^\circ) = \mathbf{2540 \text{ kWh}}$
- dit komt overeen met 254 liter stookolie (of ongeveer 10% van de warmtebehoefte van het gezin).

6. Vergelijken we twee diepvriezers : de ene is gevuld met 200 kg levensmiddelen, de andere slechts met 50 kg. Indien deze diepvriezers in panne vallen, wat is dan de meest kritieke situatie ? Hoeveel tijd is er beschikbaar voor een interventie om de diepvriezers te herstellen ?



- we veronderstellen dat de volumieke thermische capaciteit van de levensmiddelen ongeveer zo groot is als die van water, dit 1,16 Wh/l. °C of 1,16 Wh/kg. °C
- beschikbare energie in de gestockeerde massa :  
geval 1 : energie = 200 x 1,16 x 10° = 2,32 kWh  
geval 2 : energie = 50 x 1,16 x 10° = 0,58 kWh
- verliezen door de wanden :  
Vermogen = k.S. Δt = 0,5 x 10 x (10° - (-15°)) = 125 W (-15° = gemiddelde temperatuur aan de binnenzijde van de vriezer)
- tijd voor het opwarmen :  
tijd = energie/vermogen  
geval 1 : tijd = 2320 Wh/125 W = 18,4 u  
geval 2 : tijd = 580 Wh/125 W = 4,6 u

**Opmerking** : door beide leden te delen door de tijd, bekomen we :

$$Q/\text{tijd} = (\text{volume}/ \text{tijd}) \times \text{volumieke thermische capaciteit} \times \text{delta } T^\circ$$

$$\mathbf{\text{Vermogen} = \text{debiet} \times \text{volumieke thermische capaciteit} \times \text{delta } T^\circ}$$

$$\mathbf{P = \text{Debiet} \times pc \times \Delta T^\circ}$$

## Toepassing

**Wat is het warmtevermogen van een radiator die gevoed wordt door 300 l/u water, met een aanvoertemperatuur van 80 °C en een retourtemperatuur van 60 ° ?**

$$\text{Debiet} = 300/3600 = 83,33 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\text{Vermogen} = 83,33 \cdot 10^{-3} \cdot 4,18 \text{ [kJ/kg.K]} \cdot (80-60) \text{ [K]} = 6,97 \text{ kW}$$

Of nog :

$$\text{Debiet} = 0,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vermogen} = 0,3 \cdot 1,163 \text{ [kWh/m}^3\text{.K]} \cdot (80-60) \text{ [K]} = 6,97 \text{ kW}$$

### 3. De energiekosten

---

Nadat de gevraagde hoeveelheid energie is bepaald, kunnen we in twee stappen ook de financiële kostprijs evalueren :

- evalueren van het verbruik van het verwarmingsapparaat in kWh
- evalueren van de hoeveelheid brandstof of elektriciteit die gepaard gaat met dat verbruik

Hiervoor worden volgende vergelijkingen gebruikt :

$$\text{Verbruik} = \frac{\text{energiebehoefte}}{\text{rendement van de installatie}}$$

$$\text{Hoeveelheid brandstof} = \frac{\text{Verbruik}}{\text{verbrandingswaarde van de brandstof}}$$

Het installatierendement van de stookinstallatie schommelt doorgaans tussen 0,6 (oude, overgedimensioneerde ketel, met niet of nauwelijks geïsoleerde leidingen) en 0,85 (recente installatie met performante stookketel).

De verbrandingswaarde (onderste) van een aantal brandstoffen is opgenomen in onderstaande tabel :

		Conversie factor of OVW van de brandstof	
Vector	Eenheid	In MJ	In kWh
Arm natuurlijk gas	M <sup>3</sup>	32,97	9,16
Elektriciteit	KWh	3,6	1
Butaangas	Kg	45,56	12,66
Rijk natuurlijk gas	M <sup>3</sup>	36,43	10,12
Anthraciet 10/20	Kg	31,4	8,72
Coke	Kg	28,5	7,92
Propaan	L	23,72	6,59
Huisbrandolie	L	35,87	9,96
Lichte stookolie	L	36,37	10,10
Gemiddelde stookolie	L	37,68	10,47
Zware stookolie	L	38,16	10,60
Extra zware stookolie	L	38,58	10,72

Enigszins vereenvoudigd, kunnen we onthouden :

$$\boxed{1 \text{ liter stookolie} = 1 \text{ m}^3 \text{ gas} = 10 \text{ kWh}}$$

## 4. DRIE BASISRATIOS

---

Drie te onthouden sleutelcijfers zijn van belang, gezien hiermee een allereerste predimensionering van de volledige installatie kan gebeuren :

Een oud gebouw opwarmen vraagt bij  $-10^{\circ}\text{C}$  buitentemperatuur  **$100\text{ W/m}^2$**  en een modern geïsoleerd gebouw slechts  **$50\text{ W/m}^2$**  bij  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Voor de koeling van een modern tertiair gebouw, is er max  **$100\text{ W/m}^2$**  nodig bij buitentemperaturen  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Ventileren komt neer op het toevoeren van  **$30\text{ m}^3/\text{u.persoon}$** .

Om de leidingen te dimensioneren, onthoudt men :

Luchtsnelheid in een pijp:  **$5\text{ m/s}$**  bij gebruik van een ventilator en  **$1\text{ m/s}$**  bij natuurlijke trek

Snelheid van water in leidingen :  **$1\text{ m/s}$**



*OK, met deze troeven kunnen we alle dimensioneringen rond HVAC wel aan ...*

## Toepassingen

1. Een lamp van 100 W wordt ingesloten in een goed geïsoleerde kubus, met een totale oppervlakte van  $1\text{ m}^2$  en een U-waarde =  $0,5\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Hoeveel bedraagt de temperatuur in de kubus na enige tijd, wetende dat de omgevingstemperatuur (buiten de kubus)  $20^\circ\text{C}$  bedraagt ?

Antwoord :  $100\text{ W} = U \times S \times (X - 20^\circ\text{C}) \rightarrow X = 220^\circ\text{C} !$

2. Een lokaal zonder ramen bevindt zich in het midden van een gebouw en wordt volledig omgeven door lokalen met een binnentemperatuur van  $20^\circ\text{C}$ . De afmetingen zijn  $4 \times 5$  op  $3\text{ m}$  hoogte. De U-waarde van de muren bedraagt  $2\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . De interne warmtewinsten bedragen  $200\text{ W}$  van de verlichting +  $150\text{ W}$  van de PC +  $160\text{ W}$  van de 2 gebruikers. Indien er geen radiator in het lokaal is (is die trouwens nodig ?), wat is de evenwichtstemperatuur in het lokaal indien de omringende lokalen worden opgestookt tot  $22^\circ\text{C}$  ?

Antwoord :  $510\text{ W} = 2 \times 94\text{ m}^2 \times (X-22) \rightarrow X = 24,7^\circ\text{C} !$

3. Wat is de vloertemperatuur bij vloerverwarming in een nieuw gebouw (dus met gekende ratios) indien de buitentemperatuur  $-10^\circ\text{C}$  bedraagt en de binnentemperatuur is  $20^\circ\text{C}$  ?

Antwoord : temperatuurverschil =  $100\text{ W/m}^2 / (11\text{ W/m}^2\cdot\text{K}) = 9\text{ K}$ . De vloer is dus  $20 + 9 = 29^\circ\text{C}$ .warm

4. Wat is de plafondtemperatuur bij plafondkoeling in een nieuw gebouw (dus met gekende ratios) indien de buitentemperatuur  $30^\circ\text{C}$  bedraagt en de binnentemperatuur is  $25^\circ\text{C}$  ?

Antwoord :  $100\text{ W/m}^2 / (9\text{ W/m}^2\cdot\text{K}) = 11\text{ K}$ . Het plafond moet dus  $25-11 = 14^\circ\text{C}$  koud zijn. Maar een dergelijke temperatuur kan aanleiding geven tot condensatie. Vandaar dat men genoeg moet nemen met  $16^\circ\text{C}$  en dus een koelvermogen van  $80\text{ W/m}^2$ .

5. Een lokaal van  $20\text{ m}^2$  en  $60\text{ m}^3$  wordt gebruikt door 2 personen. De luchtconditionering wordt door een luchtgroep geleverd, zowel voor warmte als koude. Welk luchtdebiet is er nodig om het lokaal op te warmen (uitgeblazen lucht van  $35^\circ\text{C}$  bij een omgevingstemperatuur van  $20^\circ$ ), voor het te koelen (uitgeblazen lucht van  $16^\circ\text{C}$  bij een omgevingstemperatuur van  $20^\circ\text{C}$ , om het te ventileren ?

Antwoord :

Vermogen voor verwarming :  $20\text{ m}^2 \times 100\text{ W/m}^2 = 2000\text{ W}$  (in een oud gebouw)

Debiet :  $2000\text{ W} = \text{Debiet} \times 0,34\text{ Wh/m}^3\cdot\text{K} \times (35 - 20) \rightarrow \text{Debiet} = 392\text{ m}^3/\text{h}$

Uitblaasmond =  $\text{Debiet/snelheid} = 392\text{ m}^3/\text{h} / (3600\text{ s/h} \times 5\text{ m/s}) = 0,0218\text{ m}^2 = 218\text{ cm}^2 \rightarrow 15 \times 15\text{ cm}$

Vermogen voor koeling :  $20\text{ m}^2 \times 100\text{ W/m}^2 = 2000\text{ W}$

Debiet :  $2000\text{ W} = \text{Debiet} \times 0,34\text{ Wh/m}^3\cdot\text{K} \times (24 - 16) \rightarrow \text{Debiet} = 735\text{ m}^3/\text{h}$

Uitblaasmond =  $\text{Debiet/snelheid} = 735\text{ m}^3/\text{h} / (3600\text{ s/h} \times 5\text{ m/s}) = 0,0408\text{ m}^2 = 408\text{ cm}^2 \rightarrow 20 \times 20\text{ cm}$

Ventilatie-debiet :  $30\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{pers} \times 2 = 60\text{ m}^3/\text{h}$

Uitblaasmond = Debiet/snelheid =  $60 \text{ m}^3/\text{h} / (3600 \text{ s/h} \times 5 \text{ m/s}) = 0,0033 \text{ m}^2 = 33 \text{ cm}^2$   
→ 6 X 6 cm

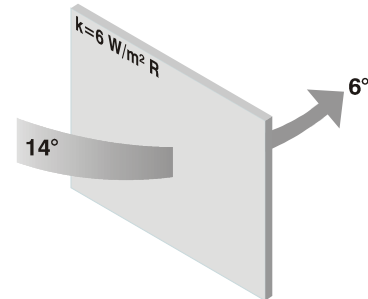
***En wat als dezelfde toevoeropening alle noden moet vervullen ? (neem de grootste)***

***En wat als de warmte nu door water wordt aangeleverd ?***

## 5. Energiebalans van een gebouw gedurende een stookseizoen

5.1 Het opstellen van een energiebalans voor enkele beglazing of voor een volledig gebouw verloopt volgens dezelfde principes : het betreft steeds een (stuk van de) gebouwschil die ervoor zorgt dat een warme binnenruimte (16 ... 20°C) wordt beschermd tegen een koude omgeving (buitenlucht van ... 6° ... gemiddeld in de winter in België)

Voorbeeld : Verbruik door enkelglas van 10 m<sup>2</sup> :



$$\begin{aligned} \text{Verbruik} &= \frac{6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \times 10 \text{ m}^2 \times (14^\circ - 6^\circ) \times 5800 \text{ u/stookseizoen}}{0,75} \\ &= 3.712 \text{ kWh} \\ &= 371 \text{ liter stookolie per jaar en per } 10 \text{ m}^2 \text{ beglazing} \end{aligned}$$

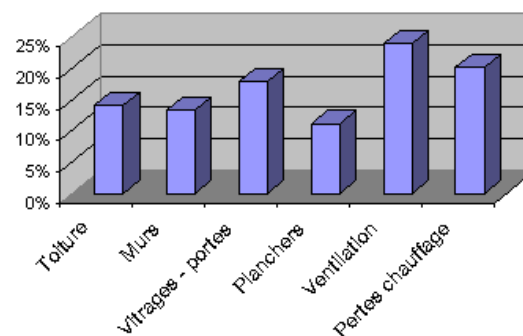
waarbij: 14° is de equivalente gemiddelde binnentemperatuur (zie hieronder)  
6° is de equivalente gemiddelde buitentemperatuur (zie hieronder)  
5800 u is de duurtijd van het stookseizoen  
0.75 = installatierendement van de CV

Vervangen van de beglazing ? → vul de nieuwe coëfficiënt k in ! Je kan de energiebesparing onmiddellijk zien : een goede dubbele beglazing heeft een k-waarde van 1,5 W/m<sup>2</sup>.K → het verbruik wordt dus tot een kwart herleid.

5.2 Om de energiebalans van een volledig gebouw op te stellen, moeten dezelfde berekeningen worden gemaakt voor alle onderdelen van de gebouwschil. Volgende softwaretoepassing kan u hierbij helpen : [Energie+ : audit / consommation de combustible / repérer l'origine des consommations de chauffage.](#)

Een soortgelijk resultaat als wat hieronder is opgenomen, komt uit de software :

### Bilan énergétique (1ère approximation)





## 5.3 Toevoegingen

### De equivalente gemiddelde binnentemperatuur $T_{\text{Int Gem}}$



$T_{\text{IntGem}}$  = de equivalente binnentemperatuur van een gebouw doorheen het stookseizoen  
= de gemiddelde temperatuur overdag van de lokalen – reductie voor de nachtonderbrekingen en tijdens het weekend - warmtewinsten

De reductie voor de onderbrekingen (nachten, WE, schoolvakanties) kan bij benadering in de volgende tabel worden teruggevonden:

Ziekenhuizen, rusthuizen en verzorgingstehuizen	0 °C
Woningen met nachtreductie	2 °C
Kantoren	3 °C
Scholen met avondonderwijs	4,5 °C
Scholen zonder avondlessen en met een geringe thermische inertie	6 °C

De vermindering voor de gratis warmtewinsten (toestellen, personen, zon) wordt geschat tussen de 2 en 3 °C.

Deze vermindering moet worden bijgesteld in functie van de fysieke gebouwkarakteristieken : ze moet verhoogd worden bij een sterke thermische inertie en isolatie en als de warmtewinsten sterk aanwezig zijn (computers, verlichting, gebouwgebruik, ...) en verlaagd als het gebouw bv. weinig beglazing heeft.

**Toepassing :** nemen we kantoren, die gedurende de dag op 20 °C worden verwarmd. De gemiddelde binnentemperatuur voor de berekeningen wordt dan als volgt berekend

$$20\text{ °C} - 3\text{ °C} - 3\text{ °C} = 14\text{ °C}$$

Opgelet! Deze equivalente binnentemperatuur is fictief. In de realiteit bedraagt ze 17°C, maar 3°C worden geleverd door gratis warmtewinsten. Die 14 °C bepalen dus een fictieve equivalente temperatuur om de « verbruikte » warmte te kunnen inschatten.

▪ **De equivalente gemiddelde buitentemperatuur  $T_{\text{ExtGem}}$**

$T_{\text{ExtGem}}$  is de equivalente gemiddelde buitentemperatuur tijdens het stookseizoen. Hieronder vind je de waarden tussen 15 september en 15 mei voor een aantal plaatsen :

Uccle	6,5 °C
Hastière	5,5 °C
Libramont	3,5 °C
Mons	6 °C
Saint-Vith	2,7 °C

Deze temperatuur wordt verkregen via de waarde van de graaddagen 15/15 van die plaats en die te delen door gestandaardiseerde duurtijd van het stookseizoen (242 dagen).

**Voorbeeld :**

Voor Ukkel :

- Graaddagen 15/15 = 2 074,
- 2 074 / 242 dagen = 8,5 °C,
- De gemiddelde afwijking van de 15°C bedraagt 8,5 °C,
- De gemiddelde temperatuur is dus (15 °C - 8,5 °C) = 6,5 °C.

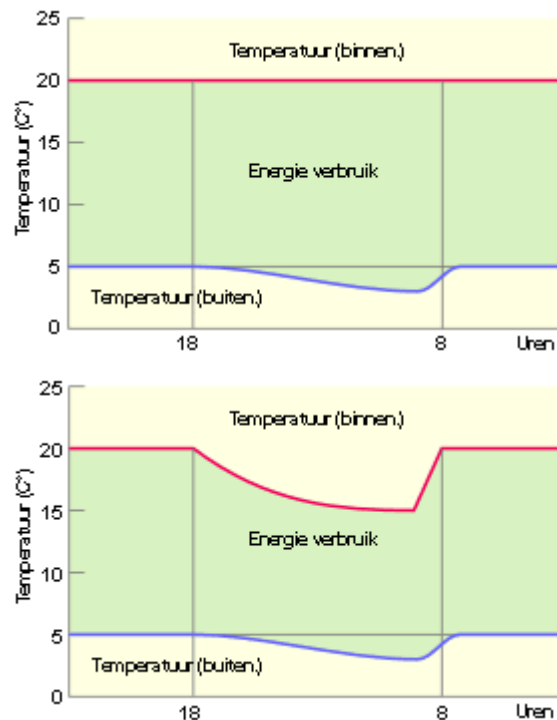
## 6 Heeft het uitschakelen van de verwarming 's nachts wel nut, gezien het gebouw de ochtend nadien dan terug moet worden opgewarmd ?

### Nut van een onderbreking

Al te vaak hoort men nog volgende overweging :

*"Het uitschakelen van de verwarming 's nachts leidt tot niets, gezien de bespaarde warmte 's ochtends terugbetaald wordt om de muren terug op te warmen!"*

**Dit is onjuist !**



*Grafische weergave van het verbruik voor verwarming zonder en met onderbreking.*

Het verbruik van een gebouw is rechtevenredig met het temperatuursverschil tussen binnen en buiten, over het volledige jaar bekeken. Vastgesteld wordt dat er dus besparingen mogelijk zijn door de CV-installatie uit te schakelen op het moment dat het gebouw niet gebruikt wordt.

De installatie 's nachts uitschakelen is steeds voordelig. Het klopt inderdaad dat het ontladen van de warmte die in de muren is opgeslaan zal leiden tot een meerverbruik 's ochtends om het gebouw op temperatuur te krijgen. Maar de grote winst zit in de daling van de nachtelijke verliezen. Hoe lager de binnentemperatuur zakt (en dus hoe kleiner het verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur), hoe groter de besparing.

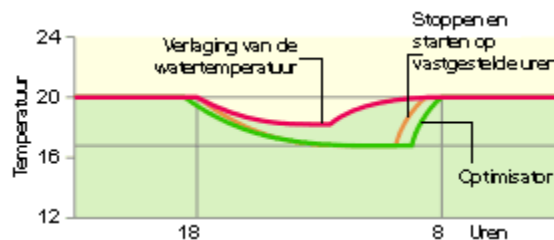
In het slechtste geval kan het zijn dat de onderbreking bijna geen daling van de binnentemperatuur met zich meebrengt (in het geval van zeer goed geïsoleerde gebouwen met een grote inertie) en dat er nauwelijks energiebesparing zal zijn. Maar nooit zal er een meerverbruik zijn.

## Verlaging van de stooklijn

In de meeste verwarmingsinstallaties bestaat de onderbreking ('s nachts, weekend) uit een [verlaging van de stooklijn](#) : met behulp van een klok wordt de temperatuur van het water dat door de installatie loopt, verlaagd in vergelijking met de watertemperatuur overdag.

Deze werkwijze is [het minst efficiënt als nachtverlaging](#) (en wordt momenteel nochtans nog steeds zeer vaak geïnstalleerd).

In deze manier van werken wordt het gebouw, wanneer het niet in gebruik is, nog steeds effectief verwarmd, zij het met minder warm water. De daling van de gebouwtemperatuur is dan ook trager dan wanneer de installatie volledig zou worden uitgeschakeld (en de temperatuur zou dalen tot de ingestelde temperatuur bij niet-gebruik).



*Kwalitatieve vergelijking tussen de verschillende types onderbreking :  
evolutie van de binnentemperatuur in functie van het bezettingsprofiel 8 .. 18h.*

De realiseerbare besparing door de onderbreking is uiteraard ook afhankelijk van de tijdsperiode gedurende dewelke de installatie kan onderbroken worden.

*Voorbeeld.*



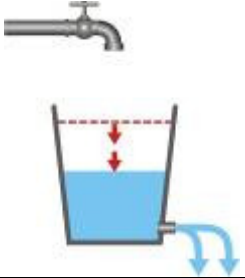

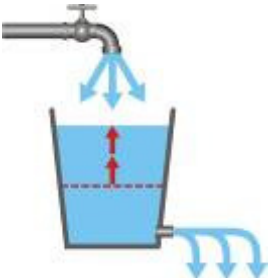
*Neem het voorbeeld van een school die geopend is tussen 8 en 18u, gedurende 182 dagen per jaar. Tijdens het stookseizoen staat het gebouw gedurende bijna 70 % van de tijd leeg !*

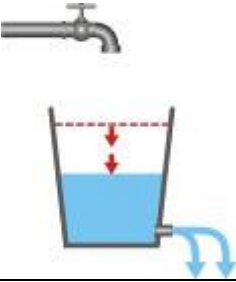
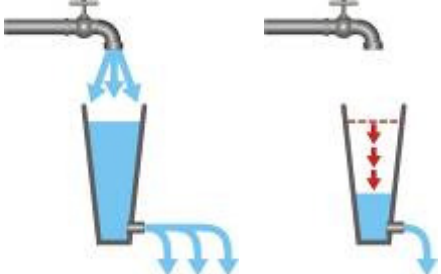
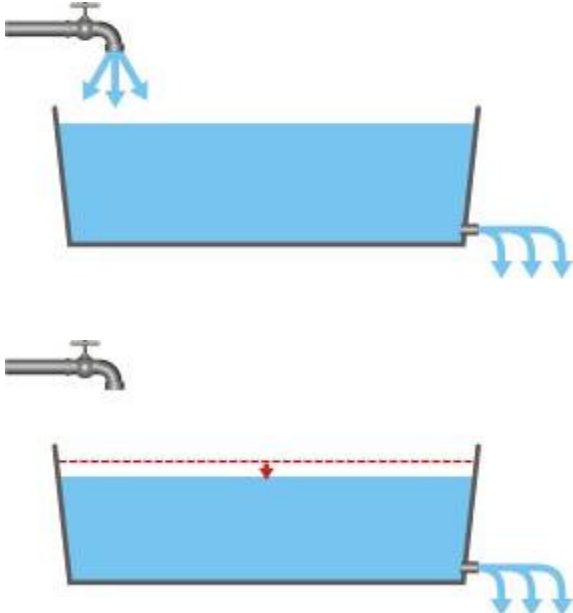
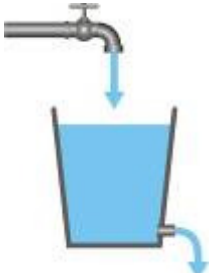
*De realiseerbare besparingen door een onderbreking in te voeren met behulp van een [optimizer](#) situeren zich in de buurt van (te nuanceren afhankelijk van de isolatiegraad en de thermische inertie van het gebouw) :*

- *30 % in vergelijking met een gebouw dat de hele tijd op temperatuur gehouden wordt,*
- *15 tot 20 % indien het gebouw reeds een verlaging van de watertemperaturen had ingevoerd,*
- *5 tot 10 % indien er reeds een [volledige onderbreking was met behulp van een kamerthermostaat](#).*

## Indien men toch het tegenovergestelde beweert...

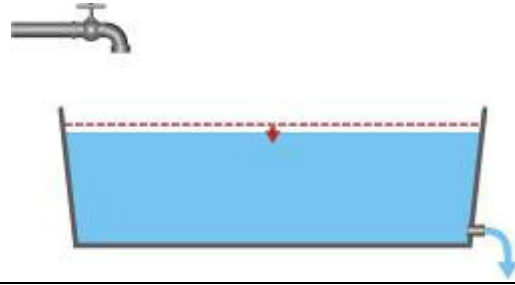
De muren zijn gevuld met warmte. Eenmaal als de verwarming wordt uitgeschakeld, blijft de aanwezige warmte nog steeds door de muren ontsnappen. Zo bekeken, verbruikt het gebouw dus verwarming 's nachts, zelfs indien de ketel is uitgeschakeld !

<p>Het opwarmen van een gebouw tot 20°C is min of meer vergelijkbaar met het vullen van een emmer water van 20 cm.</p> <p>Er zitten gaatjes in de emmer, hierdoor lekt het water weg. Tegelijkertijd wordt er nieuw water aangevoerd via een kraantje, ... te vergelijken met de radiatoren die constant warmte toevoegen om de verliezen via de wanden te compenseren.</p>	
<p>Stellen we ons nu voor dat de kraan wordt toegedraaid 's nachts. De verliezen blijven, zodat de emmer altijd maar leger wordt.</p> <p>In een gebouw wordt 's nachts de warmte geleverd door de muren die ontladen.</p>	
<p>Tegen het einde van de nacht is het niveau in de emmer dermate gedaald dat er minder water weglekt... De warmte die door beglazing ontsnapt, vermindert.</p>	
<p>In de vroege ochtend wordt de verwarming weer aangezet. Het kraantje zal nu een groter debiet moeten leveren, om het water terug op peil te brengen en om de lekken te neutraliseren.</p>	
<p>Als de gebouwgebruikers aankomen, zal de gewenste temperatuur bereikt zijn (20°C), het niveau in de emmer is terug op peil.</p>	
<p><b>Waar zit nu precies de besparing door de nachtonderbreking ?</b></p> <p>Het feit dat de emmer leger wordt is op zich geen besparing, gezien de emmer 's ochtends opnieuw moet worden gevuld.</p>	

<p>De besparing zit in het feit dat, eens de emmer maar halfvol meer is, de lekken minder groot worden. Of betrokken op de CV van het gebouw, gezien het lokaal sterk afkoelt 's nachts, is het temperatuursverschil tussen binnen en buiten afgenomen. Om die reden daalt ook de warmtestroom van binnen naar buiten.</p>	
<p>Hieruit kunnen we concluderen dat een volledige nachtonderbreking zeer nuttig is, zodat de binnentemperatuur zo laag mogelijk zakt.</p>	
<p>Er is steeds winst. Maar hoe langer en ingrijpender de nachtverlaging is, des te meer wint men.</p>	
<p>Merk op dat deze werkwijze bijzonder interessant is voor weinig inerte gebouwen (zeer smalle emmer). Bijvoorbeeld bij een caravan ! Als daar de verwarming wordt uitgeschakeld, daalt de temperatuur zeer snel, bij gelijkblijvende verliezen.</p>	
<p>Volledig tegengesteld hiermee, en nog steeds bij gelijkblijvende verliezen, zal bv. een Jezuïeten-college dat zeer massief is gebouwd, weinig temperatuurschommeling kennen, behalve dan tegen het einde van het weekend ...</p>	
<p><b>En bij nieuwe gebouwen ?</b> De temperatuur bij zeer goed geïsoleerde gebouwen zakt slechts zeer langzaam na een een onderbreking. In die gevallen zal een onderbreking slechts weinig effect hebben...</p>	

En wat bij gebouwen met een goede isolatie en een grote inertie (om oververhitting in de zomer tegen te gaan) ? De warmtelekken zijn zo gering, dat de temperatuur 's nachts nauwelijks zal dalen..

Dus, bij goed geïsoleerde gebouwen met een grote inertie, zal het al dan niet uitschakelen van de verwarming 's nachts weinig impact hebben op het verbruik !



### Hoe een nachtonderbreking invoeren ?

De traditionele regeling, waarbij er een eenvoudige "vertraging of verlaging" werd toegepast (waarbij de radiatoren steeds warm bleven), is een voorbijgestreefde oplossing, uit een tijd waar er nog geen alternatieven waren om het risico op vorst uit te sluiten. Van tegenwoordig kunnen sondes deze controle uitvoeren. Vanuit financieel oogpunt is het steeds interessanter de verwarming uit te schakelen in periodes van niet gebruik.

Het zou inderdaad jammer zijn mocht er nog een kleine stroom water in de emmer worden toegevoegd tijdens het WE, de temperatuur daalt dan minder ...

Hoewel men vaak tegenstrijdige berichten hierover opvangt, is het juist in dat geval dat er een risico tot condensatie optreedt van de aanwezige waterdamp in de lucht. Het is inderdaad zo dat, wanneer de verwarming wordt uitgeschakeld, de buitenmuren steeds kouder worden en het dus kan zijn dat de aanwezige waterdamp in de omgevingslucht condenseert op deze muren en schimmel veroorzaakt ! Het is dus wel van belang dat, voor men overgaat naar een nachtonderbreking, men de goede werking van de ventilatie nagaat in de natte ruimten : de aanwezigheid bv. van extractoren/afzuiging in toiletten, keukens en wasplaatsen !

Zonder twijfel zijn het dit soort hygiënische rampen die mede oorzaak zijn van het vooroordeel dat het duurder is om op maandagmorgen de muren opnieuw op te warmen, dan een klein beetje te verwarmen in het weekend ...

### En wat met het risico dat het te koud is op maandagmorgen ?

Hoe meer het gebouw is afgekoeld in het weekend, des te vroeger zal de CV op maandagochtend moeten opstarten. Voor dit doeleinde bestaan er « optimizers », die het meest ideale opstartuur bepalen in functie van de buitentemperatuur en de binnentemperatuur op het einde van het weekend.

### Conclusies :

Het meest optimale scenario :

- extractie van lucht in de vochtige ruimten,
- een anti-vorstsonde in het lokaal dat het meest koudegevoelig is (interne sonde van de regeling),
- een volledig nachtonderbreking,
- een geoptimaliseerde heropstart.

# Bijlage 1



Elektrisch verbruiken van een aantal elektrische huishoudtoestellen, per dag en per jaar, op basis van gemiddelde verbruiken				
Toestellen	Gebruik	Vermogen (W)	Verbruik kWh/dag	kWh/jaar
Verlichting	4u/dag	200	0,8	290
4 kookplaten + oven	2u/dag	1400	2,8	1000
Koelkast ++++ 250l	continu	150	1,7	620
++ 250 l	continu	150	1,02	370
Kistdiepvriezer 300l	continu	200	1,93	700
Kastdiepvriezer 200l	continu	200	1,59	580
vaatwasser	1x/dag	3000		700
	1x/48 uur			350
scheerapparaat	1x/dag			1
grote elektrische radiator	3u/dag 137d/jaar	2000	6	820
stofzuiger	2u/week	600-1200	1,2/week	62
wasmachine	2x4,5kg/week	3000		330
droogkast	2x4,5kg/week	3000		300
strijkijzer	variabel	1000		20-60
kleurenTV	3u/dag	180	0,54	200
elektrische boiler	4 gezinsleden	2000		2000 à 3000
circulatiepomp CV		50		250 à 500
frietketel	2x/week	2000		70
broodrooster	variabel			20-60
haardroger	variabel			20-60
wekkerradio	continu	5		45
koffiezetapparaat	1l koffie/dag	800		45
stereoketen	1u/dag			7-15
draagbare radio	3u/dag			10

# Bijlage 2

## Thermische eigenschappen van verschillende materialen:

Code		Dénomination / Benaming		Volumieke massa	$\lambda_{u,i}$ <sup>1</sup>	$\lambda_{u,e}$ <sup>2</sup>
FR	NL			[kg / m <sup>3</sup> ]	[W/m K]	[W/m K]
<b>Métaux / Metalen</b>						
Pb		Plomb	Lood	11340	35	35
Cu		Cuivre	Koper	8300 – 8900	384	384
Ac		Acier	Staal	7800	45	45
Al		Aluminium – 99%	Aluminium – 99%	2700	203	203
Fo		Fonte	Gietijzer	7500	56	56
Zn		Zinc	Zink	7000	113	113
Ba Me	MeBe	Bardage métallique	Metalen bezetting	-	45	45
<b>Pierre Naturelle / Natuursteen</b>						
Pi Lo	Zw St	Pierres lourdes : basalte, calcaire de l'ère primaire, dolomie, gneiss, granit, Grès dur, Porphyre, Schiste, Silex,	Zware natuursteen: bazalt, kalksteen van het primaire tijdperk, dolomiet, gneiss, graniet, harde zandsteen, profier, schiest, silex	2750 – 3000	3.49	3.49
Pi Bl	Bl St	Petit granit (pierre bleue)	Blauwe hardsteen	2700	2.91	3.49
Pi Ma	Ma	Marbres	Marmers	2750	2.91	3.49
Pi Du	Ha St	Pierres dures - Grès altéré / Calcaire des ères secondaires ou tertiaires tendres (autre que travertin et tuffeau) / Poudingue	Harde stenen - gealtereerde zandsteen / kalksteen van het secundaire of tertiaire tijdperk (anders dan Travertijn en Tuf) Conglomeraat	2550	2.21	2.68
Pi Fe	Va St	Pierres fermes – Travertin	Vaste steen – Travertijn	2350	1.74	2.09
Pi ½ Fe	Hva St	Pierres demi-fermes - Tuffeau et Craie	Halfvaste steen – Tuf en krijt	2200	1.40	1.69
Ba Ar	Be Lei	Bardage en ardoises naturelles ou artificielles	Bezetting in natuurleien of namaakleien	-	-	3.49
Pi ?	St ?	Pierre de type inconnu	Natuursteen van ongekend soort	-	3.49	3.49
<b>Maçonneries / Metselwerk</b>						
Maçonnerie en briques pleines ou perforées (chaque perforation < 2.5cm <sup>2</sup> )			Metselwerk in volle baksteen of van geperforeerde baksteen (perforaties < 2.5cm <sup>2</sup> )			
Br Le	Li Me	léger	Licht metselwerk	700 – 999	0.32	0.63
Br ½ Lo	Ha Me	mi-lourd	Halfzwaar metselwerk	1000 – 1599	0.54	0.75
Br Lo	Zw Me	lourd	Zwaar metselwerk	1600 – 2099	0.90	1.10
Br ?	Me ?	Brique de type inconnu	Baksteen van ongekend type	-	0.90	1.10
Maçonnerie en blocs pleins de béton (béton d'argile expansé, béton cellulaire, béton de liège, de vermiculite, perlite, polystyrène expansé)			Metselwerk van volle betonblokken (beton van geëxpandeerd klei, cellenbeton, kurkbeton, vermiculietbeton, perlietbeton, beton van geëxpandeerd polystyreen)			
Be Ce	Ce Be	très légers (Cellulaire)	Zeer lichte blokken (Cellenbeton)	< 599	0.22	-
Be Le	Li Be	légers	Lichte blokken	600 – 899	0.30	0.50
Be ½ Lo	Ha Be	mi-lourds	Halfzware blokken	900 – 1199	0.40	0.62
Be Lo	Zw Be	lourds	Zware blokken	> 1200	1.30	1.70
Be ?	Be ?	de type inconnu	van ongekend soort	-	1.30	1.70
Maçonnerie en bloc creux de béton lourd			Metselwerk van holle blokken van zwaar beton			TABLEAU B
Mo ½ Fe	Br St	Maçonneries en moellons (calcaires demi-fermes)	Metselwerk van breuksteen (halfvaste kalksteen)	-	1.4	1.7
Ca Pl	Pl Bl	Maçonnerie en carreaux de plâtre	Metselwerk van plaasterblokken	-	0.52	-
<b>Eléments pierreux sans joints / Steenachtige bouwdelen zonder voegen</b>						
Béton normal lourd			Zwaar normaal beton			
Be Ar	Ge Be	armé	Gewapend	2400	1.7	2.2
Be N Ar	On Be	non armé	Ongewapend	2200	1.3	1.7
Be Ar ?	Ge Be ?	de type inconnu	van ongekend soort	-	1.7	2.2
Béton léger en panneaux pleins ou en chapes (béton d'argile expansé, béton cellulaire, béton de laitier, de vermiculite, de liège, de perlite, de polystyrène, etc....)			Licht beton in volle platen of in deklaag (beton van geëxpandeerde klei, cellenbeton, slakkenbeton, vermiculietbeton, kurkbeton, perlietbeton, polystyreenbeton, ...)			
Ch Le	Li De	léger	Licht	< 599	0.18	-
Ch ½ Lo	Ha De	mi-lourd	Halfzwaar	600 – 899	0.25	0.43
Ch Lo	Zw De	lourd	Zwaar	900 – 1200	0.37	0.58
Ch ?	Dek ?	de type inconnu	van ongekend soort	-	0.37	0.58
Plâtre avec ou sans granulats légers			Gips met of zonder lichte granulaten			
Pl Le	Li Gi	léger	Zeer licht	< 800	0.22	-
Pl ½ Lo	Ha Gi	mi-lourd	Licht	800 – 1099	0.35	-
Pl Lo	Zw Gi	lourd	Halfzwaar	> 1100	0.52	-
Pl ?	Gi ?	Plâtre de type inconnu	van ongekend soort	-	0.52	-
Ch Ci	Dvl	Chape en ciment y compris carrelage éventuel	Dekvloer met eventueel inbegrip van bevoering		0.93	1.5

<sup>1</sup> Thermische geleidbaarheid van een materiaal in een wand die niet vochtig kan worden.

<sup>2</sup> Thermische geleidbaarheid van een materiaal in een wand die niet beschermd is tegen vocht (regen/condensatie).

Code		Dénomination / Benaming		Volumieke massa	$\lambda_{u,i}$	$\lambda_{u,e}$
FR	NL			[kg / m <sup>3</sup> ]	[W/m K]	[W/m K]
<b>Enduits / Beploisteringen</b>						
Mo Ci	Ce Mo	Mortier de ciment	Cementmortel	1900	0.93	1.5
Mo Ch	Ka Mo	Mortier de chaux	Kalkmortel	1600	0.70	1.2
Pl Lo	Gips	Plâtre	Gips	>1100	0.52	-
End ?	Bep ?	Enduit de plâtre ou de chaux (inconnu)			0.70	1.2

<b>Bois et dérivé du bois / Hout en houtderivaten</b>						
Bo ½ Lo	Ha Ho	Bois feuillus durs et bois résineux – ½ lourd	Hard loofhout (eik, beuk)		0.13	0.15
Bo Lo	Na Ho	Bois feuillus durs et bois résineux – lourd	Naaldhout (vuren, grenen)		0.18	0.20
Bo ?	Ho ?	Bois massif de type inconnu	van ongekend soort		0.18	0.20
Co Pl	Trpx	Contreplaqué – Triplex, multiplex	Triplex, multiplex	600 – 850	0.17	0.20
Pa Le	Zl Sp	Panneaux de particules (bois ou lin)	Spaanplaten (hout of vlas)	< 450	0.10	-
Pa ½ Lo	Ha Sp			< 750	0.14	-
Pa Lo	Zw Sp			≥ 750	0.18	-
Pa ?	Sp ?	Panneau de type inconnu	van ongekend soort		0.18	-
Er Le	Zl Pl	Panneaux de fibres de bois aggloméré au ciment	Platen van houtvezels, geagglomereerd met cement	400	0.12	-
Er ½ Lo	Ha Pl			500	0.14	-
Er Lo	Zw Pl			1200	0.23	-
Ba Bo	Be Ho	Bardage en bois	Bezetting in hout		0.18	0.20

<b>Matériaux isolants / Isolatiematerialen</b>						
ICB	Liège		Kurk	<100	0.050	
MW	Laines minérales		Minerale wol		0.045	
P	Mousse synthétique (en général)		Kunstschuim (algemeen)	<100	0.045	
EPS	Mousse de polystyrène expansé		Geëxpandeerd polystyreen		0.045	
XPET	Mousse de polyéthylène extrudé		Geëxtrudeerd polyethyleen		0.045	
PHEN	Mousse phénolique		Fenolschuim		0.045	
PHOR	Mousse de phormaldéhyde d'ureum		Ureumformaldehyde schuim		0.045	
PUR	Mousse de polyuréthane revêtue		Polyurethaanschuim		0.035	
XPS	Mousse de polystyrène extrudé		Geëxtrudeerd polystyreen	>25	0.040	
XPS TI-OD	Mousse de polystyrène extrudé – toiture inversée		Geëxtrudeerd polystyreen - omgekeerde daken	>25	0.050	
CG	Verre cellulaire – en plaque		Cellenglas (in platen)	<130	0.055	
CG Gr	Verre cellulaire – en granulé		Cellenglas (in korrels)	<200	0.080	
EPB	Perlite expansée		Geëxpandeerd perliet	<80	0.060	
VER	Panneaux de Vermiculite expansée		Geëxpandeerd vermiculiet	350	0.090	
CEL	Cellulose		Cellulose		0.045	
ISOL ?	Isolant rigide de type inconnu		Isolatiemateriaal van ongekend type		0.090	

<b>Matériaux divers / Diverse materialen</b>						
Ve	Gl	Verre	Glas	2500	1	1
Ca Te	Te Ga	Carreaux de terre cuite	Tegels in gebakken aarde	1700	0.81	1
Fa Gr	Te Gr	Faïence de grès	Grestegels	2000	1.2	1.3
ETER	ETER	Panneaux en ciment renforcé par des fibres minérales	Platen met natuurlijke minerale vezels en versterkt met cement	1400 – 1900	0.35	0.50
Asph	Asf	Asphalte coulé	Gietasfalt	2100	0.7	0.7
Bitu	Bitu	Feutres bituminés (NBN 46-101)	Bitumenvilt	1100	0.23	0.23

Liste des abréviations courantes :

<u>FR</u>		<u>NL</u>	
Lo	= Lourd	Zw	= zwaar
½ Lo	= Demi – lourd	Ha	= halfzwaar
Le	= Léger	Li	= licht
Br	= Brique	St	= steen
Be	= Béton	Be	= beton
Pa	= Panneau	Pl	= plaat
Pl	= Plâtre	Gi	= gips
Bo	= Bois	Ho	= hout
Ch	= Chape	De	= dekvloer
Mo	= Mortier	Mo	= mortel