



**Specialistisch advies en  
levering aquathermie.**



**Programma:**

- 1. Inleiding**
- 2. Warmte**
- 3. Aquathermie (I)**
- 4. Warmtevraag**

# Inleiding

Warmte?



# Inleiding

## Waarom een warmtetransitie?

### De route van de warmtetransitie

Klimaatafspraken van Parijs (2015)

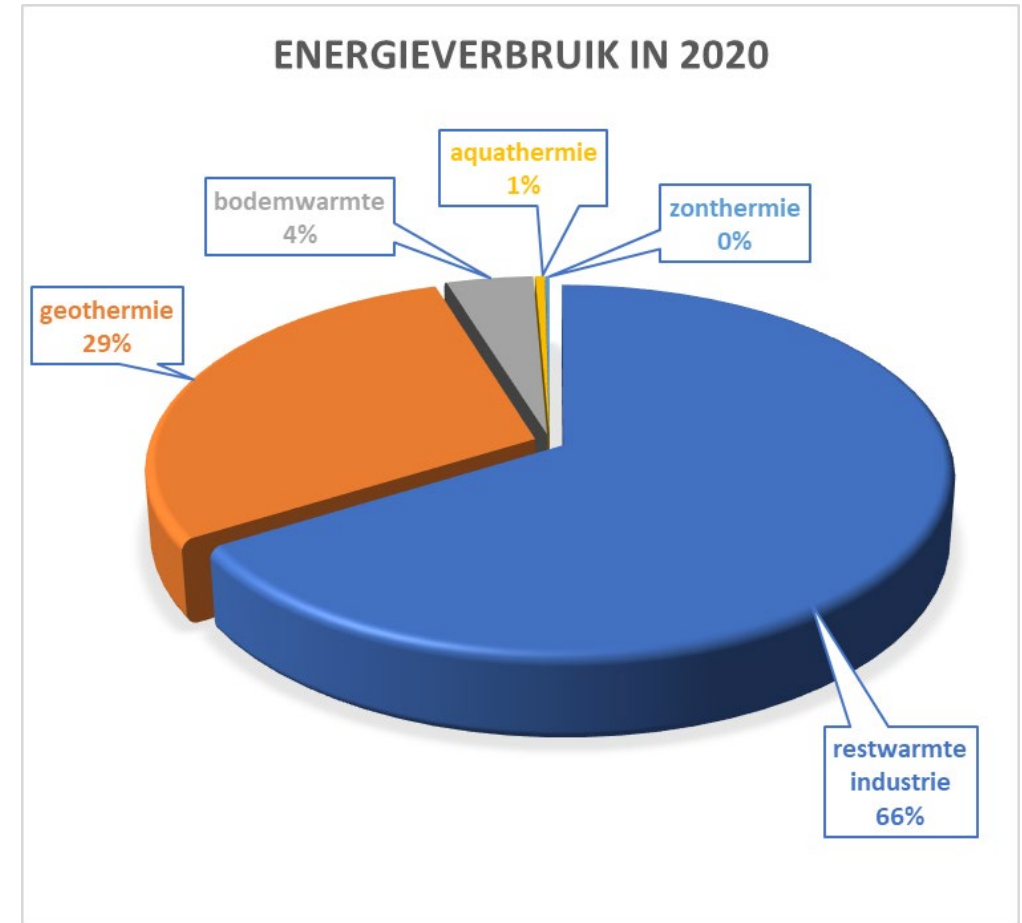
Klimaatakkoord 2018

Regionale Energie Strategie (RES) 2019

Transitievisie Warmte (TVW) 2021

Wijk uitvoeringsplannen (WUP) 2025

49% CO2 reductie t.o.v. 1990 in 2030





## Programma:

1. Inleiding
- 2. Warmte**
3. Aquathermie (I)
4. Warmtevraag

# Warmte

## Warmte

---



### Wat is warmte?

*Warmte is een vorm van energie-uitwisseling tussen systemen die onderling niet in thermisch evenwicht zijn.*

**Thermodynamica** → *warmte wordt bepaald door beweging van moleculen in een lichaam.*

*Een maat voor de bewegingsenergie van moleculen is **temperatuur**.*

Hoeveelheid warmte wordt aangeduid met  $Q$

Warmte wordt uitgedrukt in eenheid Joule (J)

### Wetten Thermodynamica

Nulde wet.

Concept van temperatuur, als A en C in thermisch evenwicht zijn en B en C eveneens, dan zijn A en B in thermisch evenwicht en hebben dezelfde temperatuur.

Thermisch evenwicht betekent, wel thermisch contact, maar geen warmtetransport.

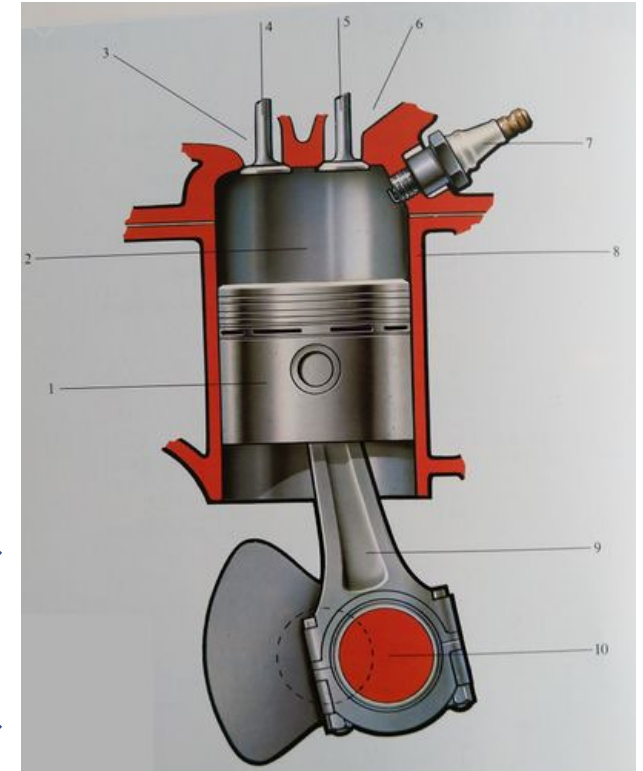
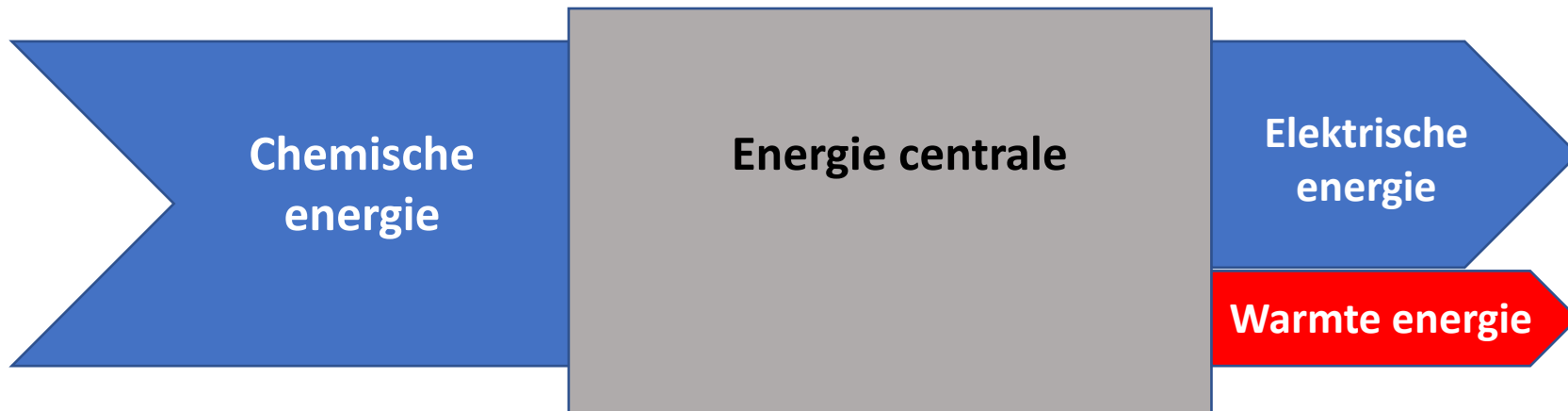
# Warmte

## Wetten

### Wetten Thermodynamica

Eerste wet.

Wet van behoud van energie, de toename van de inwendige energie plus de op de omgeving verrichte arbeid is gelijk aan de hoeveelheid toegevoerde warmte





# Warmte

## Wetten

### Wetten Thermodynamica

Tweede wet.

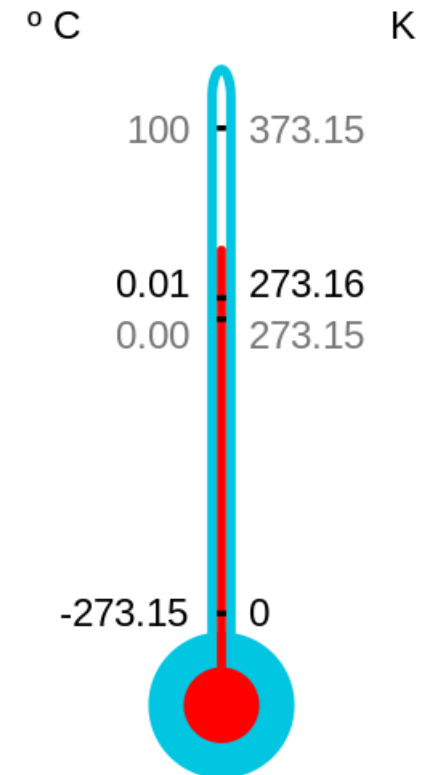
Gaat over toestandsgrootte entropie, beschrijft het proces van bereiken van thermisch evenwicht.



### Wetten Thermodynamica

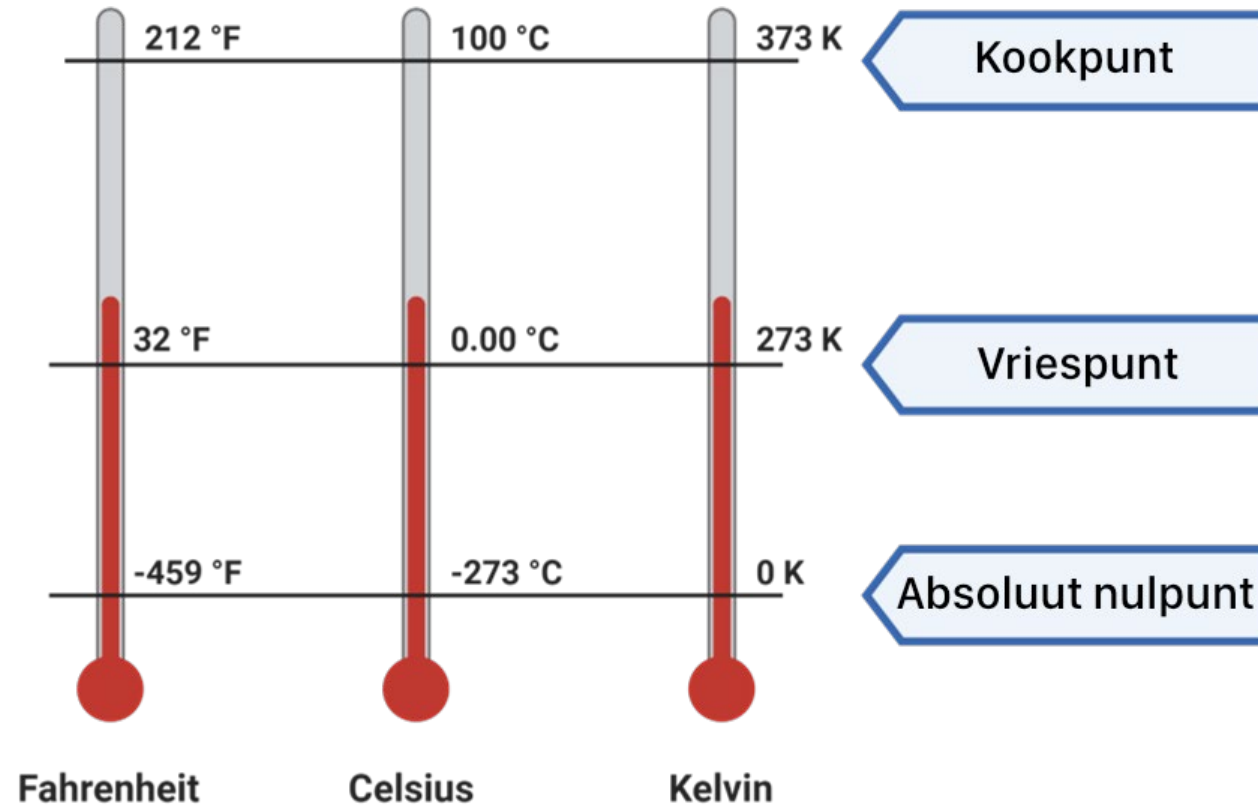
Derde wet.

Concept van het absolute nulpunt, alle thermodynamische processen stoppen als de temperatuur het absolute nulpunt nadert.



# Warmte

## Wetten





# Warmte

## Rekenen aan warmte

**Energie: één begrip, veel eenheden....**

Voedsel:	calorie en Joule	kcal en kJ
Warmte:	Joule	GJ
Stroom:	Wattuur	kWh

vermenigvuldig met:	GJ	kWh	MWh
GJ	1	0,0036	3,6
kWh	277,8	1	1.000
MWh	0,2778	0,001	1

kilo, Mega, Giga, Tera, Peta?

SI voorvoegsel	SI verkort voorvoegsel	Waarde	Hoofdtelwoord	Machten van 10
kilo	k	1.000	duizend	$10^3$
mega	M	1.000.000	miljoen	$10^6$
giga	G	1.000.000.000	miljard	$10^9$
tera	T	1.000.000.000.000	biljoen	$10^{12}$
peta	P	1.000.000.000.000.000	biljard	$10^{15}$

Van J naar Wh

# Warmte

## Rekenen aan warmte

1 kW = 1,361 pk

Het begrip **Vermogen**, de standaard eenheid is **Watt**.

### Het vermogen om energie om te zetten

Vermogen \* tijd = Energie

Watt \* uur = **Watt uur (Wh)**

Energie = Vermogen \* Tijd

Vermogen = Energie/tijd

Watt = Wattuur/ uur

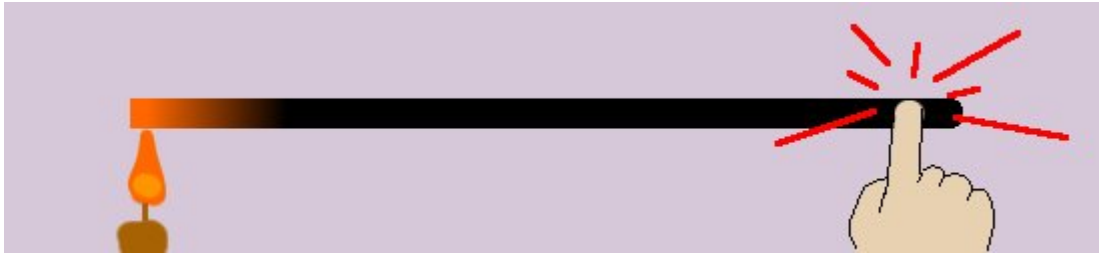
Vermogen is de hoeveelheid energie per tijdseenheid

**Watt = Wattuur/uur**

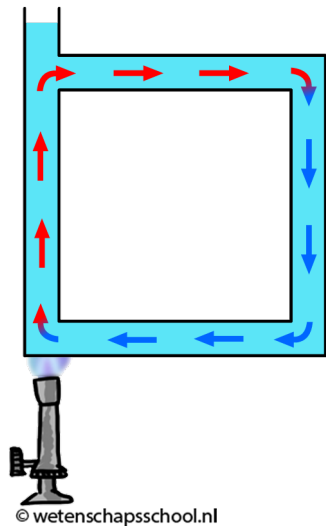
# Warmte

## Warmteoverdracht

### Warmtegeleiding



### Warmtestroming



### Warmtestraling





# Warmte

## Warmtegeleiding

### Warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda$

*De warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  drukt uit hoeveel energie (in Watt) door een vlak van 1 m<sup>2</sup> gaat bij een dikte van 1 m, per graad Kelvin of Celsius temperatuurverschil tussen beide zijden van het vlak.*

materiaal	dichtheid $\rho$ in kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ in W/m.K
water	1.000	0,600
hout	550	0,200
staal	7.800	58,000
glas	2.500	0,800
beton	2.400	2,000
EPS 150	25	0,035

# Warmte

## Warmte

---



### Warmtecapaciteit C

*De warmtecapaciteit C (hoofdletter C) geeft de hoeveelheid energie aan om een voorwerp of materiaal 1 graad in temperatuur te laten stijgen;*

*de eenheid is daarmee **Joule per Kelvin (J/K)***

# Warmte

## Warmte

### Soortelijke warmte $c$

De soortelijke warmte (kleine letter  $c$ ) duidt de hoeveelheid energie aan die nodig is om **1kg** van een materiaal **1 graad** in temperatuur te laten stijgen.

de eenheid is daarmee **Joule per kg per Kelvin (J/kg K)**

materiaal	dichtheid $\rho$ in kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ in W/m.K	$c$ in kJ/kg.K	volume warmtecapaciteit in kJ/m <sup>3</sup> .K
water	1.000	0,600	4,187	4.187
hout	550	0,200	1,880	1.034
staal	7.800	58,000	0,505	3.939
glas	2.500	0,800	0,840	2.100
beton	2.400	2,000	0,920	2.208
EPS 150	25	0,035	1,450	36



# Warmte

## Rekenen aan warmte

### Soortelijke warmte:

De hoeveelheid energie die nodig is om een materiaal 1 graad op te warmen.

**1 calorie (4,18 Joule) = 1 gram water 1 graad opwarmen**

Water	4,18 kJ per kg (of liter) 1 graad opwarmen
Alcohol	2,43
Gietijzer	0,5
Aluminium	0,88
Beton	0,92
Baksteen	0,84
Hout	1,88
Lucht (droog)	1,00 (ca. 1,2 kJ per m <sup>3</sup> )

Rekenen aan een kamer van 45 m<sup>2</sup> met plafondhoogte 2,2 meter. Inhoud dus 100 m<sup>3</sup>.

Deze willen we **5 graden warmer** maken

Dat kan met **10 liter water** dat van **40 graden** afkoelt naar **25 graden**. Delta T = 15

$$10 \text{ liter} * 4,18 \text{ kJ} * 15 \text{ graden} = 627 \text{ kJ}$$

Dat kan ook met **5 liter water** dat van **55 graden** afkoelt naar **25 graden**. Delta T = 30

$$5 \text{ liter} * 4,18 \text{ kJ} * 30 \text{ graden} = 627 \text{ kJ}$$

100 m<sup>3</sup> lucht 5 graden opwarmen kost:  $100 * 5 * 1,2 = 600 \text{ kJ}$

Van **warmtevraag ( energie)** naar **vermogen**...

**Stel** dat dit in een half uur moet, dan is het vermogen van het “**warmteafgifte systeem**” :

$$600.000 \text{ J} / 1800 \text{ sec} = 333 \text{ J/s} = 333 \text{ Watt.}$$

U weet: een **Joule = Wattseconde**  
of: een **J/s = Watt**

## Programma:

1. Inleiding
2. Warmte
3. Aquathermie (I)
4. Warmtevraag

# Aquathermie

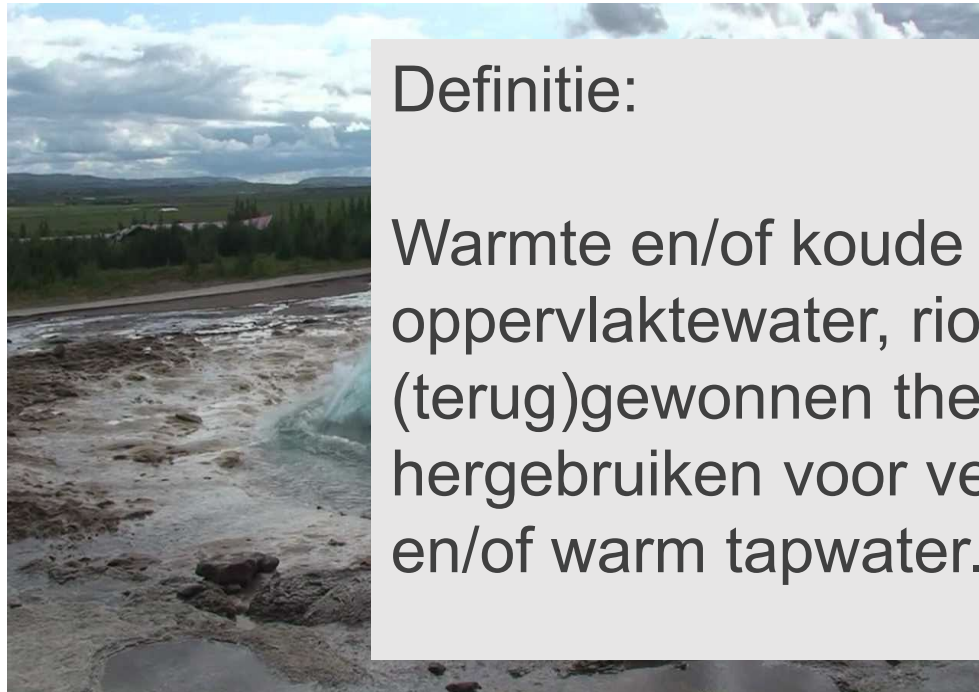
Aquathermie definitie

## Aquathermie, warmte uit water, geeft energie

Wat is **aquathermie**?

Definitie:

Warmte en/of koude (terug)winnen, uit oppervlaktewater, rioolwater of drinkwater en de (terug)gewonnen thermische energie hergebruiken voor verwarming en/of koeling en/of warm tapwater.





# Aquathermie

Aquathermie varianten



haalt warmte uit uw water

# Aquathermie

## Aquathermie varianten

TEO = thermische energie uit open water   TEA = thermische energie uit rioolwater   TED = thermische energie uit drinkwater



# Aquathermie

Toekomst aquathermie



## Aquathermie, warmte uit water, geeft energie

+/- 100 projecten gerealiseerd (bron: Netwerk Aquathermie)

+/- 100 initiatieven actueel (bron: Netwerk Aquathermie)

15 aquathermie projecten met PAW subsidie toegekend

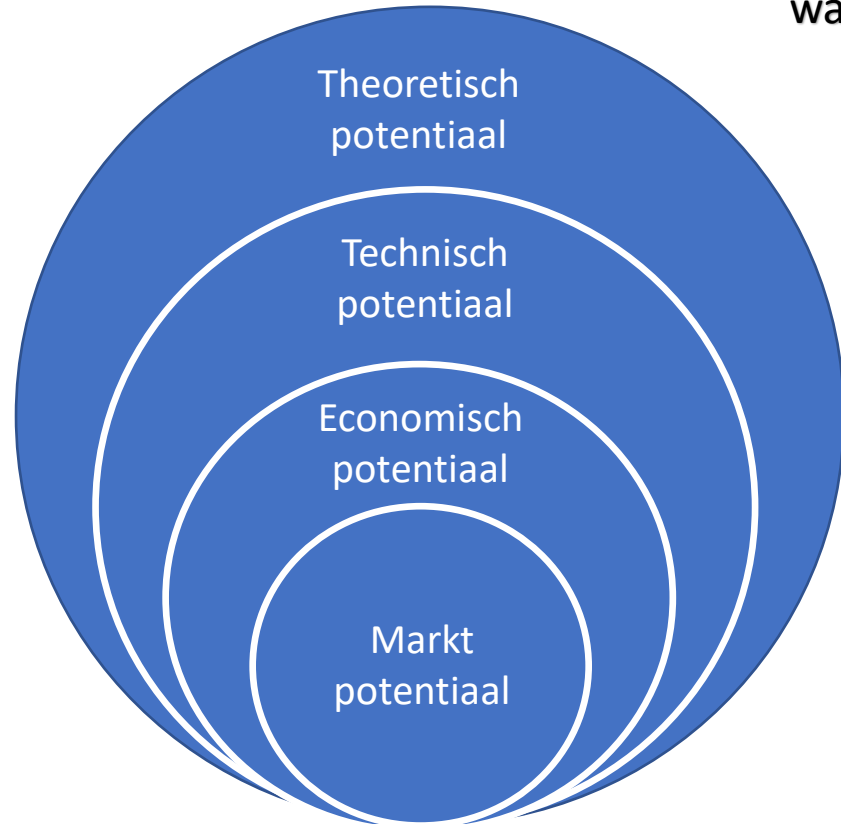
[www.netwerkaquathermie.nl](http://www.netwerkaquathermie.nl)

# Aquathermie

## Aquathermie potentiaal

## Aquathermie,

warmte uit water, geeft energie



Economisch potentiaal:

- TEO 150 PJ/jaar
- TEA 56 PJ/jaar
- TED 5 PJ/jaar

De verwachte toekomstige warmtevraag in Nederland is berekend op 350 PJ/jaar

Aquathermie heeft het economisch potentiaal om > 50% warmtevraag te voorzien



# Aquathermie

## Aquathermie basiskennis



# Aquathermie,

warmte uit water, geeft energie

Basis wetten en principes voor aquathermie

Natuurkundige wetten:

- Absoluut nulpunt is  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (0 Kelvin) (3<sup>e</sup> wet Thermodynamica)

# Aquathermie,

warmte uit water, geeft energie

Basis wetten en principes voor aquathermie

Natuurkundige wetten:

- Absoluut nulpunt is  $-273,15\text{ °C}$  (0 Kelvin) (3<sup>e</sup> wet Thermodynamica)
- Wet van behoud van energie (1<sup>e</sup> wet Thermodynamica)

# Aquathermie,

warmte uit water, geeft energie

Basis wetten en principes voor aquathermie

Natuurkundige wetten:

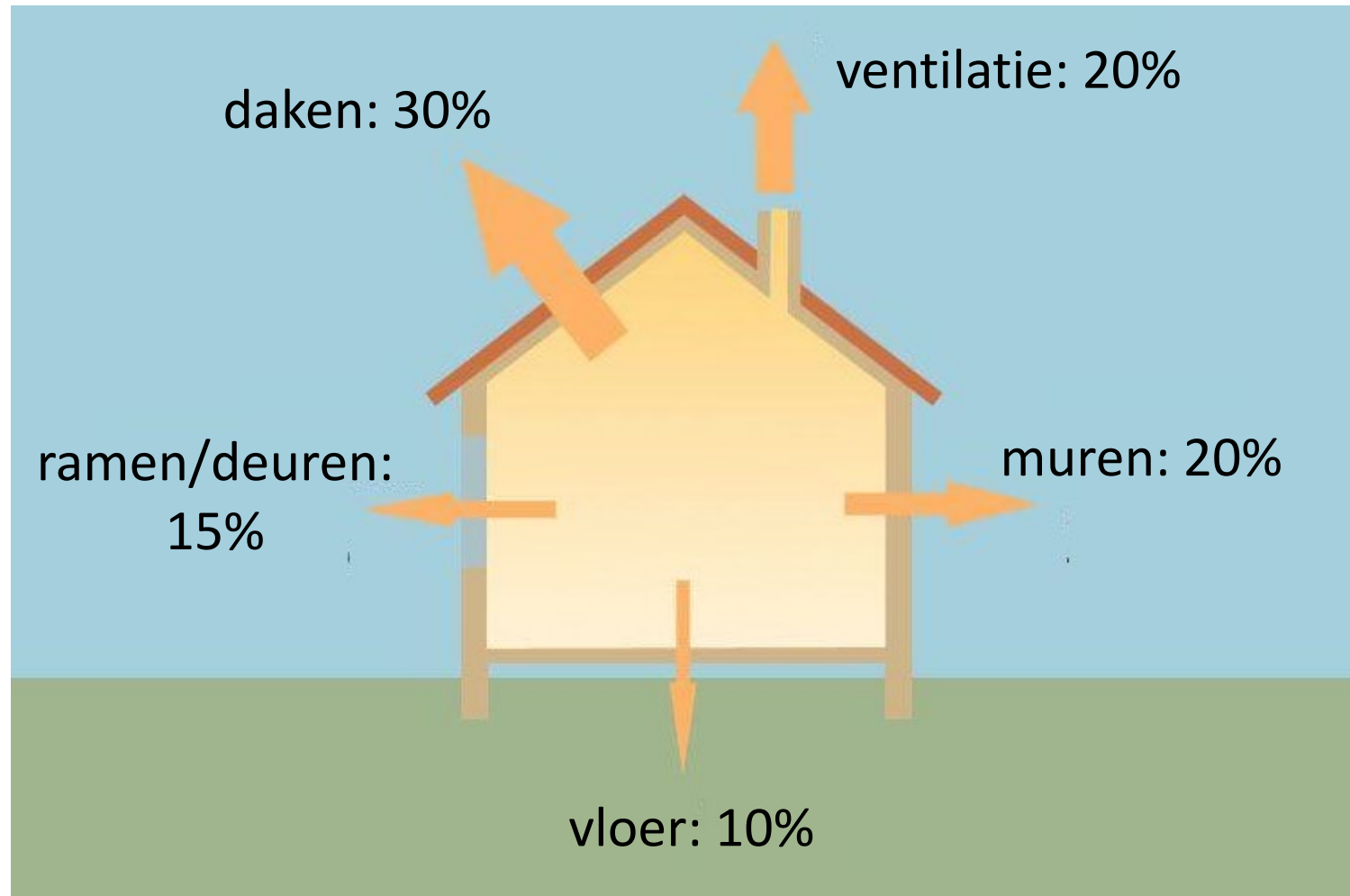
- Absoluut nulpunt is  $-273,15\text{ °C}$  (0 Kelvin) (3<sup>e</sup> wet Thermodynamica)
- Wet van behoud van energie (1<sup>e</sup> wet Thermodynamica)
- Warmteoverdracht, warmtetransport of warmtestroming (2<sup>e</sup> wet Thermodynamica)

## Programma:

1. Inleiding
2. Warmte
3. Aquathermie (I)
4. Warmtevraag

# Warmtevraag

## Warmteverlies





# Warmtevraag

## Warmteafgifte

### Afgiftetemperatuur

label	temperatuur	afgiftesysteem
A	laag	Vloer-, wand-, plafondverwarming, convectoren, LT warmtenet
B	laag	Vloer-, wand-, plafondverwarming, convectoren, LT warmtenet
C	midden	Vloer-, wand-, plafondverwarming, convectoren, MT warmtenet
D	midden	Vloer-, wand-, plafondverwarming, convectoren, MT warmtenet
E	hoog	Radiatoren, stooklijn hoog, HT warmtenet
F	hoog	Radiatoren, stooklijn hoog, HT warmtenet
G	hoog	Radiatoren, stooklijn hoog, HT warmtenet



# Warmtevraag

Energieprestatiecoëfficiënt (EPC)



1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	EPC 1,4		EPC 1,2		EPC 1,0						EPC 0,8					EPC 0,6				EPC 0,4		EPC 0,2				BENG	
																				Rc 6		Rc 7					



Energiela EP-2 vanaf 1 januari 2021  
belklasse kWh/m<sup>2</sup>

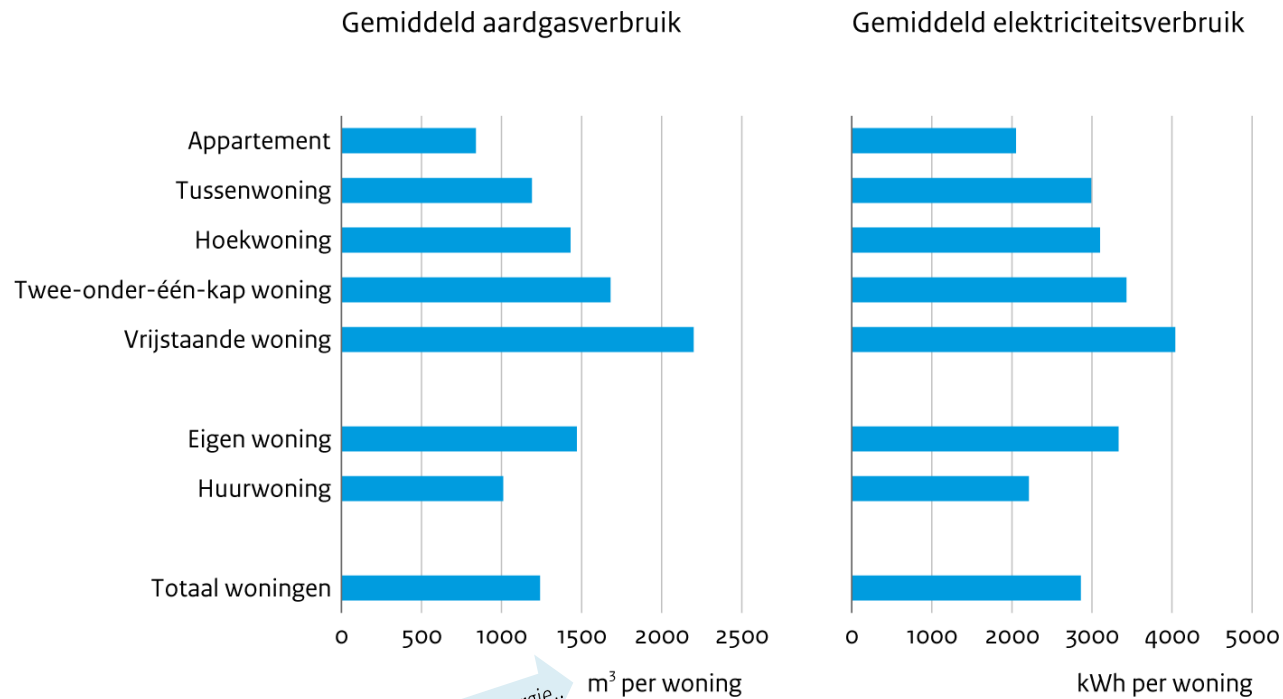
A++++	≤ 0,00
A+++	0 – 50,00 (nieuwbouw)
A++	50,01 – 75,00
A+	75,01 – 105,00
A	105,01 – 160,00
B	160,01 – 190,00
C	190,01 – 250,00
D	250,01 – 290,00
E	290,01 – 335,00
F	335,01 – 380,00
G	>380

# Warmtevraag

## Energiebehoefte

Een huishouden gebruikt ca **1300 m<sup>3</sup> gas** en **3300 kWh elektriciteit**

### Energieverbruik naar woningtype, 2017



Bron: CBS

m<sup>3</sup> is geen eenheid van energie...

CBS/aug19  
www.clo.nl/nl003521

# Warmtevraag

## Energiebehoefte

1 m<sup>3</sup> gas levert ca. **8,61 kWh** (31 MJ) aan energie (**onderwaarde...** )

**1300** m<sup>3</sup> gas:  $1300 * 8,61 \text{ kWh} =$

11.193 kWh

80%

Stroomverbruik ca.

3.300 kWh

20%

Totaal

**14.493 kWh**

naar kJ: vermenigvuldigen met 3600 =  $14.493 \text{ kWh} * 3600 =$  52.174.800 kJ

Van kJ naar MJ: delen door 1000 = 52.175 MJ

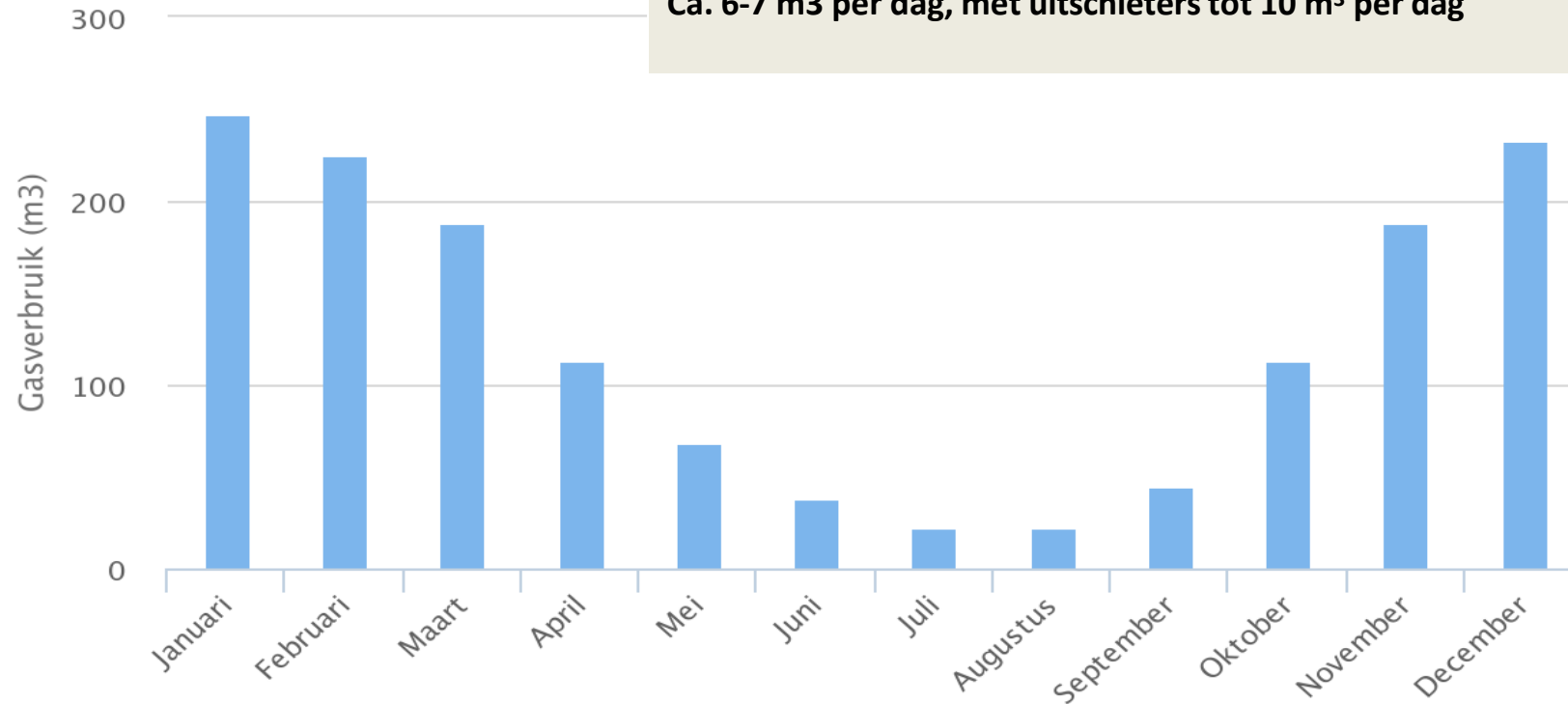
Van MJ naar GJ : delen door 1000 = 52 GJ

# Warmtevraag

## Energiebehoefte

Gasverbruik wordt vooral door de buitentemperatuur bepaald.

In de 5 koudste maanden (150 dagen) wordt 70-80% van het gas gebruikt.  
Ca. 6-7 m<sup>3</sup> per dag, met uitschieters tot 10 m<sup>3</sup> per dag



Het juli-augustus verbruik is alleen **koken en warm water** (o.a. douchen)  
Ca. 25 m<sup>3</sup> per maand, 300 m<sup>3</sup> per jaar, dat is 20- 25% van het totaal  
**80% is voor verwarming**



# Warmtevraag

## Energiebehoefte



Gasgebruik:

**80%** is verwarming; **15%** warm kraanwater, **5%** koken

**Op een koude dag....**

Stel je gebruikt 10 m<sup>3</sup> per dag, met een piek van 1 m<sup>3</sup> per uur (9 kWh), dan is het vermogen nog geen 10 kW.

Waarom is de standaard installatie (CW3 of CW4) dan **24** resp **30 kW**?

Warm kraanwater en koken vraagt 20% (300 m<sup>3</sup>)

Warm kraanwater is ca. 225 – 250 m<sup>3</sup> per jaar, de douche (en of het bad) zijn daarin de belangrijkste.

Koken vraagt slechts 5% , ca. 50 – 75 m<sup>3</sup> per jaar. Dat is 450 – 675 kWh.

haalt warmte uit uw water

CW5	9	17	< 10 (150 l)	beperkt	XL
CW6	15	20	< 10 (200 l)	Ja	XXL

# Warmtevraag

## Rekenen aan warmte

### Stel...

de douche levert 10 liter per minuut.

1 liter water 30 graden opwarmen (naar 38 graden) kost:

$$30 * 4,18 \text{ kJ} = 125 \text{ kJ.}$$

$$10 \text{ liter} = 1250 \text{ kJ.}$$

### Het vermogen is dan:

$$10 \text{ liter per minuut} = 1250 \text{ kJ} \quad (\text{Joule} = \text{W/s})$$

$$1250 \text{ kWs} / 60 \text{ sec} = 20,8 \text{ kW}$$

**Dit is het vermogen** van het systeem om per minuut 10 liter water op temperatuur te krijgen.

Dit is de reden dat onze gassystemen standaard **24 kW** zijn.



Een regendouche levert ca. 15 liter per minuut

Verwarming is dus de grootste **energiegebruiker** van ons huis  
maar de douche vraagt het grootste **vermogen**



**Dank voor uw aandacht.**