

een avond door en voor



Energie besparen op je verwarming thuis

Eddy Janssen

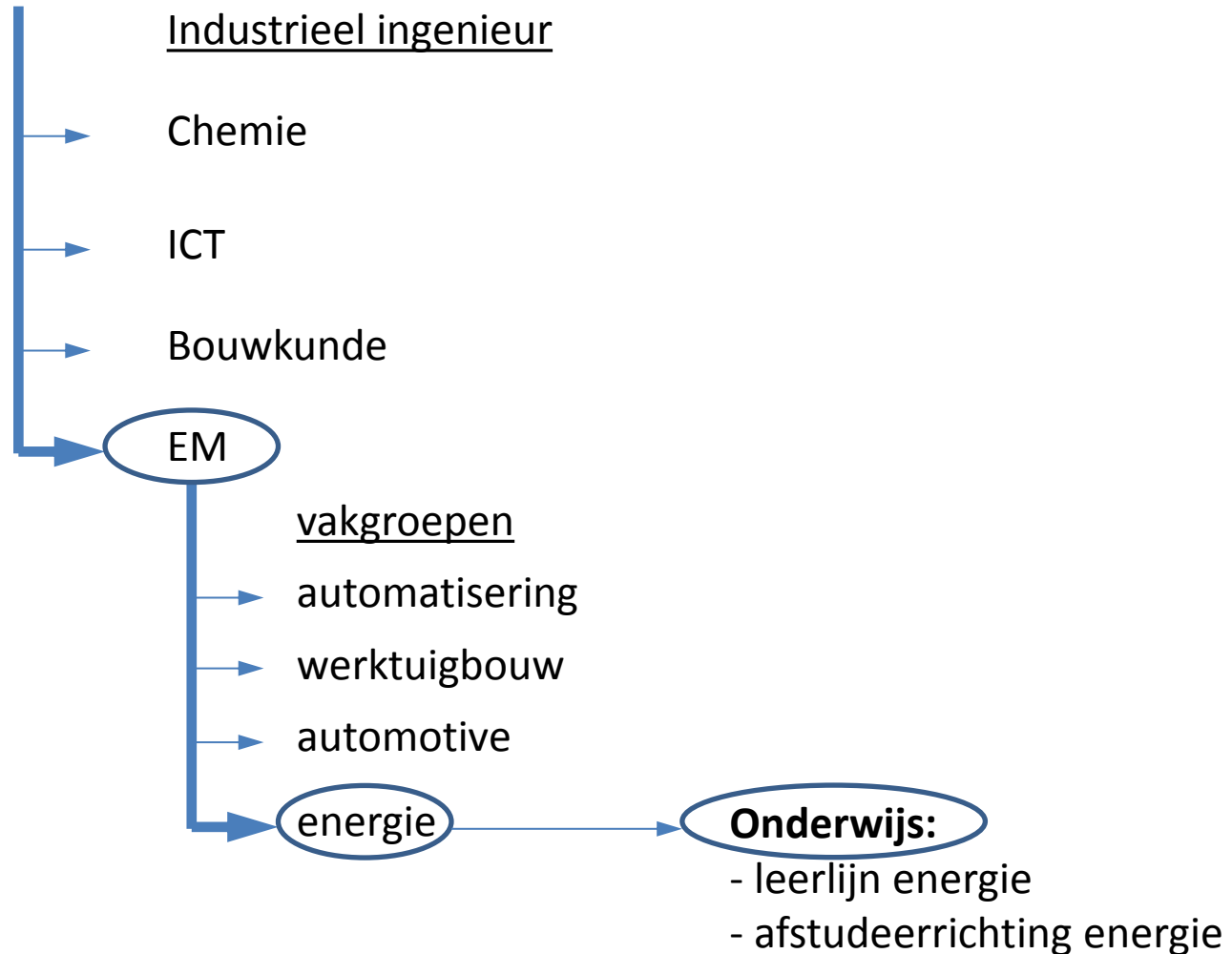


een avond door en voor
in samenwerking met



Universiteit
Antwerpen

Faculteit Toegepaste Ingenieurswetenschappen

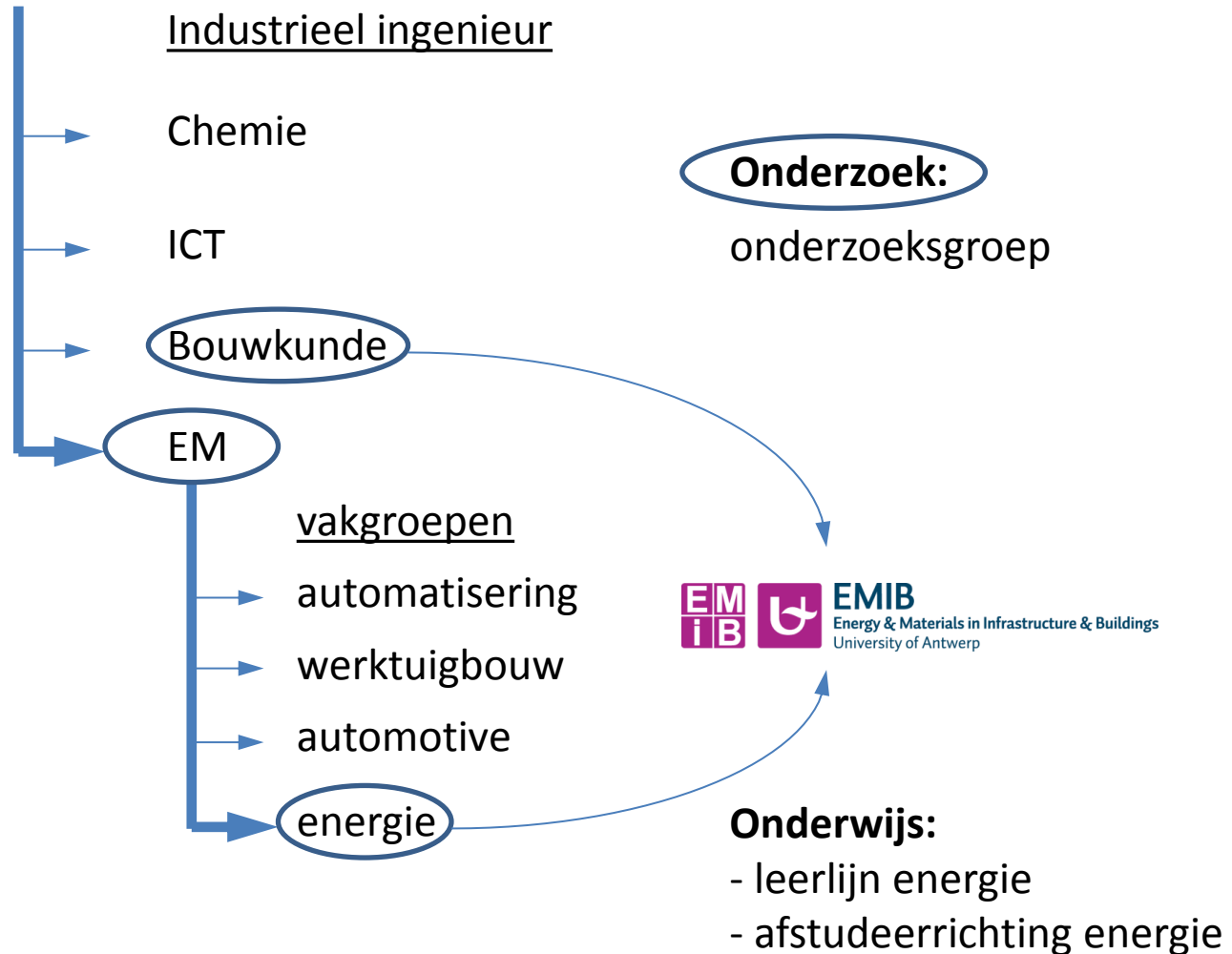


een avond door en voor
in samenwerking met



Universiteit
Antwerpen

Faculteit Toegepaste Ingenieurswetenschappen

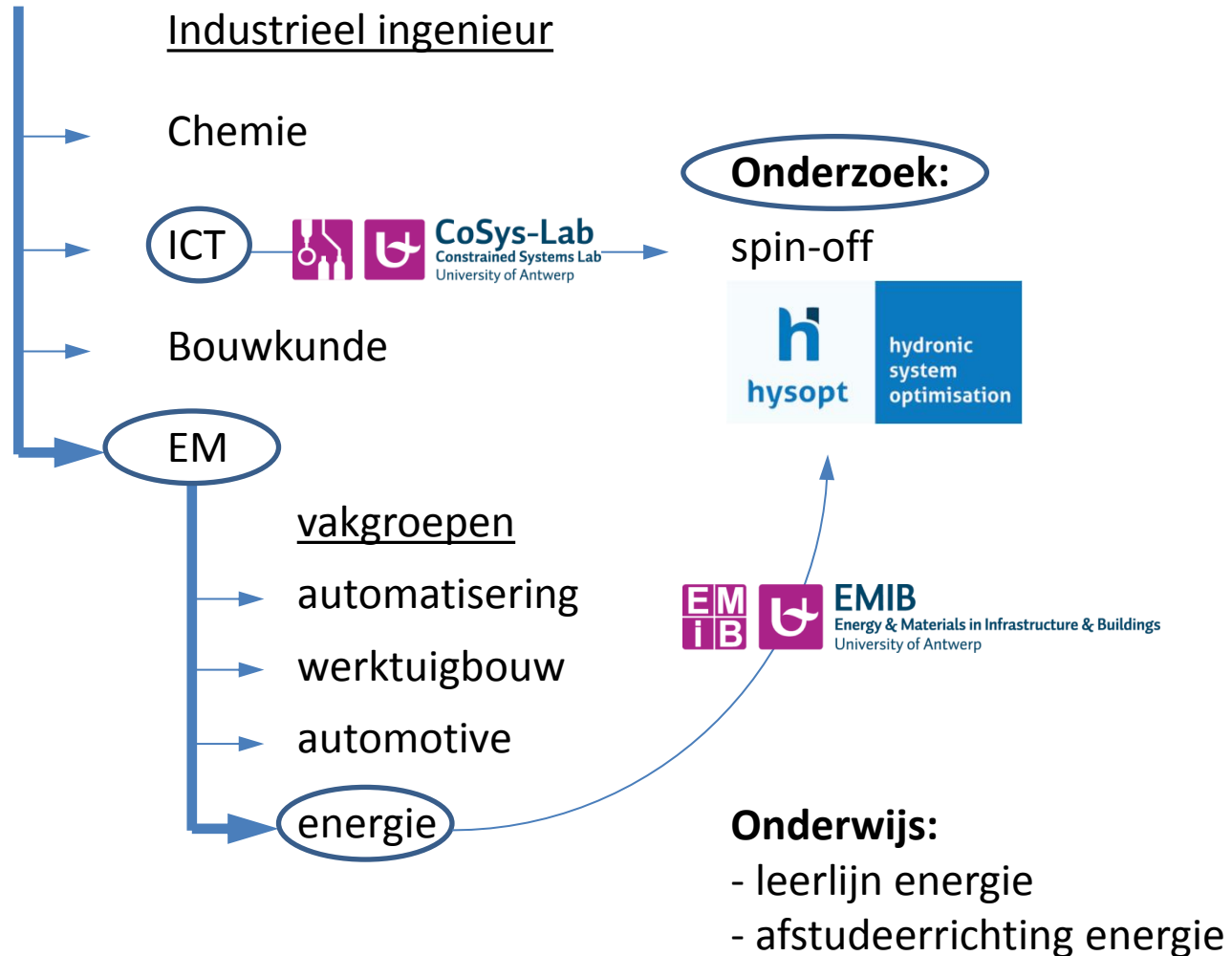


een avond door en voor
in samenwerking met



Universiteit
Antwerpen

Faculteit Toegepaste Ingenieurswetenschappen



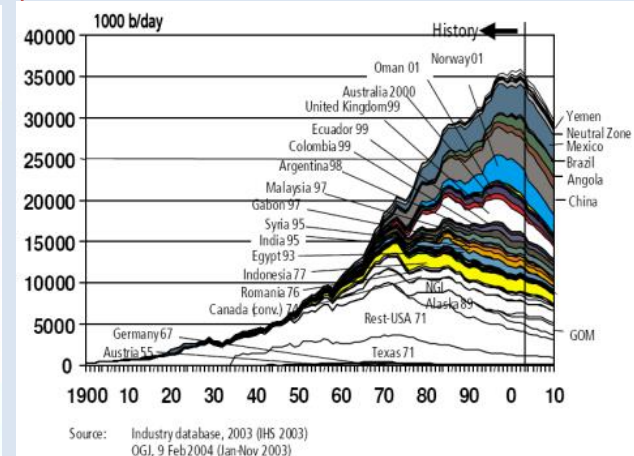
Afhankelijkheid



Betaalbaarheid



Eindigheid



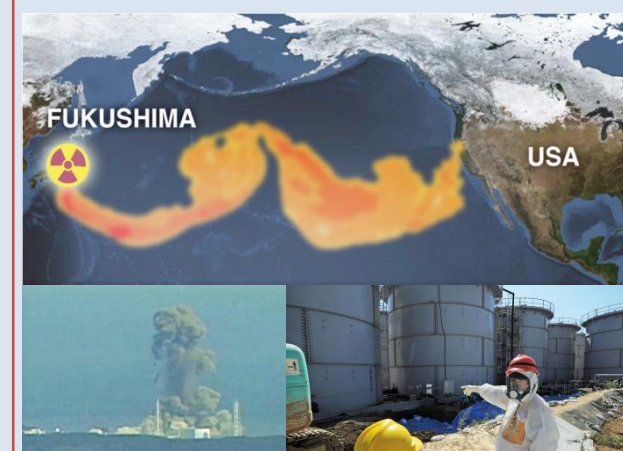
Ecologie



Klimaatverandering



Veiligheid/ gezondheid



♣ Afbakening en aanpak

♣ Hoofdwetten van 'energie'

♣ Isoleren: hoeveel en hoe

♣ Centrale ver(w)arming

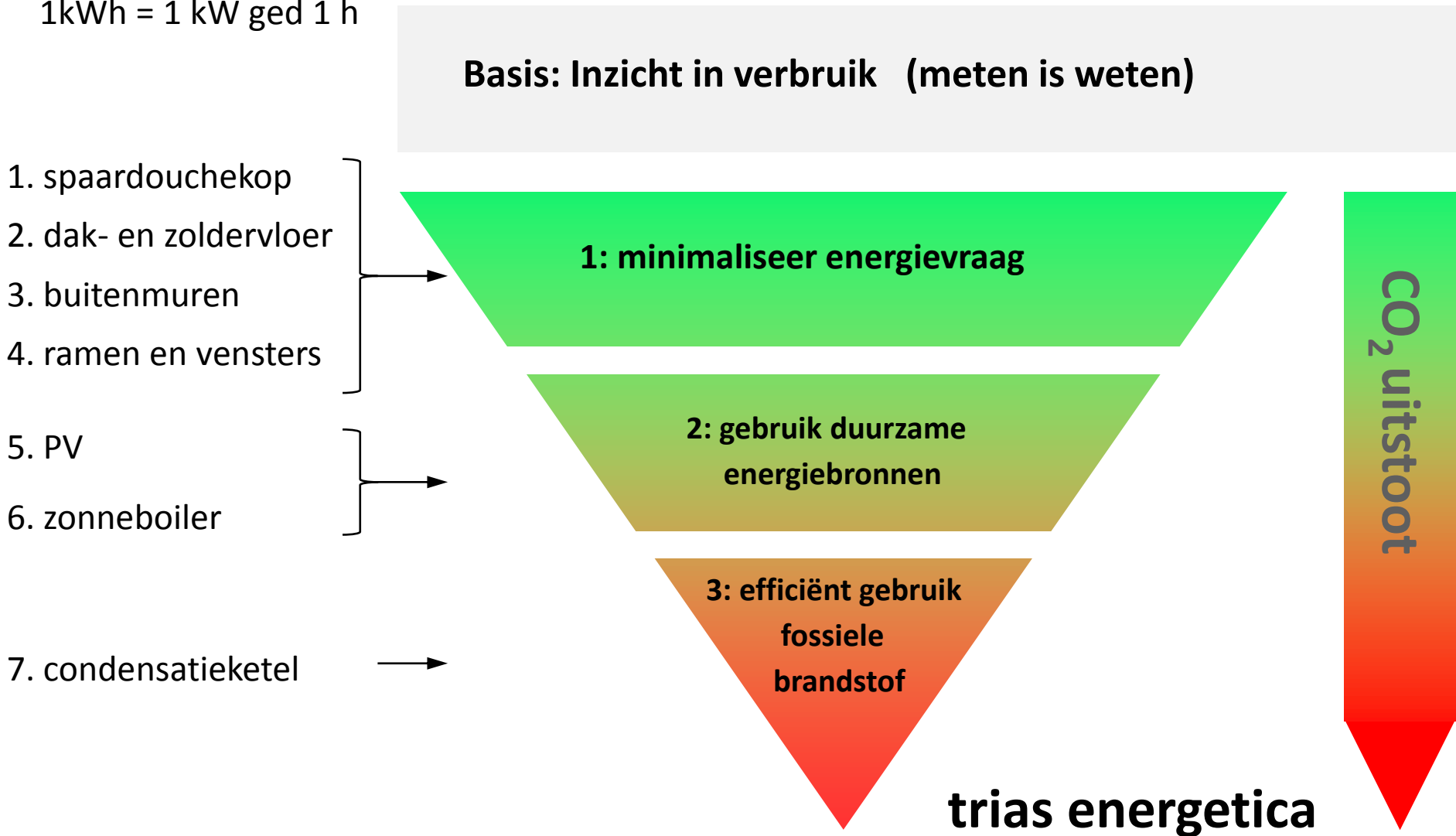
♣ Ik BEN mee

♣ Hybride

♣ Afbakening en aanpak

Energie = vermogen x tijd

1kWh = 1 kW ged 1 h



Energie in woningen aanpakken: bestaand – renovatie – nieuwbouw



- ♣ Afbakening en aanpak
- ♣ Hoofdwetten van 'energie'
- ♣ Isoleren: hoeveel en hoe
- ♣ Centrale ver(w)arming
- ♣ Ik BEN mee
- ♣ Hybride

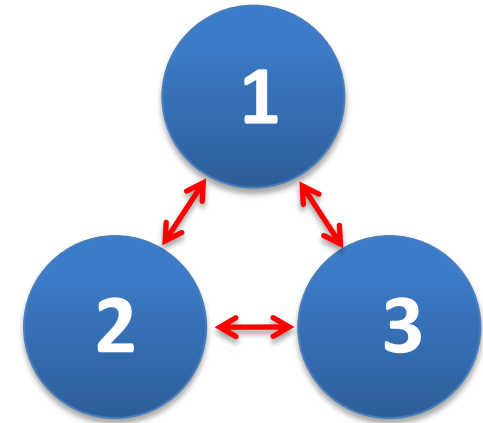
♣ Hoofdwetten van 'energie'

0^{de} hoofdwet van de thermodynamica

Natuurlijk streven naar thermisch evenwicht:

1-2 en 1-3 $\rightarrow$ 2-3

$\rightarrow$ begrip temperatuur



Temperatuurverschil = nodig voor warmteoverdracht

♣ Hoofdwetten van 'energie'

1^{ste} hoofdwet van de thermodynamica → energiehoeveelheid

Energiebehoud



- Energie kan niet worden gecreëerd (perpetuum mobile)

<https://www.youtube.com/watch?v=4b8ZsFszE8I>

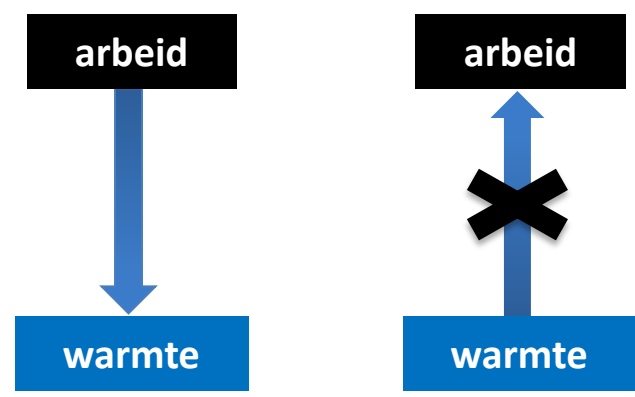
- Energie kan niet worden vernietigd...
maar waar blijft de aangekochte energie ?
 - warmtewisseling met omgeving
 - omzetting van arbeid naar warmte



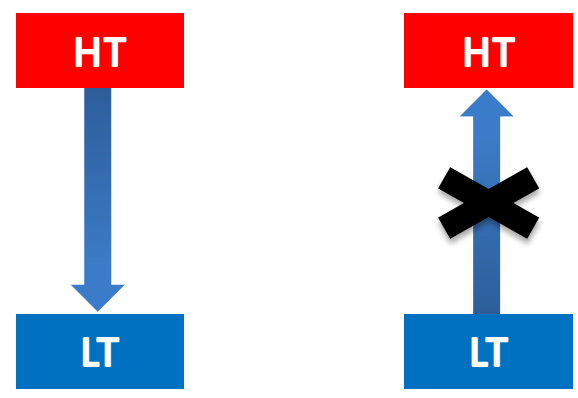
♣ Hoofdwetten van 'energie'

1^{ste} hoofdwet van de thermodynamica ➡ **energiehoeveelheid**

- arbeid → warmte = gemakkelijk omgekeerd = moeilijk



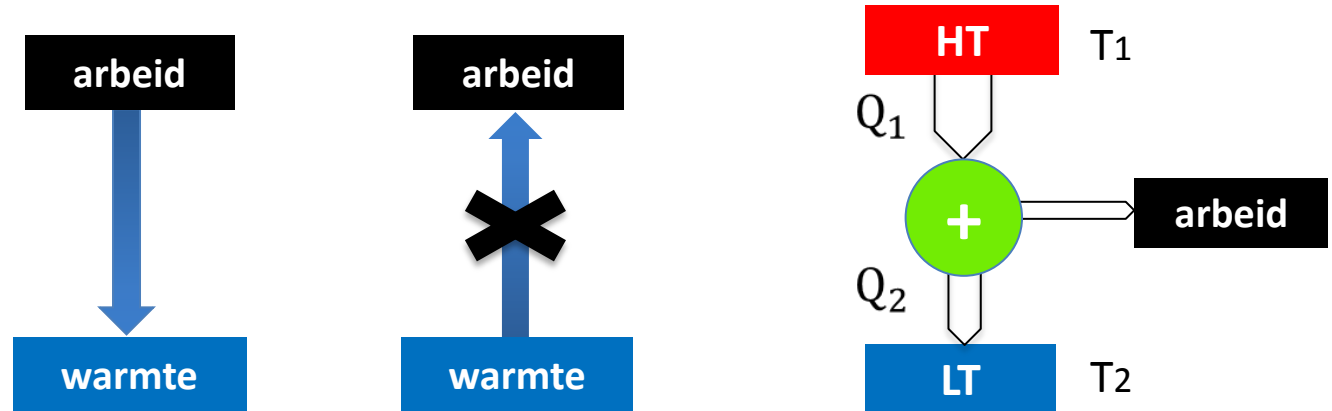
- warmte: HT → LT = spontaan omgekeerd = moeilijk



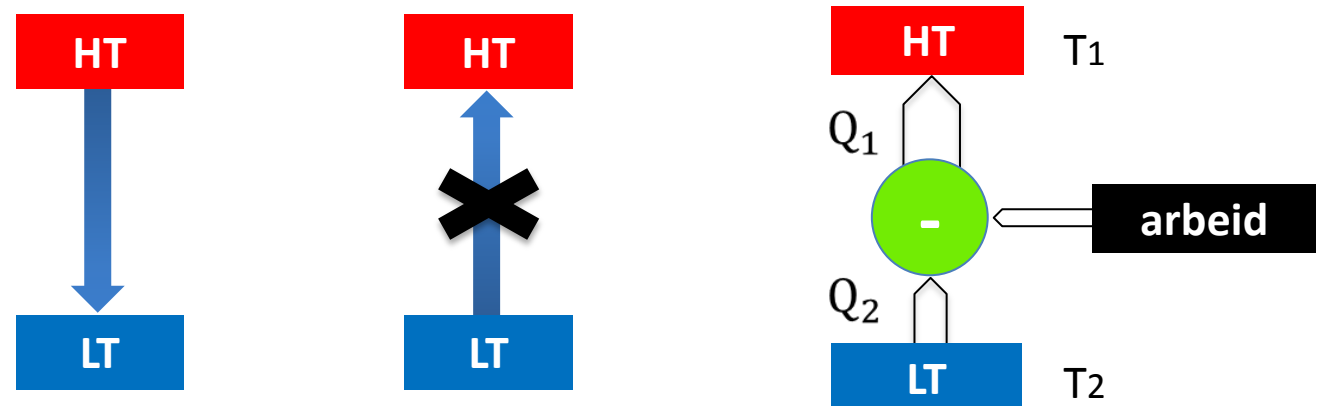
♣ Hoofdwetten van 'energie'

2^{de} hoofdwet van de thermodynamica → energiekwaliteit

- arbeid → warmte = gemakkelijk omgekeerd = moeilijk



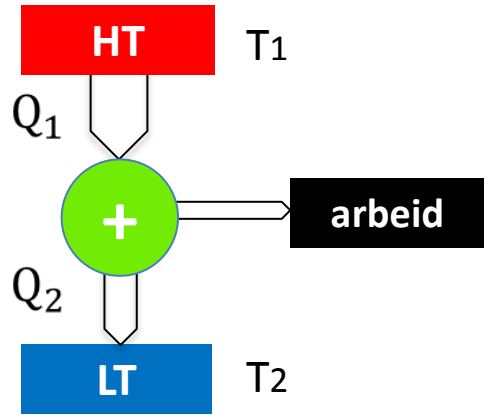
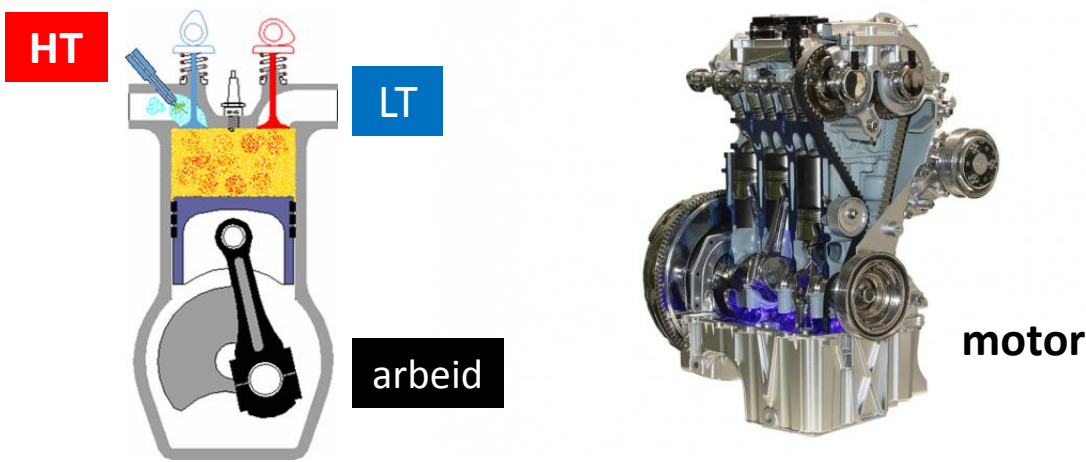
- warmte: HT → LT = spontaan omgekeerd = moeilijk



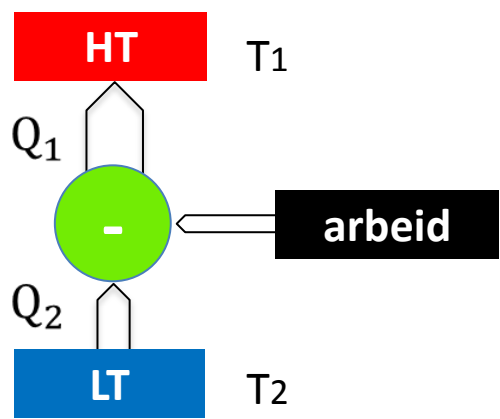
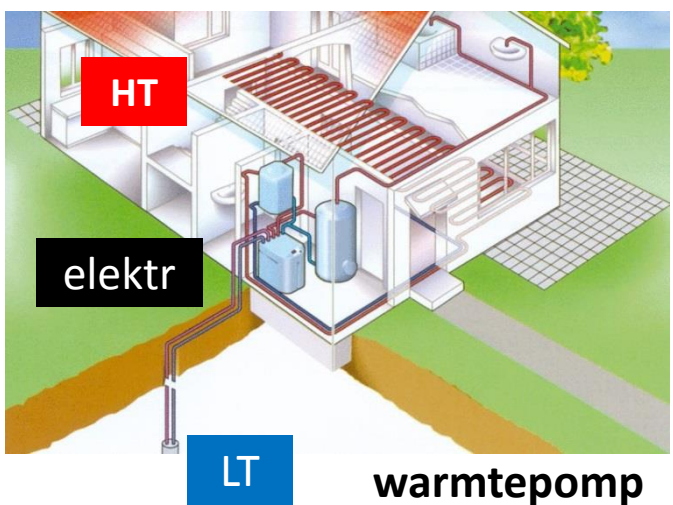
♣ Hoofdwetten van 'energie'

2^{de} hoofdwet van de thermodynamica ➡ energiekwaliteit

- warmte → arbeid = motor



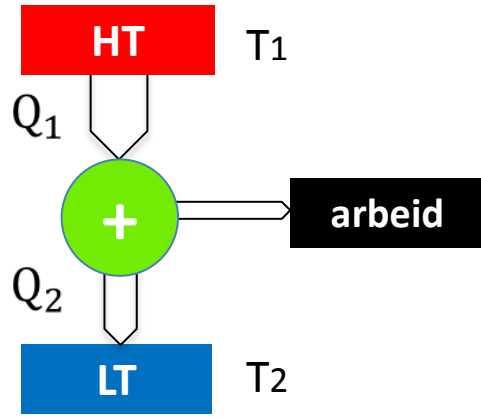
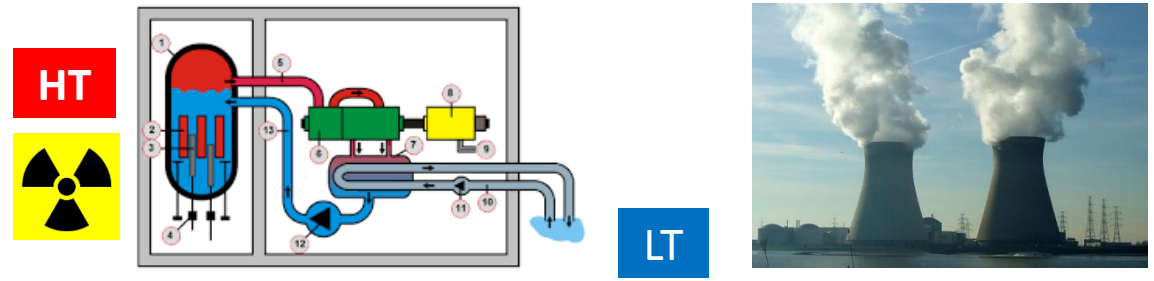
- warmte: LT → HT = warmtepomp of koelmachine



♣ Hoofdwetten van 'energie'

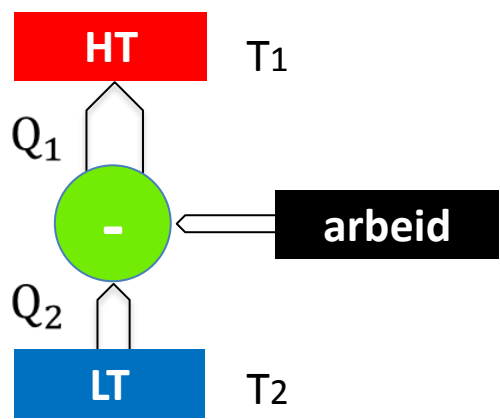
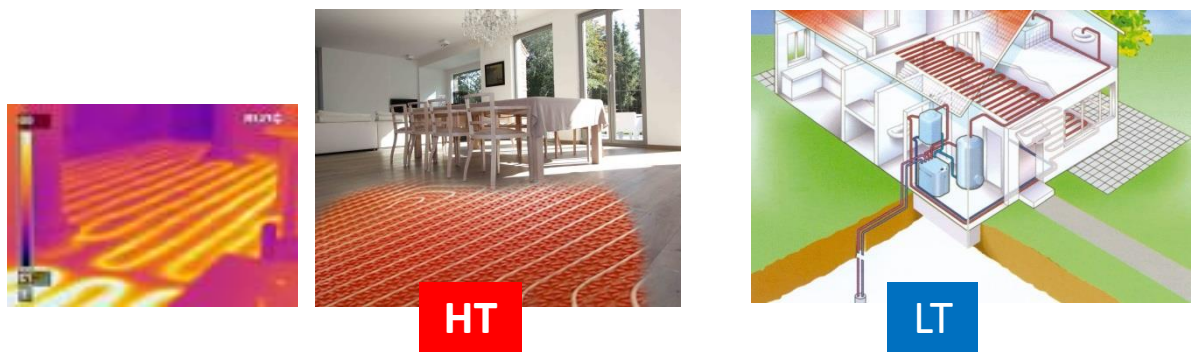
2^{de} hoofdwet van de thermodynamica ➡ **energiekwaliteit**

- warmte ➡ arbeid = motor



$\eta_{\text{motor}} \uparrow$ naarmate HT $\uparrow$ en LT $\downarrow$

- warmte: LT ➡ HT = warmtepomp of koelmachine



$\eta_{\text{wp}} \uparrow$ naarmate HT $\downarrow$ en LT $\uparrow$

♣ Hoofdwetten van 'energie'

**condensatieketel, wkk, warmtepomp, koelmachine, vrije koeling,
warmterecuperatie, energievernietiging, hernieuwbare energie, ...**





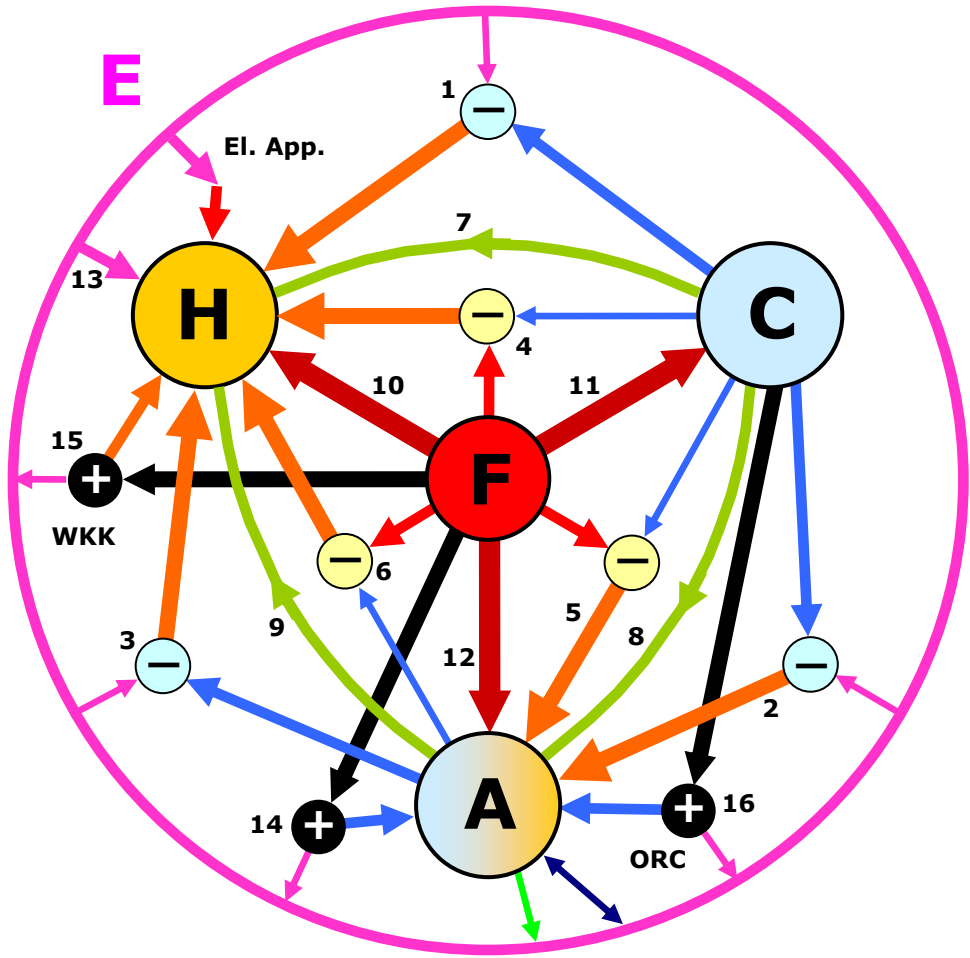
Hoofdwetten van 'energie'





Hoofdwetten van 'energie'

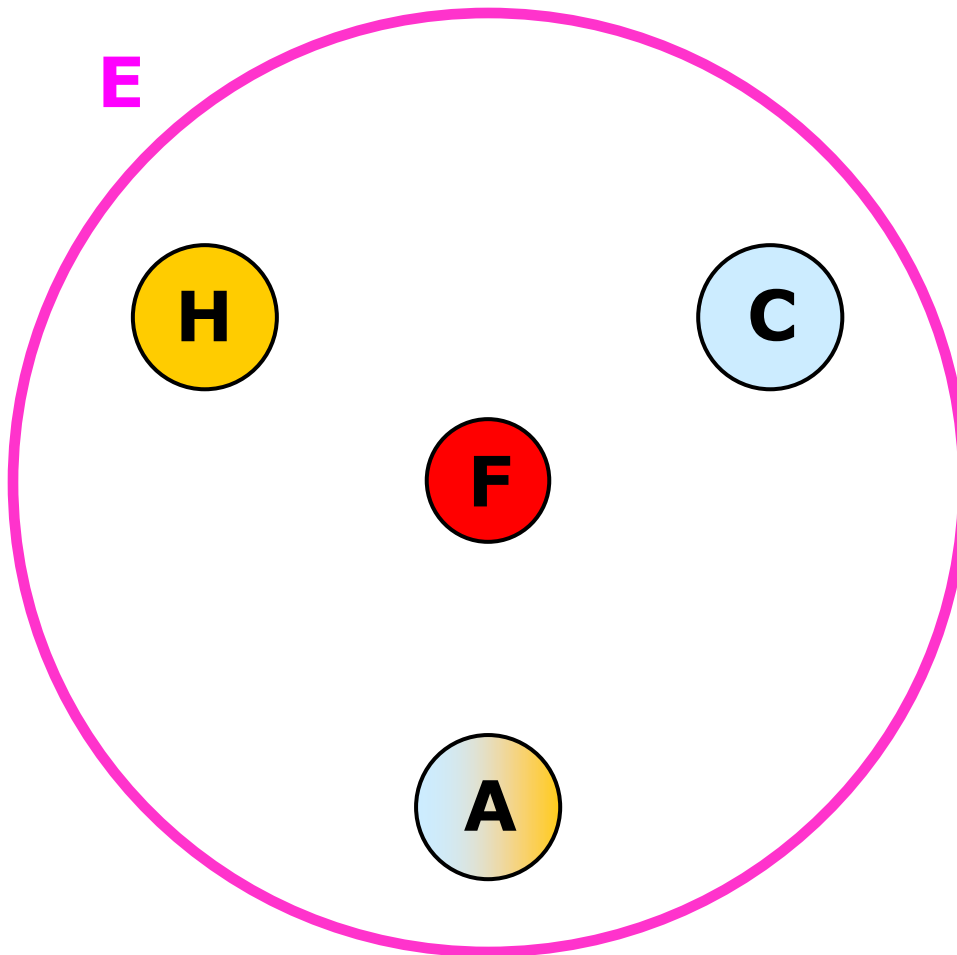
de belangrijkste energieprocessen





Hoofdwetten van 'energie'

Structuur



A: Ambient

(lucht, water, bodem)

C: Cooling needs

(gebouwen, industrie)

H: Heat demand

(gebouwen, industrie)

E: Electricity

(elektriciteitsnet)

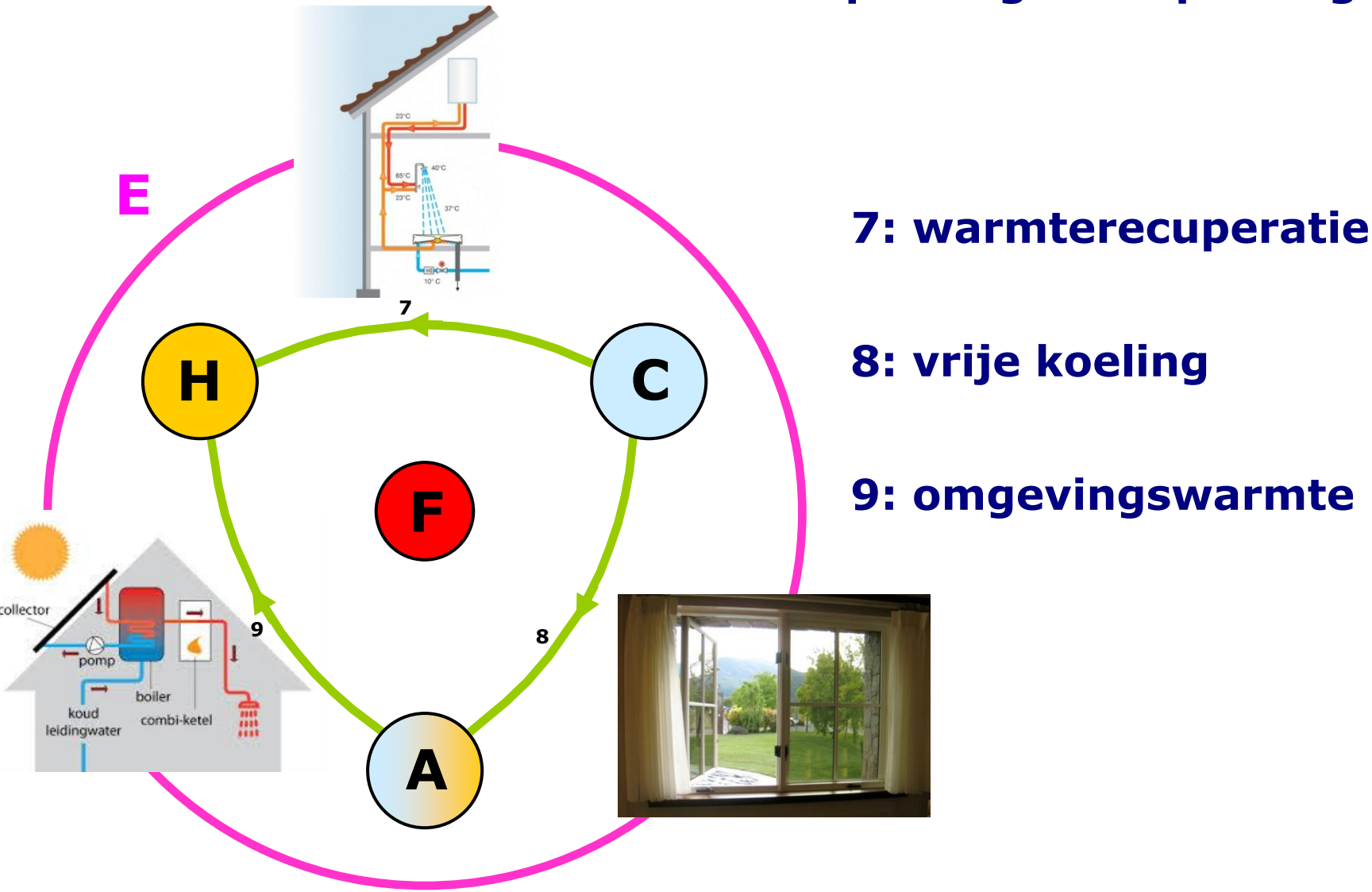
F: Fuel

(fossiel of hernieuwbaar)



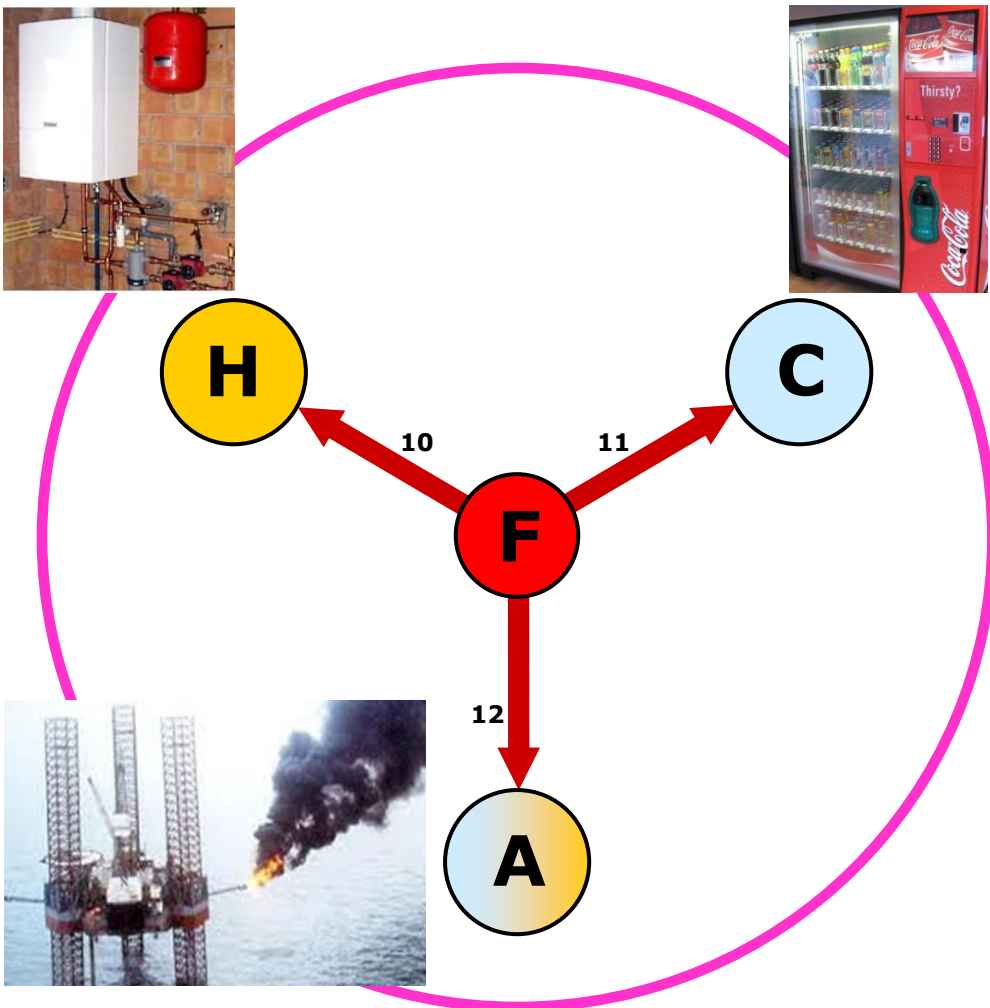
Hoofdwetten van 'energie'

Directe warmteoverdracht toepassing → toepassing



♣ Hoofdwetten van 'energie'

Directe warmteoverdracht brandstof → toepassing



10: ketel

11: energievernietiging

12: energieverlies

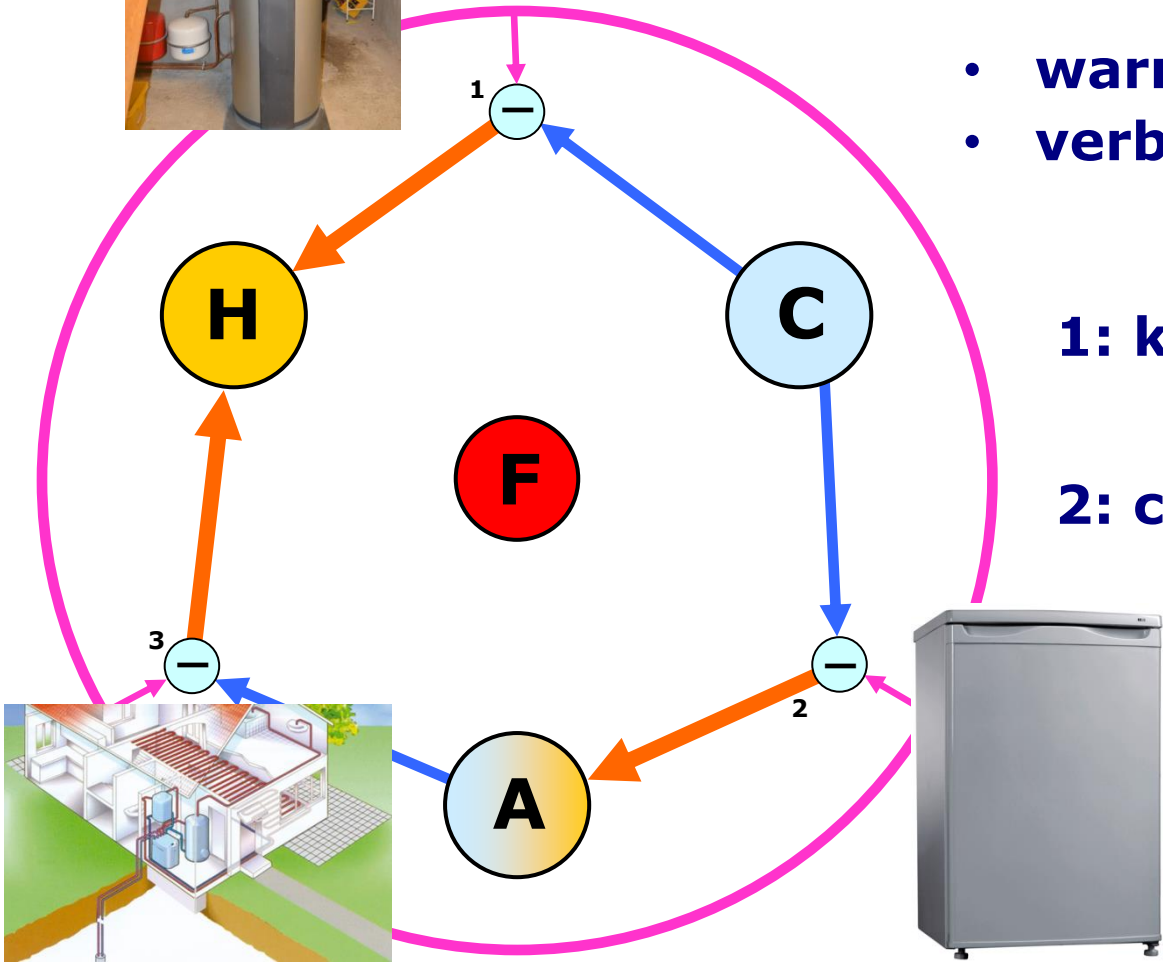


Hoofdwetten van 'energie'



Negatief kringproces (compressiecyclus)

- warmte van LT to HT
- verbruikt arbeid



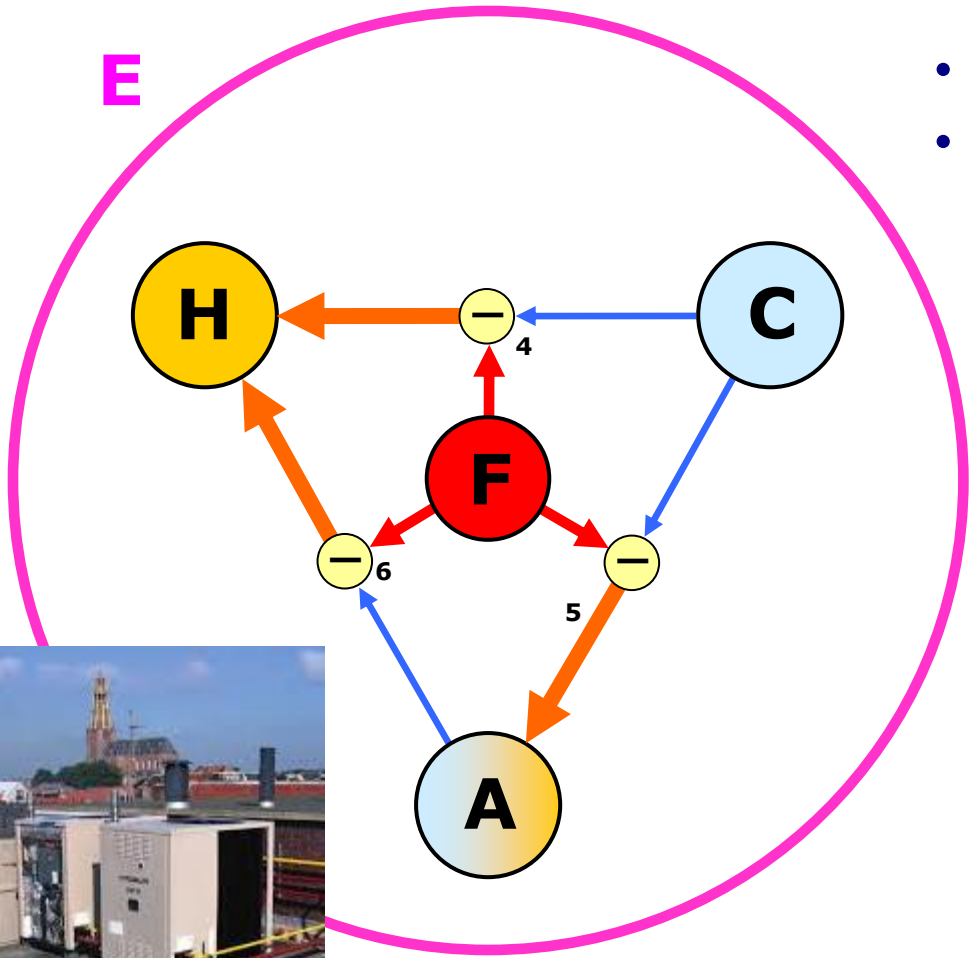
1: koelen & verwarmen

2: compressiekoeling

ompressiewarmtepomp



Negatief kringproces (absorptiecyclus)



- **warmte van LT to HT**
- **verbruikt warmte(HHT)**

1: koelen & verwarmen

2: absorptiekoeling

3: absorptiewarmtepomp

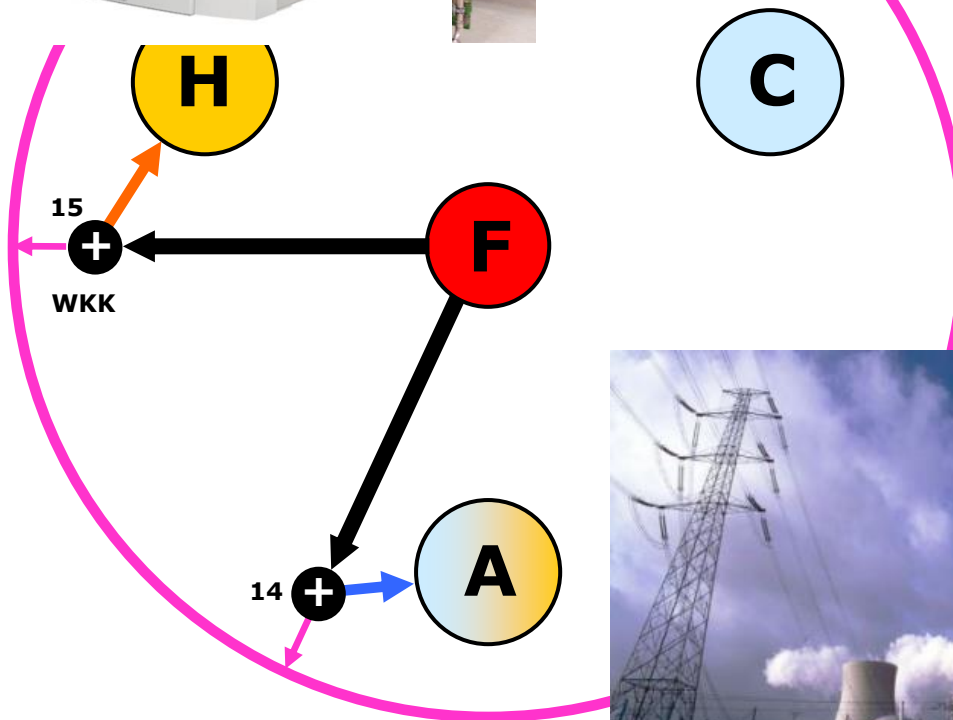


n van 'energie'

Positief kringproces (elektriciteitscentrale, aardgasmotor...)



- geproduceerde arbeid (E)
- verbruikte warmte (F)
- vrijgekomen warmte (A of H)



14: gescheiden productie

15: WKK





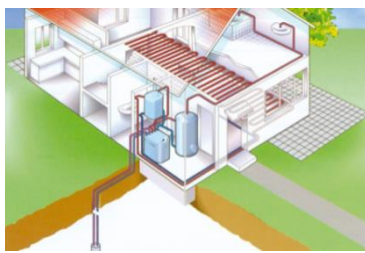
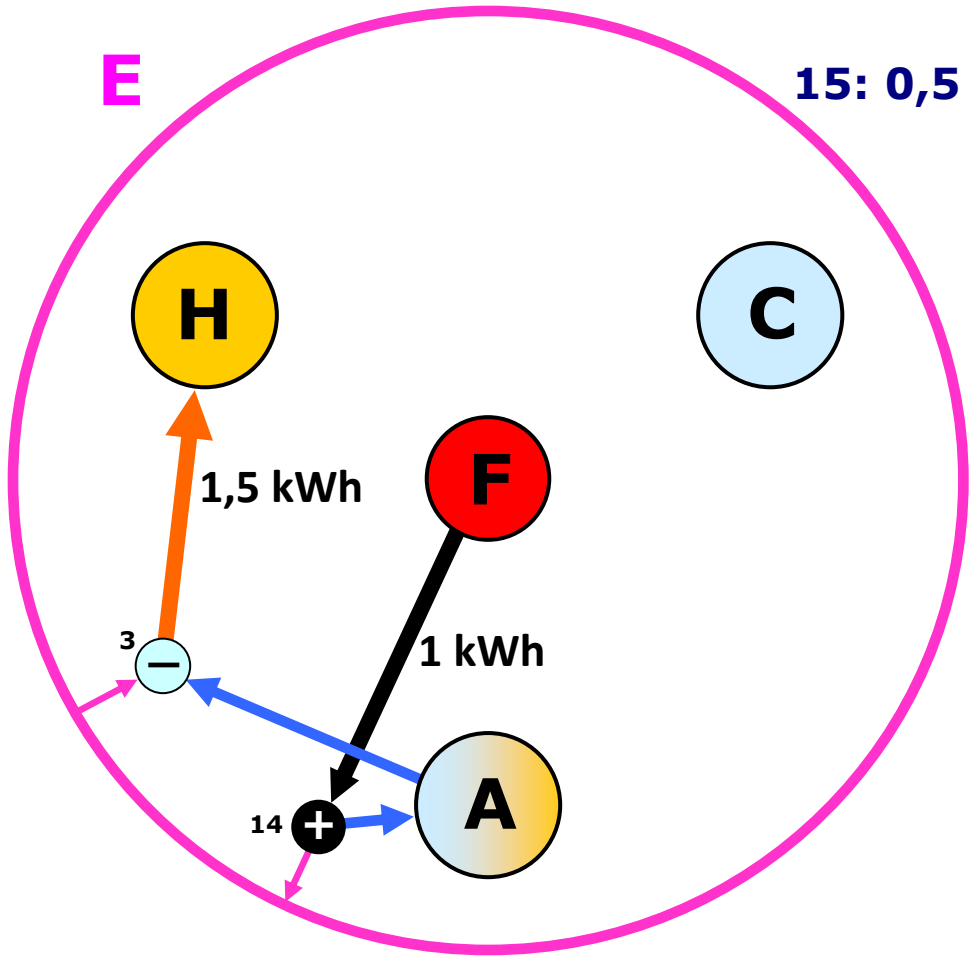
Hoofdwetten van 'energie'



Primaire energie warmtepomp

14: 1 kWh gas → 0,5 kWh elektriciteit

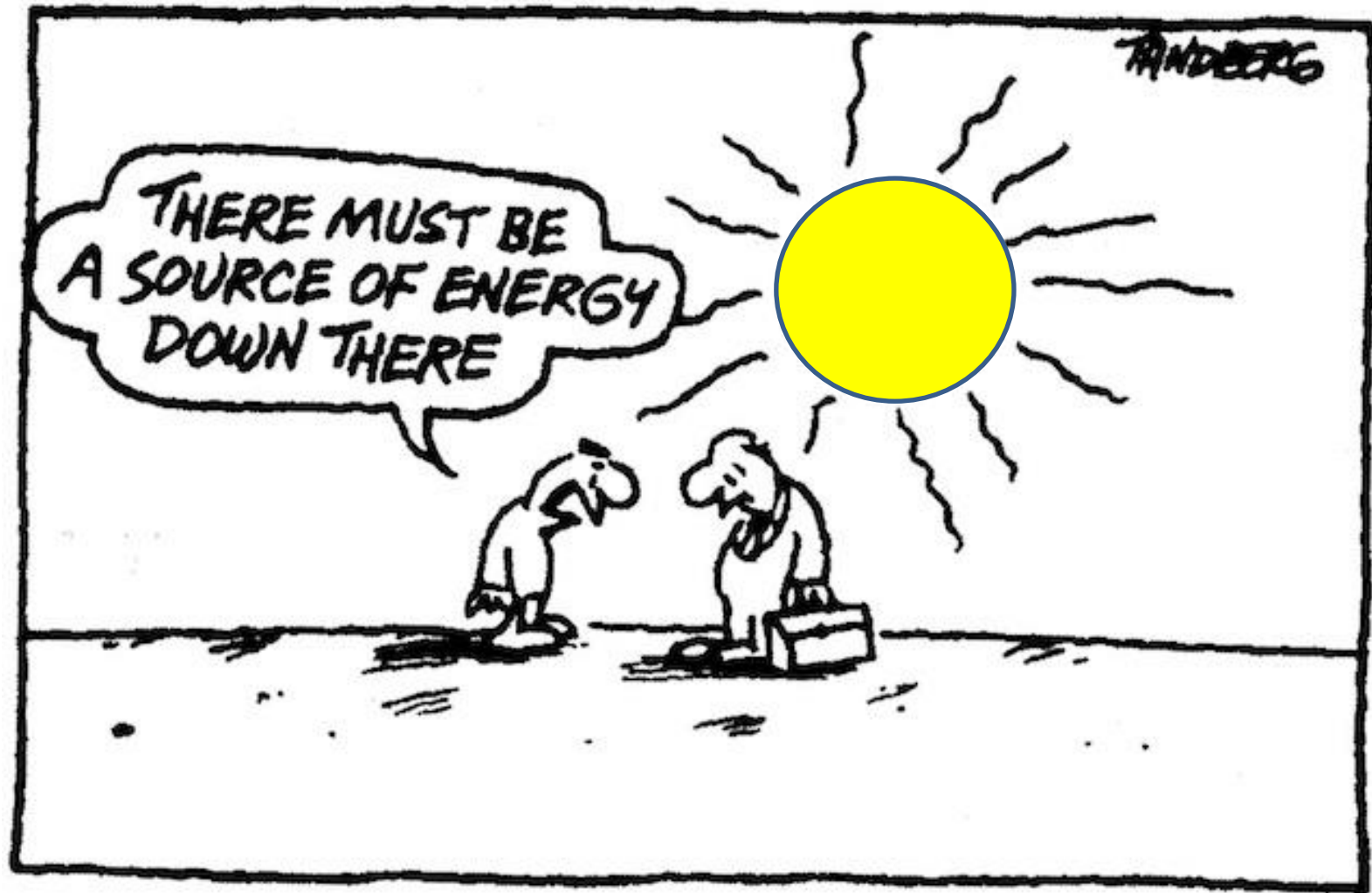
15: 0,5 kWh elektriciteit → 1,5 kWh warmte



Primaire energie om 1 liter soep te ontdooien ?

Stel rendement elektriciteitsproductie: 2,5 kWh primaire warmte voor 1 kWh elektriciteit
rendement koudeproductie: 1 kWh elektriciteit voor 2 kWh nuttige koude

- gasfornuis: $P = 0,1 \text{ kWh}$
- microgolfoven: $P = 0,1 \times 2,5 = 0,25 \text{ kWh}$
- buiten: $P = 0 \text{ kWh}$
- koelkast: $P = - 0,1 \times 2,5/2 = - 0,125 \text{ kWh}$

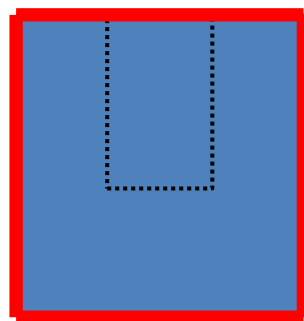
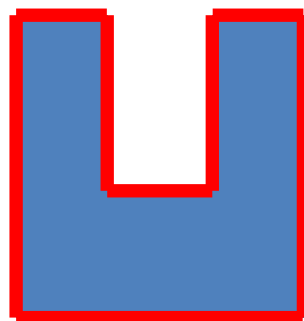


- ♣ Afbakening en aanpak
- ♣ Hoofdwetten van 'energie'
- ♣ Isoleren: hoeveel en hoe
- ♣ Centrale ver(w)arming
- ♣ Ik BEN mee
- ♣ Hybride

Compactheid: vorm en afmetingen

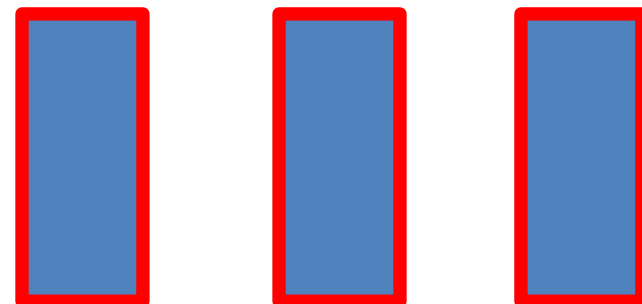
niet compact

vorm

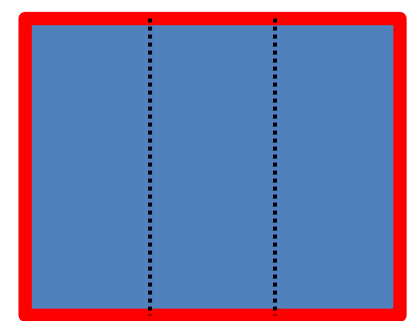


compact

afmetingen

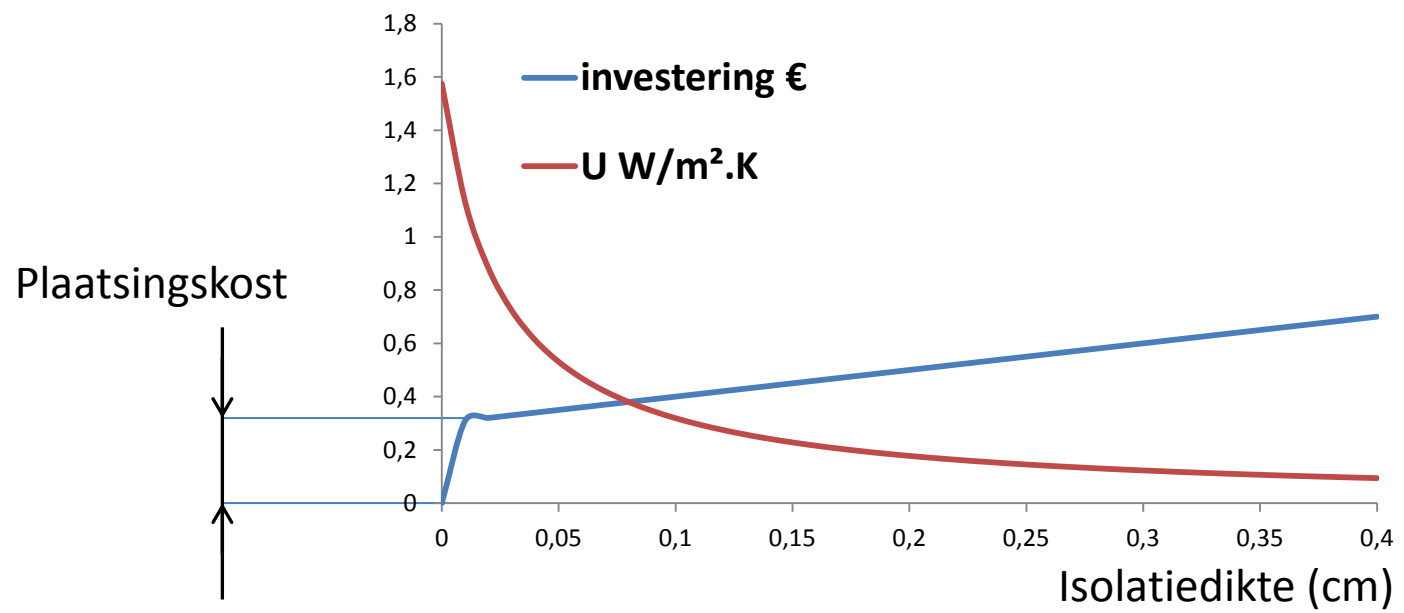


3 vrijstaanden woningen



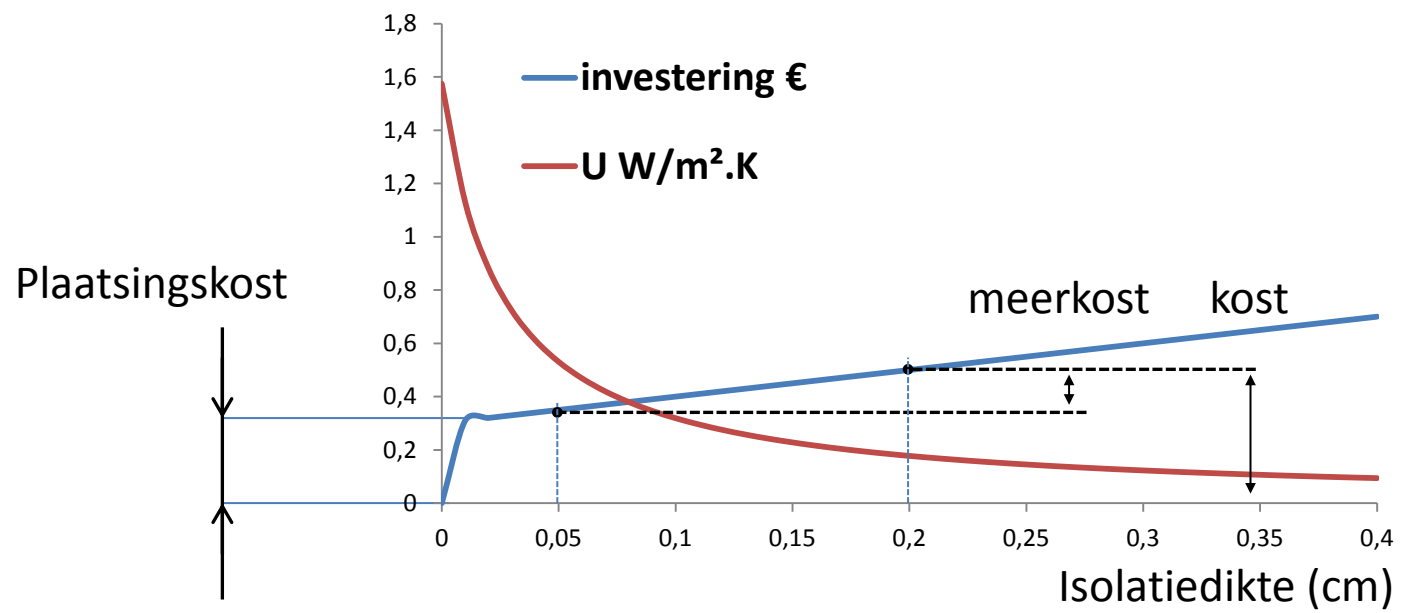
3 rijwoningen = 1 groot gebouw

Hoeveel isoleren: € € €



de eerste cm helpen het meest

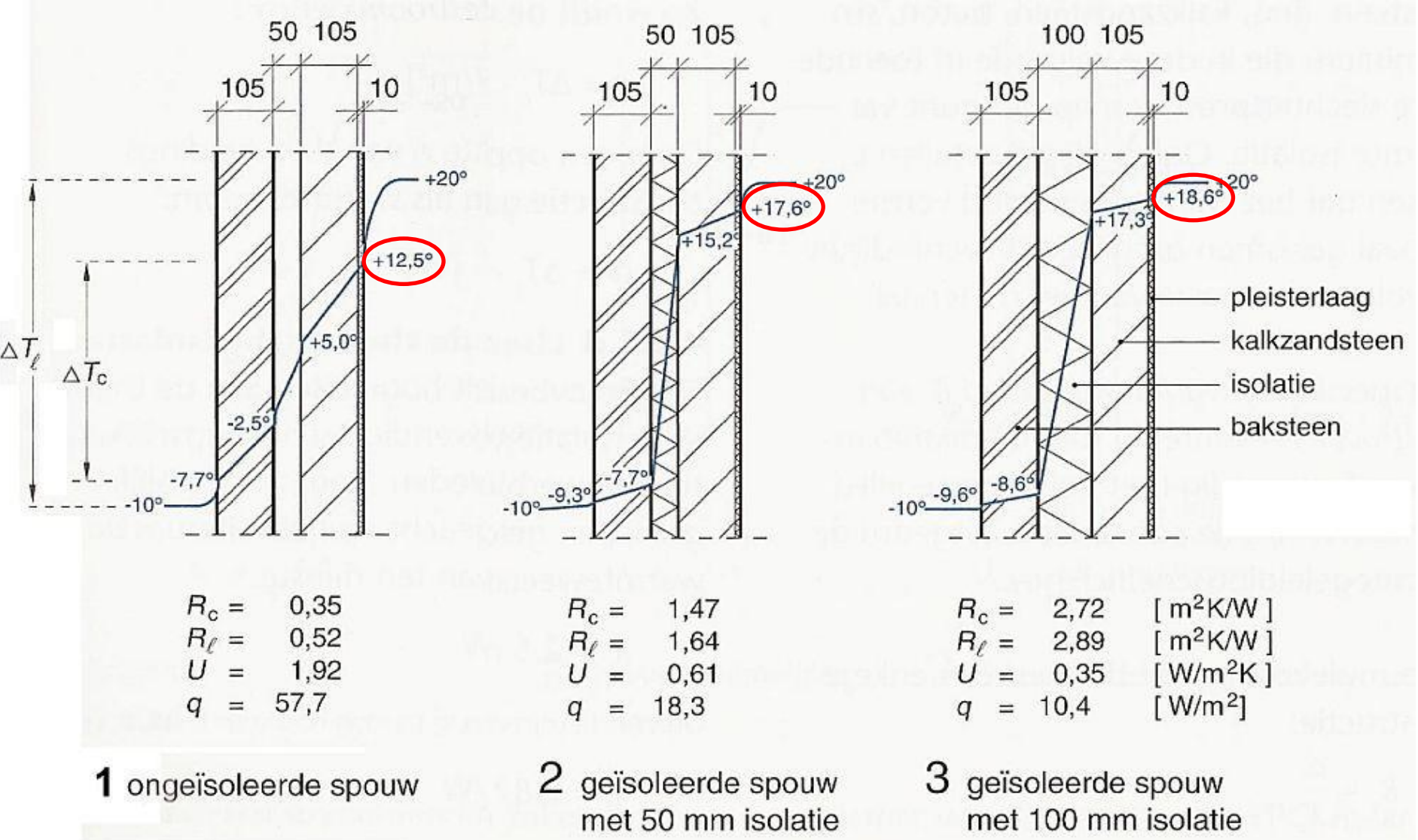
Hoeveel isoleren: € € €



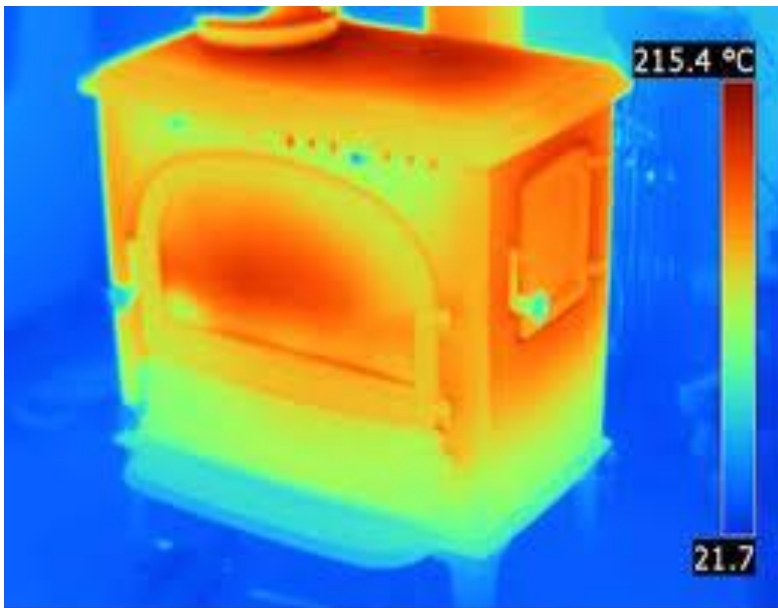
de eerste cm helpen het meest

maar onvoldoende isoleren betaal je 2x

Hoeveel isoleren: thermisch comfort



Hoeveel isoleren: thermisch comfort



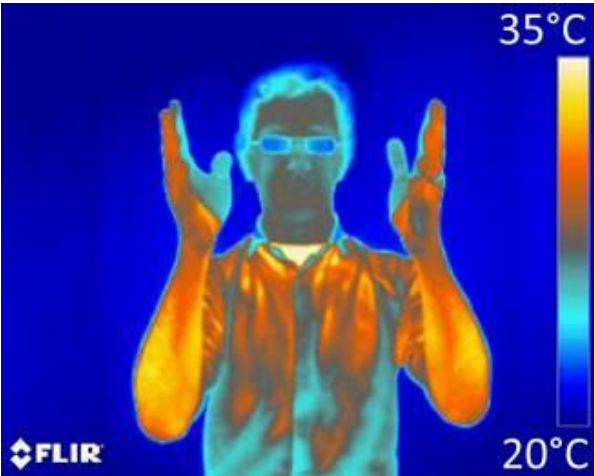
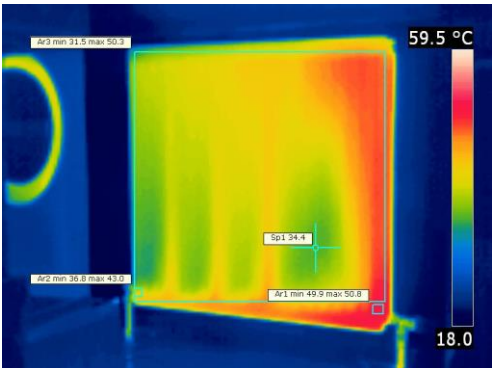
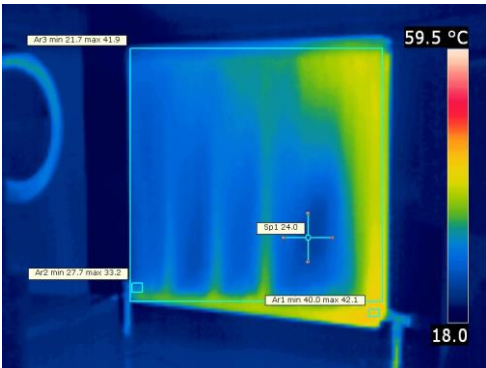
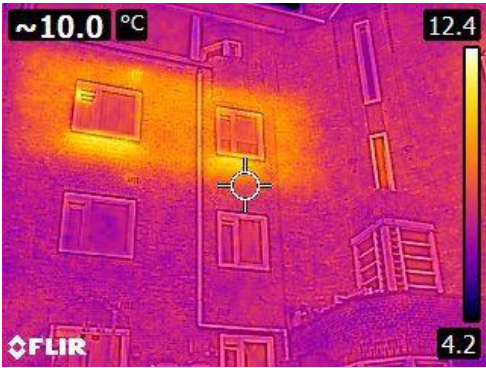
een kachel straalt...



wanden stralen ook
maar geïsoleerde wanden meer



Isoleren: hoeveel en hoe

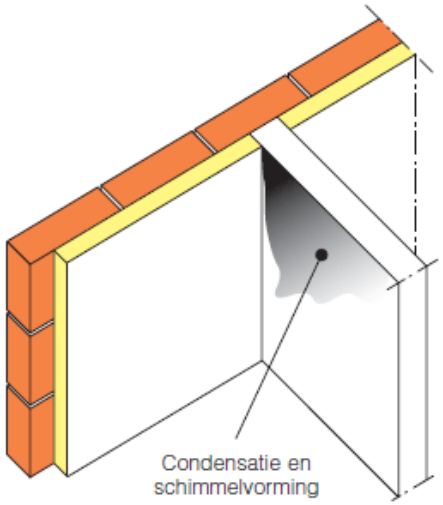


Opgelet:
binnentemperatuur
zon

emissie & reflectie

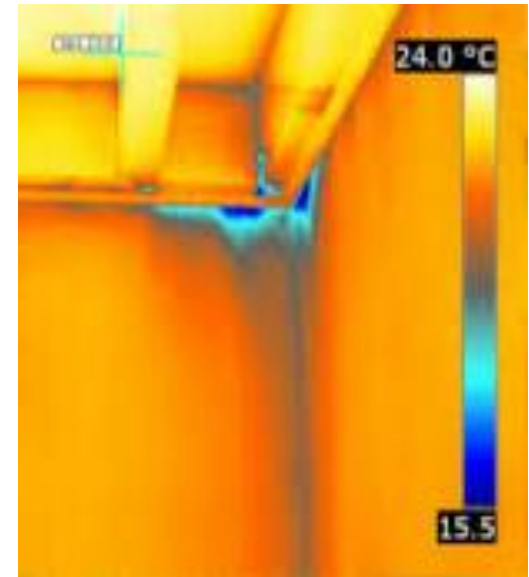
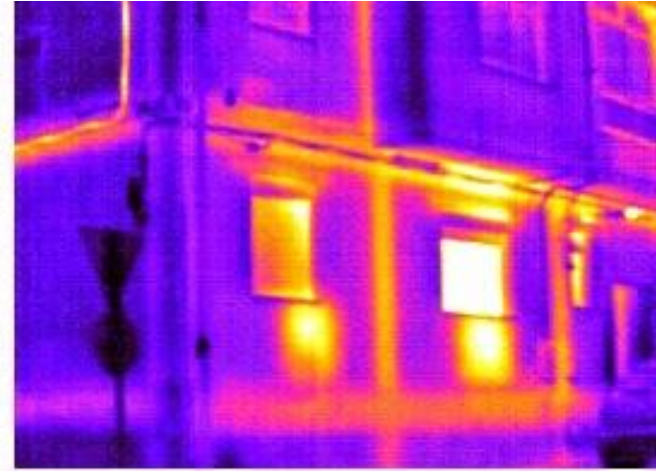
transmissie

Koudebruggen en oppervlaktecondensatie

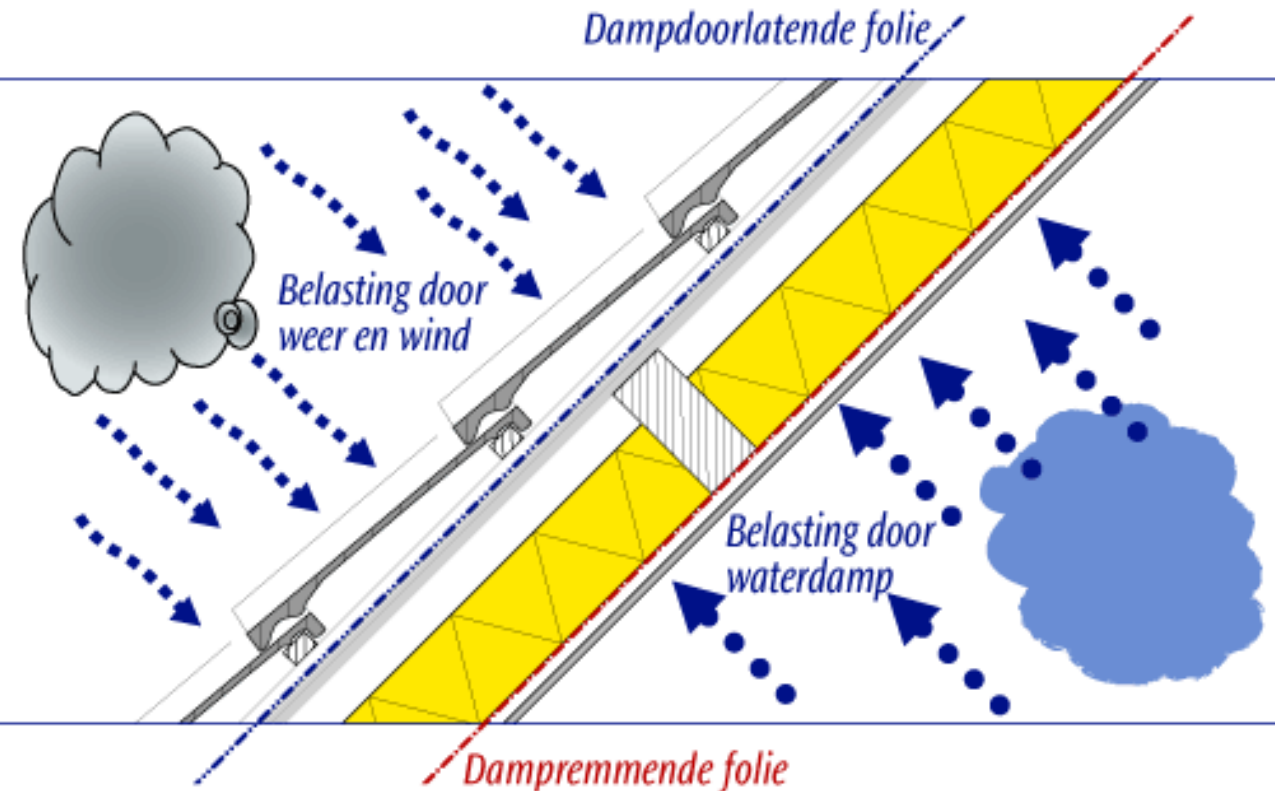


♣ Isoleren: hoeveel en hoe

Koudebruggen en oppervlaktecondensatie



Dampscherm en inwendige condensatie

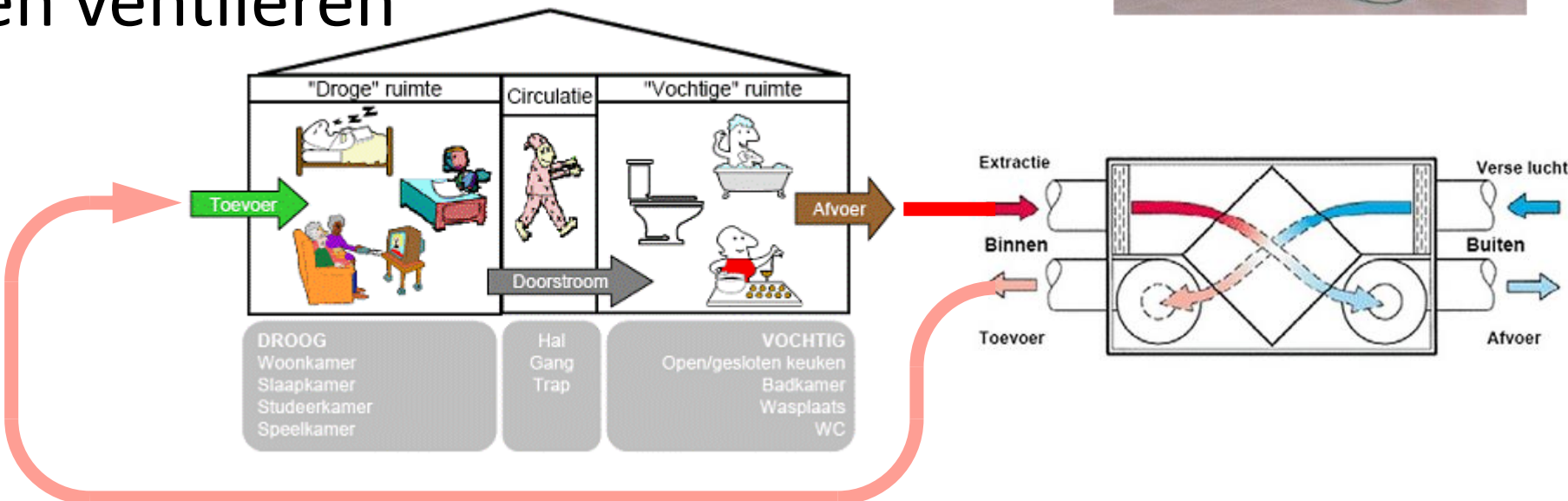


♣ Isoleren: hoeveel en hoe

Luchtdicht bouwen...



en ventileren

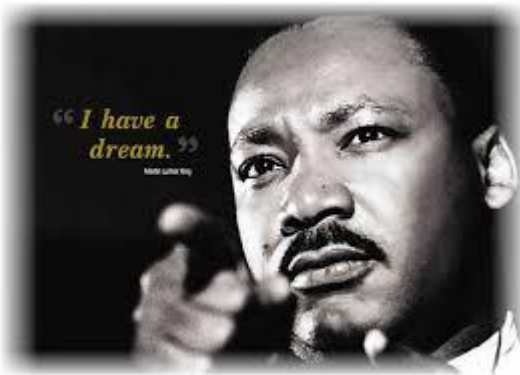




- ♣ Afbakening en aanpak
- ♣ Hoofdwetten van 'energie'
- ♣ Isoleren: hoeveel en hoe
- ♣ Centrale ver(w)arming
- ♣ Ik BEN mee
- ♣ Hybride

♣ Centrale ver(w)arming

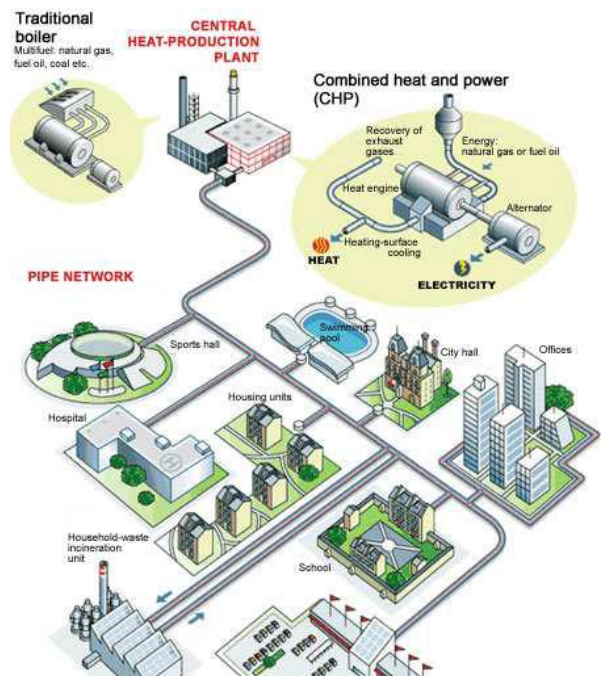
1968



2008



2030



stadsverwarming

♣ Centrale ver(w)arming

-90 % CO₂ in 2050 ?

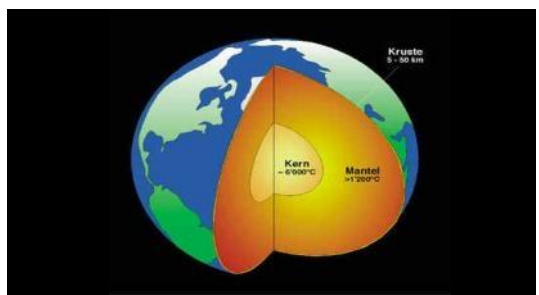
Industriële restwarmte



Restwarmte elek-centrales



Geothermie (diep/ ondiep)



Vaste biomassa



Afvalwater



GFT, maaisel, snoeisel,...



Restafval



Aardgas als transitair



De Schelde



♣ Centrale ver(w)arming

Steden met stadsverwarming



- Stockholm
- Parijs
- Berlijn
- Rotterdam
- Kopenhagen
- Amsterdam
- Helsinki
- Wenen
- ...



♣ Centrale ver(w)arming

Steden zonder stadsverwarming



- Brussel
- Antwerpen
- Gent
- Brugge
- Hasselt
- Luik
- Namen
- Aarlen
- Bergen
- Leuven
- Waver
- ...



♣ Centrale ver(w)arming



♣ Centrale ver(w)arming



1.000.000 kW bij 100 °C

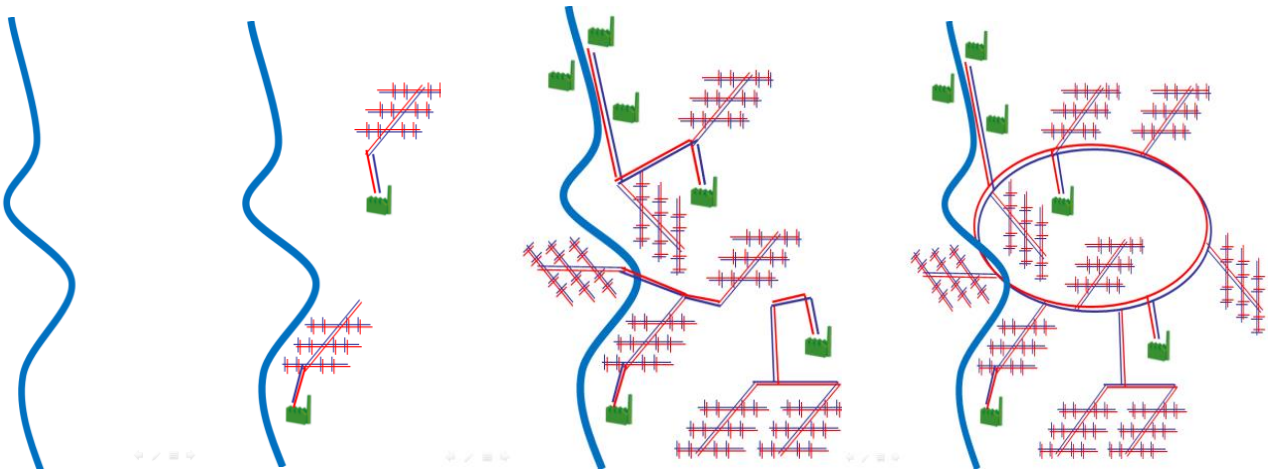


2012

2022

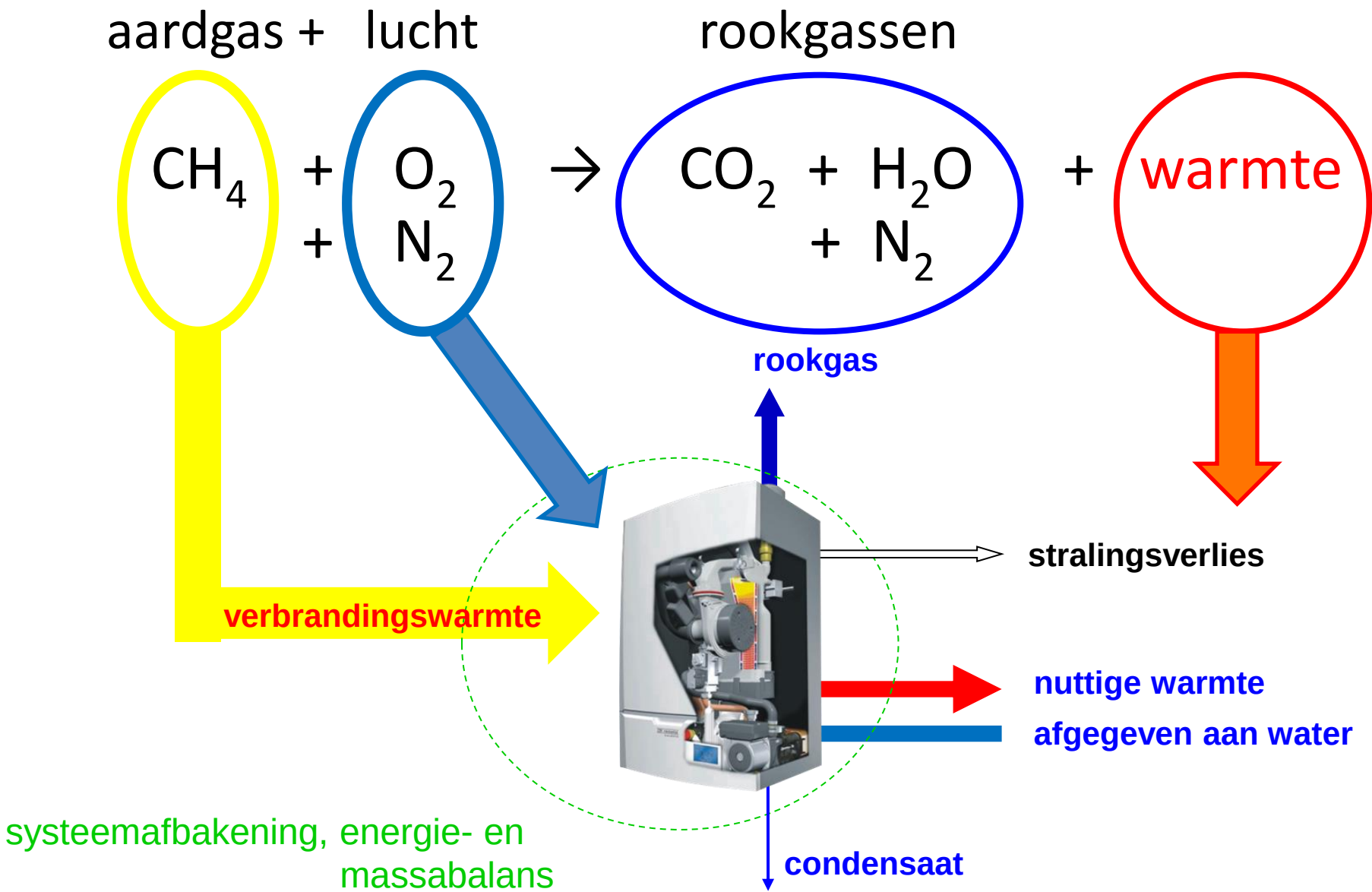
2032

2042

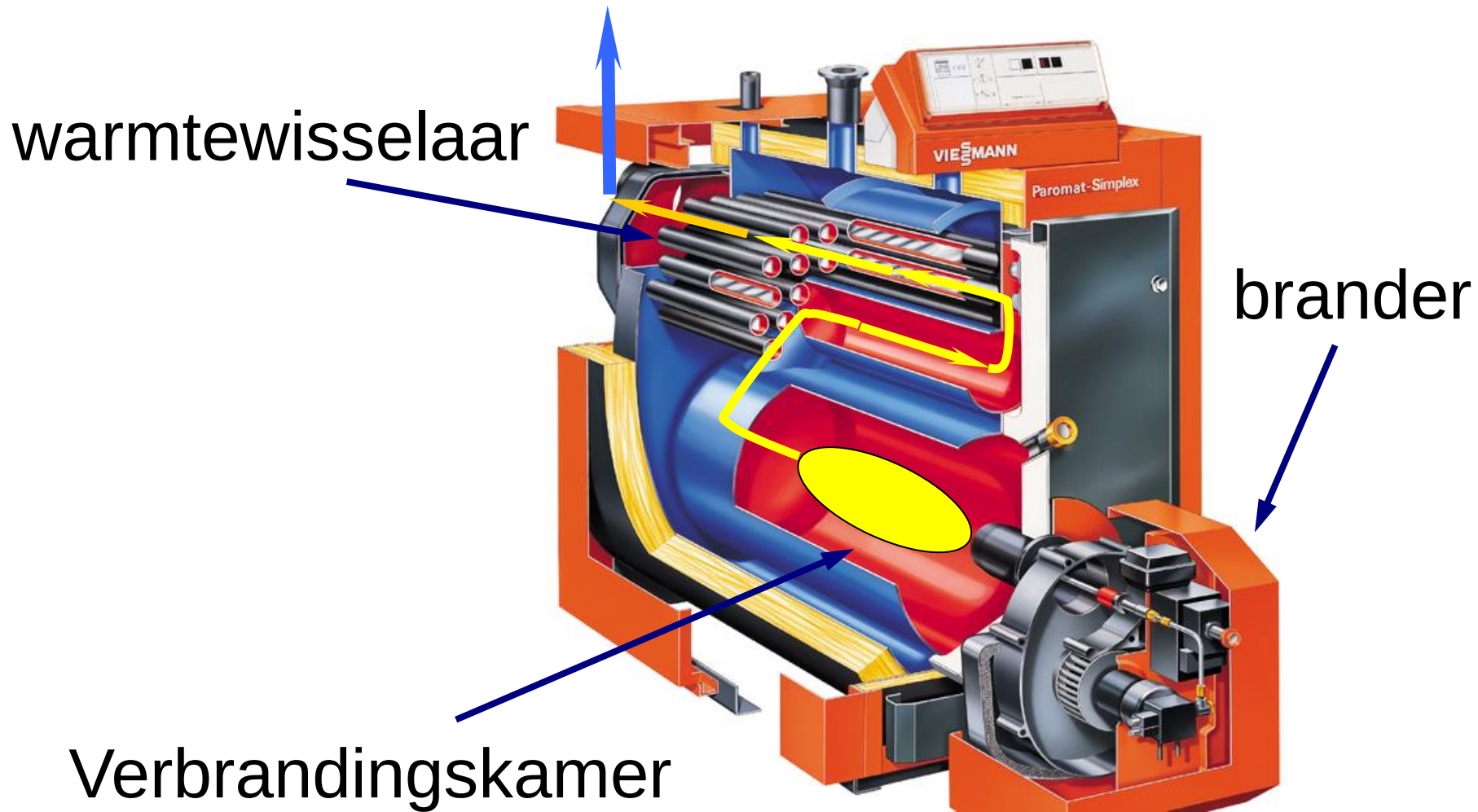




Centrale ver(w)arming



♣ Centrale ver(w)arming



Europese norm: 3 klassen

1. standaard ketel:

- condensatie is niet toegelaten, bekomen door een hoge watertemperatuur
- energieverlies

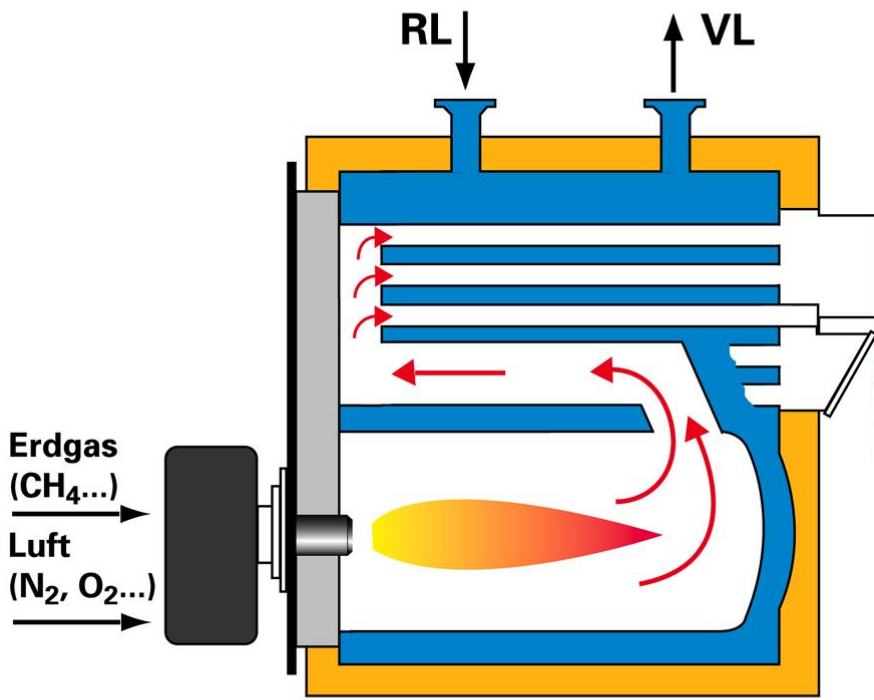
2. lagetemperatuurketel:

- condensatie is niet toegelaten, bekomen door keteltechnologie
- minder energieverlies

3. condensatieketel:

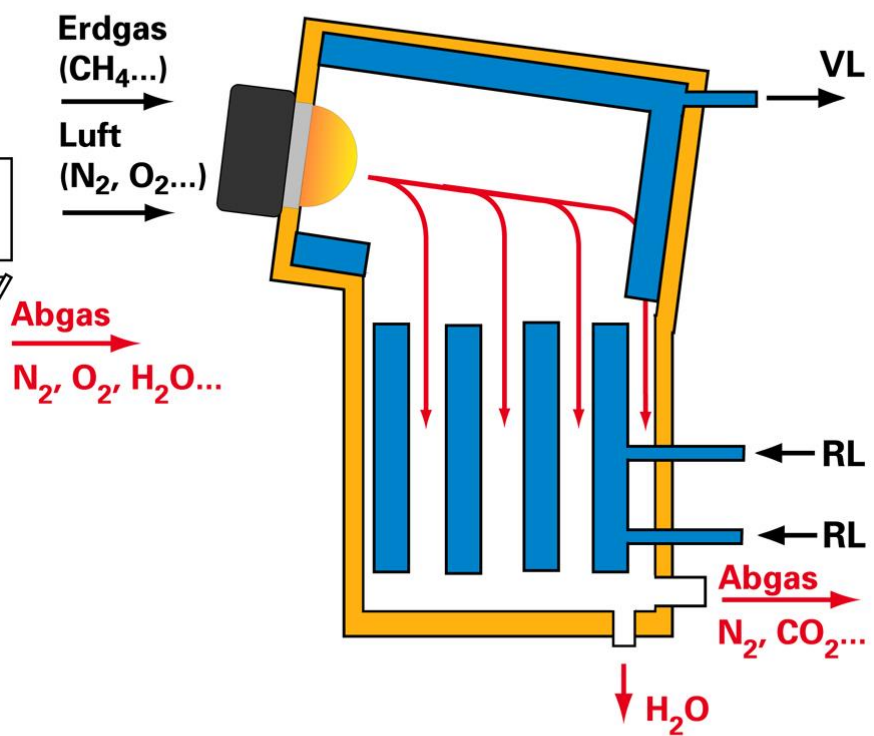
- condensatie is gewenst, hoogste rendement

N **standaardketel**



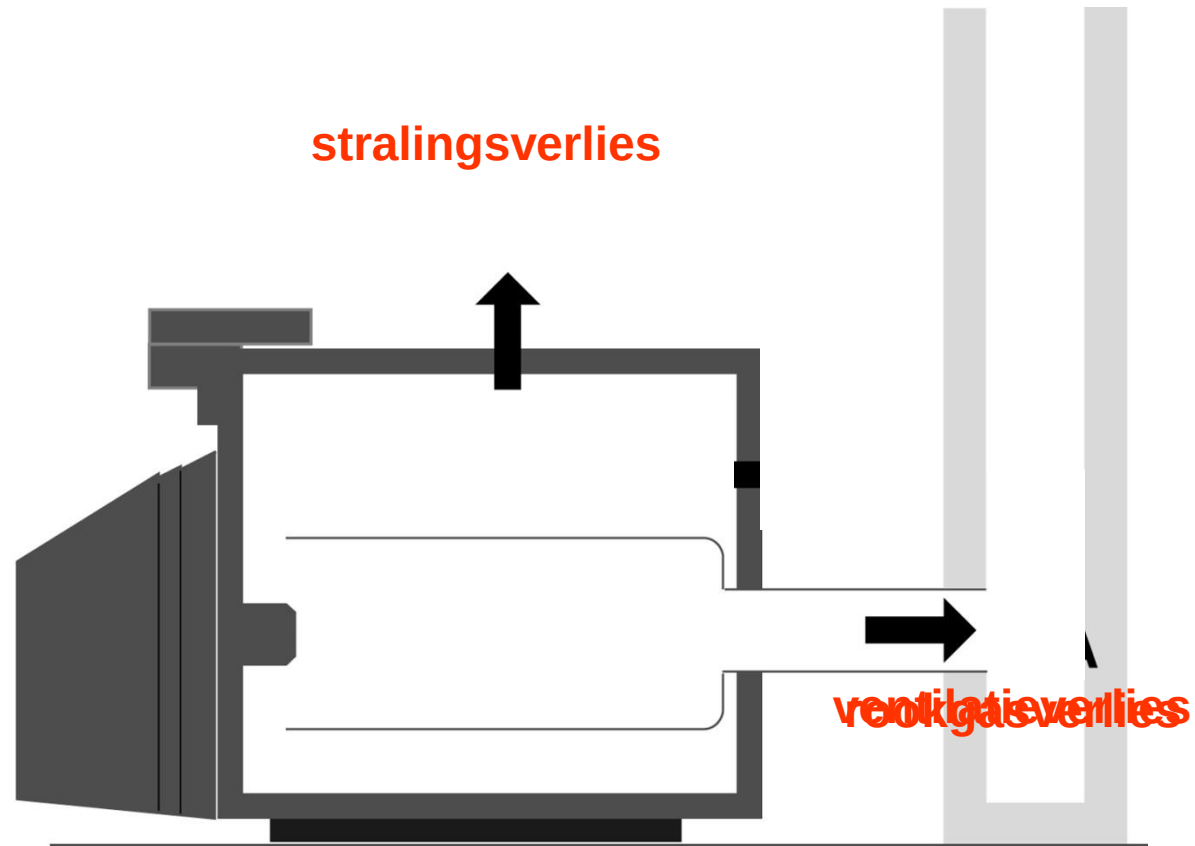
$\eta_N = 95\%$

condensatieketel

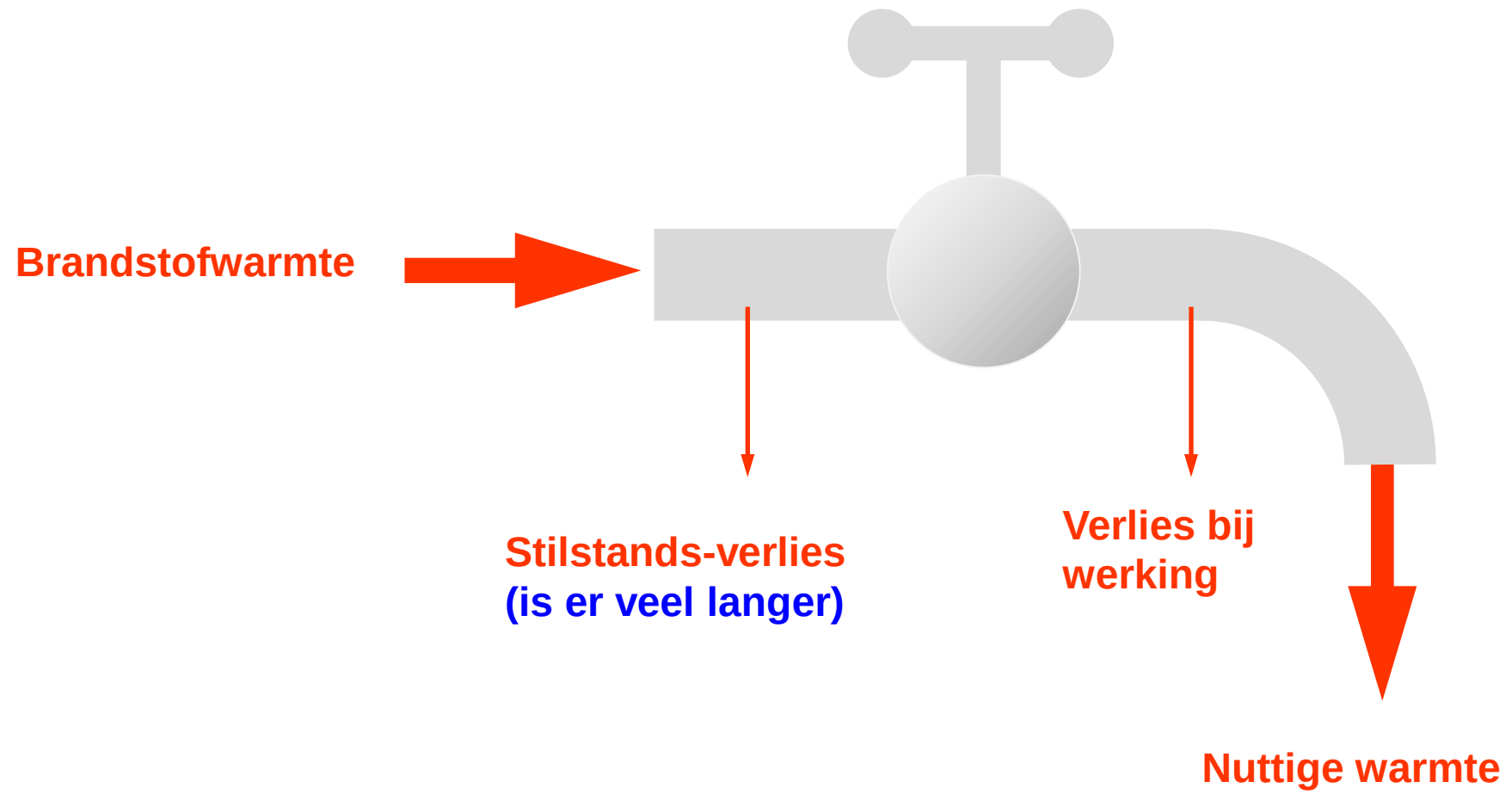


$\eta_N = 109\%$

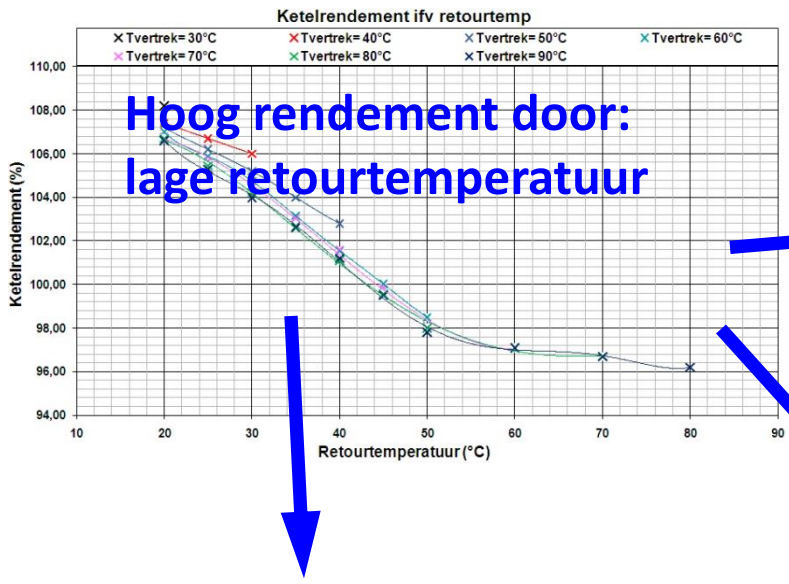
♣ Centrale ver(w)arming



♣ Centrale ver(w)arming

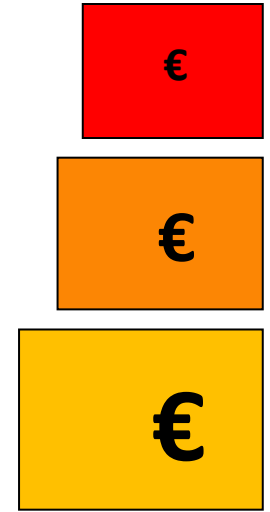


♣ Centrale ver(w)arming



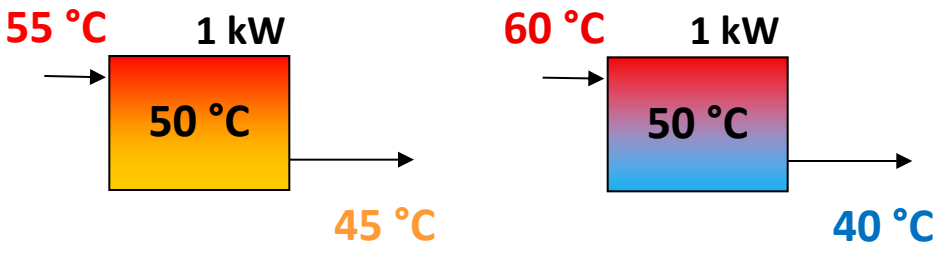
Hoog rendement door:
lage retourtemperatuur

Grote radiatoren,
vloerverwarming...

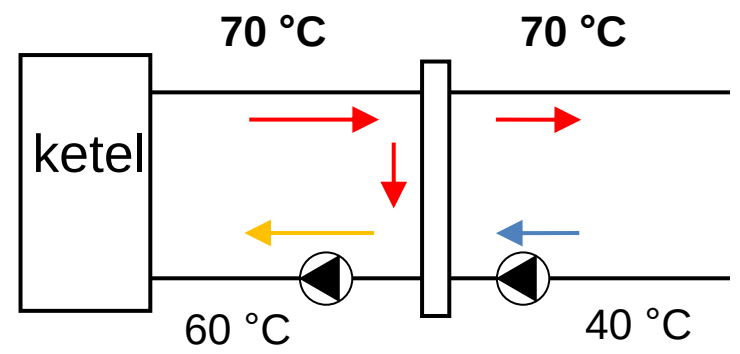


klein debiet, grote ΔT

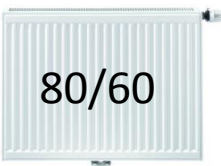
terugstroming vermijden



$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$



♣ Centrale ver(w)arming



Hoog rendement door deellastwerking



omschrijving		vermogen (kW)		rendement	
		min	max	deellast	vollast
nominaal vermogen (Pn)	CV-bedrijf (80/60 °C)	5	24,1	0,96	0,96
nominaal vermogen (Pn)	CV-bedrijf (50/30 °C)	5,6	25,5	1,08	1,02
nominale belasting (Qn)	CV-bedrijf (Hi)	5,2	25		

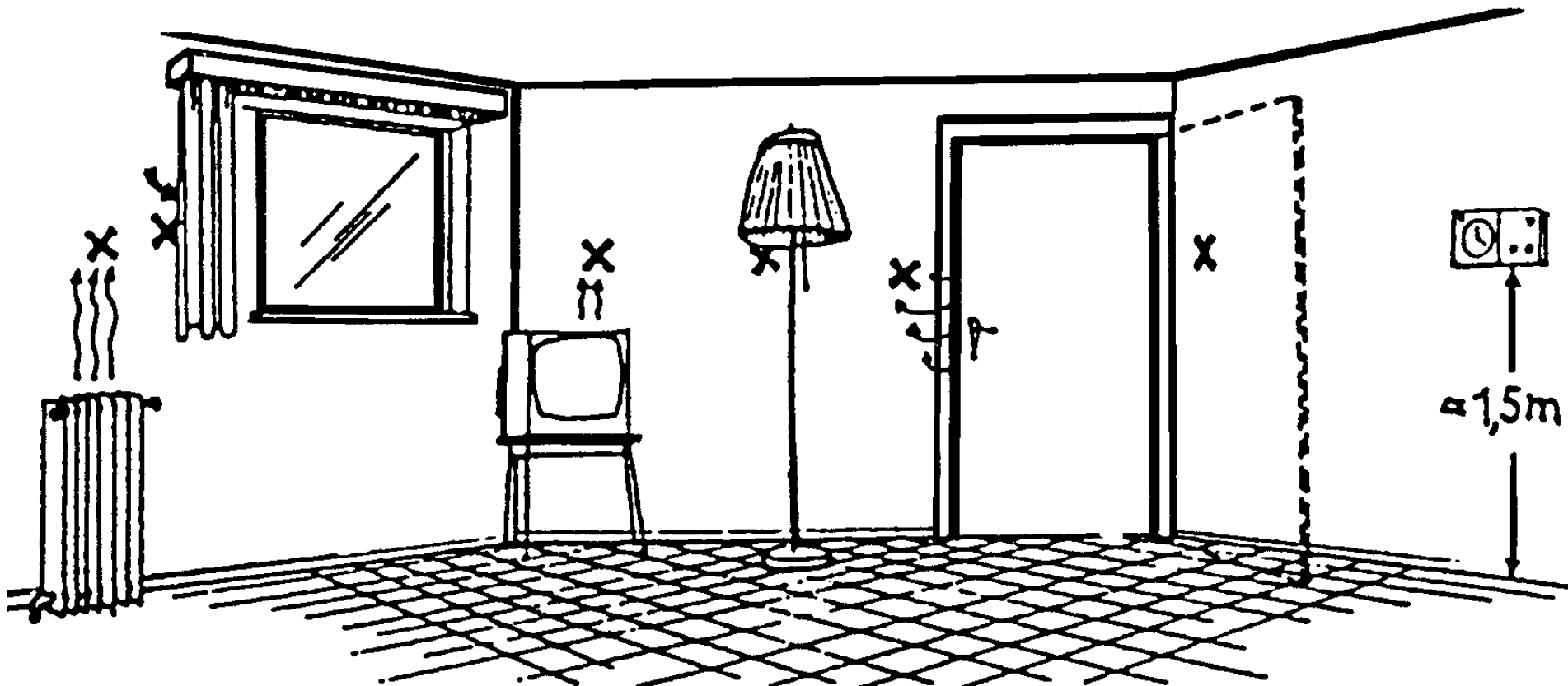
Ketelvermogen :

- oude ketel vaak te groot
 - niet goed berekend
 - het gebouw is nageïsoleerd
- belang correct ketelvermogen (niet te groot)
 - plaatsbesparing
 - goedkoper in aanschaf
 - hoger rendement
- bepalen van het ketelvermogen
 - schilberekening, logging
 - sww (doorstroom of voorraad)

♣ Centrale ver(w)arming

Regeling met kamerthermostaat:

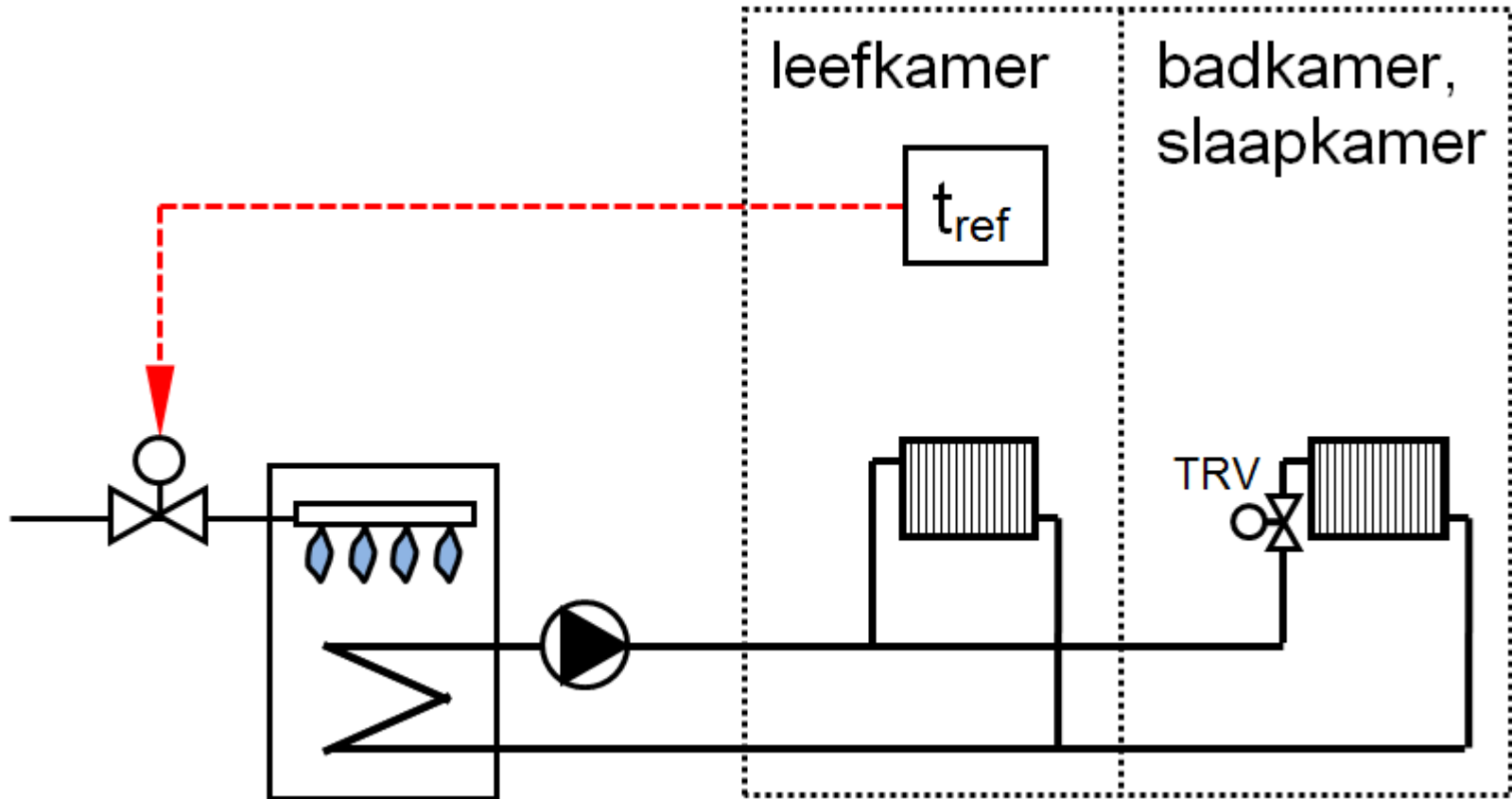
- waar kamerthermostaat plaatsen ?
- wat doet deze precies ?



♣ Centrale ver(w)arming

Kamerthermostaat in leefkamer:

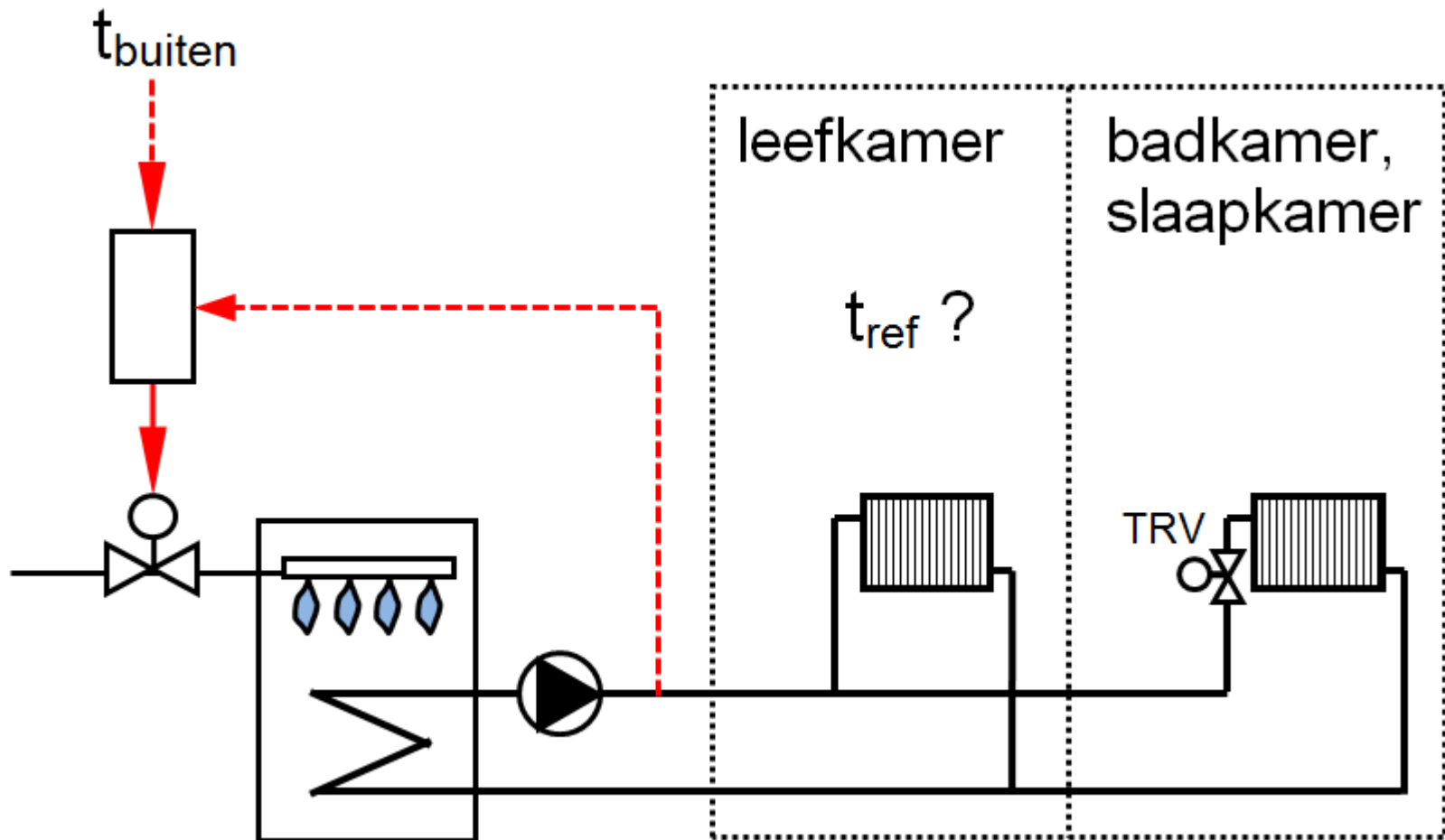
- kamerthermostaat stuurt de brander
- watertemperatuur verandert met buitentemp



♣ Centrale ver(w)arming

Geen kamerthermostaat maar weersafhankelijk

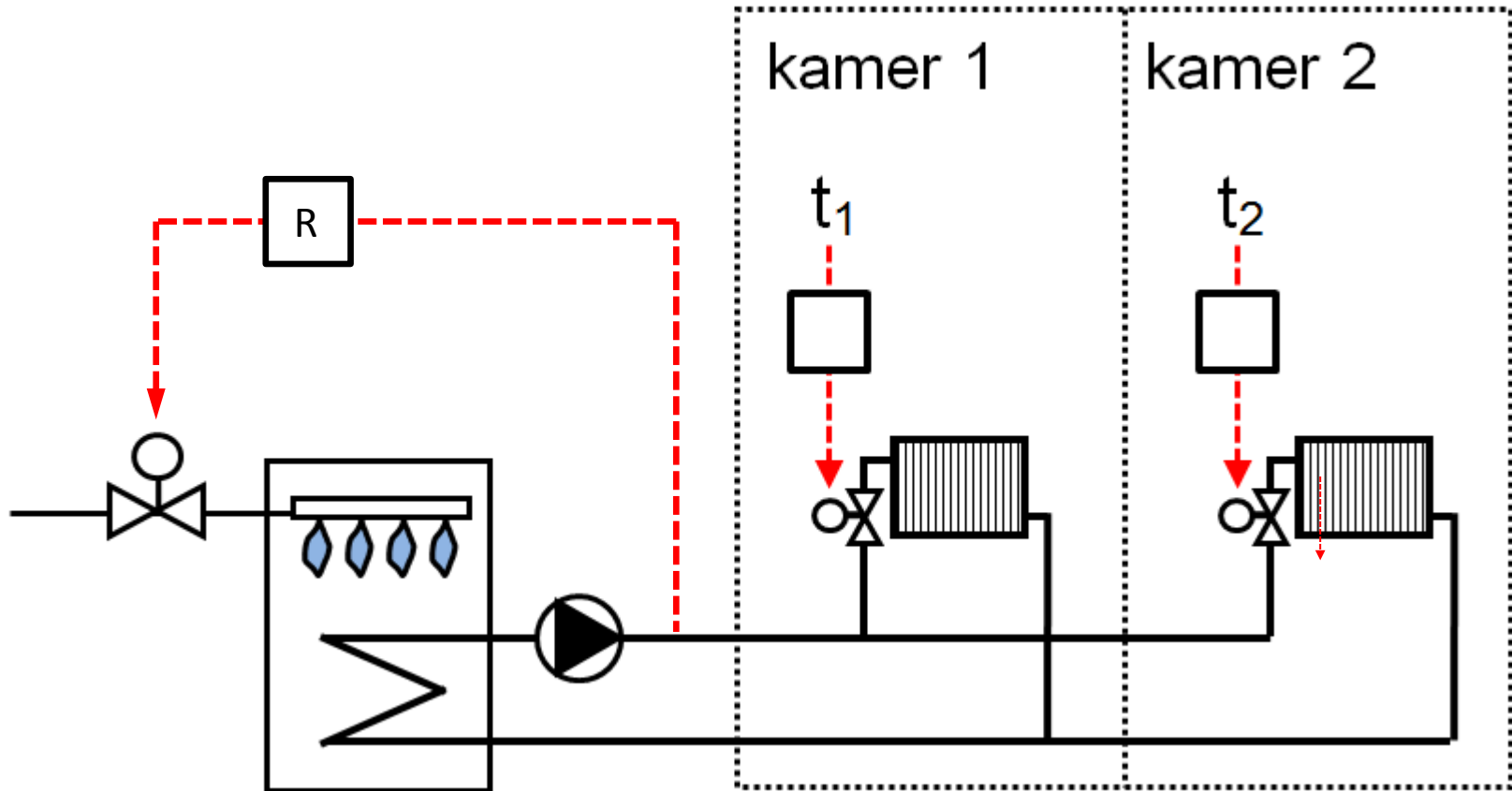
- geen geschikte plaats te vinden
- watertemperatuur verandert met buitentemp



♣ Centrale ver(w)arming

Temperatuurregeling in elke kamer afzonderlijk:

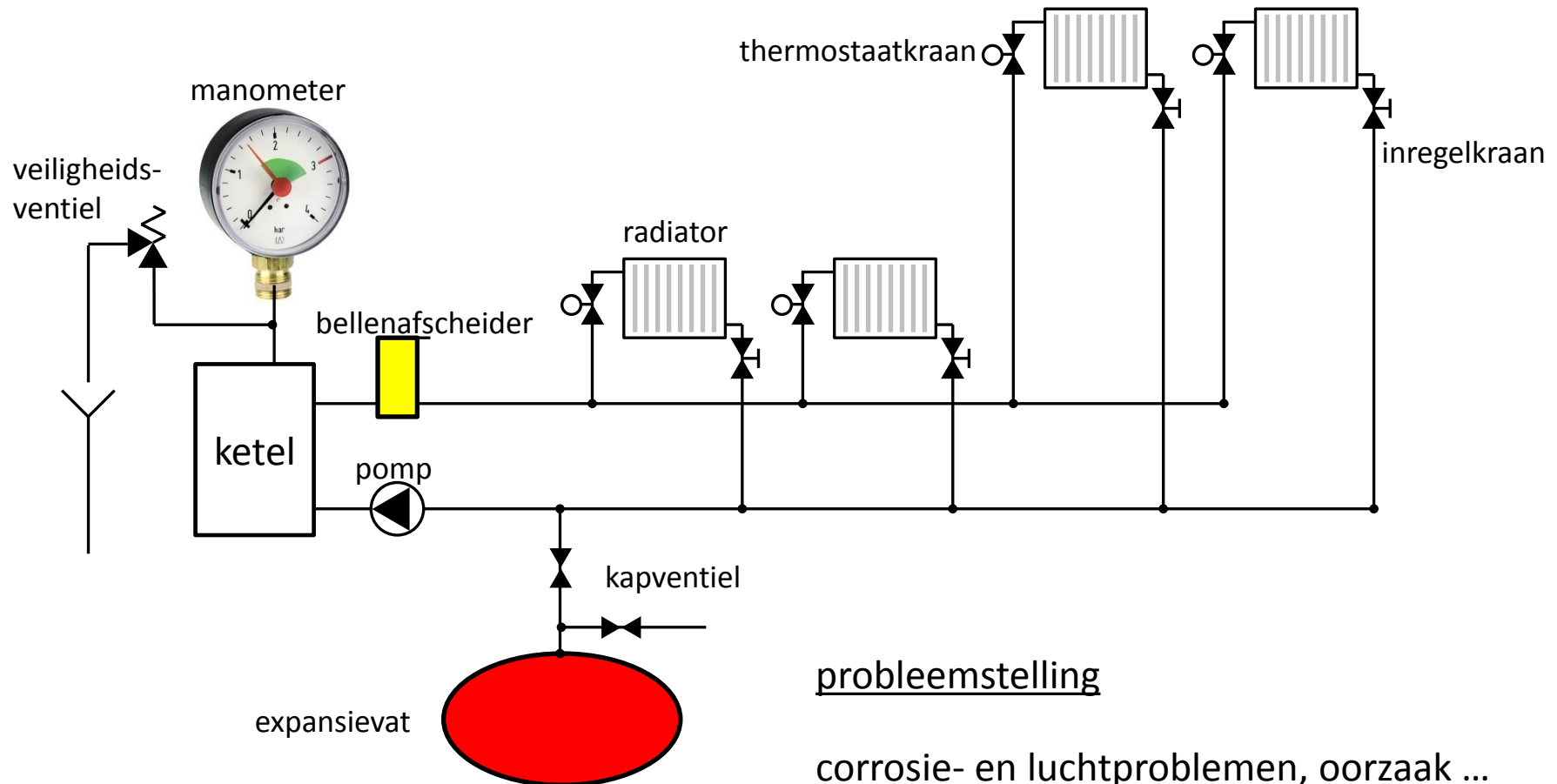
- comfort/energie
- waterdebietregeling



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

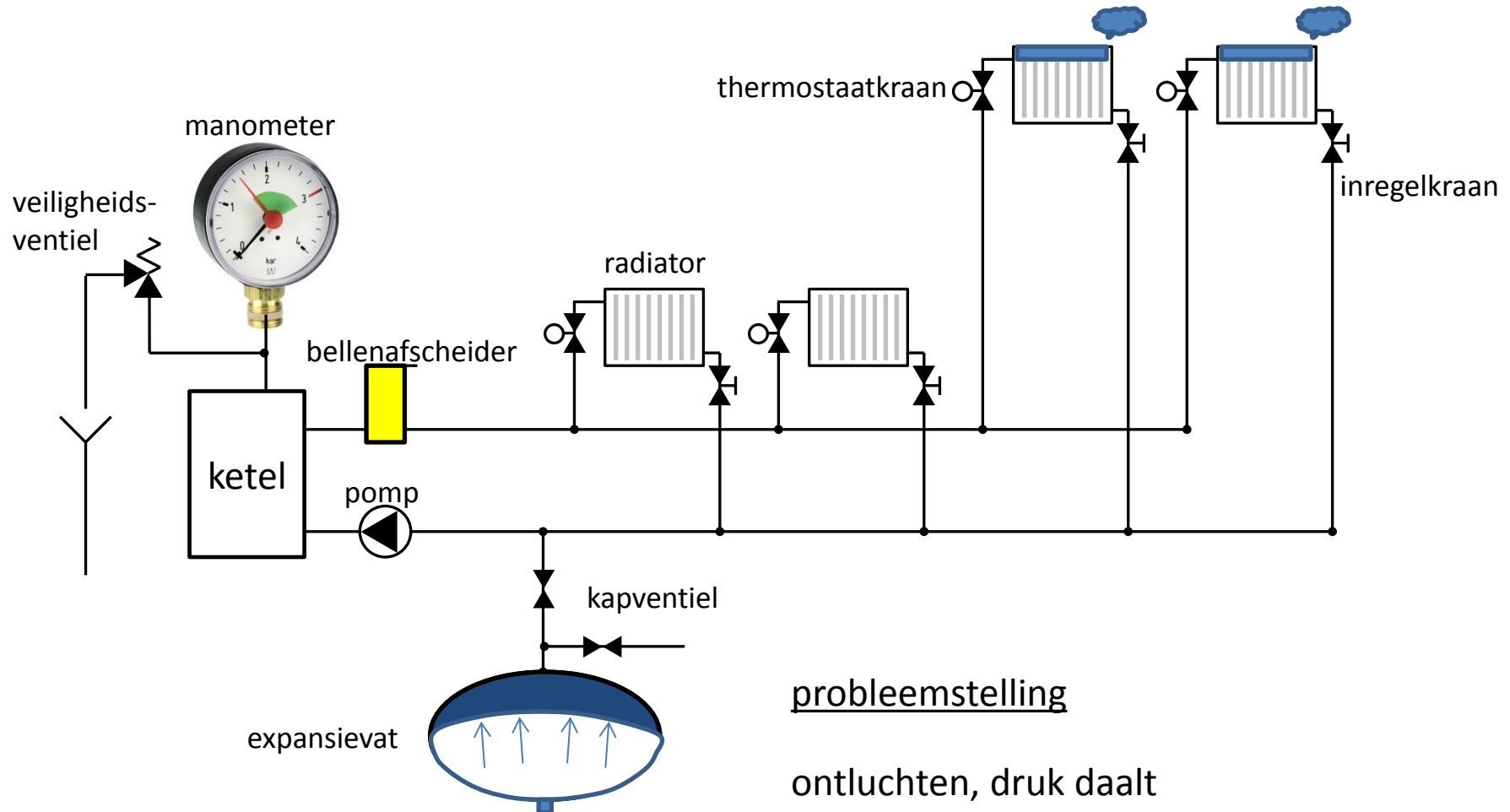
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

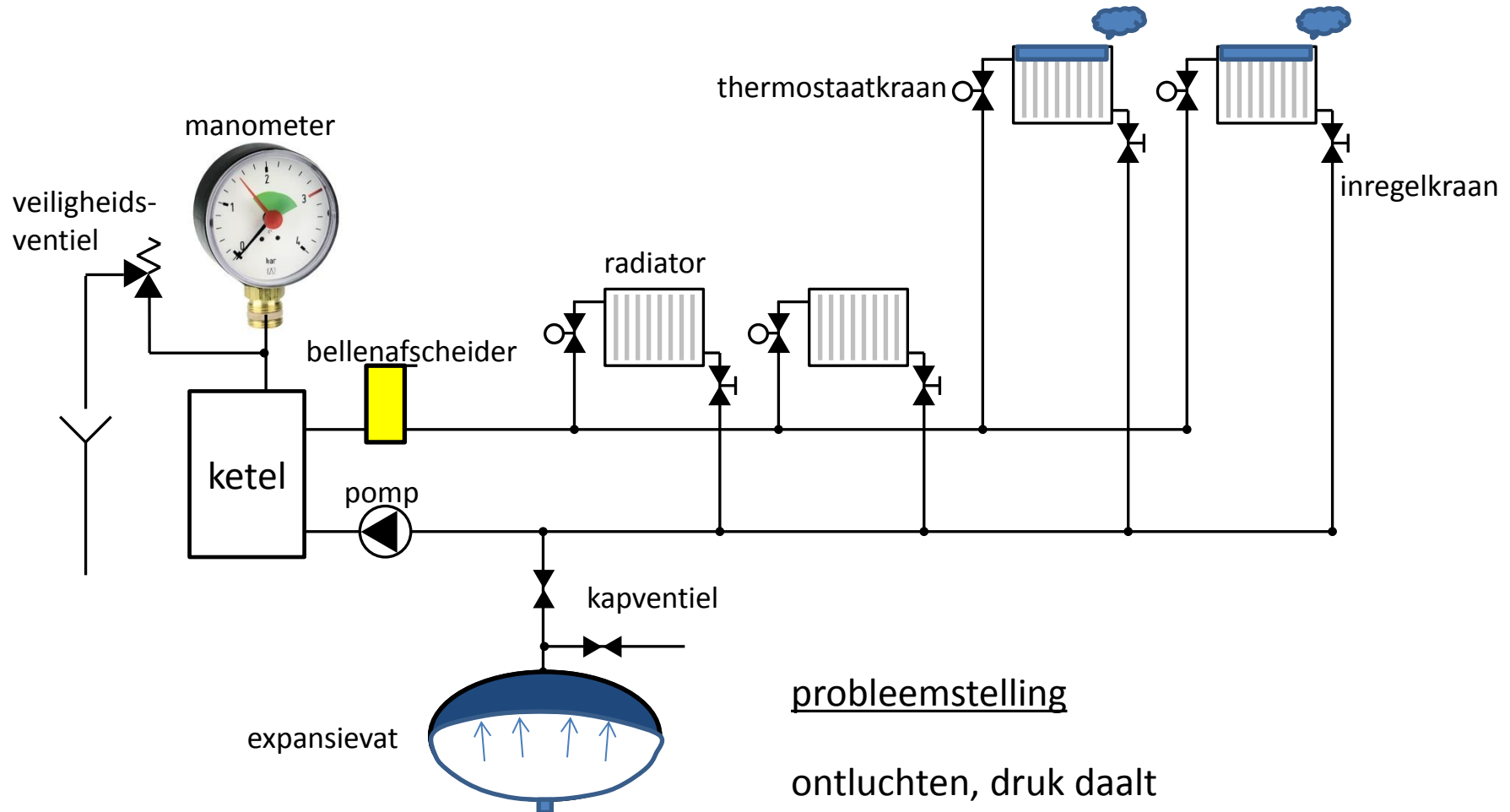
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

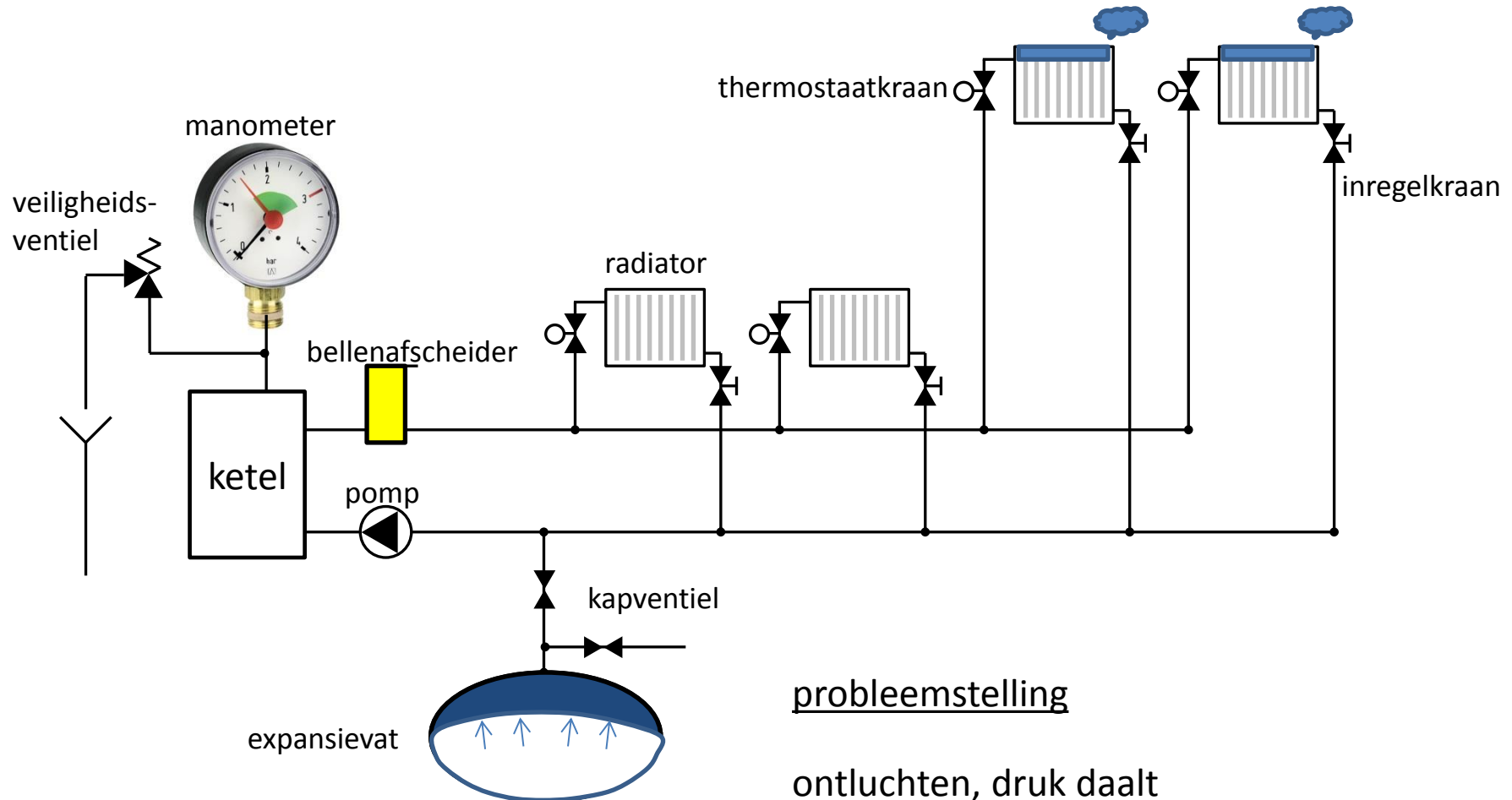
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

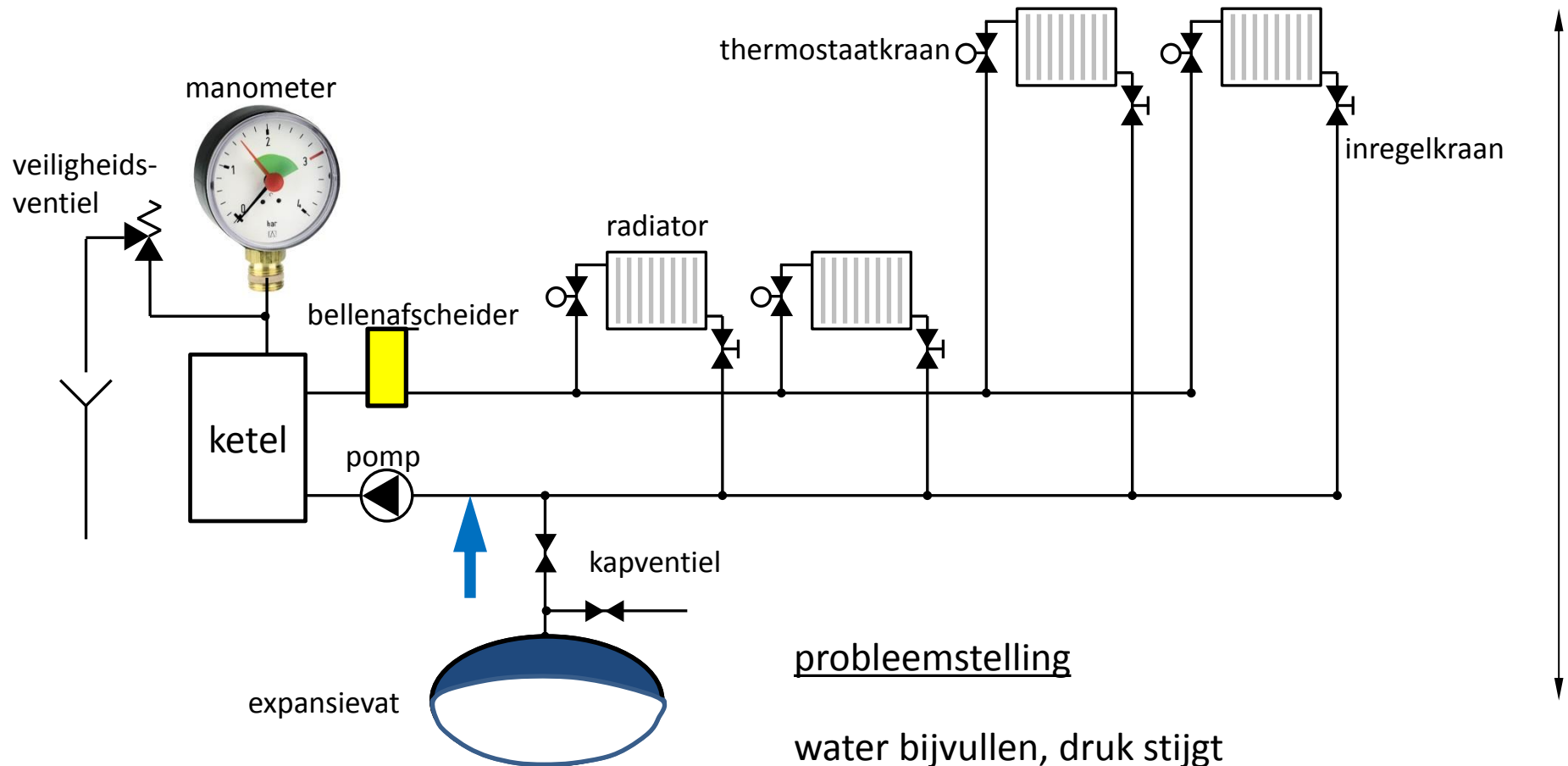
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

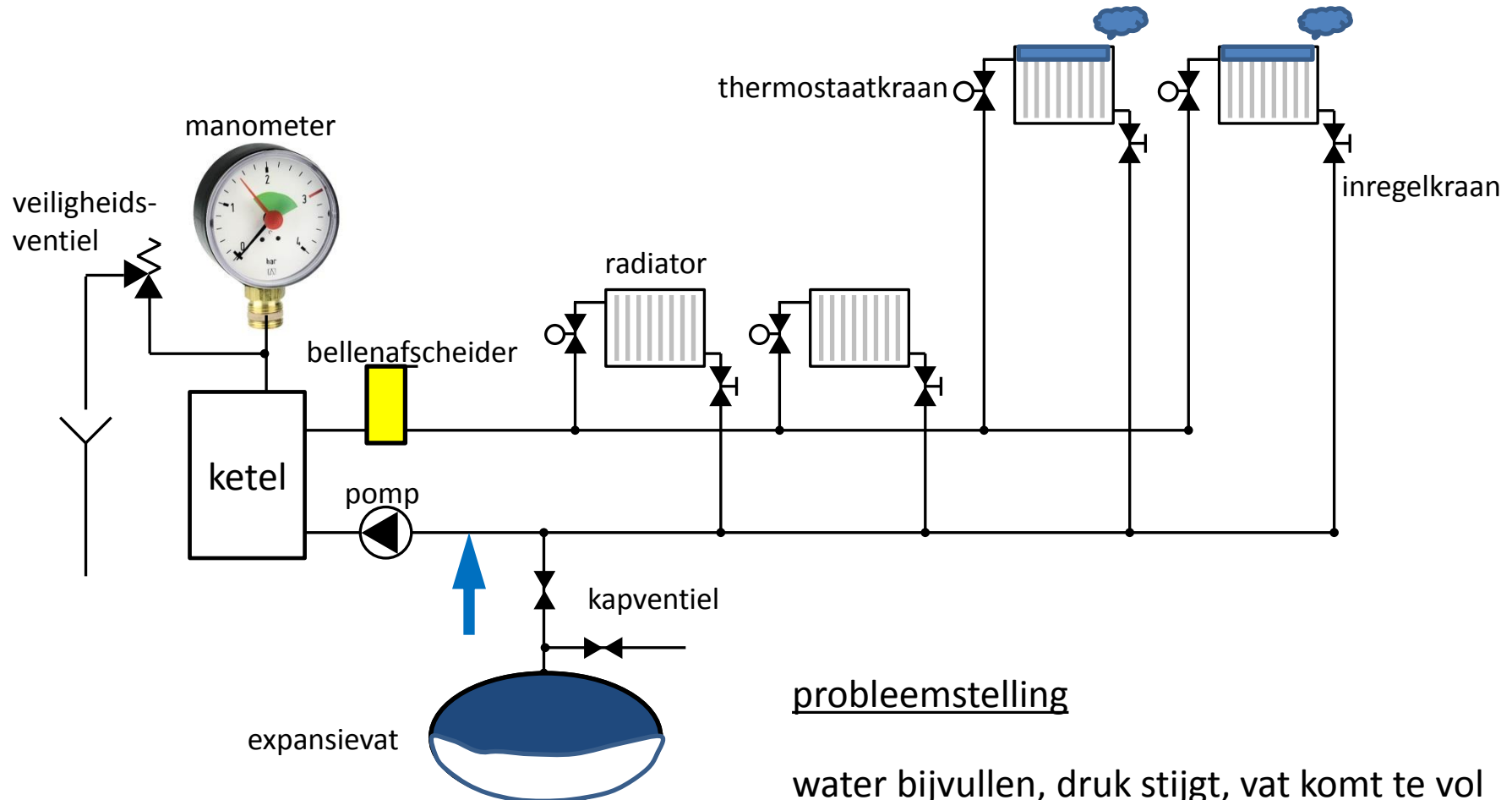
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

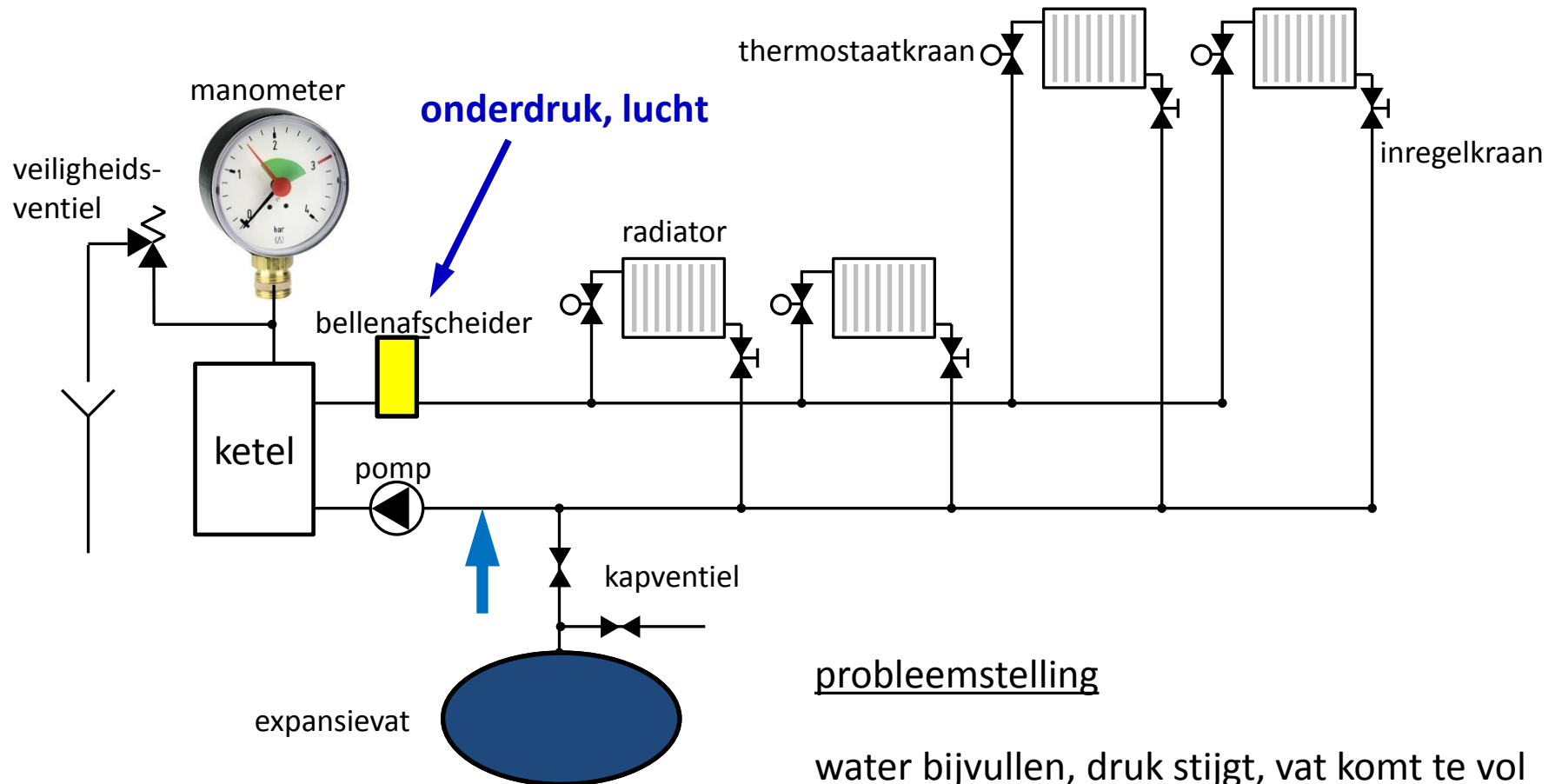
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

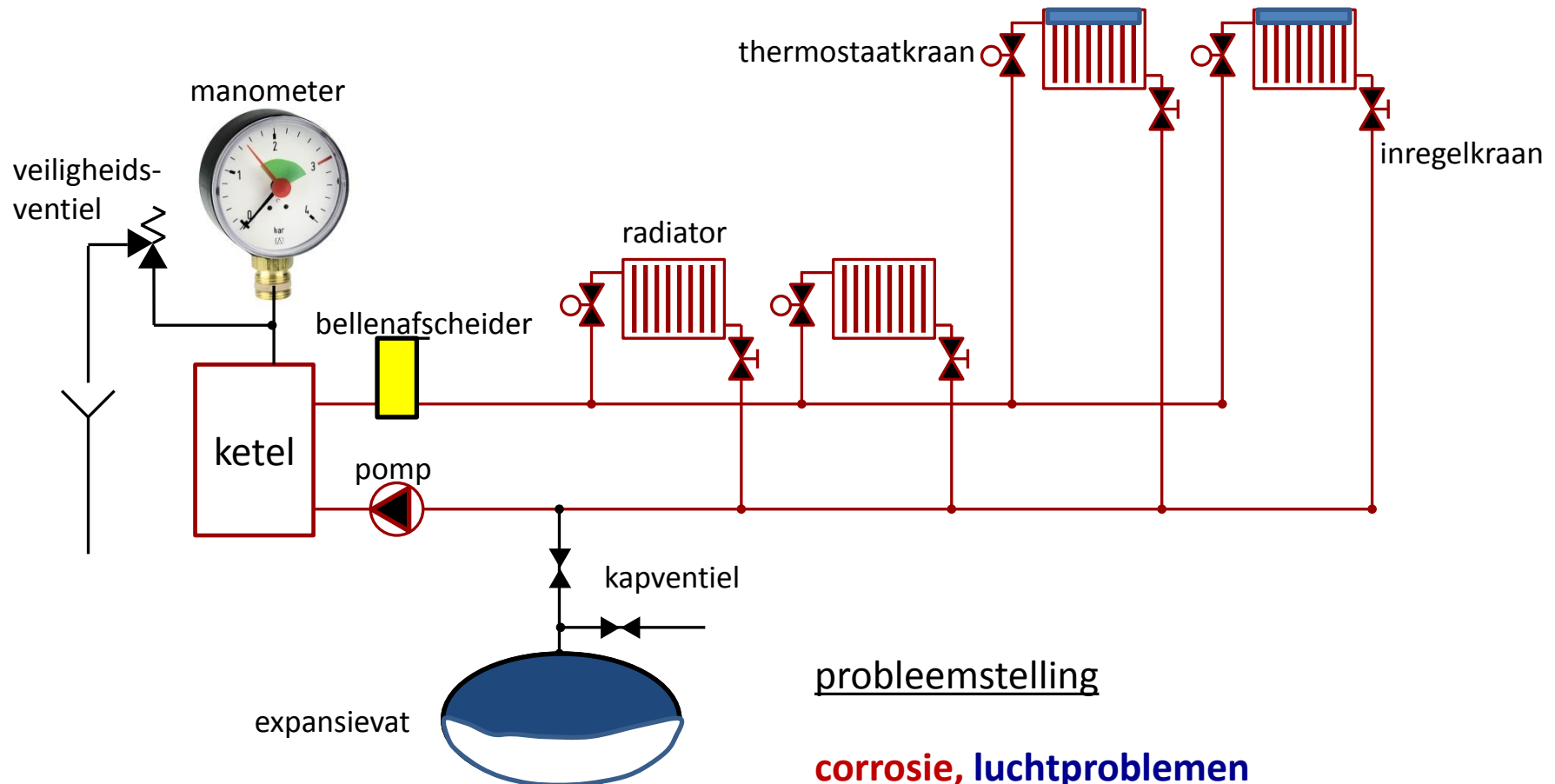
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

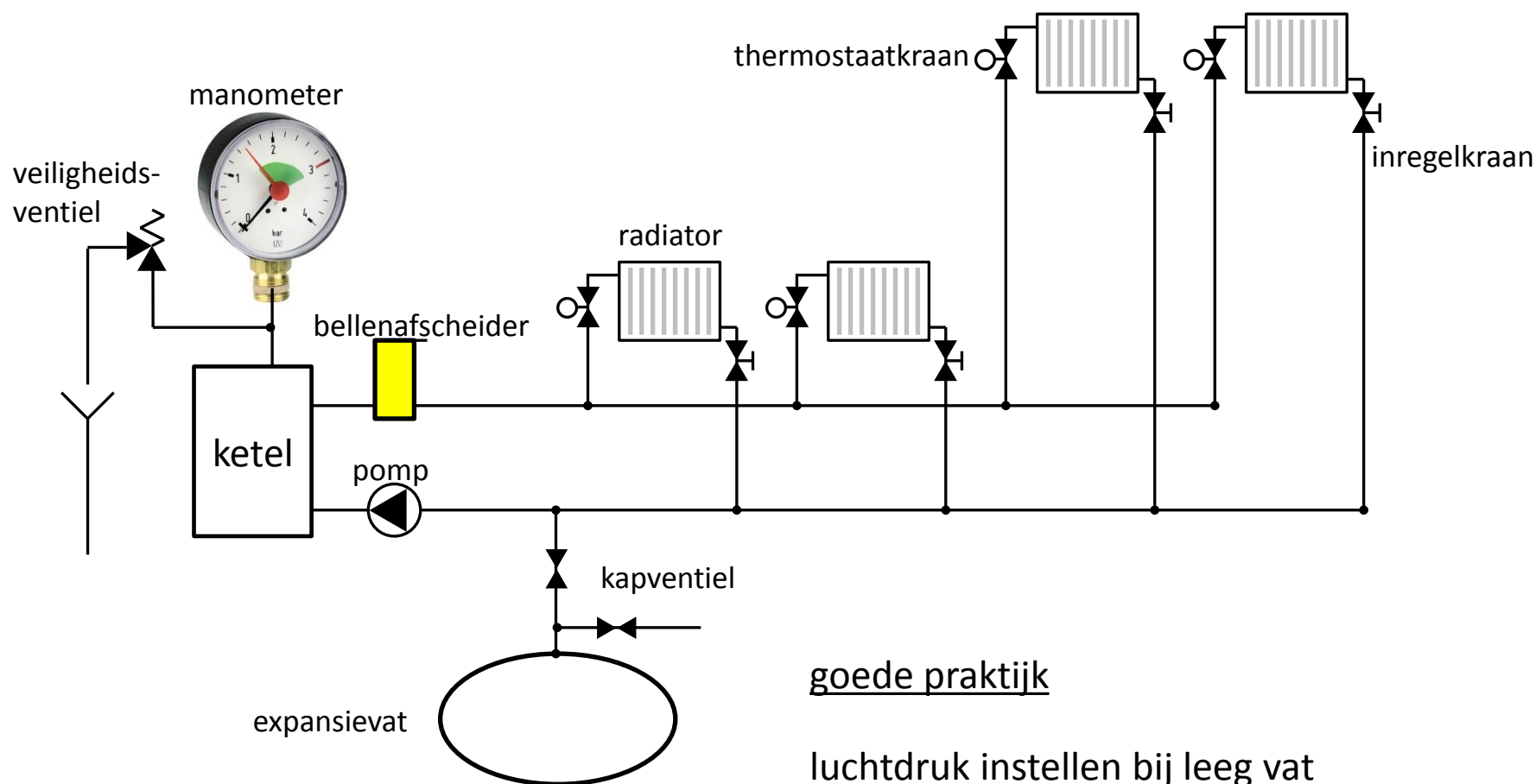
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

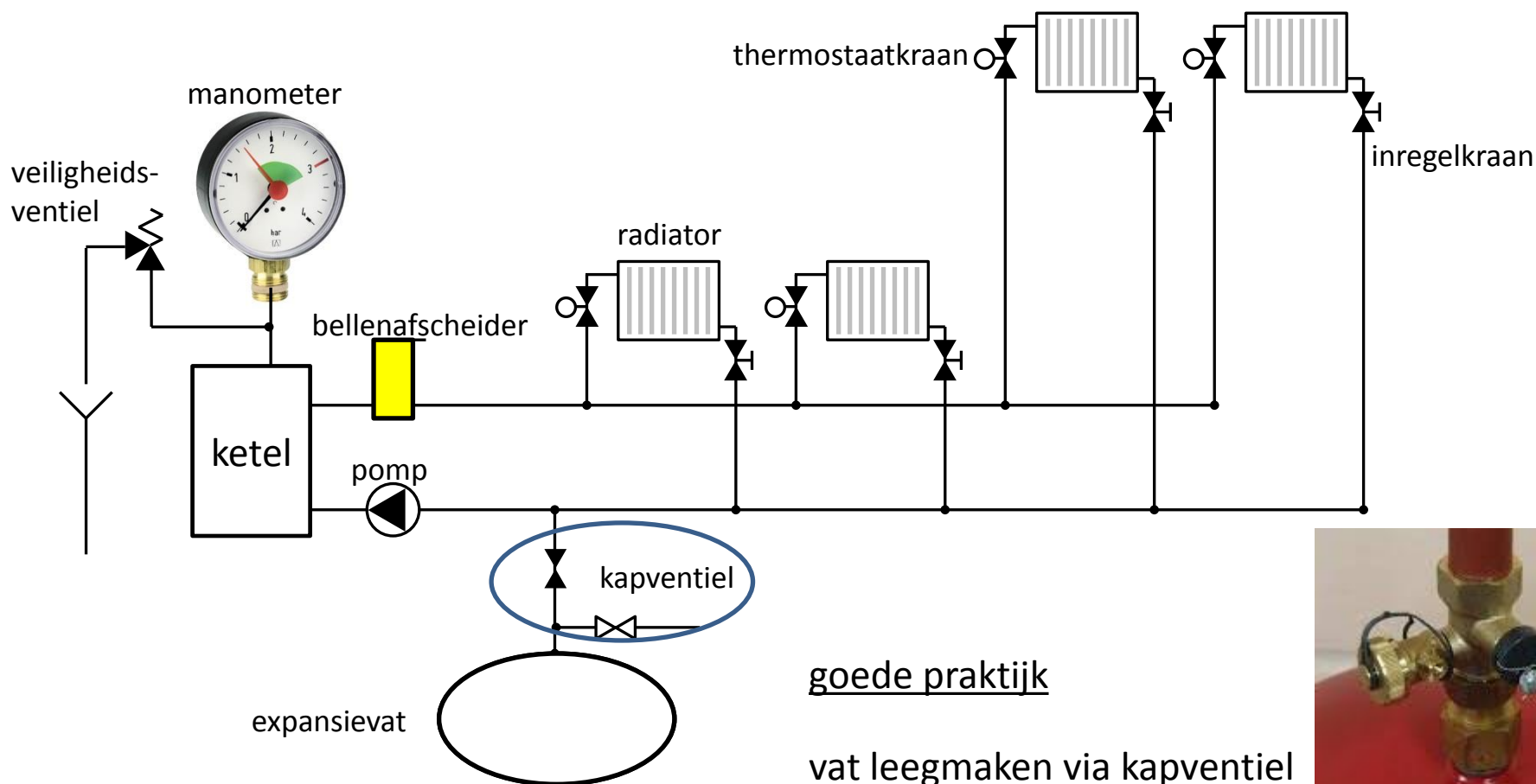
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

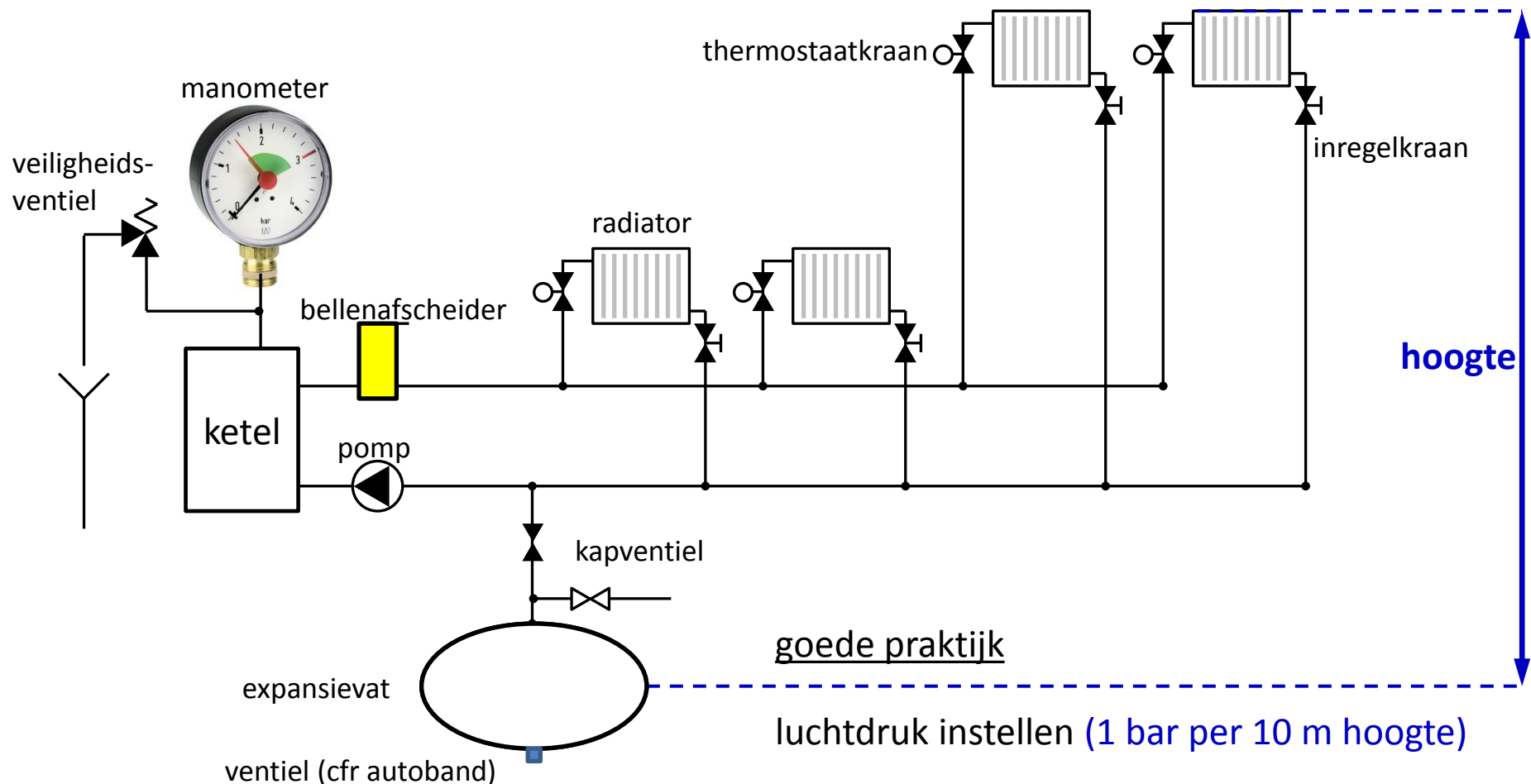
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

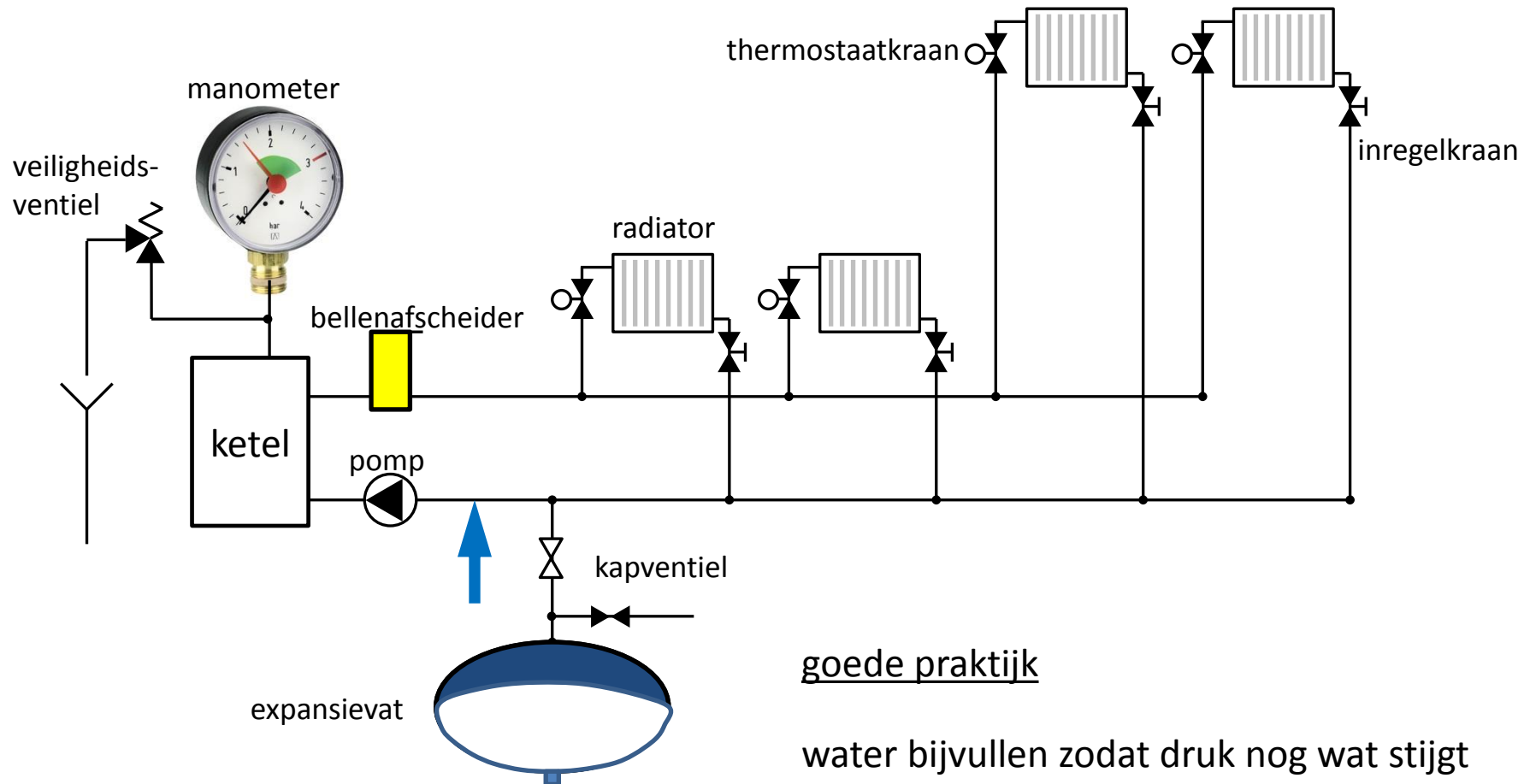
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

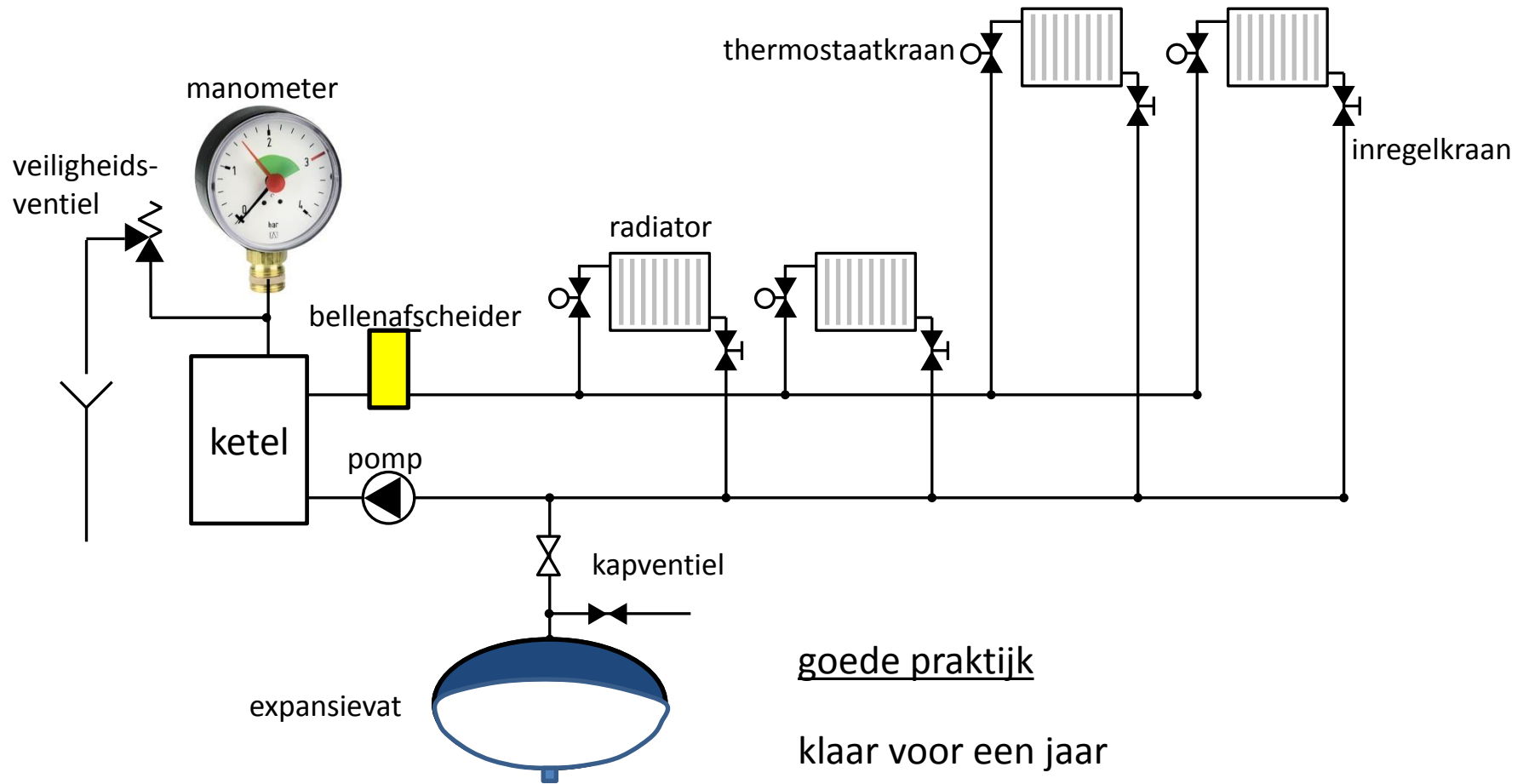
- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



♣ Centrale ver(w)arming

Expansievat:

- nergens en nooit onderdruk ivm lucht
- voorkomt corrosie- en luchtproblemen



ANTWERPEN ANNO 2050...

DE BLUB
BEDRIJFSWAGEN
AANPAKKEN STAAT
BLUB NIET IN 'T
REGEERAKKOORD
...



LECTRR

- ♣ Afbakening en aanpak
- ♣ Hoofdwetten van 'energie'
- ♣ Isoleren: hoeveel en hoe
- ♣ Centrale ver(w)arming
- ♣ Ik BEN mee
- ♣ Hybride



Ik BEN mee

Verplichtingen voor de EU-lidstaten 2002/2010:

- Eisen globale energieprestaties (nieuwe en vernieuwde gebouwen) = EPB
- Energieprestatiecertificaat (bouw, verkoop of verhuur) met aanbevelingen voor verbetering = EPC
- Periodieke keuring c.v.-ketels en airco (>15 jaar: eenmalige keuring)

Renovatiepakt 2014-2016: voortdurende verstrenging

BEN vanaf 2021

nieuwe gebouwen:

verwarming, koeling, ventilatie, sww, hernieuwbare energie



ARGUMENTS AGAINST-



Jo Heller © ZUNGRUB PRESS GZFT

- ♣ Afbakening en aanpak
- ♣ Hoofdwetten van 'energie'
- ♣ Isoleren: hoeveel en hoe
- ♣ Centrale ver(w)arming
- ♣ Ik BEN mee
- ♣ Hybride

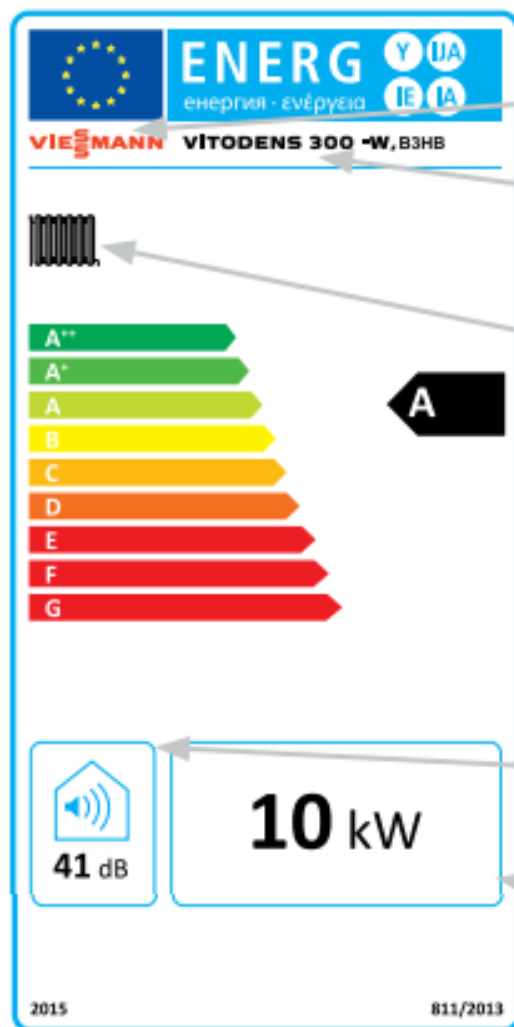


Hybride

Hybride systemen (verwarming, koeling, ventilatie)

- combineert voordelen van diverse systemen
(ketel, warmtepomp, zonne-energie, passieve koeling...)
inzake prijsfluctuatie, buitentemperatuur, pieken...
en effect op CO₂-uitstoot, primaire energie...
- toenemende complexiteit, pakketten...
- belang van concept, dimensionering, regeling
- ERP en energielabel maakt vergelijken mogelijk

Hybride systemen: productlabel



Fabrikant

Typeaanduiding

Verwarmingsfunctie

Energie-efficiëntieklasse

Werkingsgeluid

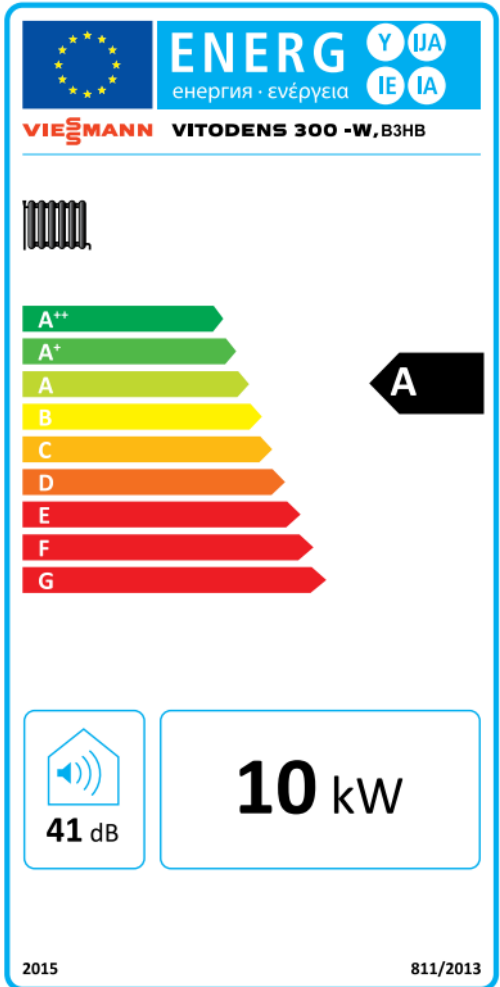
Vermogen



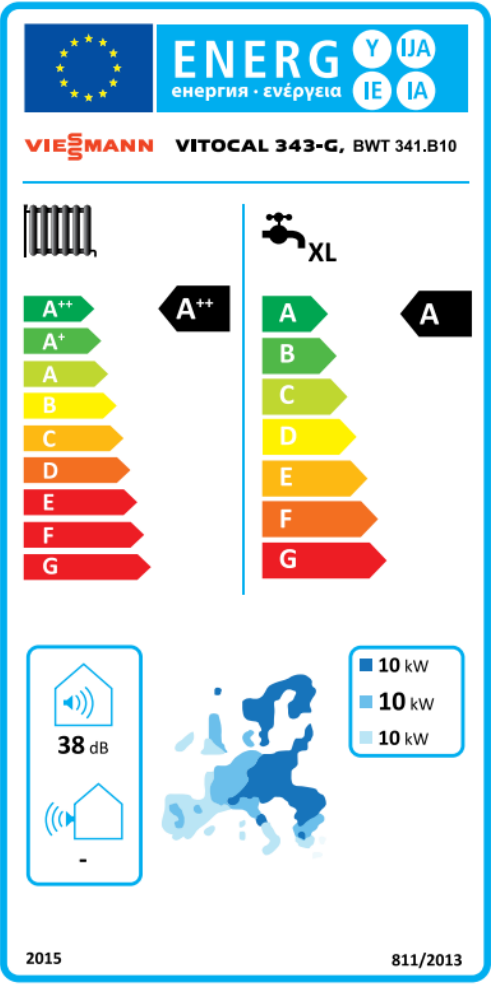
Hybride

Hybride systemen: productlabel

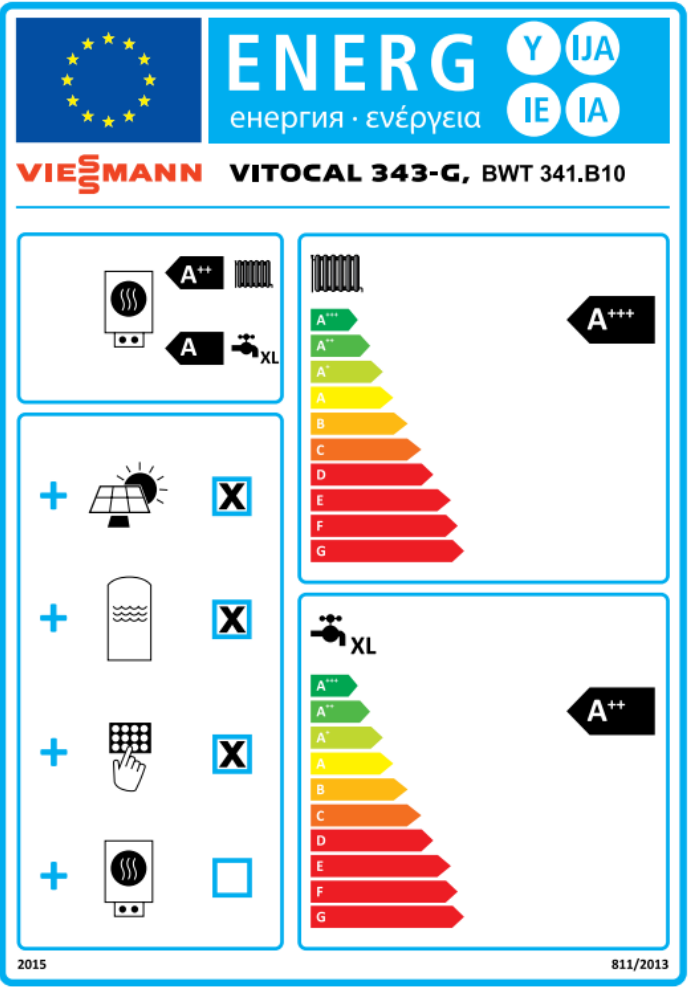
ruimteverwarming



combitoestellen



hybride systemen





Hybride



EMIB
Energy & Materials in Infrastructure & Buildings
University of Antwerp

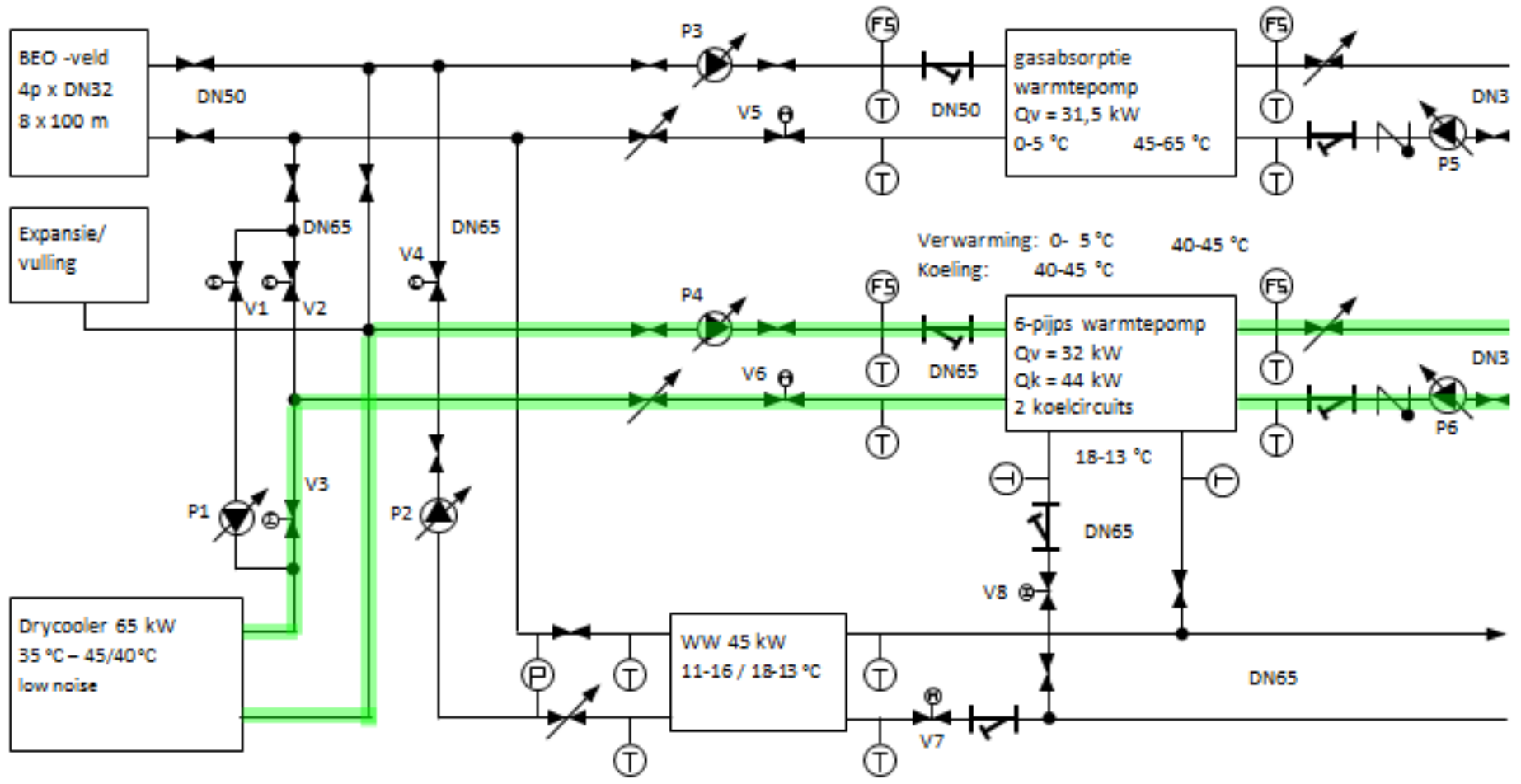
Hybride systemen, voorbeeld Universiteit Antwerpen faculteit toegepaste ingenieurswetenschappen





Hybride

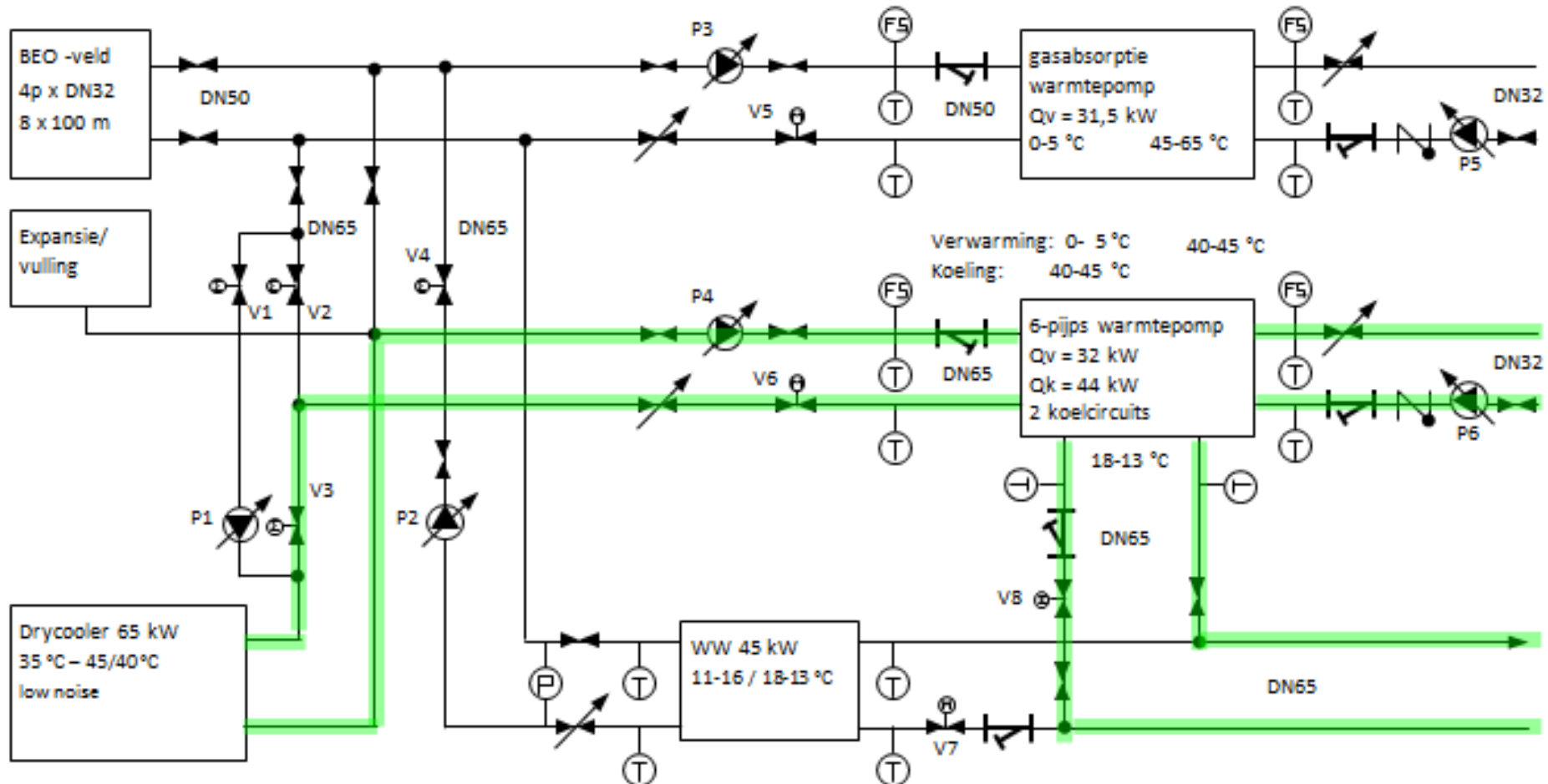
12 scenario's, vb. 1: verwarmen via elektrische warmtepomp met warmte uit buitenlucht





Hybride

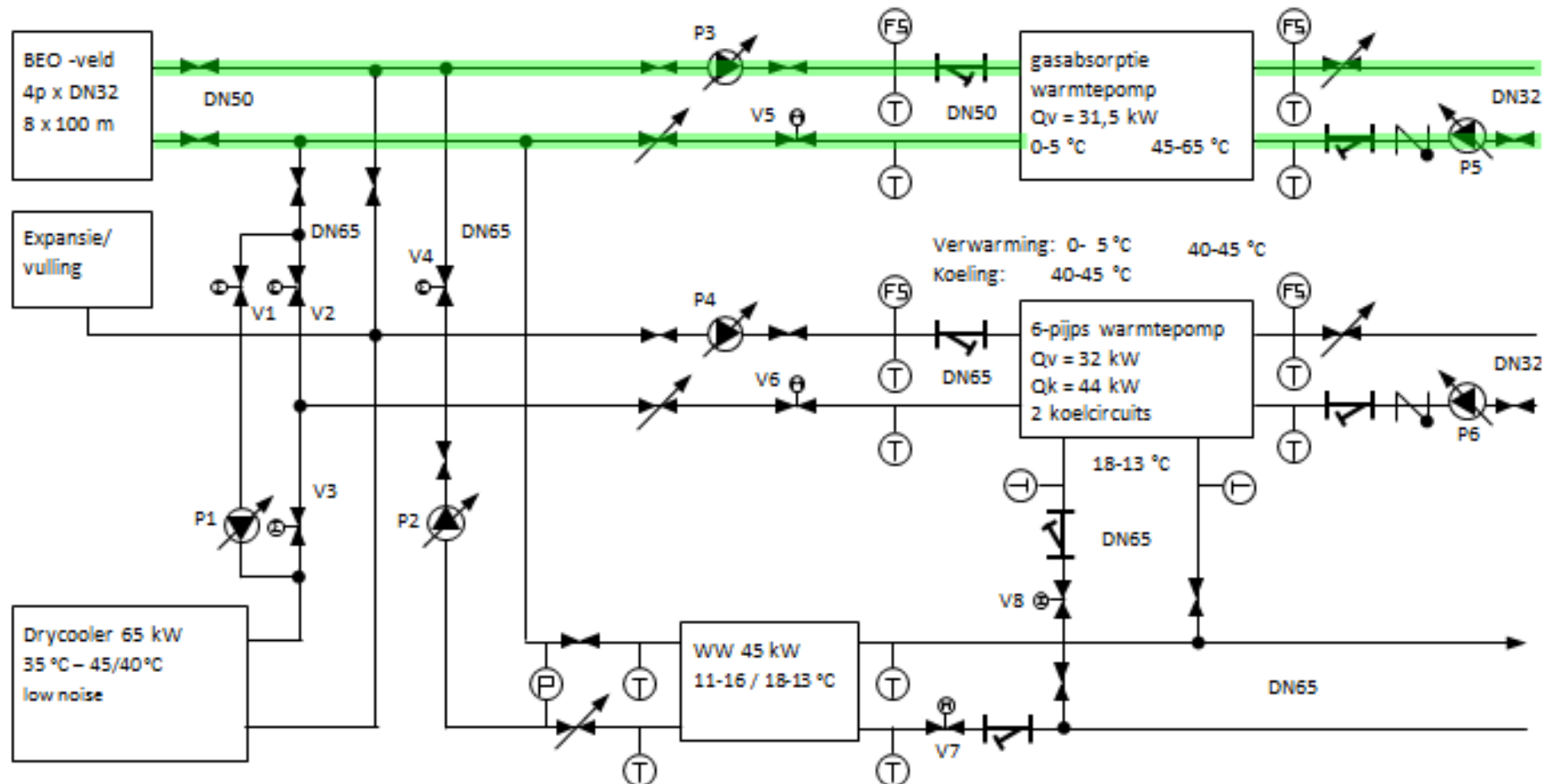
12 scenario's, vb. 2: koelen met warmterecuperatie, saldo van of naar buitenlucht





Hybride

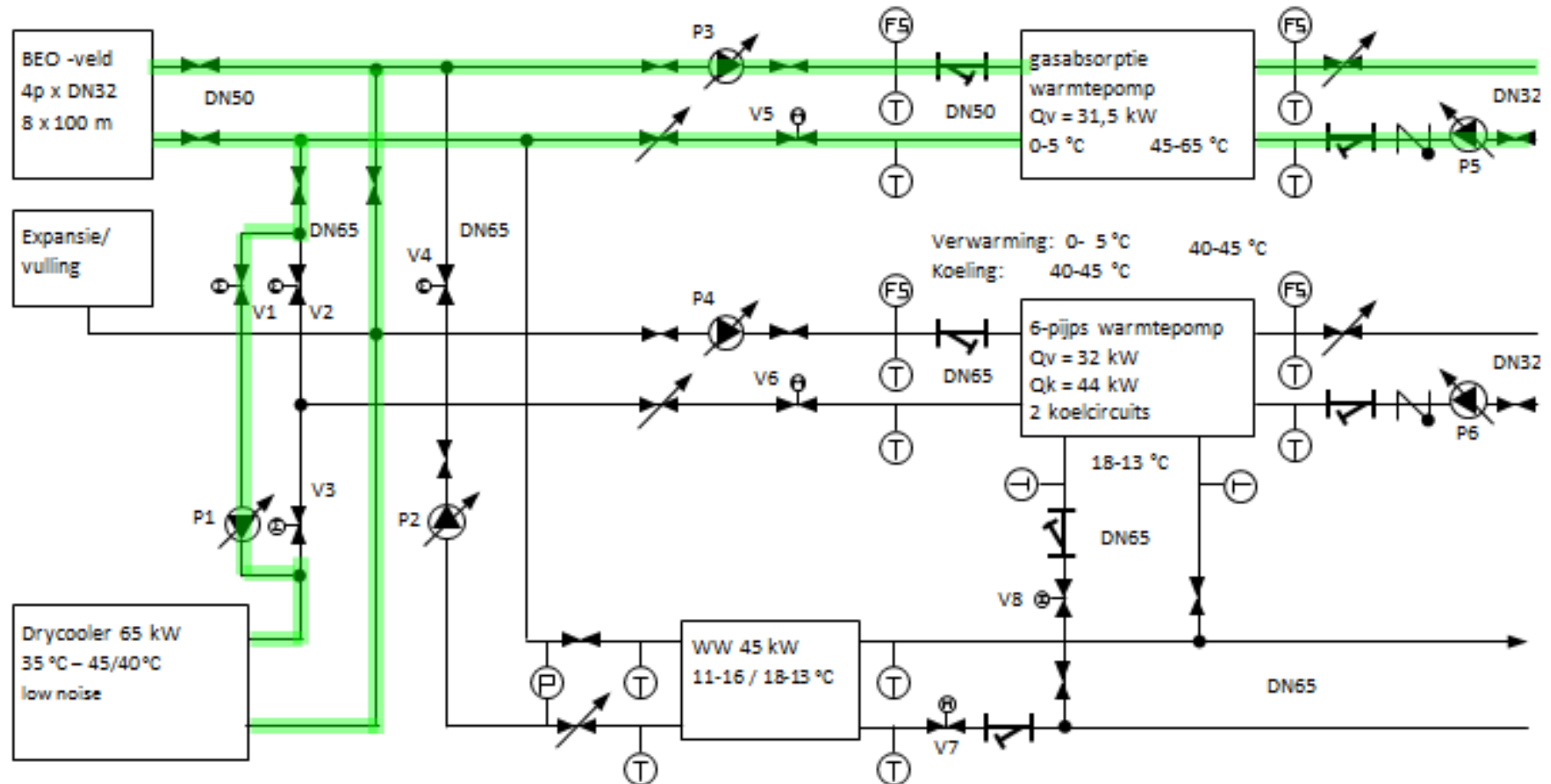
12 scenario's, vb. 3: verwarmen met gaswarmtepomp, bron is bodemwarmte





Hybride

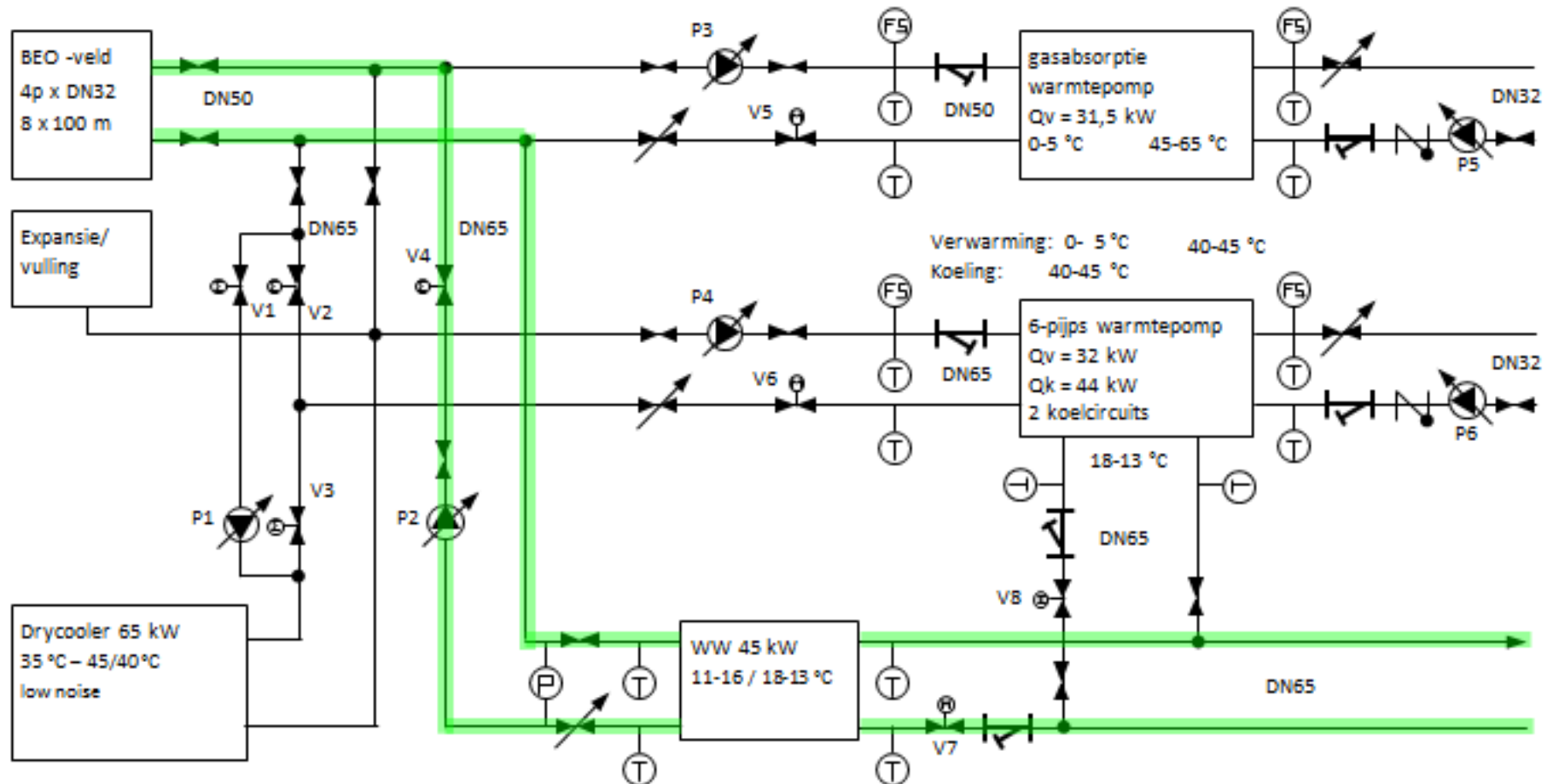
12 scenario's, vb. 4: idem, maar tegelijk regeneratie met warmte uit buitenlucht





Hybride

12 scenario's, vb. 5: passieve koeling met bodem, tegelijk wordt de bodem geregenereerd voor de winter





Wat moeten de
anderen doen...

maar vooral wat kan ik zelf doen ?



het beleid



energielabels: mik hoog



de ingenieur

