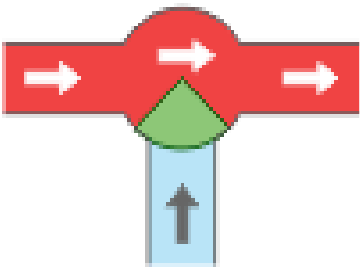
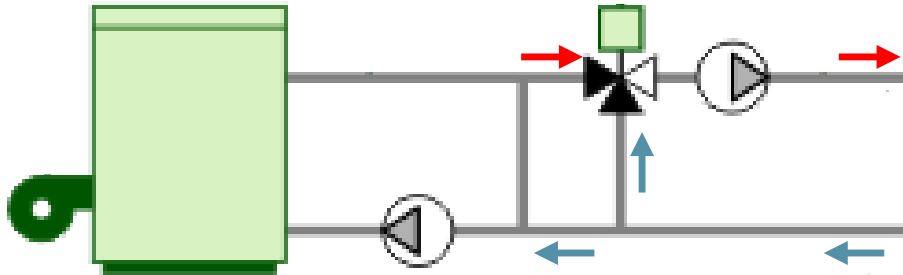


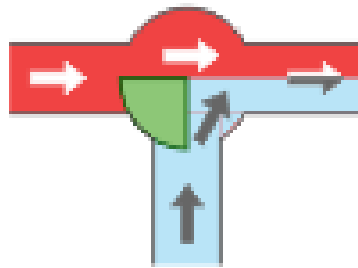
Verminderen van de watertemperatuur



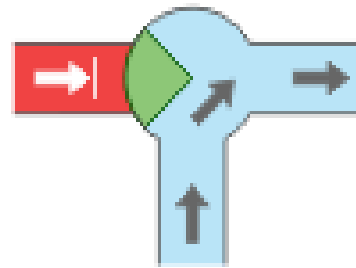
Mengkraan of « 3 wegkraan »



Kraan is 100% open



Kraan mengt 50% van het debiet met ketelwater en 50% met de retour van de radiatoren



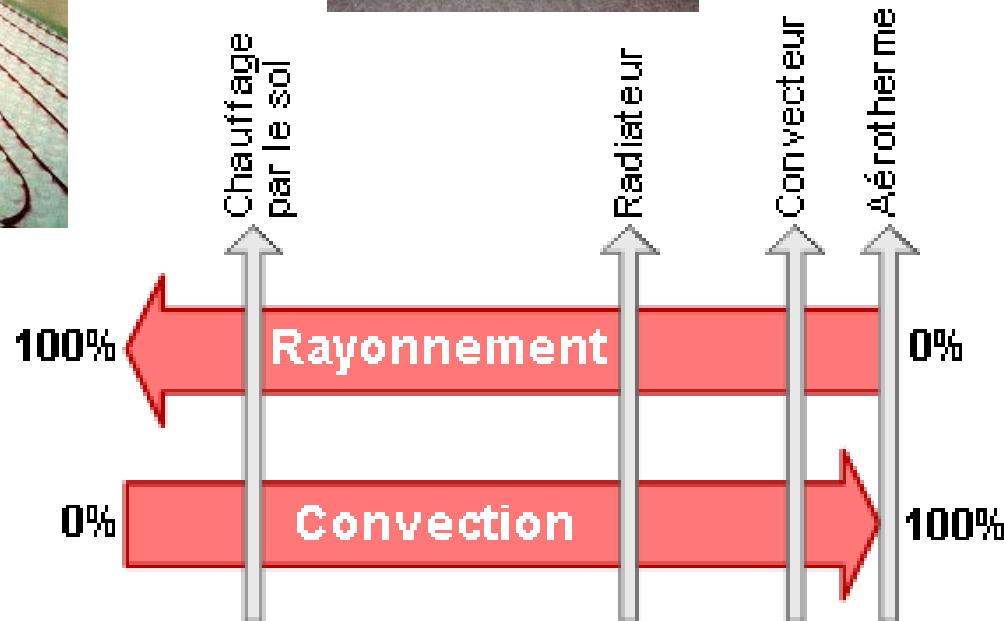
Kraan is gesloten: het water van de radiatoren circuleert steeds en wordt kouder



Overzicht

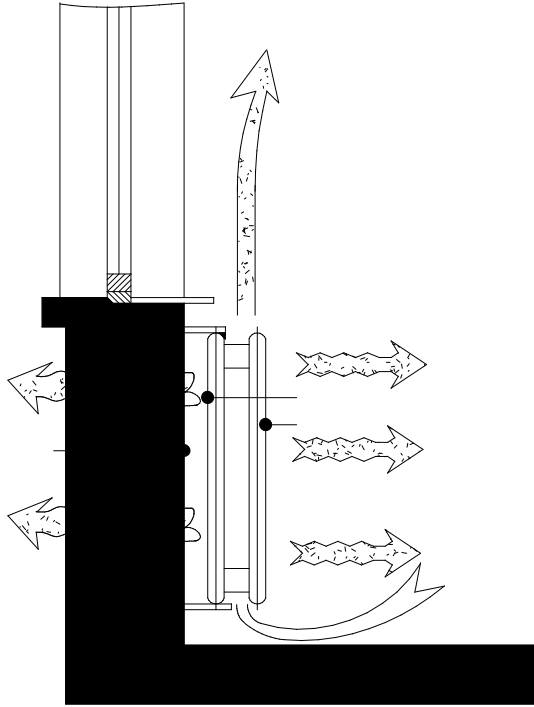
- Inleiding
- De productie
- De distributie
- **De warmteafgifte**
- De regeling
- De hulptoestellen
- Focus op condensatie-installaties
- Vervangen van een ketel / renovatie van de stookplaats
- Conclusies

Types warmteafgifte



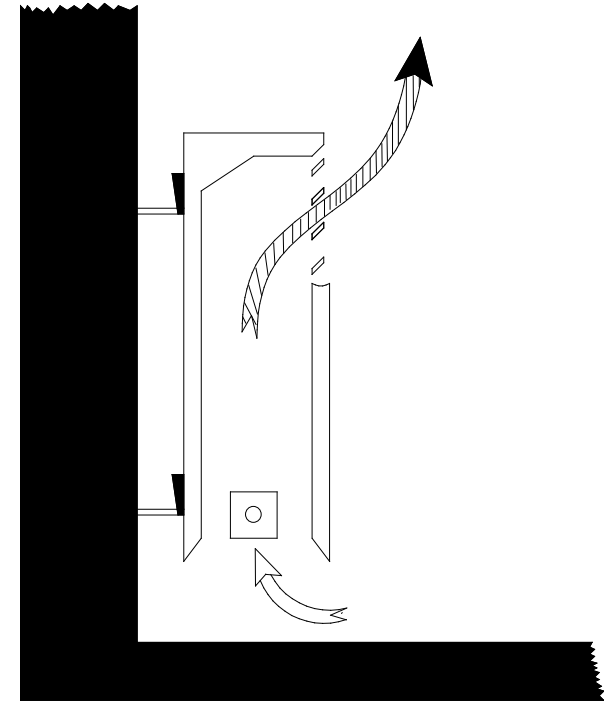
Relatieve aandeel « straling » en « convection » bij de warmtetransmissie van verschillende afgiftesystemen

Radiator en (ventilo-)convector



Radiatoren

Met lamellen: convectie: 70%, straling: 30 %
 Met platen: convectie: 50%, straling: 50%

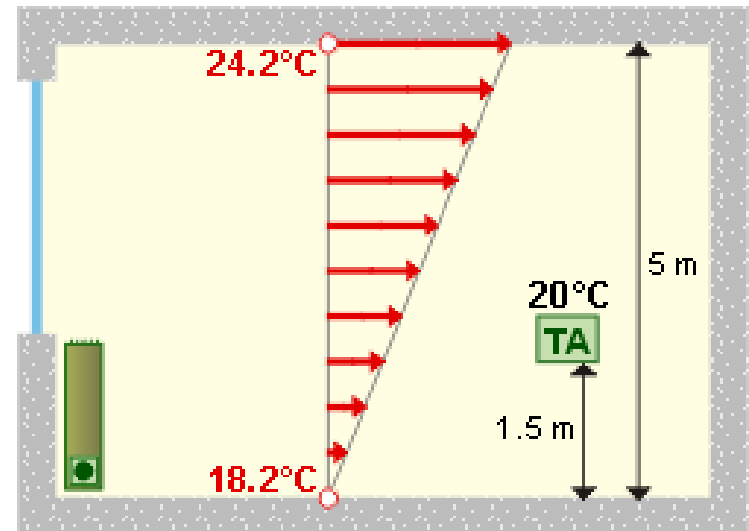
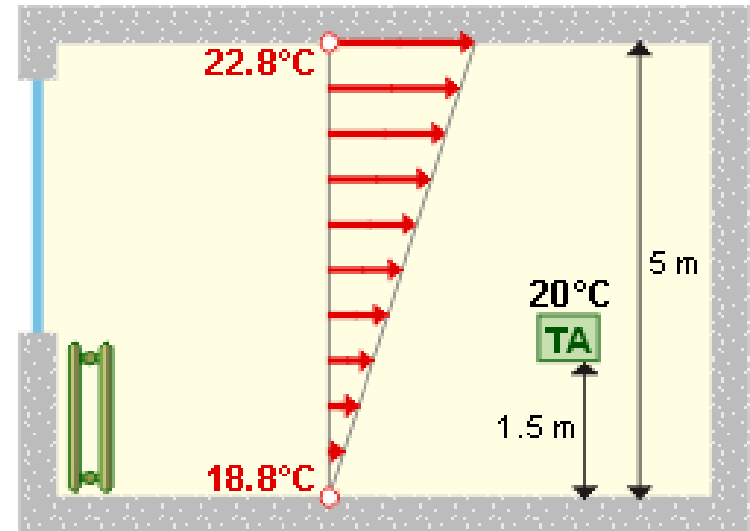


Convectiesystemen (100% convectie)

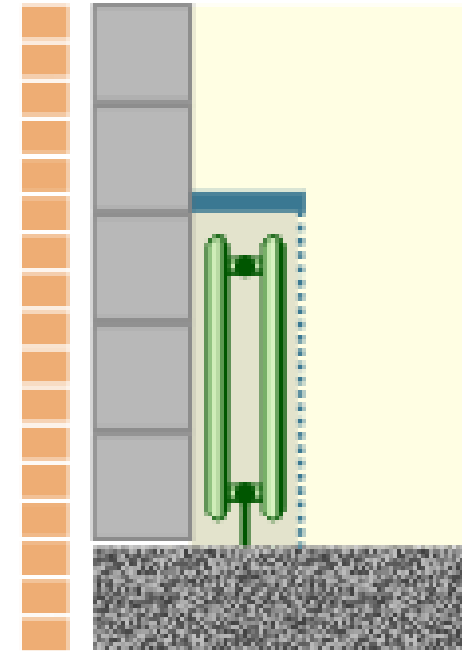
De warmtestratificatie

Lokalen met een grote hoogte hebben meer kans op stratificatie (bij een warmteafgifte met convectie)

- Grotere verliezen
- Comfortproblemen



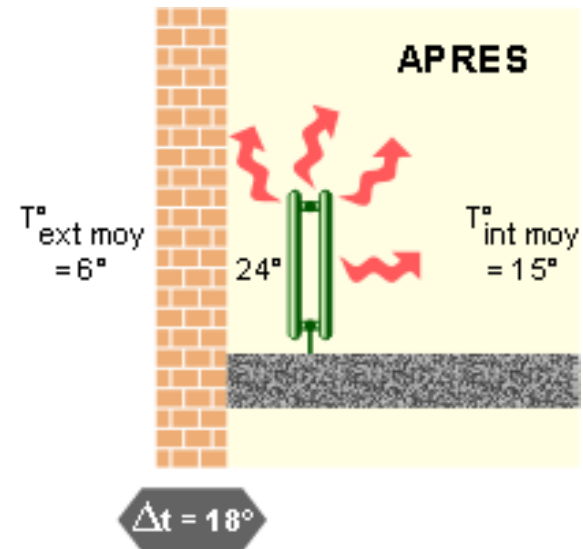
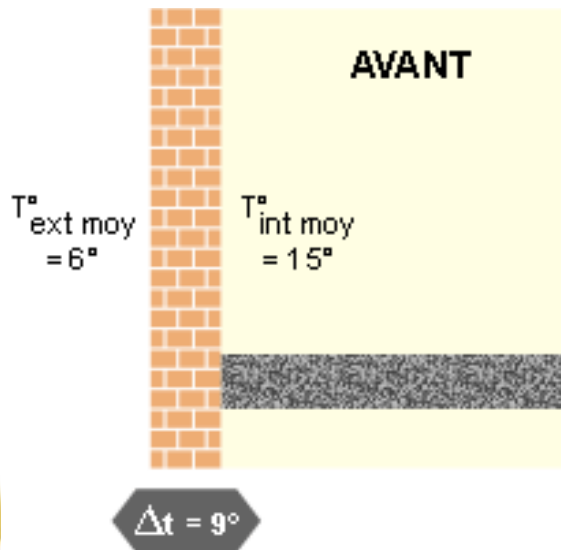
Vermijd dat de afgifte-elementen worden ingesloten



Afdekkast rond een radiator

Verliezen bij de afgifte

- **Verliezen doorheen de wand** aan de achterzijde van de radiatoren



Plaatsen van een isolatielaag van een 0,5 cm, bedekt met een aluminiumfolie, achter een radiator op een niet-geïsoleerde muur levert een winst op van:

10 .. 15 liter stookolie/m².jaar

En verdient zichzelf dus terug binnen de **1 .. 2 jaar**.

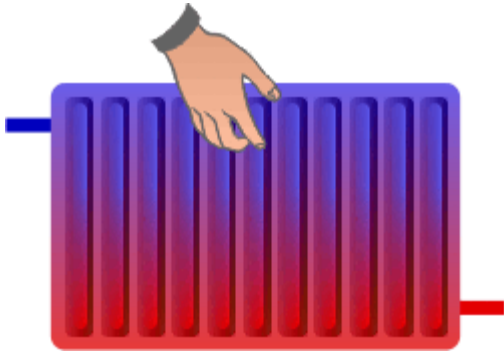
Verliezen bij de afgifte

- **Verliezen via beglaasde wanden** aan de achterzijde van radiatoren of convectoren
- **Te vermijden!**



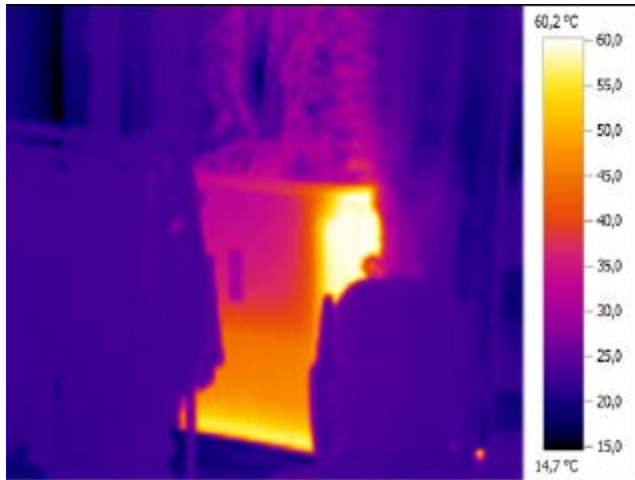
Afgifte-element voor een
venster

Problemen

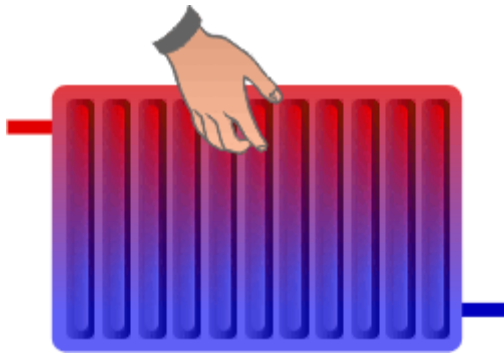


Lucht aanwezig in de radiator

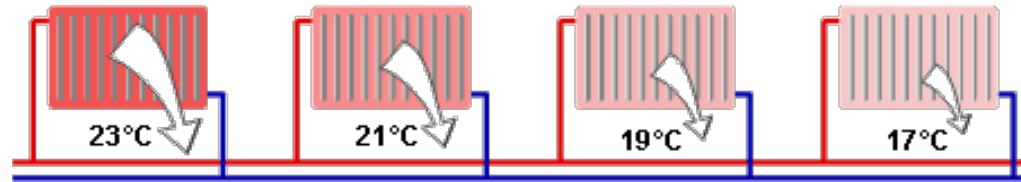
→ ontluchten



Problemen



Hydraulisch onevenwicht



Uitbalanceren:

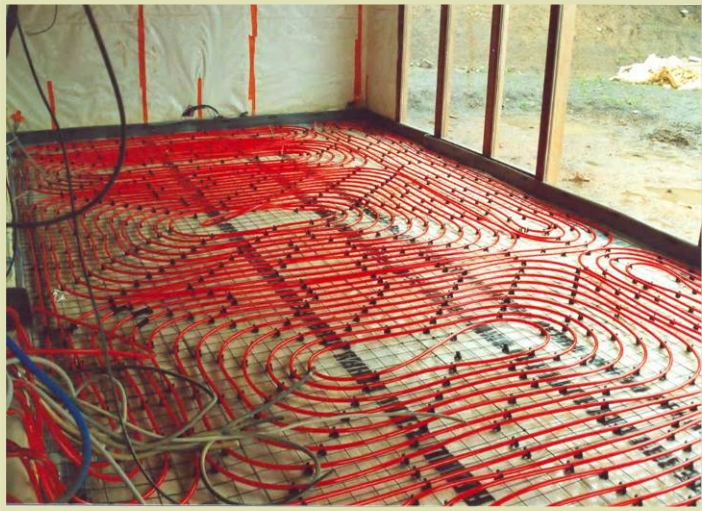


Thermostatische kraan met voorregeling van het debiet

Regel-T voor het debiet van een radiator

Vloerverwarming

Vloerverwarming



→ Voordelen:

- werkt bij lage T° (straling)
- binnen T° lager voor eenzelfde comfortgevoel (geen stratificatie van de t°)

→ Nadelen:

- sterke inertie
 - > oververhitting
 - > delicate regeling
 - > onderbreking moeilijk te beheren

Verhinder de afgifte niet door de vloerbekleding:

- Tegels: ideaal
- Parket: toelaatbaar onder bepaalde voorwaarden
- Tapijt: te vermijden



Luchtverwarming

- Luchtverwarming overgebracht via verwarmingsbatterij



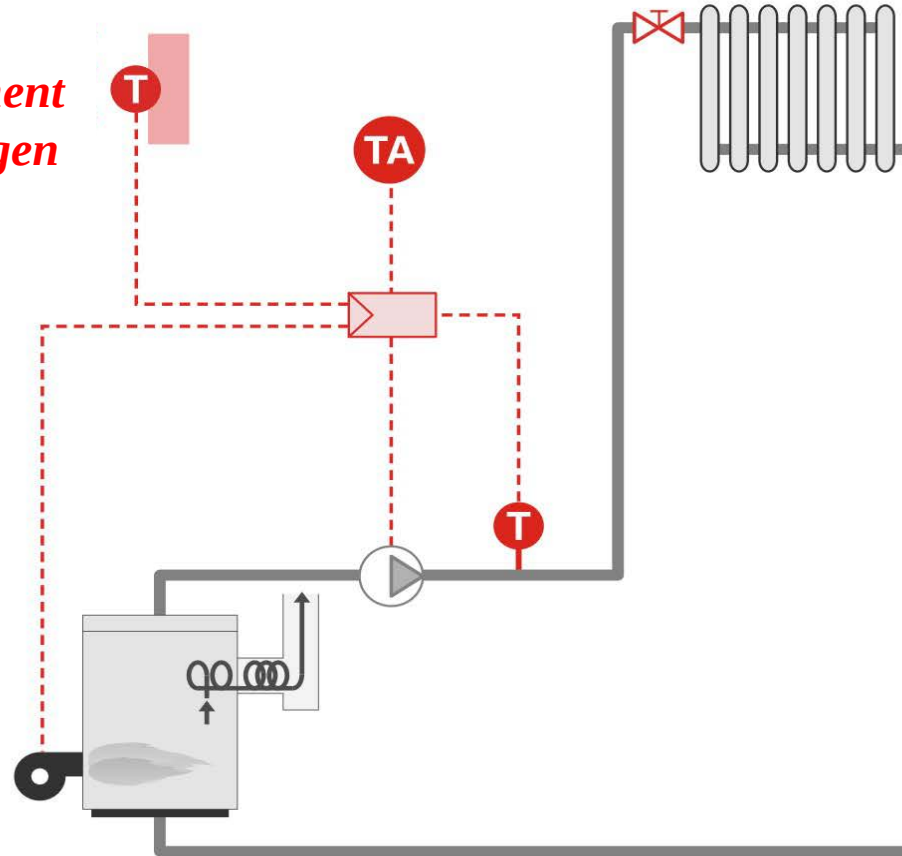
- Uitgeblazen luchttemp beperkt:
tot 30 ... 40-45°C
- Thermische capaciteit van lucht is beperkt
=> Volumiek debiet omvangrijk:
 - Tot 5 ... 10 keer het benodigde debiet voor de hygiënische ventilatie
(de lucht kan wel grotendeels gerecycleerd worden)
 - Belangrijk verbruik van de ventilatoren
 - Afmetingen van de leidingen

Overzicht

- Inleiding
- De productie
- De distributie
- De warmteafgifte
- **De regeling**
- De hulptoestellen
- Focus op condensatie-installaties
- Vervangen van een ketel / renovatie van de stookplaats
- Conclusies

Regeling

De warmte wordt geleverd op een moment en/of met een vermogen dat niet steeds is aangepast.



DOELSTELLING: de installatie zo inregelen dat de
comforttemperatuur wordt bereikt **wanneer** en **waar** dat vereist is
 ➔ vermijden van energieverspilling

Energetische impact van de regeling

**1 °C te hoog = 7 à 8 % meerverbruik
(ten opzichte van een ingestelde temp van 20°C)**



Regeling van de binnen T°

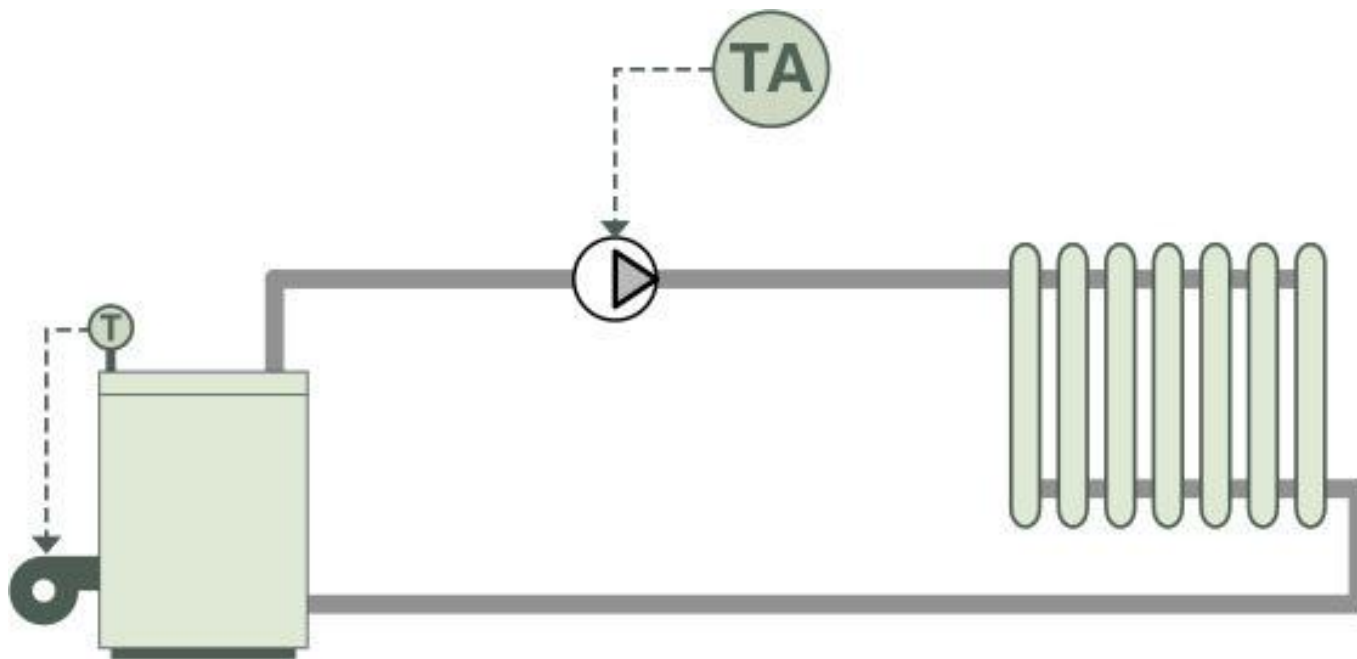
- Doelstellingen:
 - Aanpassen van het door de radiatoren geleverde vermogen zodat de juiste temp wordt bereikt
 - ➔ **temperatuur van het gedistribueerde water**
 - Verwarmen op de juiste momenten
 - ➔ de **uurregeling** zo goed mogelijk instellen

Met behulp van deze 2 acties kan men eveneens zo goed mogelijk de leiding **verliezen** en die van de stookplaats **beperken**!

Regeling van « eengezins » kringen

- « **T° constant** » :

de ketel wordt constant op temperatuur gehouden door middel van een ingebouwde thermostaat (aquastaat). Indien er een kamerthermostaat aanwezig is, stuurt deze enkel de werking van de circulatiepomp.

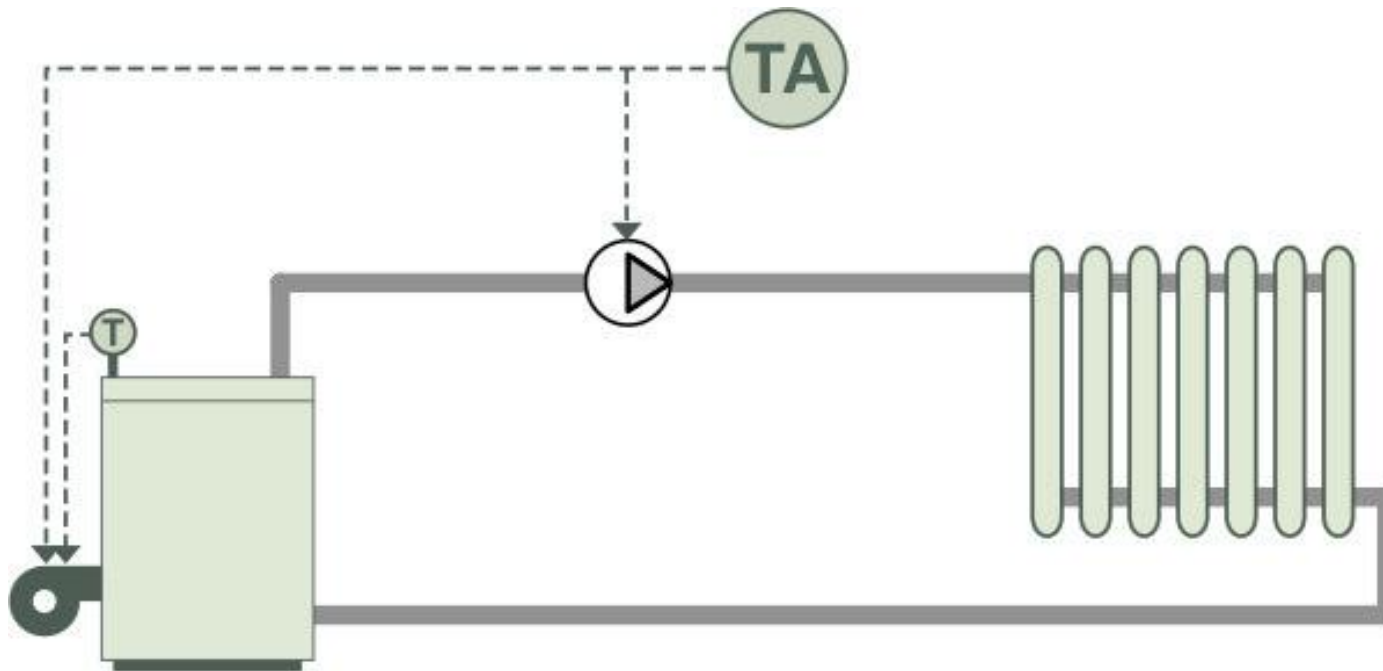


Regeling van « eengezins » kringen

- « **T° variabel** » (typisch voor eengezinswoningen)

De ketel wordt enkel op temperatuur gebracht als er een warmtevraag is.

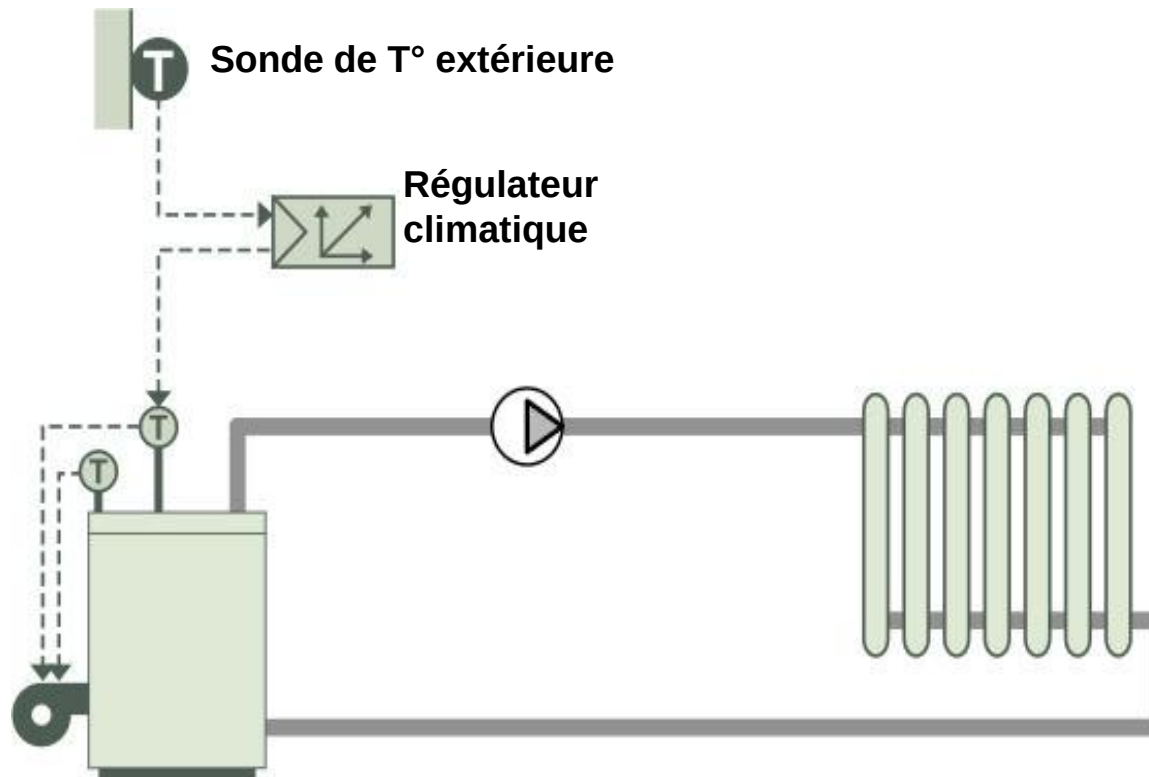
De kamerthermostaat stuurt de brander en de circulatiepomp (met tijdsvertraging); Aquastaat = veiligheidsaquastaat



Regeling van « eengezins » kringen

- « **T° glijdend** » of « **Klimaatregeling** »

De ingestelde T° op de ketel wordt bepaald door een klimaatregeling die de water T° aanpast in functie van de buiten T°; Aquastaat = veiligheidsaquastaat



Lokale regeling: thermostatische kranen

- **Doel:**

- De comforttemperatuur van elke ruimte kunnen instellen in functie van de bestemming (badkamer, slaapkamer,...) en de gebruikerswensen.
- Beperken van de oververhitting bij belangrijke interne en zonnewinsten

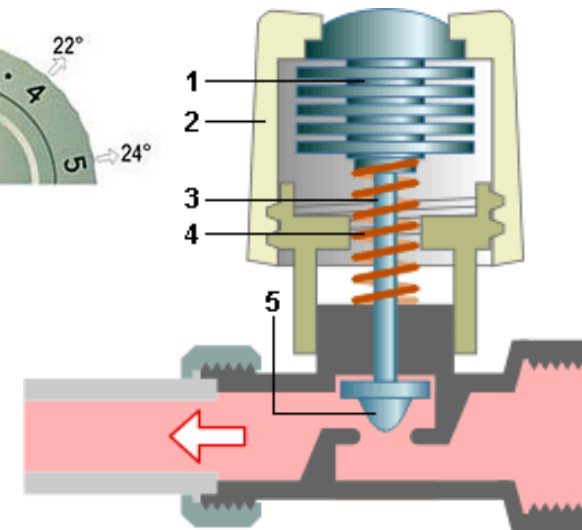
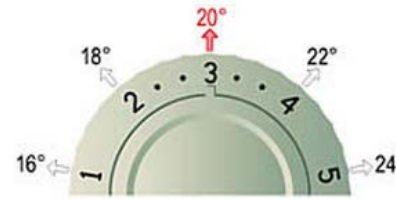
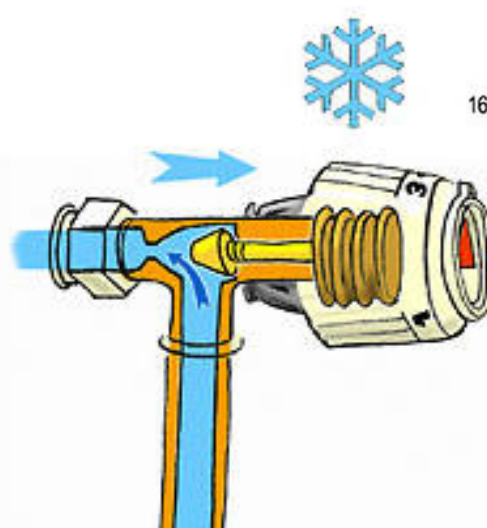
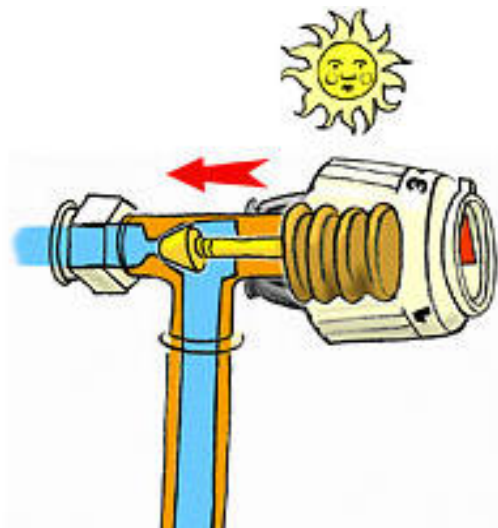


Lokale regeling: thermostatische kranen

• Werkingsprincipe:

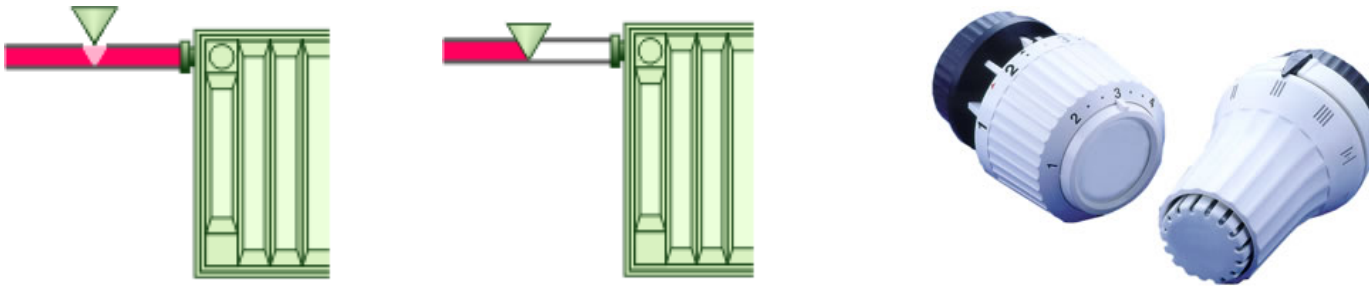
- De kraan wordt ingesteld op een bepaalde t°
- Indien de ingestelde temperatuur nog niet is bereikt (meting van de omgevingstemperatuur in de kop van de thermostatische kraan), opent de kraan zich zodat het water de radiator kan doorstromen.
- Van zodra de T° wordt bereikt, sluit de kraan zich

1. bulbe thermostatique
2. poignée de réglage
3. tige de transmission
4. ressort de rappel
5. clapet de réglage



Hoe werkt een thermostatische kraan?

- Een thermostatische kraan maakt het mogelijk om het doorstroomdebiet in warmtelichamen te beperken, zodat de ingestelde temperatuur niet wordt overschreden.



- Maakt het mogelijk om de T° te regelen in kamers waar geen enkele andere regeling aanwezig is (kamerthermostaat, temp. voeler, ...)
- Maakt een differentiatie van de T° mogelijk in elk lokaal
- Maakt het mogelijk om rekening te houden met moeilijk voorzienbare externe invloeden (zonne- of interne winsten, ...)
- Geeft de gebruiker een mogelijkheid de T° in zijn lokaal aan te passen

Lokale regeling: thermostatische kranen

SOYEZ PARESSEUX...



Illustration: Bénédicte Beeckmans

...Laissez la vanne
du radiateur sur **3** ! (=20°C)

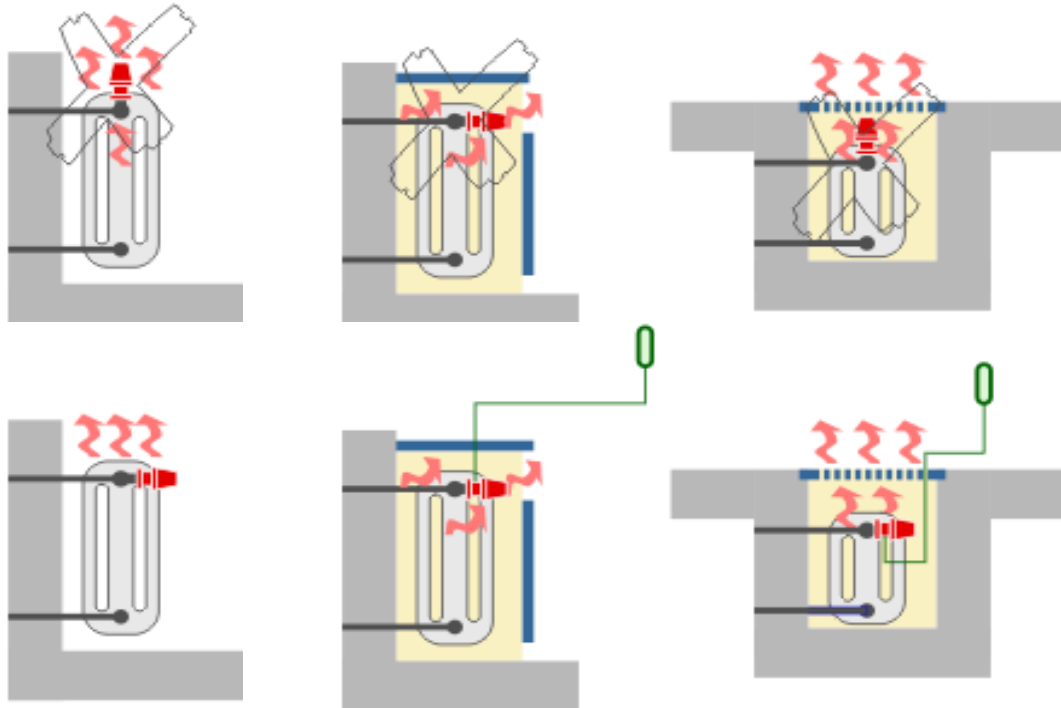
Plaatsen van
thermostatische kranen
in lokalen met een grote
warmtetoedracht?

<http://www.energieplus-lesite.be>

Lokale regeling: thermostatische kranen

- **OPGELET:**

- Vermijd het plaatsen van thermostatische kranen in de ruimte waar ook de kamerthermostaat hangt
- De kraan moet de omgevingstemperatuur kunnen « meten »: vermijd directe invloed van het warmtelichaam



Lokale regeling: thermostatische kranen

Verschillende types thermostatische kranen:



Standaardmodel met thermostatische voeler en geïncorporeerde instelbare regeling



Standaardmodel met afzonderlijke thermostatische voeler (evtl op afstand te plaatsen) en instelbare regeling op afstand

Lokale regeling: thermostatische kranen

Verschillende types thermostatische kranen:



Programmeerbare thermostatische kranen (uur en temperatuur)

Van op afstand programmeerbare thermostatische kranen met centraal beheer



Lokale regeling: thermostatische kranen

Verschillende types thermostatische kranen:



Thermostatische voor instellingen: de gebruiker kan de ingestelde temp niet wijzigen, schokresistent (zelfs bestand tegen basketballen) en moeilijk demonteerbaar

Lokale regeling: thermostatische kranen

- **Waarom niet de volledige regeling enkel met thermostatische kranen?**
 - Werken niet goed als de watertemperatuur te hoog is (pompen, fluiten)
 - Maken geen geautomatiseerde onderbreking mogelijk
 - Maken het niet mogelijk de ketelverliezen en de leidingverliezen te beperken

Lokale regeling: thermostatische kranen

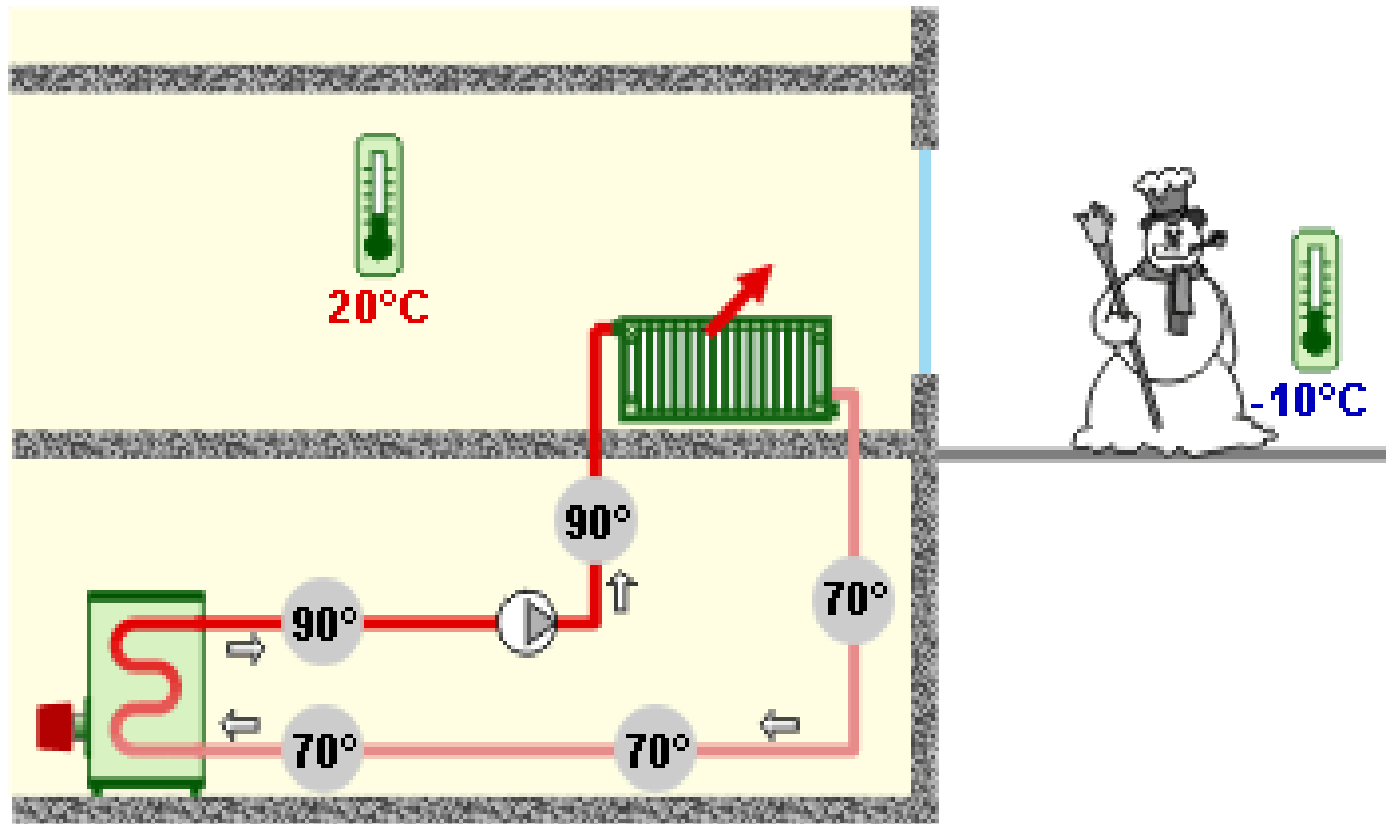
Meest frequent voorkomend verkeerd gebruik:

- In een niet gebruikt lokaal staan de thermostatische kranen ingesteld op *. Als de gebruikers binnenkomen, wordt de stand op 5 ipv op 3 gezet. Nochtans gaat de verwarming hierdoor **niet sneller opstarten**.
- In een gebruikt lokaal stellen de gebruikers vast dat de juiste temperatuur wordt bereikt door de kranen op 3 in te stellen. Op een koude dag wordt de binnentemperatuur niet gehaald en worden de kranen op 4 gezet. Nochtans zal de binnentemp hierdoor niet verbeteren op die dag (ander probleem).
- De omgekeerde redenering is ook geldig: indien het plots te warm wordt (bv. omdat de zon schijnt), zal het instellen van de kranen op 1 geen oplossing brengen, omdat de kraanklep in principe reeds gesloten zal zijn.



Sensibiliseren van de gebruikers!

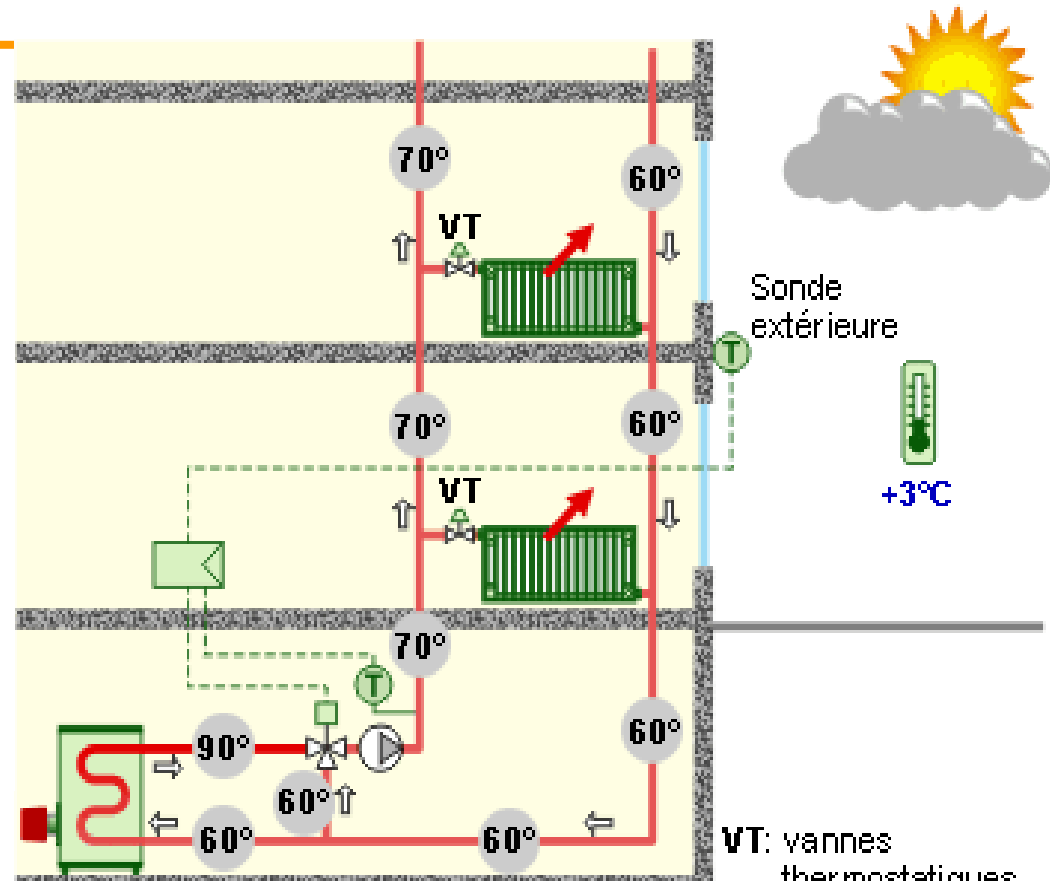
Dimensionering voor een extreme situatie



Wat in het tussenseizoen?

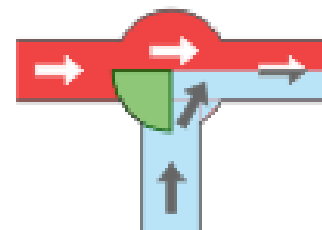
Het vermogen dat de radiator moet leveren is minder
 → verminder indien mogelijk de watertemperatuur:

- minder leidingverliezen
- betere werking van de thermostatische kranen



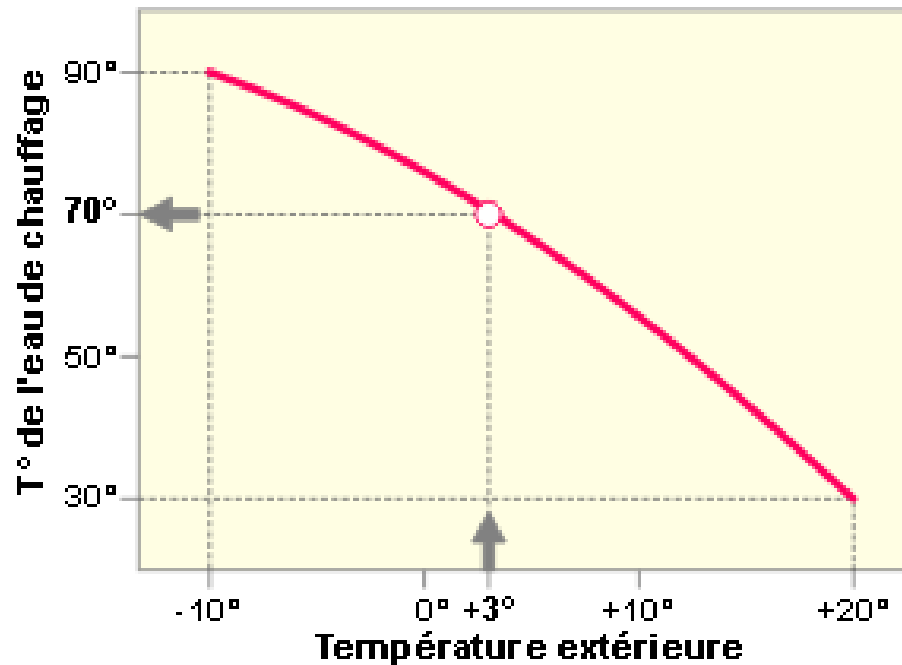
Om de watertemperatuur te verminderen:

- Kan men werken met een mengkraan die de watertemperatuur in de kringen regelt ifv de buitentemperatuur
- Kan men de ketel in een glijdend temp regime zetten



Centrale regeling van het water

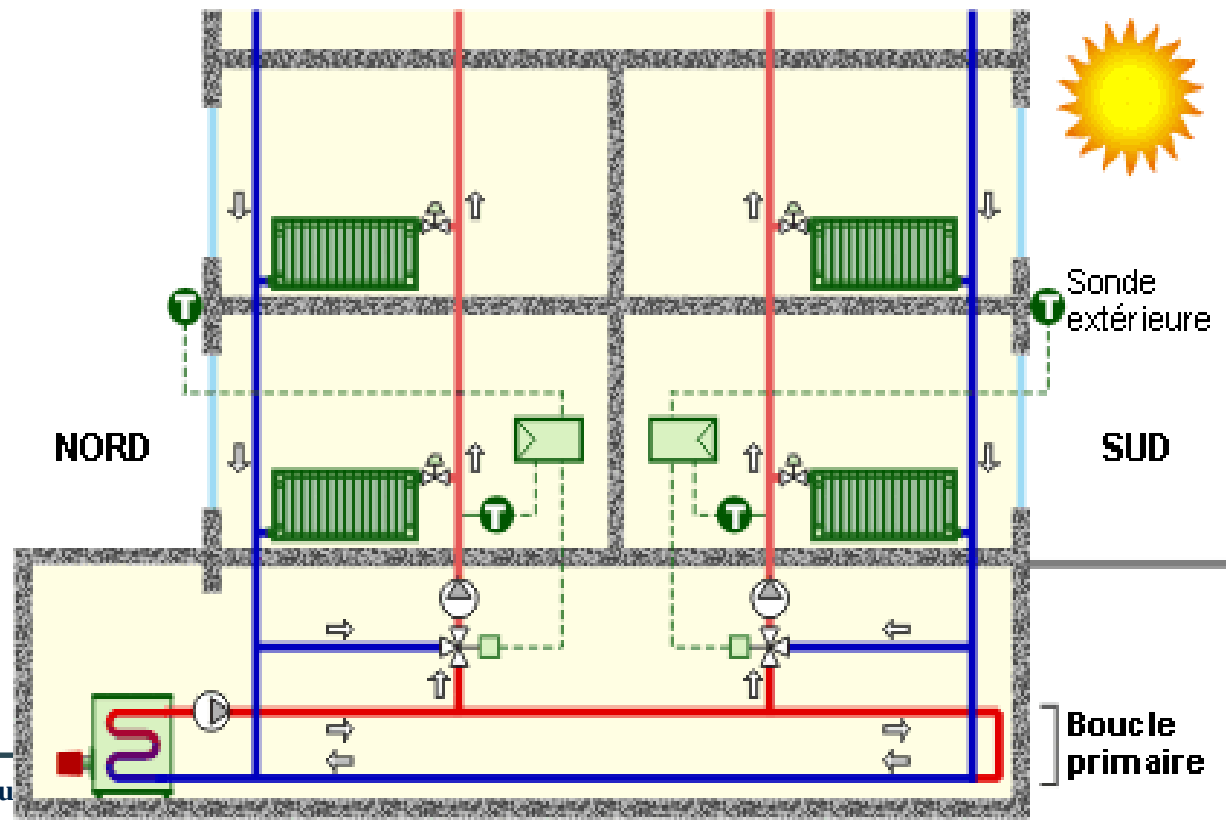
Klimaatregeling: stuurt de 3wegkraan (T° water) om voldoende vermogen te leveren in het koudste lokaal



Regeling van meer complexe gebouwen

En wat als er lokalen zijn met warmtebehoefte, andere met warmtetoedracht of met verschillende uurregeling?

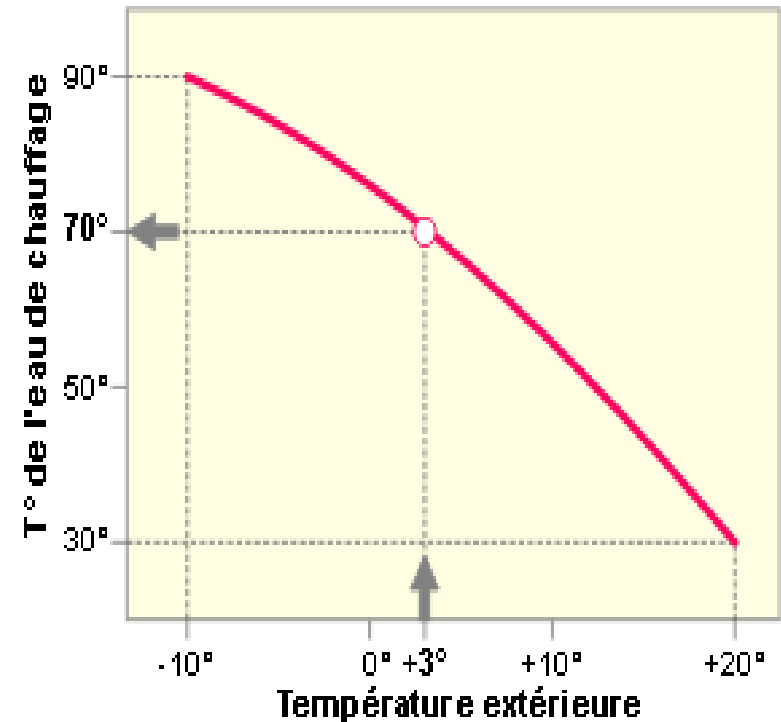
Voorzie 1 kring per bestemming/zone en regel de watertemp van elke kring onafhankelijk



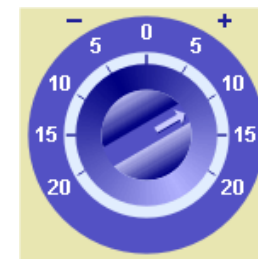
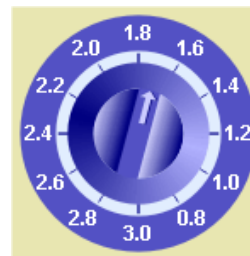
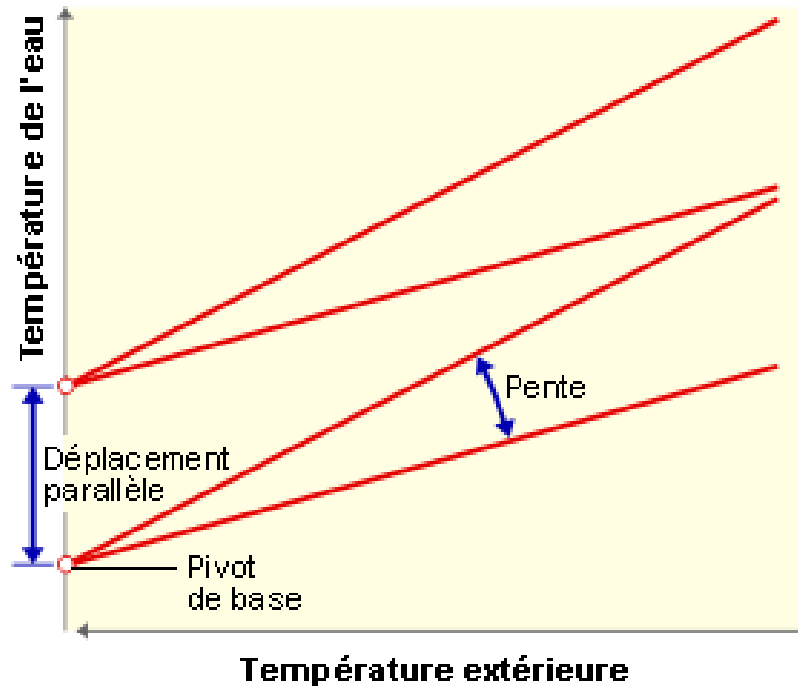
Regeling met glijdende T°

- De stooklijn:

- Voor elk gebouw anders
- Hangt af van:
 - de isolatie van het gebouw
 - De overdimensionering van de radiatoren
 - De ingestelde temperaturen
- En wordt bepaald door :
 - Haar helling
 - Haar evenwijdige verschuiving

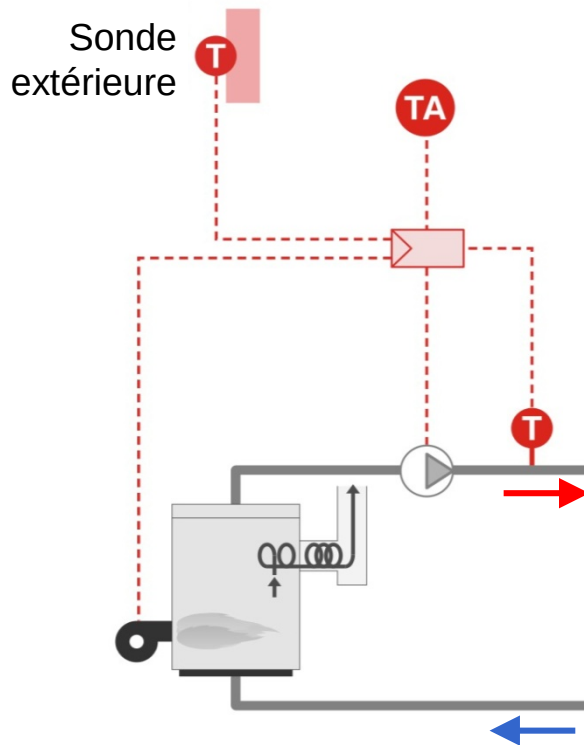


Regeling met glijdende T°

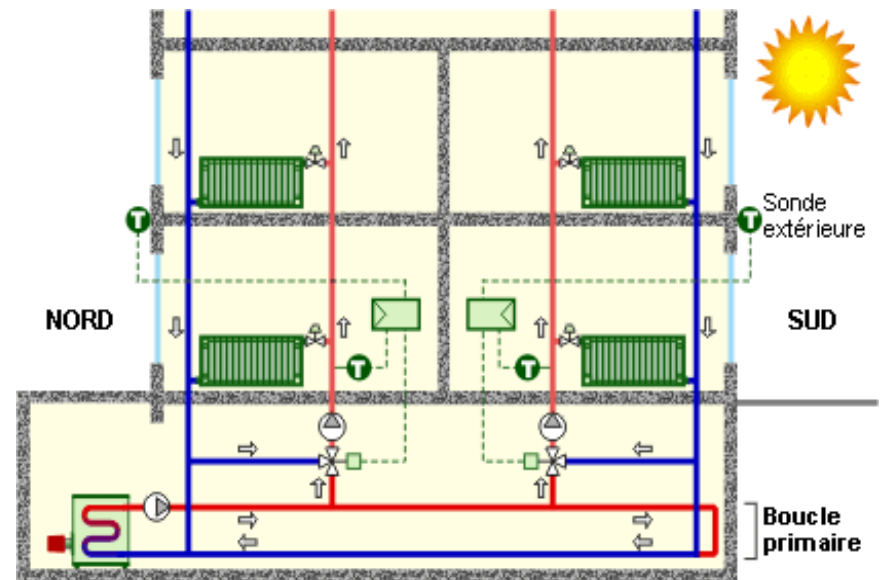


Regeling van de T° van het warmtedragend medium

Ofwel gebeurt de T° regeling onmiddellijk op de ketel zelf



Ofwel grijpt de T° regeling enkel in op de secundaire kring(en) mbv een 3wegkraan. De ketel wordt dan op een hogere T° gehouden

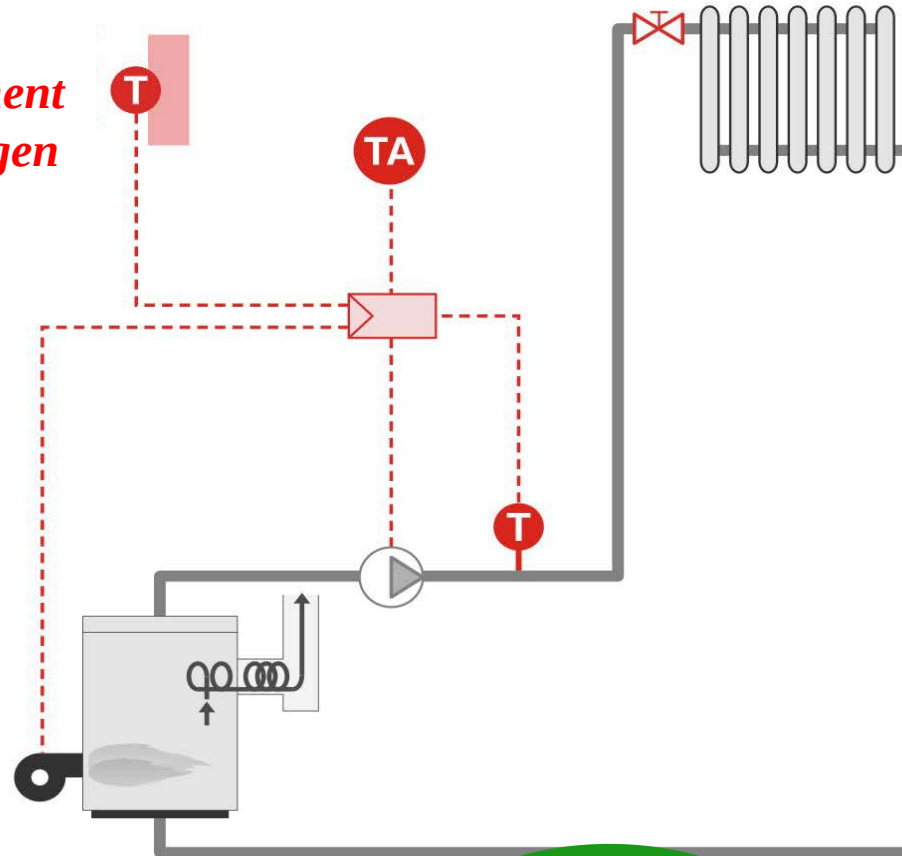


Regeling met glijdende T°

- De afstelling van de klimaatregeling:
 - Is uniek
 - Hangt af van de isolatiegraad van het gebouw en de overdimensionering van de warmteafgifte-elementen
 - Het inregelen mag niet:
 - Door de verwarmingstechnicus uitgevoerd worden
 - Of even tussendoor om klachten te verhelpen
(comfortproblemen kunnen andere oorzaken hebben)
- ... maar door een persoon die het gebouw door en door kent (bewoner) en een historiek van de regelingen bijhoudt

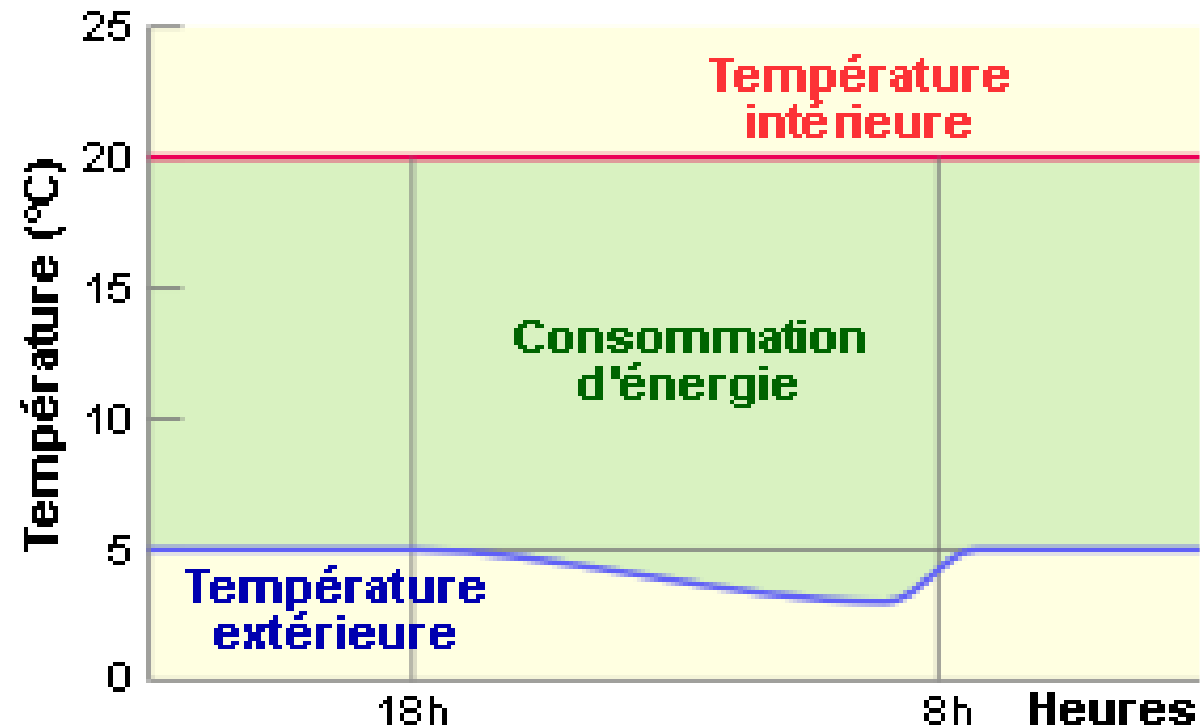
Regeling

De warmte wordt geleverd op een moment en/of met een vermogen dat niet steeds is aangepast.



DOELSTELLING: de installatie zo inregelen dat de **comforttemperatuur** wordt bereikt **wanneer** en **waar** dat vereist is
 ➔ vermijden van energieverpilling

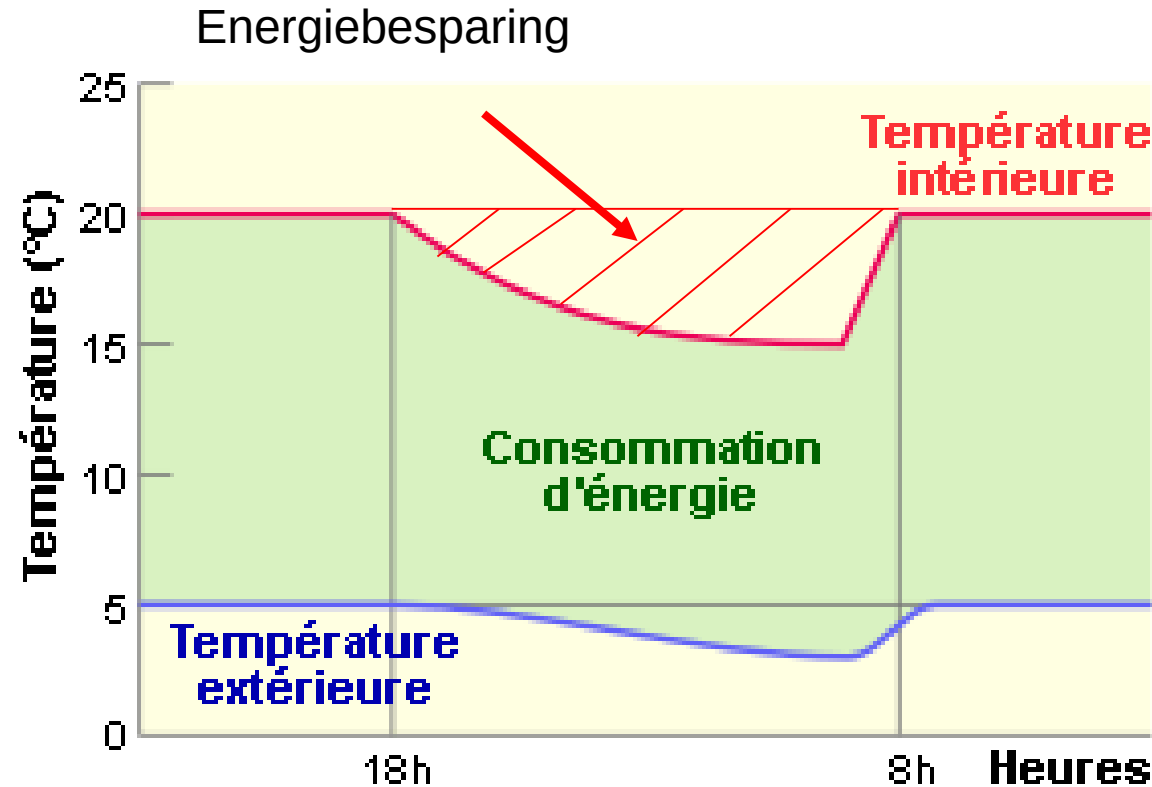
Voordeel van onderbreking



- Verbruik recht evenredig met het verschil tussen binnen en buiten temperatuur

→ **Minimaliseer dit temperatuursverschil**

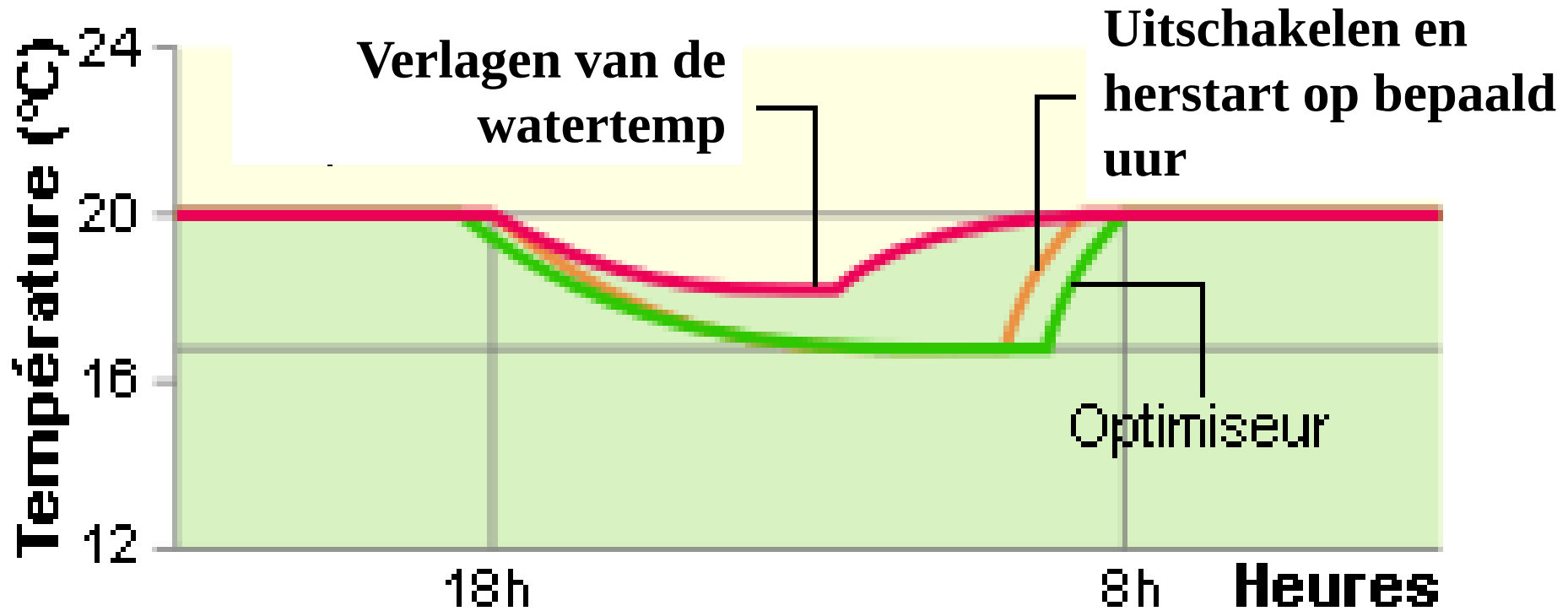
Voordeel van onderbreking



- Afschakelen van de verwarming doet de binnentemp dalen, des te vlugger naarmate het gebouw weinig inert is (kan weinig warmte opslaan) en slecht geïsoleerd.

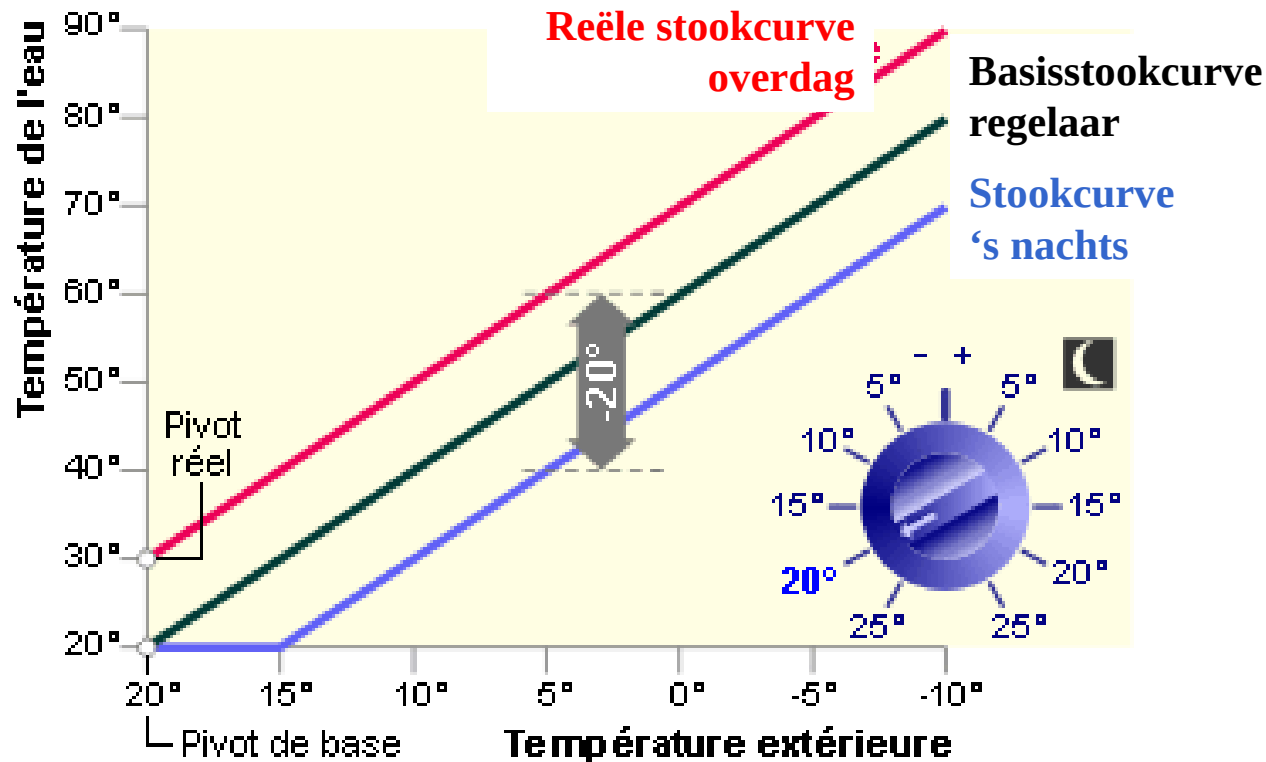
→ **De verwarming uitschakelen of de binnentemperatuur zo snel mogelijk verminderen tijdens de afschakeling.**

Soorten onderbreking



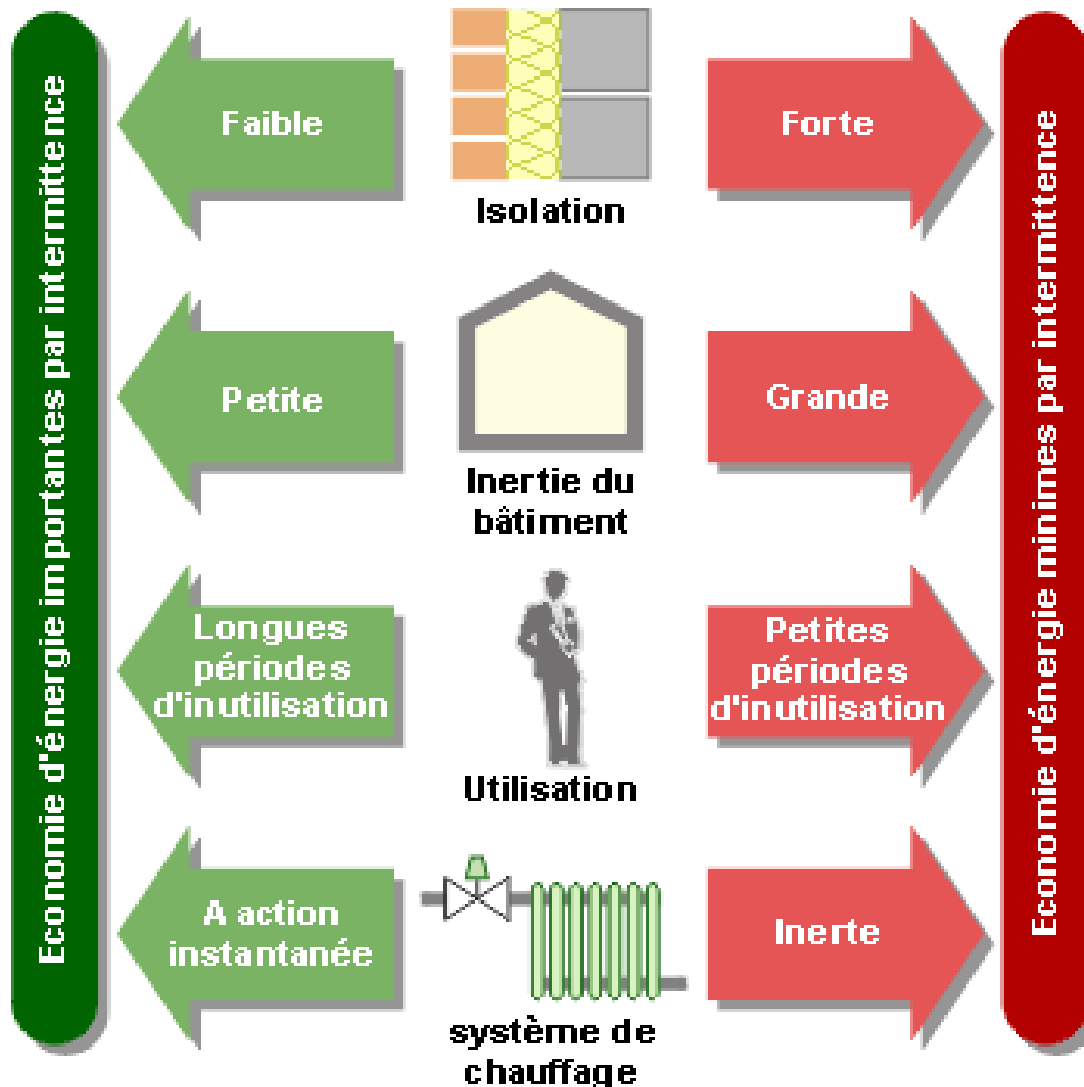
Soorten onderbreking:

verlaging van de watertemperatuur



Opmerking: niet de meest performante manier om de onderbreking mee uit te voeren

Voordeel van onderbreking



Door de onderbreking kunnen energiebesparingen gerealiseerd worden die des te groter zijn naarmate de isolatie zwak is, de thermische inertie van het gebouw gering is, ...

Onderbreking

- Beperking op de ondergrens van de temperatuur?
 - Minimum 12 °C :
 - Indien lager -> condensatierisico
 - Indien lager muren te koud ondanks heropstart => comfortprobleem
 - 12°C in het referentielokaal = garantie op het volledig vorstvrij houden van het gebouw.

Deze ondertemperatuur zal in principe nooit bereikt worden behalve in periodes van extreme koude en langere periodes van afwezigheid van gebruikers



Het vermogen bij de heropstart moet voldoende zijn

Voordeel van onderbreking

~~« De verwarming 's nachts uitschakelen levert niets op: de uitgespaarde energie wordt onmiddellijk weer opgebruikt bij de heropstart in de ochtend om de muren her op te laden! »~~

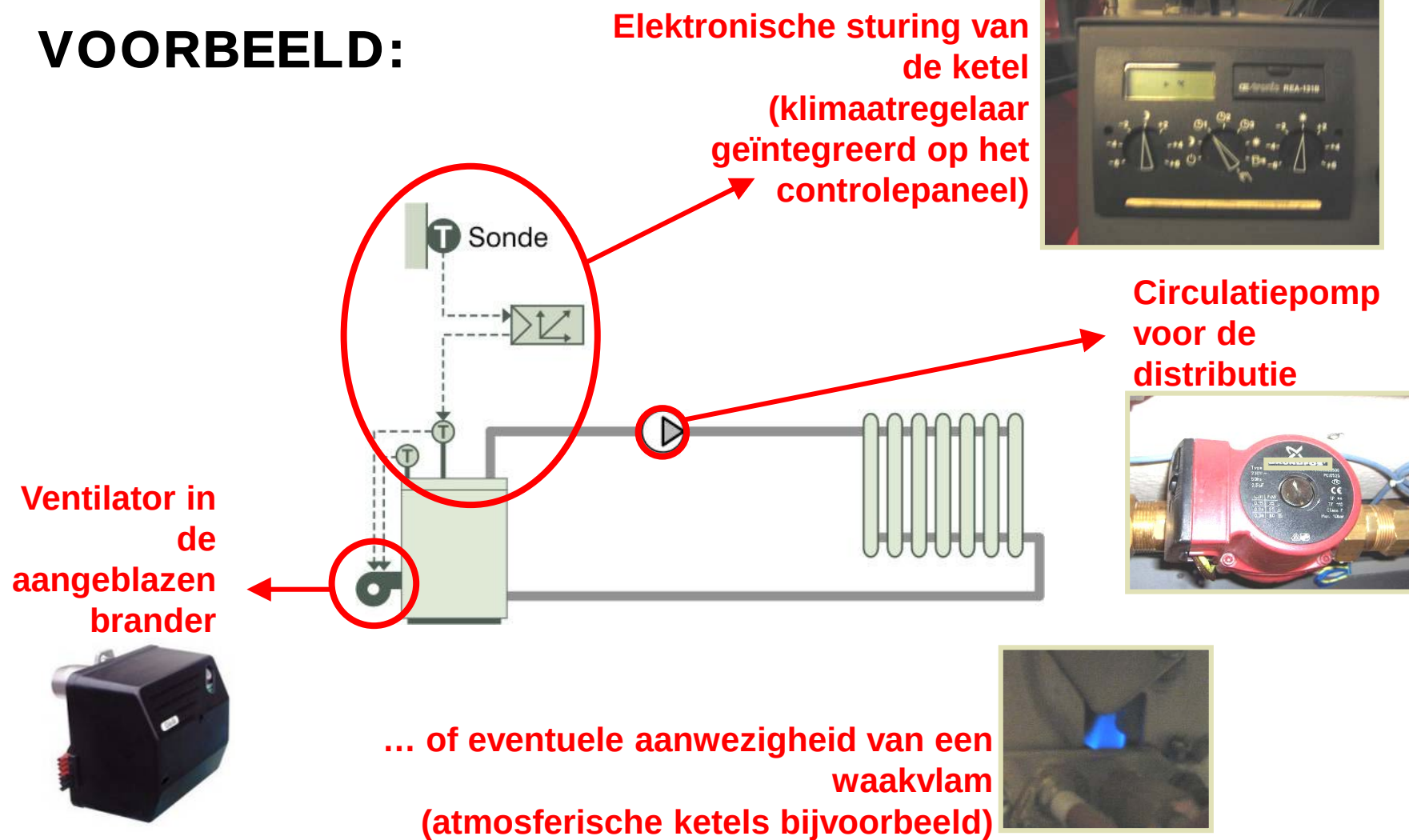
FOUT!

Overzicht

- Inleiding
- De productie
- De distributie
- De warmteafgifte
- De regeling
- **De hulptoestellen**
- Focus op condensatie-installaties
- Vervangen van een ketel / renovatie van de stookplaats
- Conclusies

Hulptoestellen

• VOORBEELD:



Waakvlam

- Het verbruik van een waakvlam komt overeen met het permanent inschakelen van een gloeilamp van 100W!!!
- **Jaarlijks verbruik ~ 100 m³ gas
of ~ 60 €**



→ De ketel compleet uitschakelen buiten het stookseizoen
(als het sanitair warm water afzonderlijk wordt geproduceerd)

Functie van een circulatiepomp



- **Het warme water doen circuleren in de kringen**
 - ➔ **de drukverliezen overwinnen**
 - ➔ **het nodige waterdebiet verzekeren om de installatie te doorstromen**
- **Er bestaan:**
 - Standaardcirculatiepompen met één of meerdere snelheden (niet meer verkrijgbaar sinds 2014).
 - Circulatiepompen met variabele snelheid: de snelheid varieert ifv de drukverschillen in het leidingnetwerk.

Standaard circulatiepompen

- « **Standaard** » **circulatiepompen**

Circulatiepompen met 1 of meerdere snelheden (3 of 4) waarbij de rotatiesnelheid (debiet) manueel wordt ingesteld en daarna onveranderlijk blijft ongeacht de omstandigheden



→ Vaak zijn deze circulatiepompen overgedimensioneerd van bij het ontwerp of tengevolge van het reële gebruik van het verwarmingssysteem.

... bijvoorbeeld, in een groot huis waar meerdere kamers niet meer verwarmd worden (gesloten kranen).

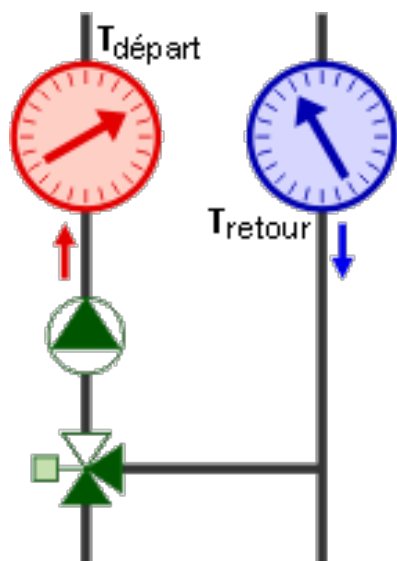
→ Voor de circulatiepompen met meerdere snelheden, kan men best proberen **de snelheid te verminderen**, ofwel permanent, ofwel naargelang het seizoen.

Bij comfortproblemen kunnen de oorspronkelijke snelheden gemakkelijk opnieuw ingesteld worden.

Het verminderen van de snelheid van de circulatiepompen

Index:

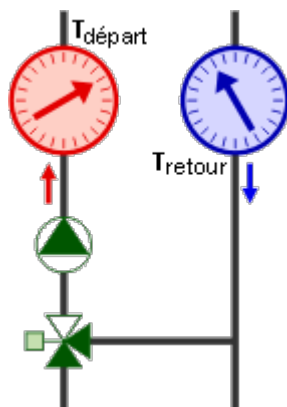
... per -10°C ext...



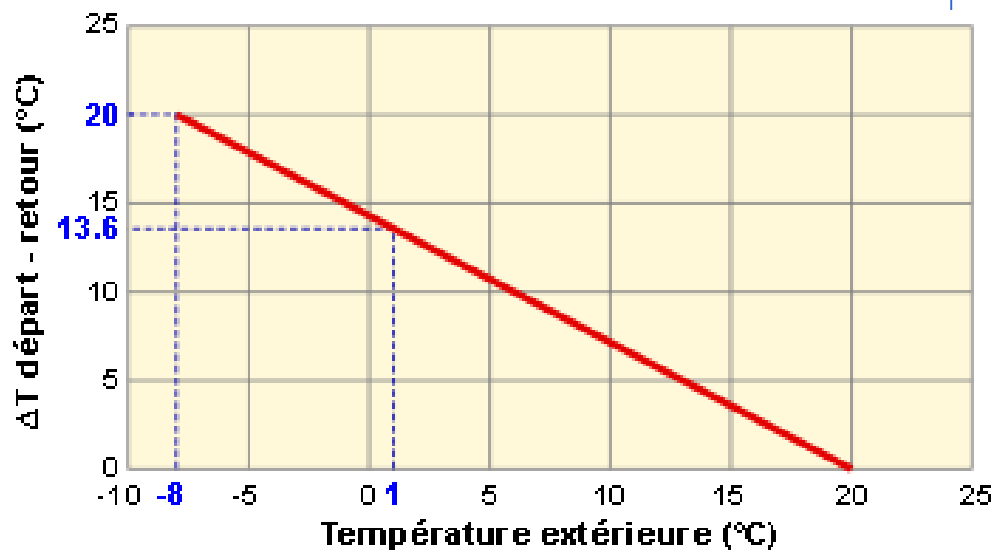
← 80°C

→ 60°C

Het verminderen van de snelheid van de circulatiepompen

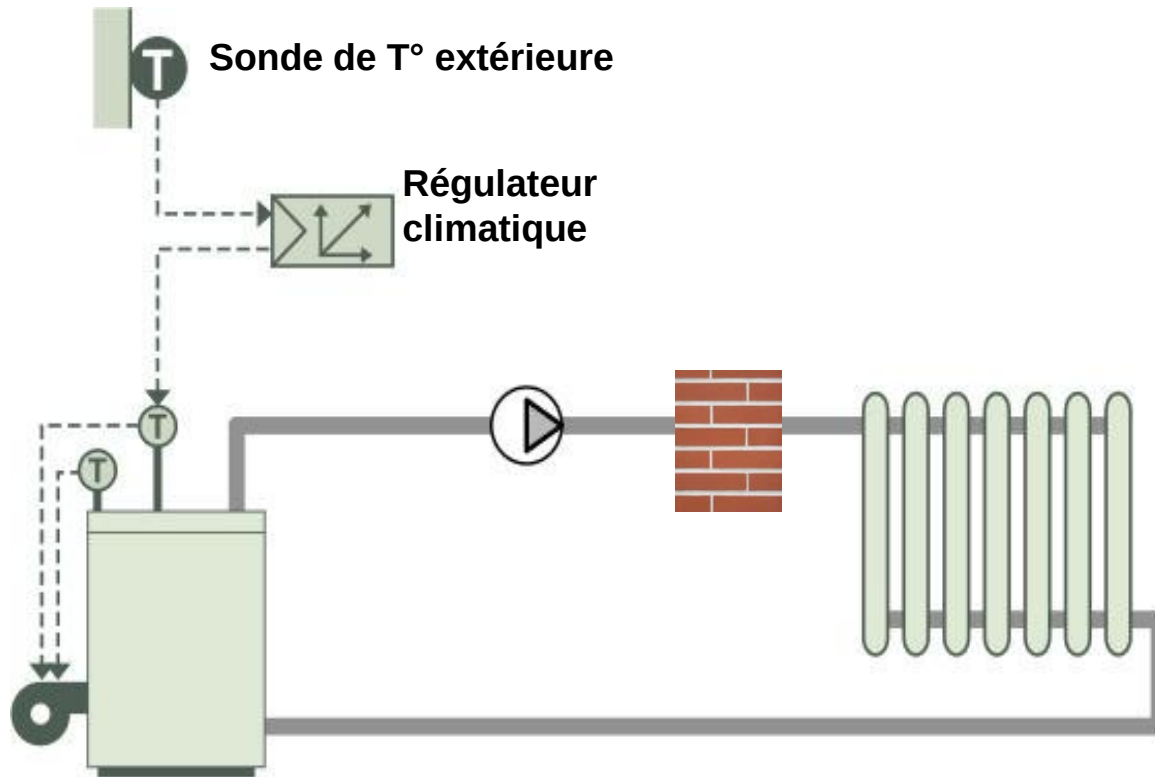


- De snelheid van de secundaire circulatiepompen 1 stand verlagen kan ... 20% winst op het elektrisch verbruik opleveren
- Index: verschil tussen vertrek- en retourtemperatuur



- Bij een buitentemperatuur van 1°C, $T_{\text{vertrek}} - T_{\text{retour}}$ moet ergens rond de 13 .. 14°C liggen
- Indien deze rond de 6 .. 7°C ligt, is de debietsnelheid wellicht 2 x te hoog.

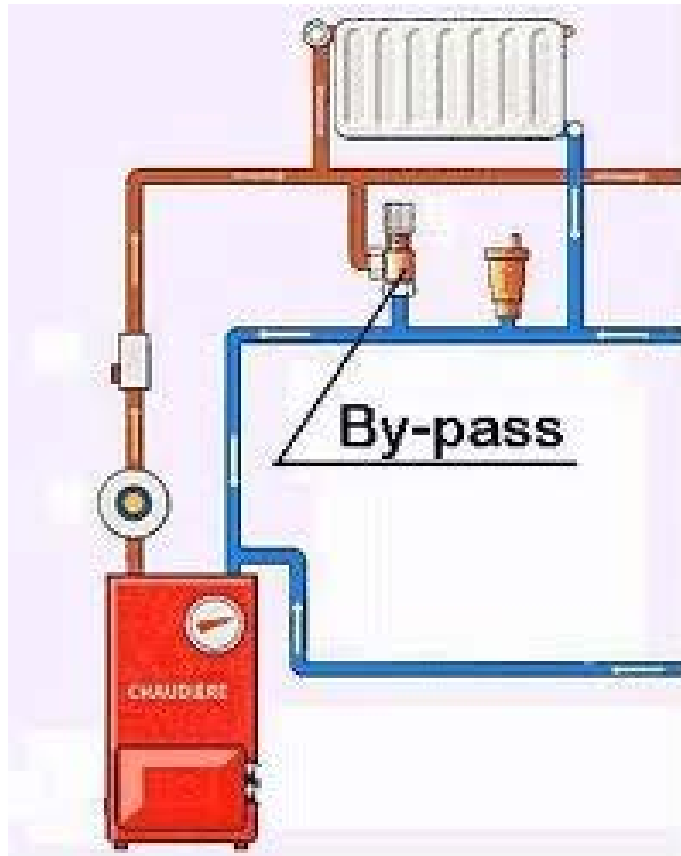
Wat gebeurt er als de TK dicht zijn?



De circulatiepomp duwt tegen een « muur »!

- vroegtijdige slijtage van de circulatiepomp
- nutteloos elektrisch verbruik

Wat gebeurt er als de TK dicht zijn?



Bij standaardcirculatiepompen is er steeds een bypass! (differentiële drukklep tussen vertrek en retour)



Circulatiepompen met variabele snelheid

- **Circulatiepompen « met variabele snelheid »**

Circulatiepompen waarbij de rotatiesnelheid automatisch geregeld wordt zodat de differentiële druk continu is op een bepaalde plek in de installatie.

→ enkel het nodige vermogen wordt verbruikt
(geen overdimensionering)



Circulatiepompen met variabele snelheid

Daarbij kan een circulatiepomp met variabele snelheid gemakkelijk een differentieel drukventiel vervangen

→ deze circulatiepomp vermindert automatisch het debiet indien de thermostatische kranen dicht sluiten (→ vermindering van het opgenomen vermogen). Met een differentieel drukventiel zou het verbruikte vermogen onveranderd blijven in eenzelfde situatie.



→ naargelang het geval, besparing van 30% à 50% op het jaarlijks elektrisch verbruik!

Voorbeeld



4 snelheden en dus 4 vermogens:

83 W

72 W

55 W

41 W

- Eén stand lager betekent over het stookseizoen:
 $(83-72) \text{ W} \times 5800 \text{ h} = 64 \text{ kWh}$ of $\sim 13 \text{ €/jr}$
- Uitschakelen circulatiepomp tijdens de zomer (buiten stookseiz.):
 $72 \text{ W} \times 3000 \text{ h} = 216 \text{ kWh}$ of $\sim 43 \text{ €/jr}$

Tijdschakeling op de circulatiepomp

- De sturing van de circulatiepomp kan geïntegreerd worden in de regeling van de installatie:

de circulatiepomp wordt gelijktijdig opgestart met de brander en een tijdschakeling zorgt er voor dat deze pas uitgeschakeld wordt 5 à 15 min na het stoppen van de brander zodat de restwarmte van de ketel ook nuttig wordt aangewend

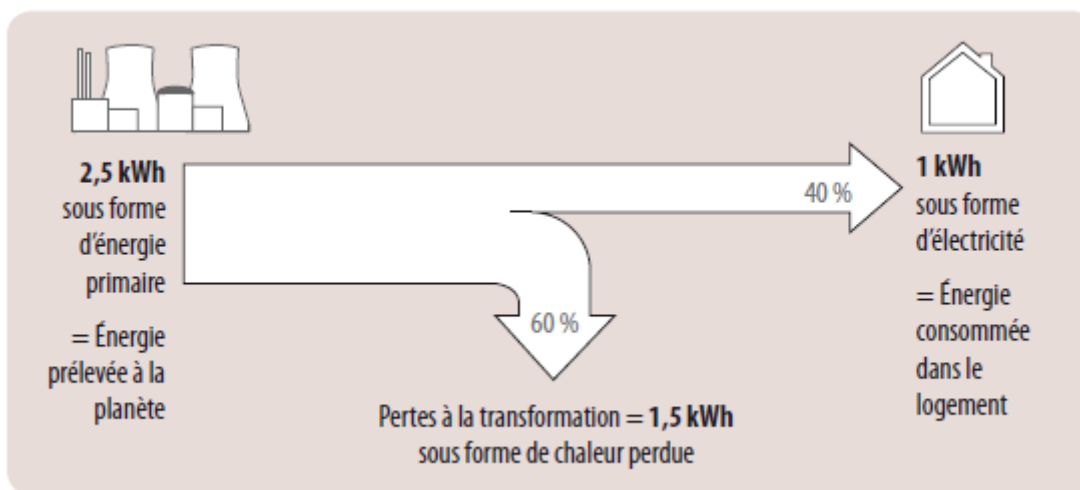
Voorbeeld: circulatiepomp van 72 W met cste snelheid

	Jaarverbruik [kWh/jr]	
Continue werking tijdens stookseizoen	420	 - 40%
Discontinue werking tijdens stookseizoen	252	

Hypotheses: belastingscoëfficiënt = 10 %, stookseizoen = 6000 h, nadraaitijd = 5 min,

Primaire energie

- Voor brandstoffen zijn de transformatie- en transportverliezen te verwaarlozen => primaire energie = finale energie
- Voor elektriciteit:

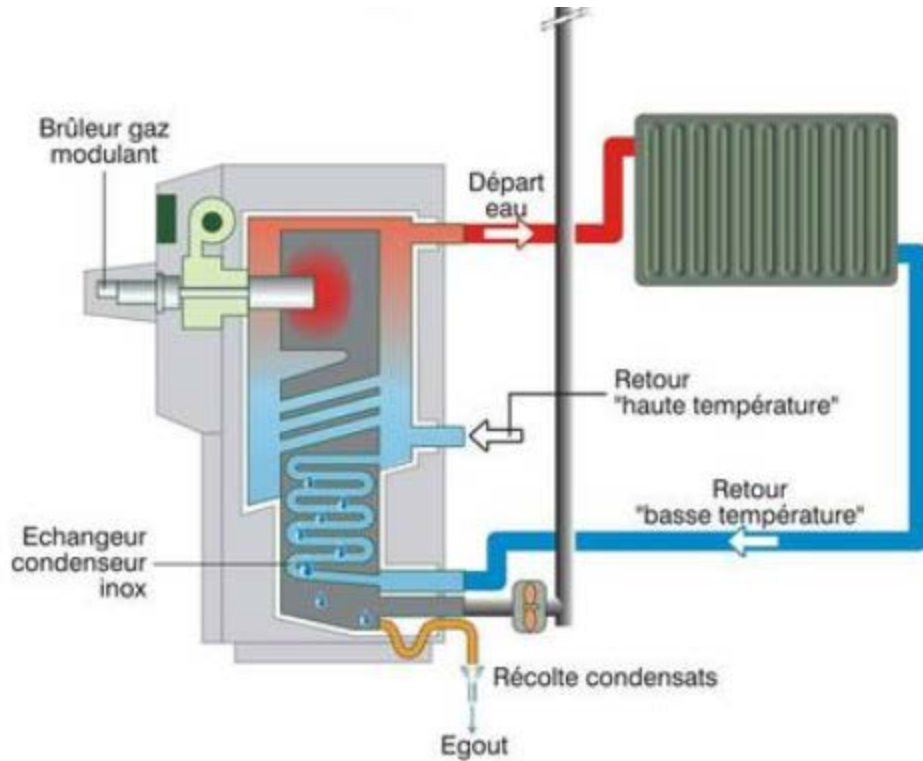


=> primaire energie = 2,5 x finale energie

Overzicht

- Inleiding
- De warmteafgifte
- De regeling
- De distributie
- De productie
- De hulptoestellen
- **Focus op condensatie-installaties**
- Vervangen van een ketel / renovatie van de stookplaats
- Conclusies

Condensatieketel



Condensatieketels

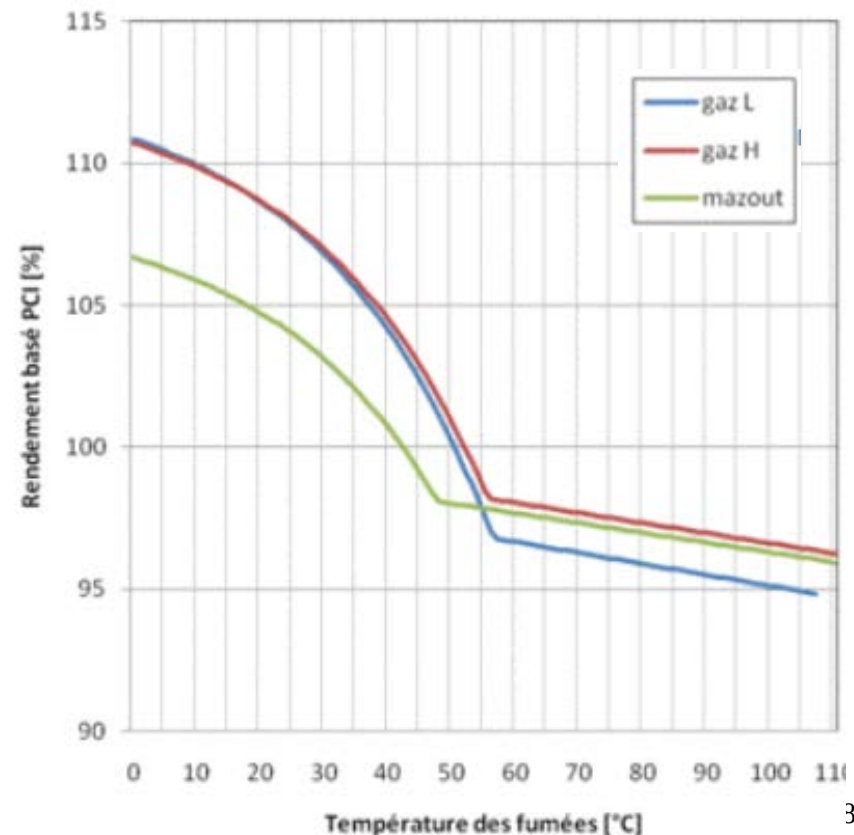
... zijn geen black-boxes die sowieso condenseren!!!

De condensatie treedt enkel op als:

→ De rookgassen voldoende zijn afgekoeld zodat de aanwezige waterdamp kan condenseren

Dauwpunt ~ 54...58° voor gas

Dauwpunt ~ 45...48° voor stookolie



Condensatieketels

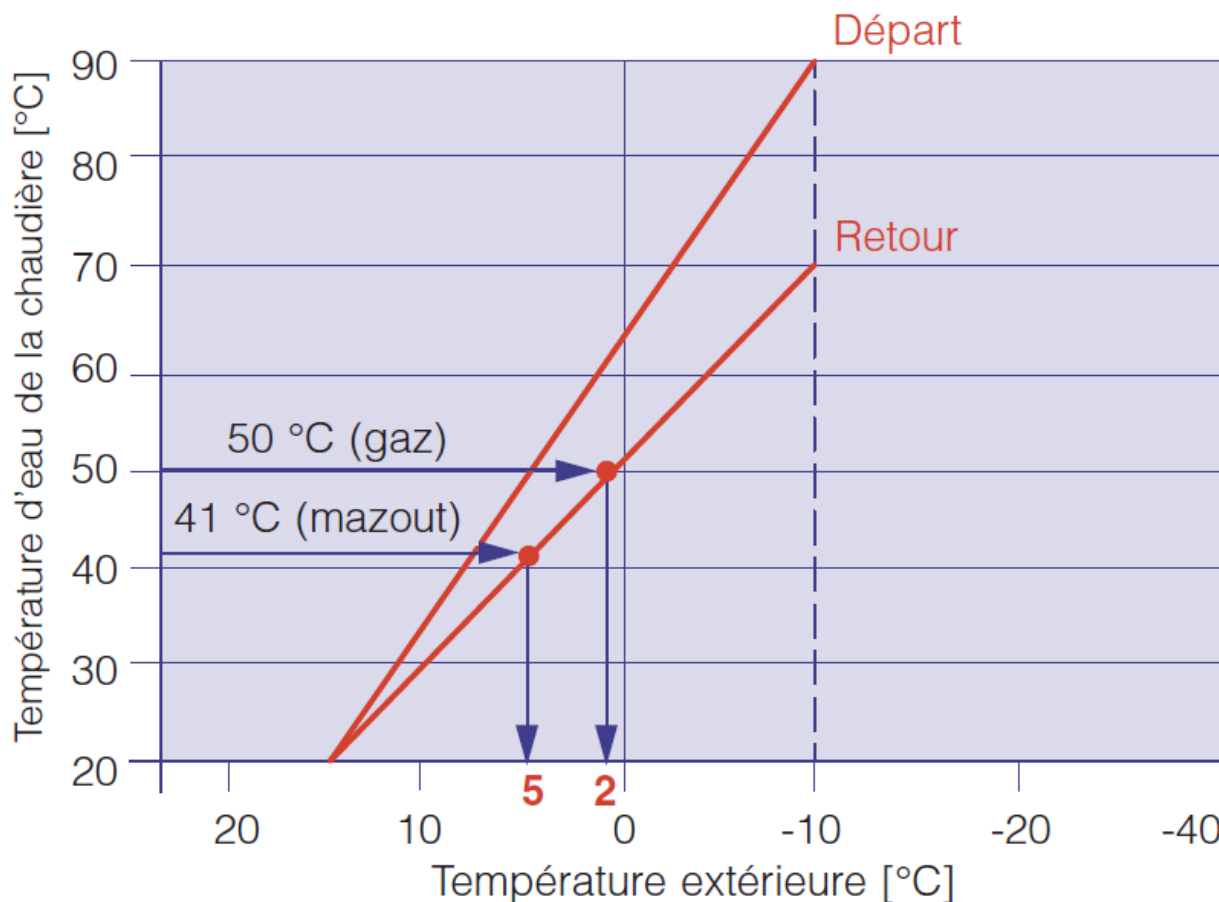
Parameters die de condensatie beïnvloeden:

- **Lage temperatuur van de rookgassen betekent:**
 - **Een zo laag mogelijke retour T° van het water**
 - Afgifte-elementen gedimensioneerd op het werken bij lage temp (indien mogelijk)
 - Glijdende T° regeling van de vertrektemperatuur
 - Aangepaste hydraulica: vermijden van warme retouren
 - **Een efficiënte warmtewisselaar (verhouding $S_{\text{wisselaar}} / P_{\text{bruto}}$)**
 - Kies voor een brander die enkel het strikt nodige vermogen levert (modulerende brander)

Glijdende T° regeling & Dimensionering afgifte-elementen

Productie

T° vertrek en retour in functie van de buiten T°

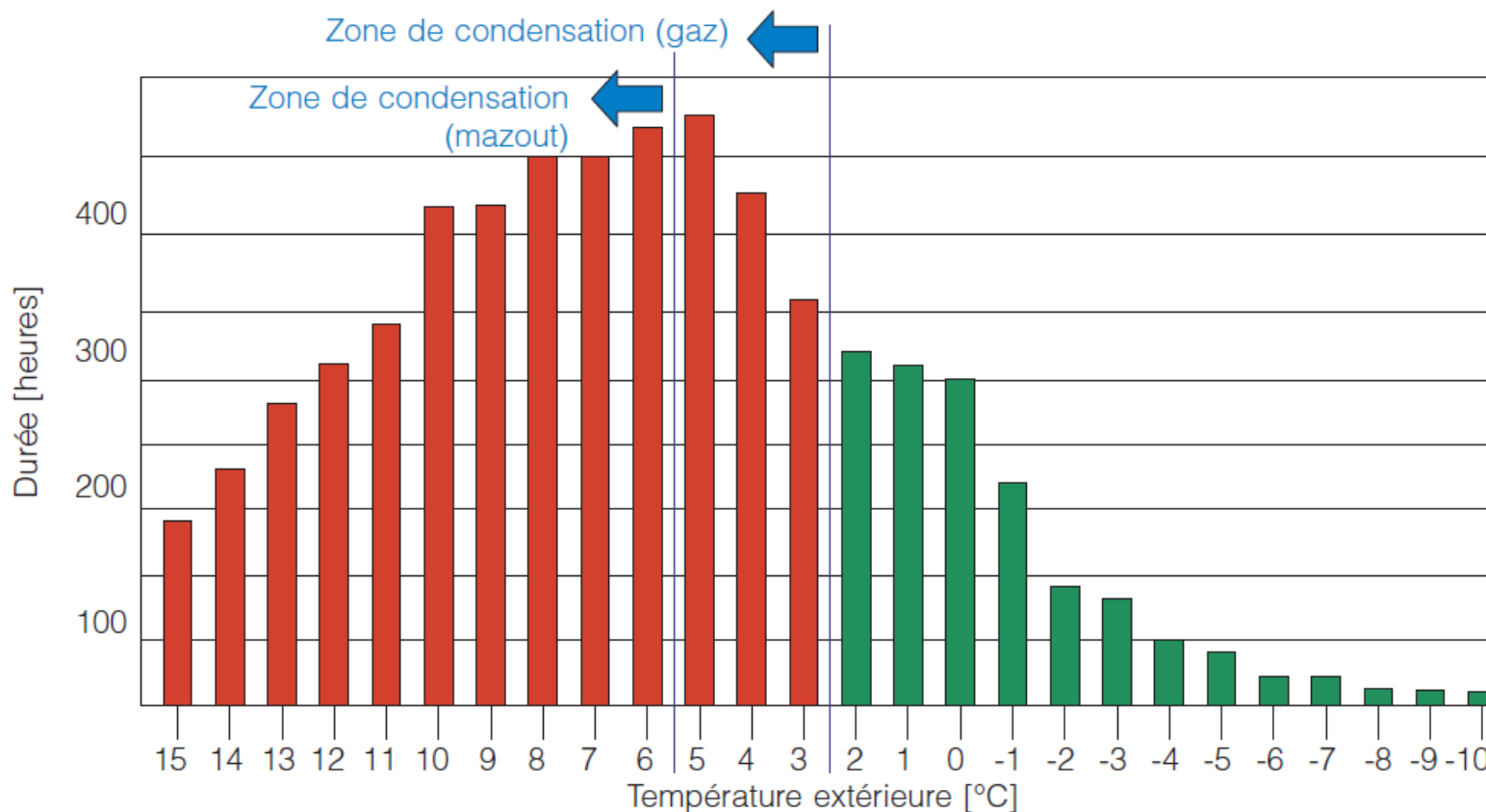


**Klassiek
regime
70 / 90 °C**

Glijdende T° regeling & Dimensionering afgifte-elementen

Productie

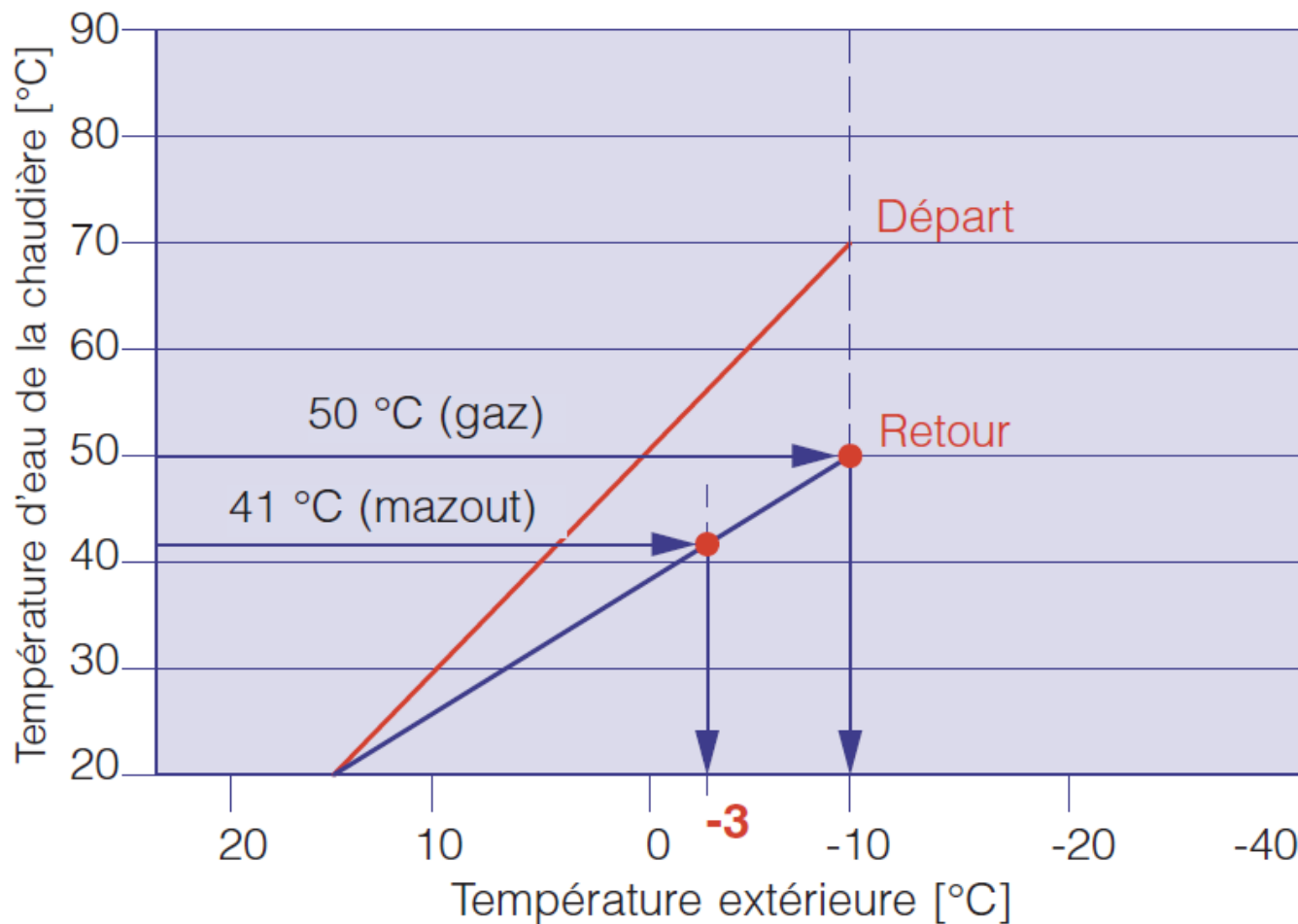
Tijdsduur tijdens dewelke de buiten T° hoog genoeg is tijdens het stookseizoen



Glijdende T° regeling & Dimensionering afgifte-elementen

Productie

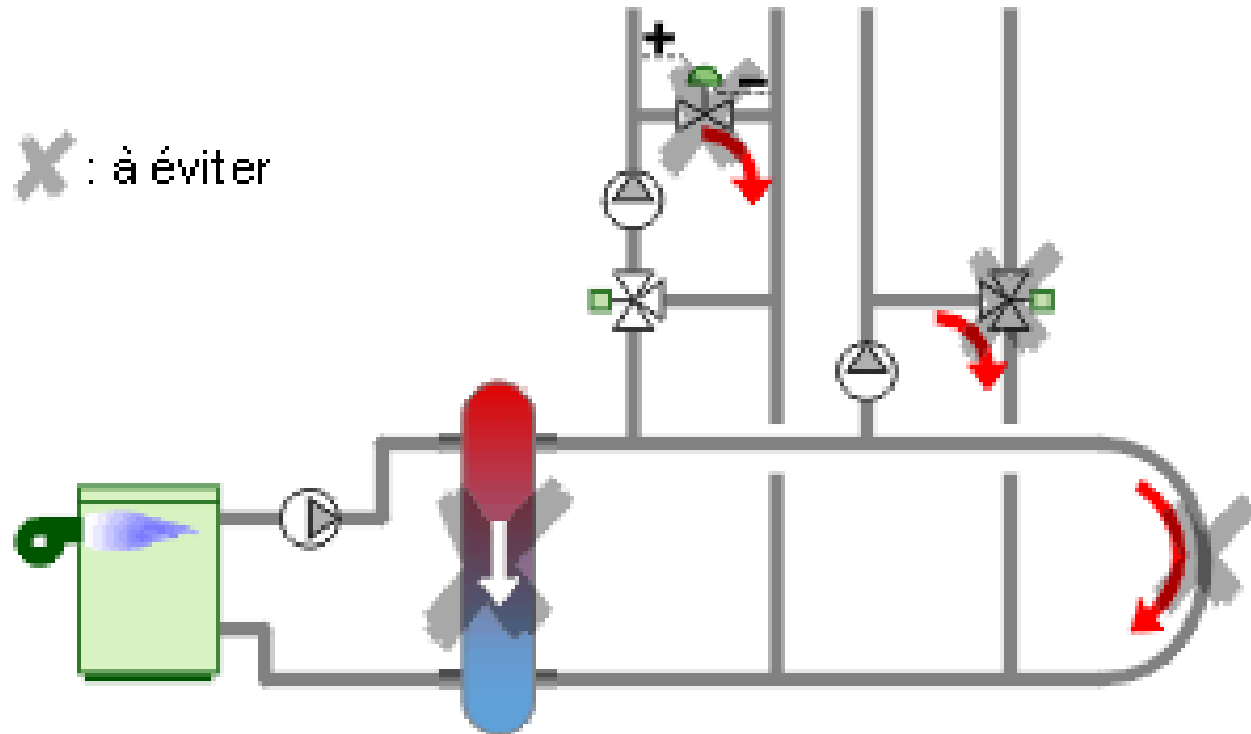
**Regime
50 / 70 °C**
bijvoorbeeld met
overge-
dimensioneerde
radiatoren



Vermijden van warme retouren

• Principes:

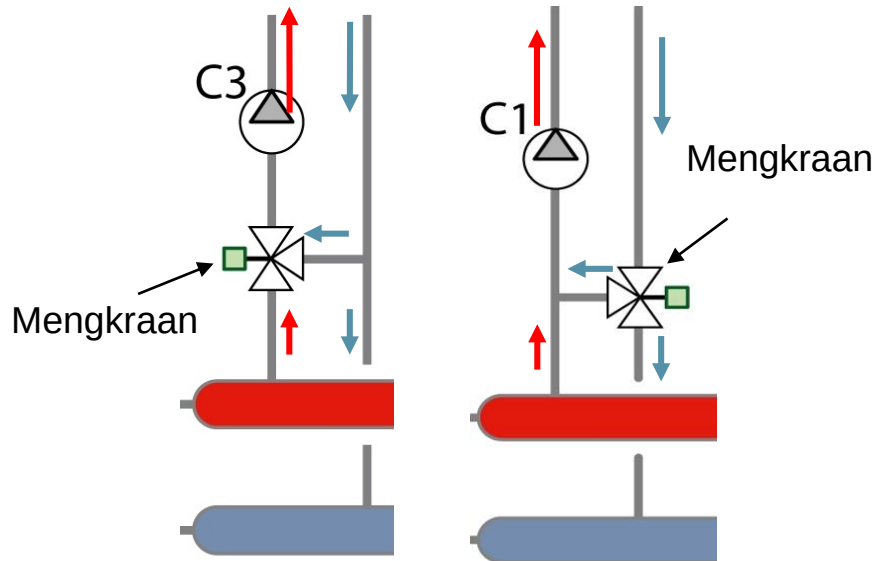
- Nooit voor de condensor het koude retourwater mengen met het warme vertrekwater
- De condensor steeds het zo koud mogelijk retourwater aanleveren



Kringen met variabele T° vs constante T°

- Het soort kring hangt af van plaatsing mengkraan en circulatiepomp ...

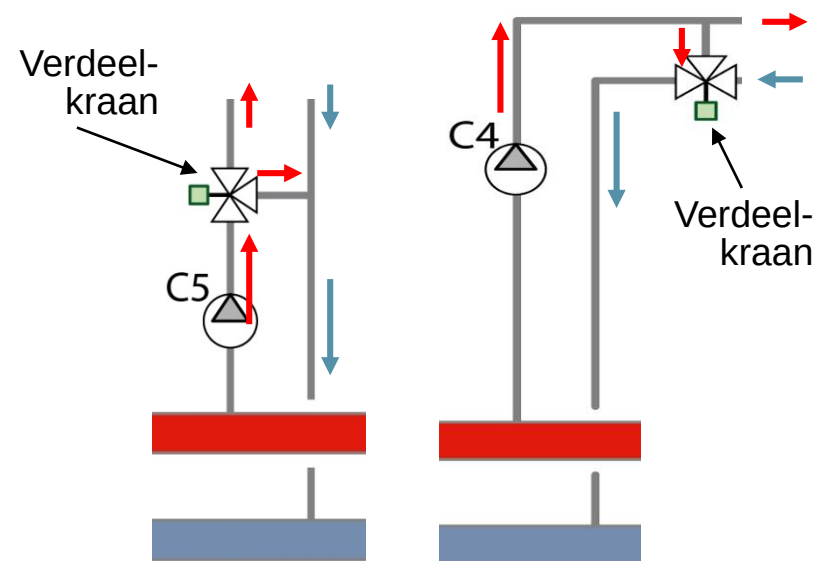
« Kring variabele T° »



Water circulerend in secundaire kring:

- Constant debiet
- T° variabel

« Kring constante T° »



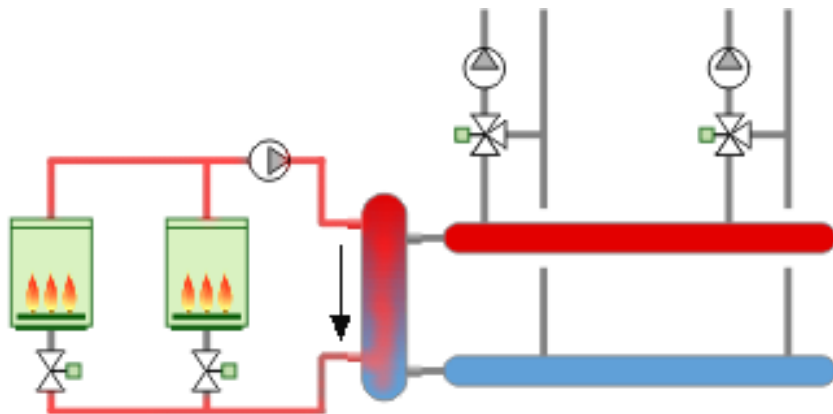
Water circulerend in secundaire kring:

- Variabel debiet
- T° constant

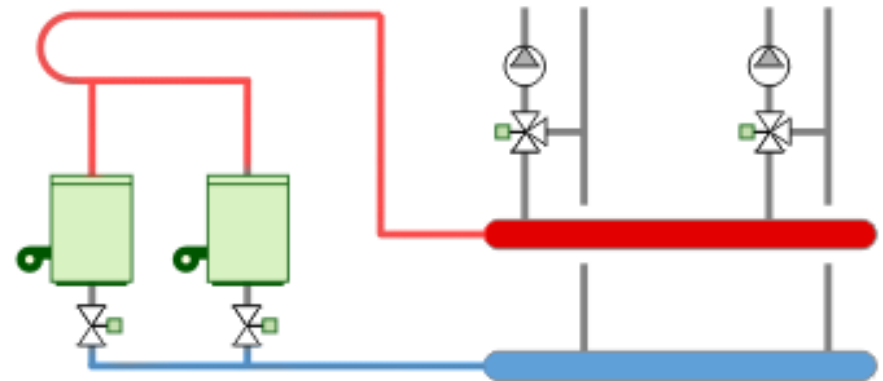
Vermijden van warme retouren

Voor de condensatie moet de temperatuur van het retourwater zo laag mogelijk zijn ...

**Ongunstige situatie
voor condensatie**



**Gunstige situatie
voor condensatie**

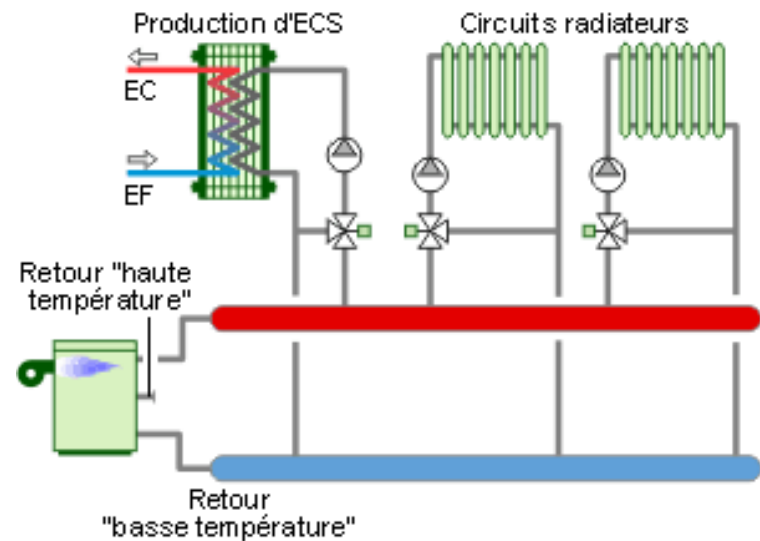
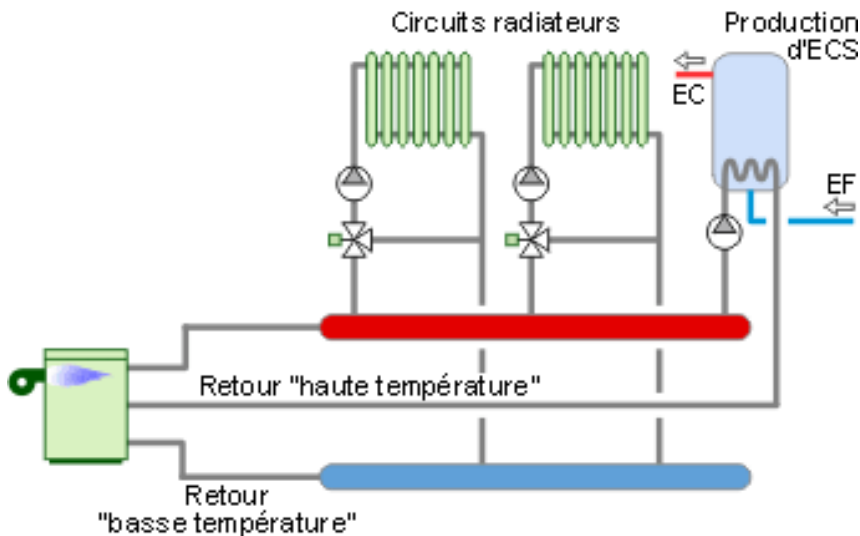


Vermijden van warme retouren

- **Wat met gekoppelde SWW-productie?**

Indien condensatieketel:

... **ofwel** ketel met groot watervolume en 2 afzonderlijke retouren

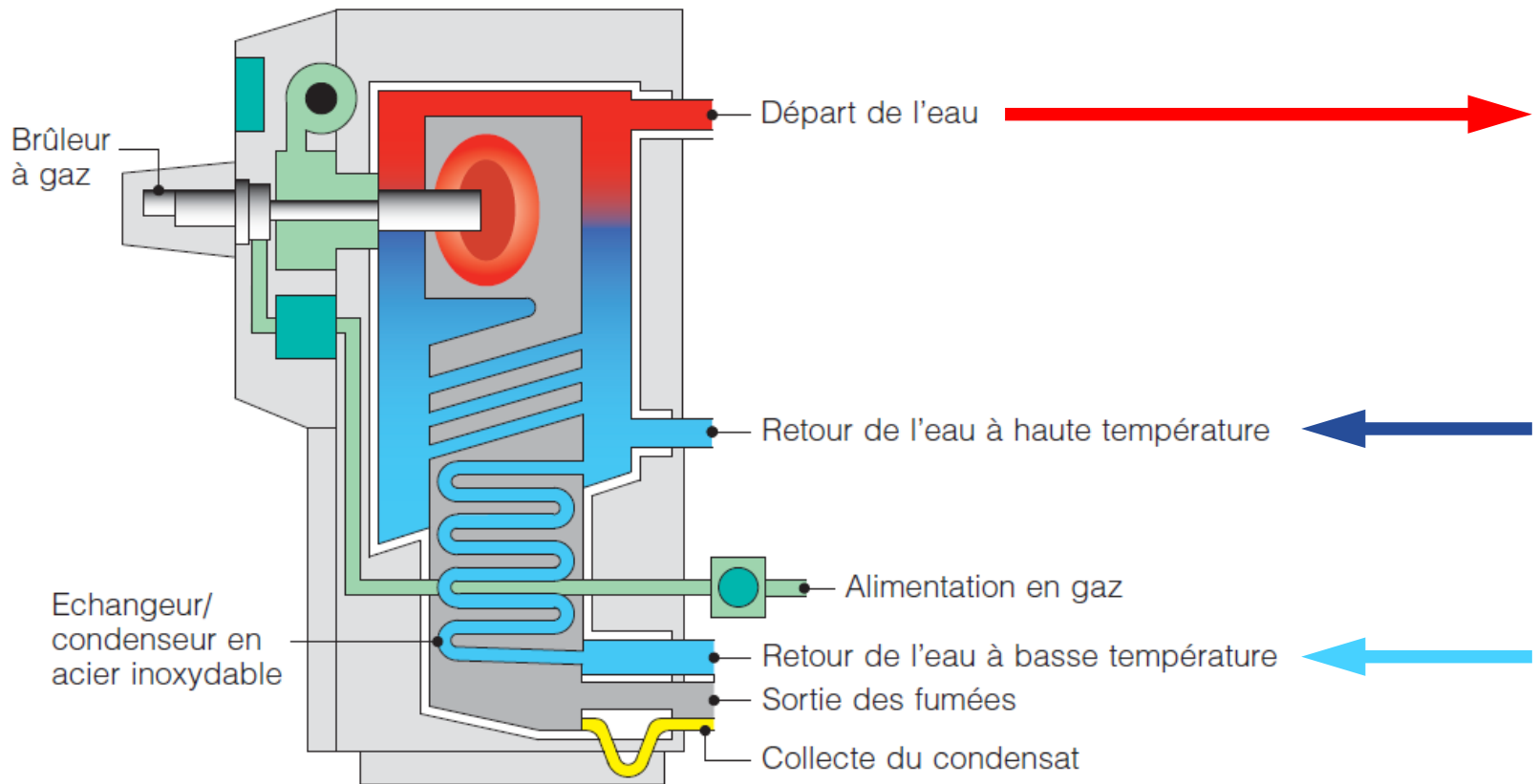


... **ofwel** de warmtewisselaar SWW zo dimensioneren dat er « koude » retouren zijn (platenwarmtewisselaar)

... **ofwel** het ontkoppelen van SWW-productie en verwarming

Vermijden van warme retouren

- Als er kringen zijn met verschillende retour T°
→ ketels met meerdere aansluitingen



Efficiënte warmtewisselaar

$$S_{\text{wisselaar}} / P_{\text{bruto}}$$

Oppervlakte van de warmtewisselaar ligt vast (warmtewisselaar = ketel)

→ Ingrijpen op het vermogen!

→ Verminder zoveel mogelijk het vermogen = het vermogen zo goed mogelijk afstemmen op de warmtevraag

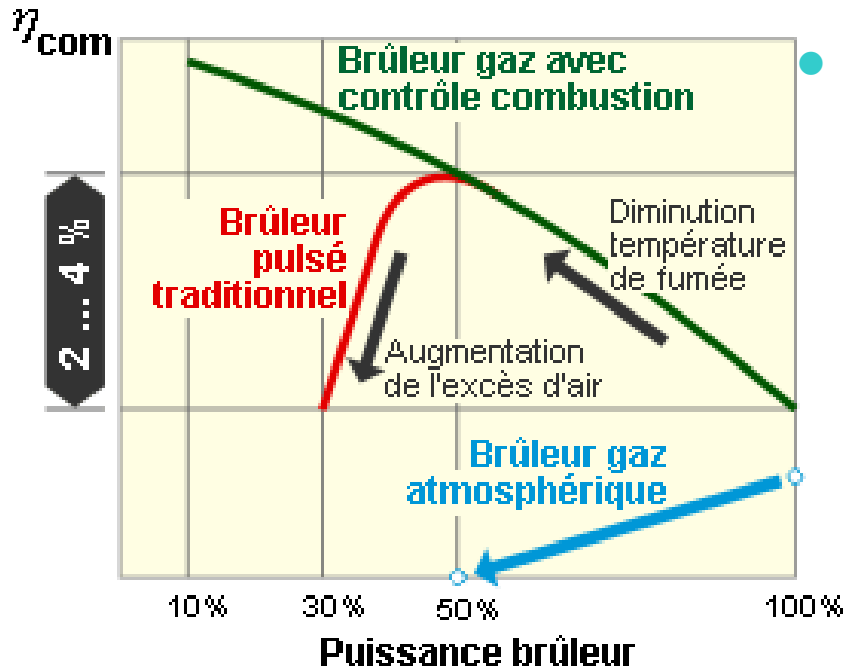
Hoe?

Verschillende vermogensniveaus voorzien door middel van:

→ tweetrapsbranders of nog beter: modulerende branders

→ meerdere ketels (met evtl meerdere trappen) en geregeld in cascade

Vermogensniveaus op een brander



Voor aangeblazen tweetrapsbranders:

→ Als het vermogen van de 1ste trap niet te laag is (= ~60%), is een winst van ~2 à 2.5% op het verbrandingsrendement in de 1ste trap mogelijk

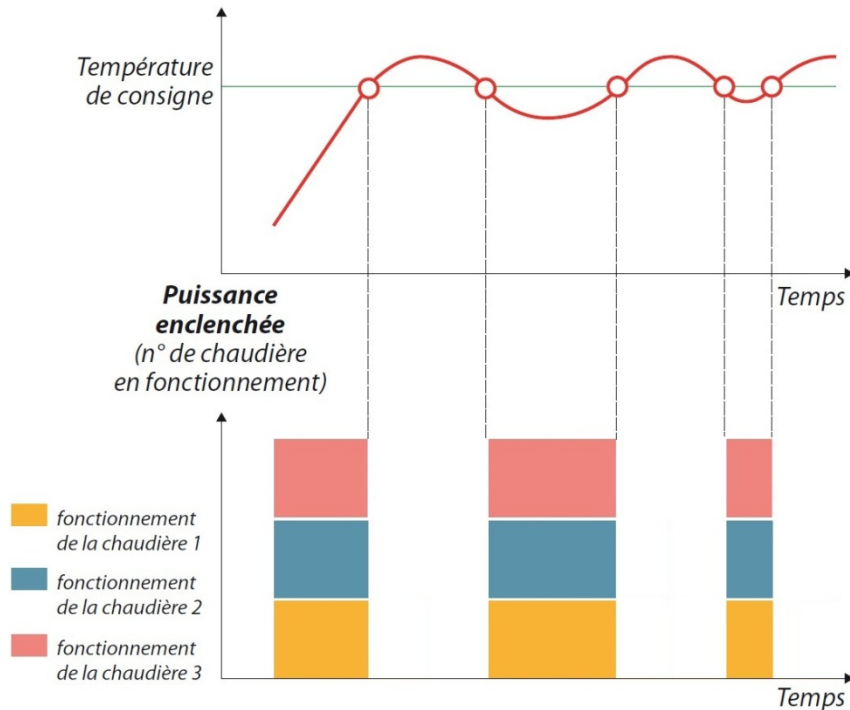
Omdat bij verminderd vermogen (terwijl boven een bepaalde waarde wordt gebleven ~50% van het P_{ketel} voor standaardketels):

- De warmteoverdracht in de ketel verbetert
- De afgevoerde rookgassen kouder zijn
- Er minder rookgasverliezen zijn
- Het verbrandingsrendement toeneemt

Vermogensniveaus bij meerdere ketels

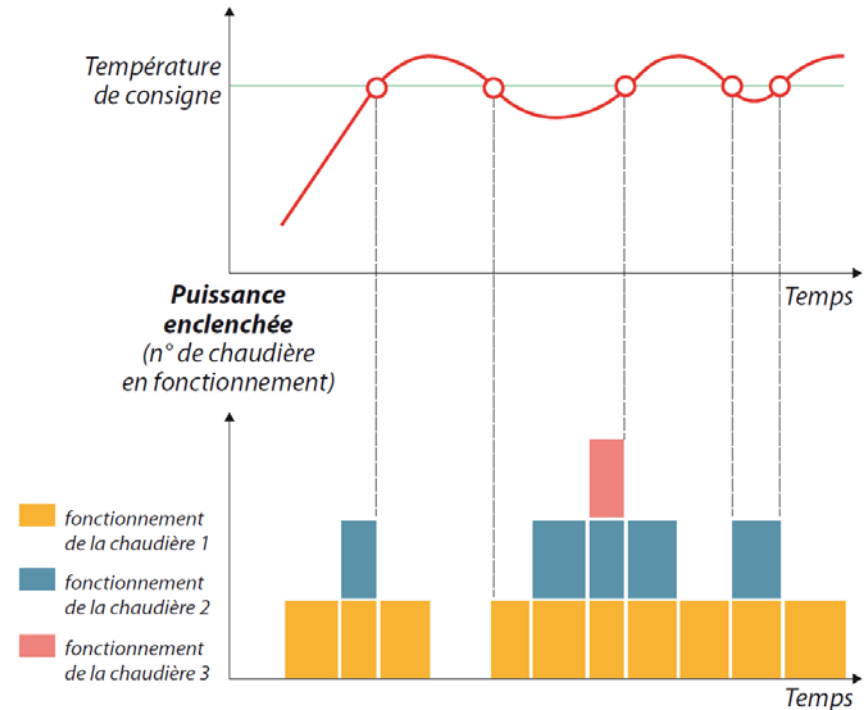
- **Werkingprincipe in parallel of in cascade**

Parallel



→ Pertinent als alle ketels recent zijn (goede isolatie), modulerende over een groot vermogensbereik en condenserend

Cascade



→ Pertinent in de andere gevallen

De condensatie bij stookolie?

Combustible	Pouvoir calorifique supérieur moyen (H _s)	Pouvoir calorifique inférieur moyen (H _i)	Chaleur latente récupérable (Q _{lat}) par condensation complète de la vapeur d'eau			Quantité de vapeur d'eau (M) produite par la combustion de 1 kg ou de 1 m³ de combustible (¹)
			Q _{lat} = H _s - H _i	Q _{lat} / H _i		
				[kWh/kWh]	[%]	
Mazout normal ou extra (²)	12,67 kWh/kg (³) 10,63 kWh/l (⁴)	11,88 kWh/kg (³) 9,96 kWh/l (⁴)	0,79 kWh/kg	0,066	6,65	1,18 kg/kg
Gaz naturel L	9,79 kWh/m³ (⁵)	8,83 kWh/m³ (⁵)	0,96 kWh/m³	0,108	10,85	1,43 kg/m³
Gaz naturel H	10,94 kWh/m³ (⁶)	9,87 kWh/m³ (⁶)	1,07 kWh/m³	0,108	10,81	1,59 kg/m³
Butane	33,50 kWh/m³ (⁷)	30,45 kWh/m³ (⁷)	3,05 kWh/m³	0,101	10,10	4,54 kg/m³
Propane	25,90 kWh/m³ (⁷)	23,70 kWh/m³ (⁷)	2,20 kWh/m³	0,093	9,30	3,27 kg/m³

⁽¹⁾ Calculée sur la base d'une chaleur d'évaporation/condensation de 2418 kJ/kg (0,671 kWh/kg).

⁽²⁾ Taux de soufre de 1000 ppm (mazout normal) et de 10 ppm (mazout extra).

⁽³⁾ Source : CEDICOL (Centre d'information sur les combustibles liquides).

⁽⁴⁾ Valeur calculée sur la base d'une masse volumique de 0,838 kg/l.

⁽⁵⁾ Source : moyenne annuelle établie en 2006 par Fluxys pour le gaz de Slochteren (référence 15 – 15 °C et 1013,25 mbar).

⁽⁶⁾ Source : moyenne des moyennes annuelles établies en 2006 par Fluxys pour les gaz d'Ekofisk, de Troll, d'IZTF, de Russie et d'Algérie (référence 15 – 15 °C et 1013,25 mbar).

⁽⁷⁾ Source : Comité français du butane et du propane (15 °C et 1013,25 mbar).

Uittreksel TV « Condensatieketel » van het WTCB

De condensatie bij stookolie?

- **Max. 7 % latente warmte recupereerbaar** (tegenover ~11% bij gas)
- **Lager dauwpunt** (45 .. 48°C) tegenover gas (54 .. 58°C)
 - Minder condensatie dan bij gas bij gelijke overige omstandigheden
 - Zo mogelijk werken met nog lagere water T°
 - Bij voorkeur overdimensioneren warmtelichamen

De condensatie bij stookolie?

- Condensatieketel op stookolie:**

- **Zuur condensaat**

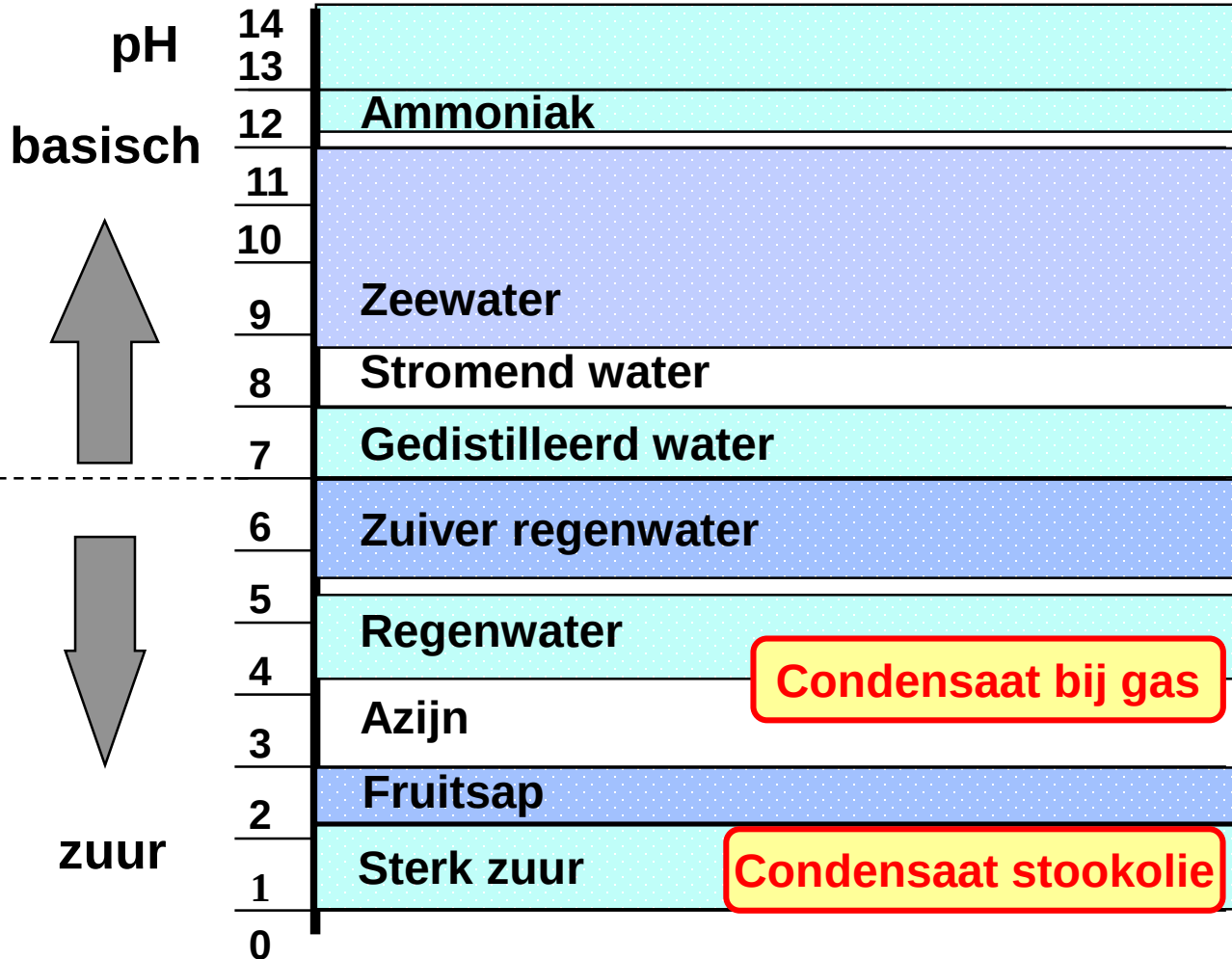
(productie van H_2SO_4)

→ ketels moeten hogere weerstand hebben

(hogere meerkost)

→ behandeling van het condensaat voor afvoer (neutralisatie)

→ In het algemeen, **gebruik van « extra » stookolie** met laag zwavelgehalte (duurdere brandstof).



Aanbevelingen gelinkt aan condensatie

- **Afvoer van het condensaat**

- Naar de riool

Een ketel van 70 kW produceert +- 4 liter condensaat per uur!!!

- In plastic gezien pH zuurtegraad
(voorafgaande neutralisatie bij stookolieketel)



Aanbevelingen gelinkt aan condensatie

- **Welke hoeveelheid condensaat?**

Een condensatieketel van 250 kW produceert ongeveer 14 liter condensaat per uur, ofwel een pintje per minuut ...



Aanbevelingen gelinkt aan condensatie

- **Schoorsteen**

- Bestand tegen corrosie
- waterdicht

→ Tuber en van de schoorsteen verplicht (inox of PPS)

OPMERKING: tubing ook vaak noodzakelijk bij laagtemperatuursketel!



Overzicht

- Inleiding
- De warmteafgifte
- De regeling
- De distributie
- De productie
- De hulptoestellen
- Focus op condensatie-installaties
- **Verbeteren / renovatie van een stookplaats**
- Conclusies

Verbeteren van een bestaande stookplaats

- Check het **verbrandingsrendement** en ga na of het kan verbeterd worden

Energie-impact

*1 % hoger verbrandingsrendement =
ongeveer 1 % minder verbruik*

3. MESURES (3)								
	Unité	Application	Mesures initiales (RBC)		Mesures finales		Exigences	Conformité
			Allure 1	Allure 2	Allure 1	Allure 2		
Température d'eau (4)	°C	1-2						
Gicleur: marque/type	/	1						
Gicleur: débit	USG/h	1						
Gicleur: angle	°	1						
Pression pompe	bar	1						
Pression gaz	mbar	2						
(dé)pression cheminée	Pa	1-2						
Indice fumée	Bacharach	1						
Teneur en O ₂	%	1-2						
Teneur en CO ₂	%	1-2						
Teneur en CO	mg/kWh	1-2						
Tem. des gaz de combustion	°C	1-2						
Temp. de l'air de combustion	°C	1-2						
Température nette	°C	1-2						
Rendement de combustion	%	1-2						
Application = 1: combustible liquide – 2: combustible gazeux								
Les tickets des résultats de mesure sont à agraffer à cette attestation								

Ancienne
chaudière de
20 ~ 25 ans

Nouvelle
chaudière
non à
condensation

T° fumées	~ 180	~ 120	°C
Taux CO2 mazout	12,5 .. 13	12,5 .. 13	%
Taux CO2 gaz	10 .. 11	10 .. 11	%
Taux CO	0	0	ppm
Excès d'air	~ 20	~ 20	%
Tirage	~ 10 .. 15	~ 10 .. 15	Pa
Rendement	~ 90 .. 92	~ 94 .. 95	%

Verbeteren van een bestaande stookplaats

- Check of **de luchtklep op de brander** sluit bij stilstand van de ketel

Energie-impact

0,5 à 1 % van het nominaal vermogen van de ketel



Verbeteren van een bestaande stookplaats

- Checken of de 2 trappen van de brander goed staan ingeregeld

Energie-impact

2 à 3 % hoger rendement



Ingestelde temp vlamgang 1 = kleine trap
= kleine vlamgang

Ingestelde temp vlamgang 2 = grote trap
= grote vlamgang

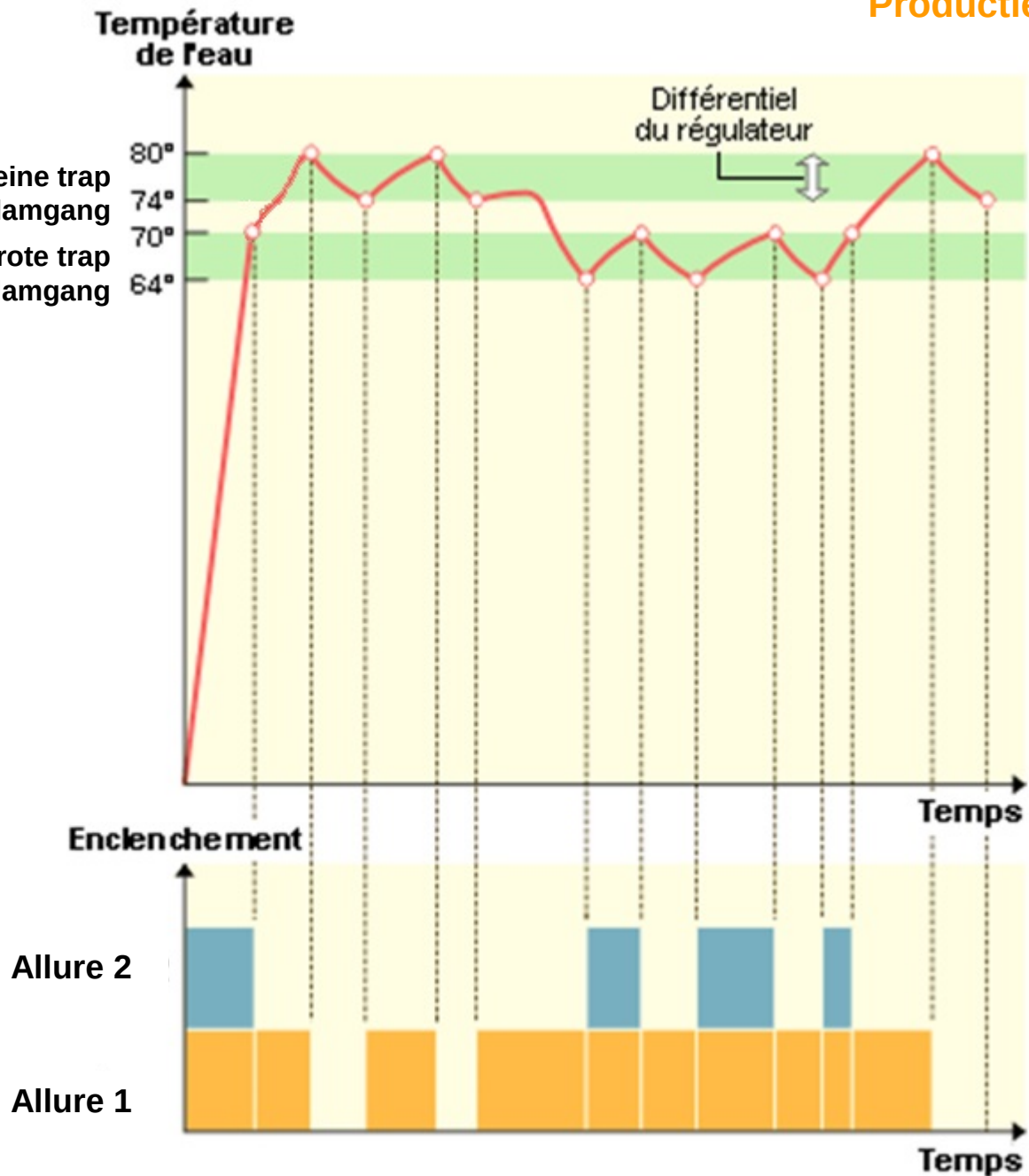
Een ketel met tweetrapsbrander stuurt het inschakelen van de trappen van de brander

... via een regeling steunend
op aquastaten

T° aquastaat kleine trap >

T° aquastaat grote trap!

(indien niet, steeds werking
in grote trap)



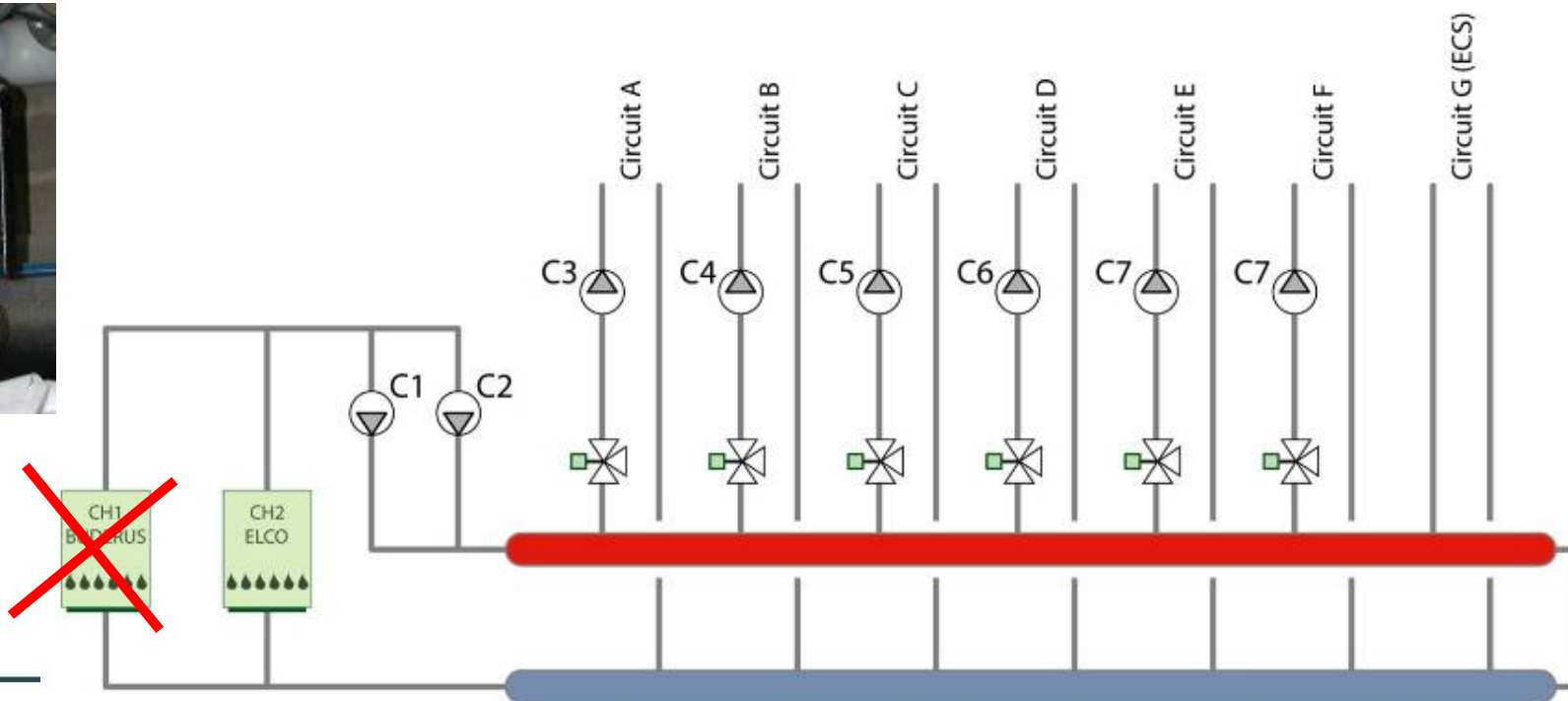
Verbeteren van een bestaande stookplaats

- Kijk de installatie na op overdimensionering en schakel 1 ketel uit indien mogelijk. Zorg ook dat deze hydraulisch wordt geïsoleerd van de rest van de installatie (manueel of via cascade)

Energie-impact

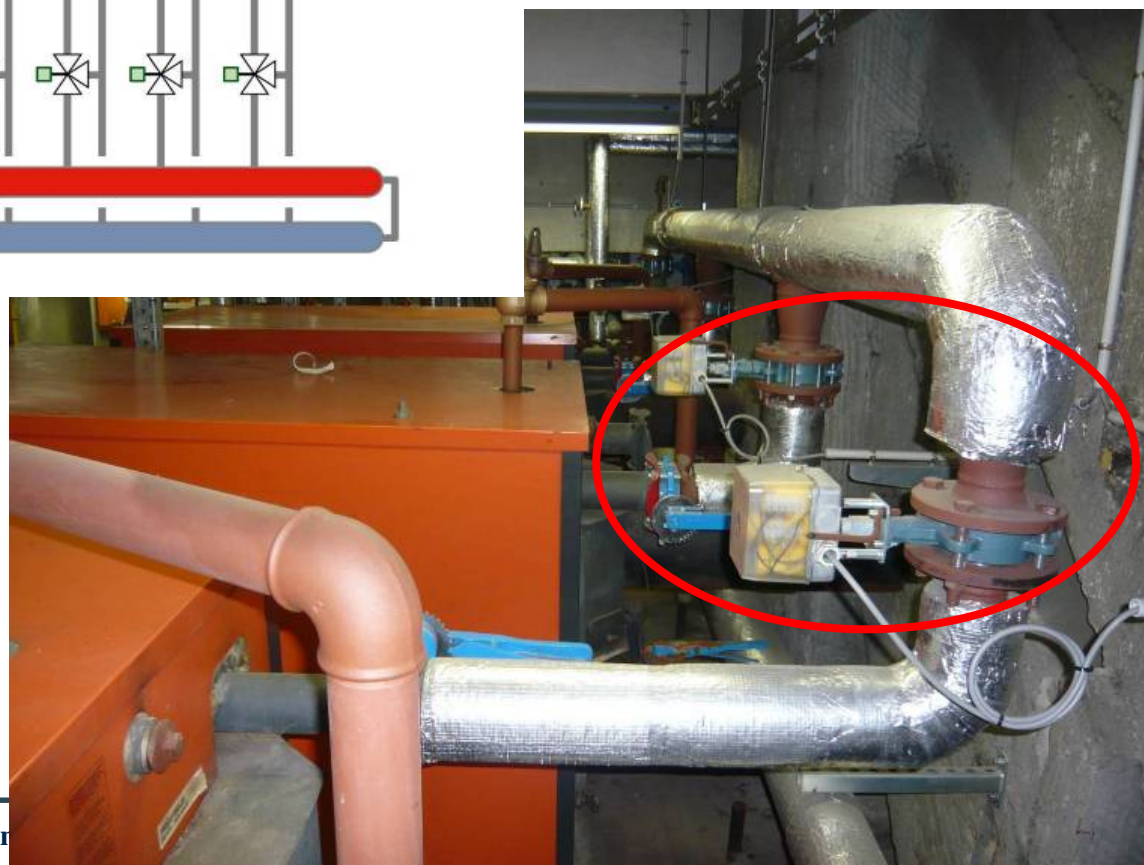
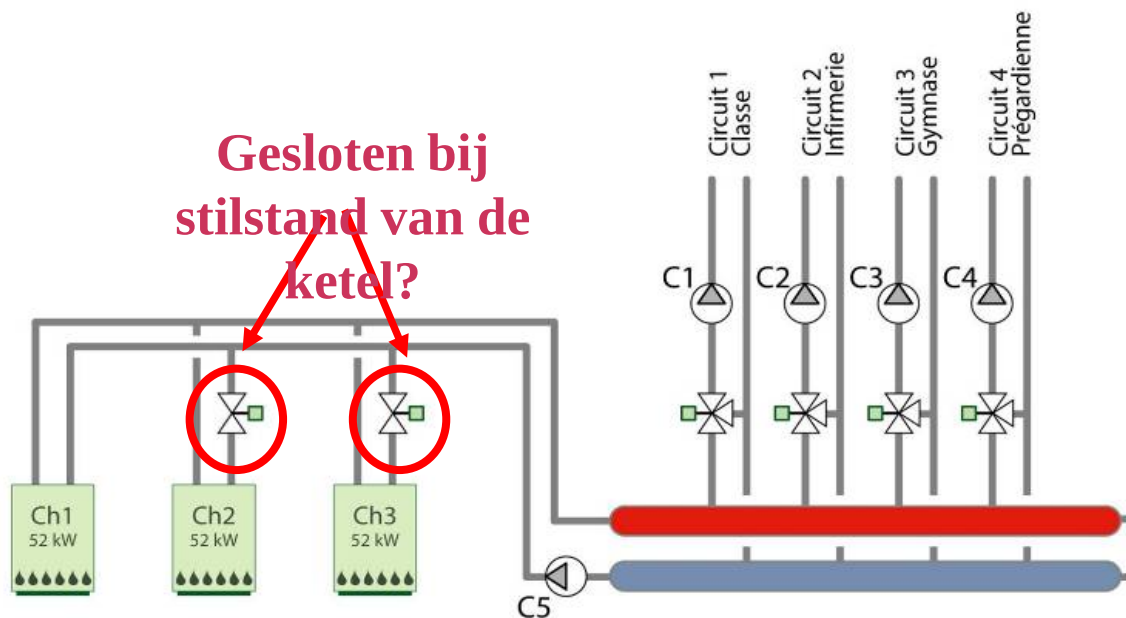
De stilstandsverliezen van de ketels onnodig op temperatuur gehouden

0,3 à 1,5 % van het nominaal vermogen van de ketel



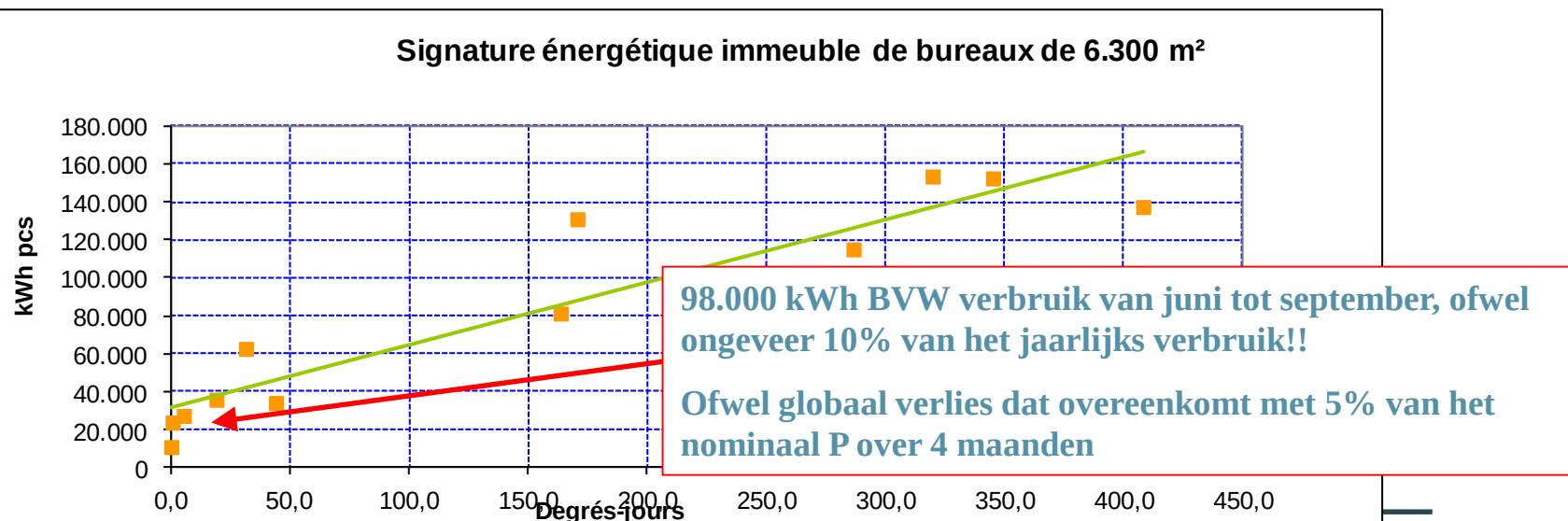
Verbeteren van een bestaande stookplaats

**Gesloten bij
stilstand van de
ketel?**



Verbeteren van een bestaande stookplaats

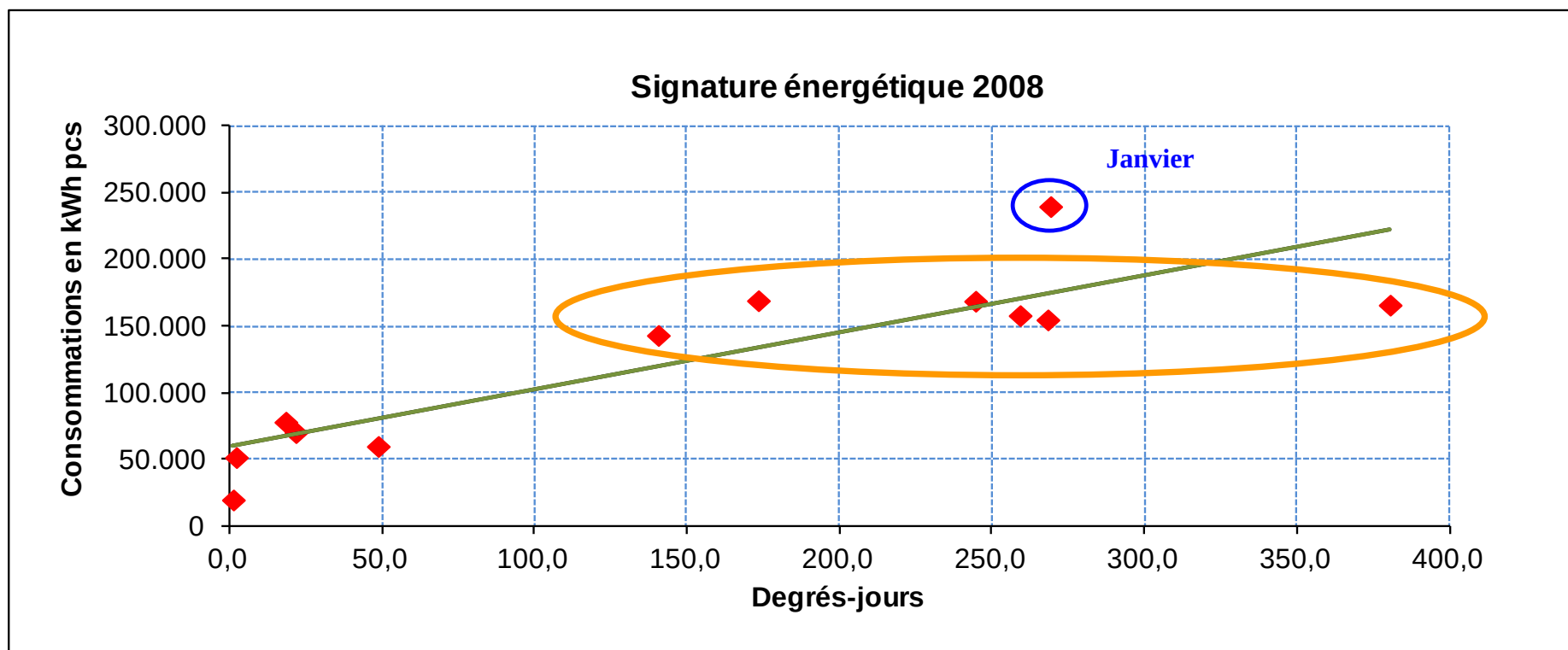
- Check of de ketels zijn uitgeschakeld in de zomer
- > Stilstandsverliezen tijdens de zomer in een stookplaats met 500 kW:
- $$500 \text{ kW} \times 3000 \text{ h/jr} \times 0,6 \% = 9000 \text{ kWh/jr of } 540 \text{ [€]}$$
- > Reducerende aanpak als de primaire kring op temperatuur wordt gehouden + elektrisch verbruik van de primaire pomp
- > Voorbeeld voor een stookplaats met 680 kW in een kantoorgebouw van 1993 met een jaarverbruik van 1.000.000 kWh BVW



Verbeteren van een bestaande stookplaats

- Check dat de regeling functioneert en goed geparametriseerd is

1. Stel de energiehandtekening op:



Verbeteren van een bestaande stookplaats

- Check dat de regeling functioneert en goed geparametriseerd is

2. Voer een meetcampagne uit:

- T° leidingen: primaire collector en verwarmingskringen (vertrek en retour)
- T° binnen in meerdere « referentie » lokalen
- T° buiten om na te gaan of de water T° effectief varieert ifv deze buitentemp

Meetcampagne: voorbeeld

> **Kantoorgebouw uit 1990**

> **Verwarmde vloeroppervlakte van 2.450 m²**

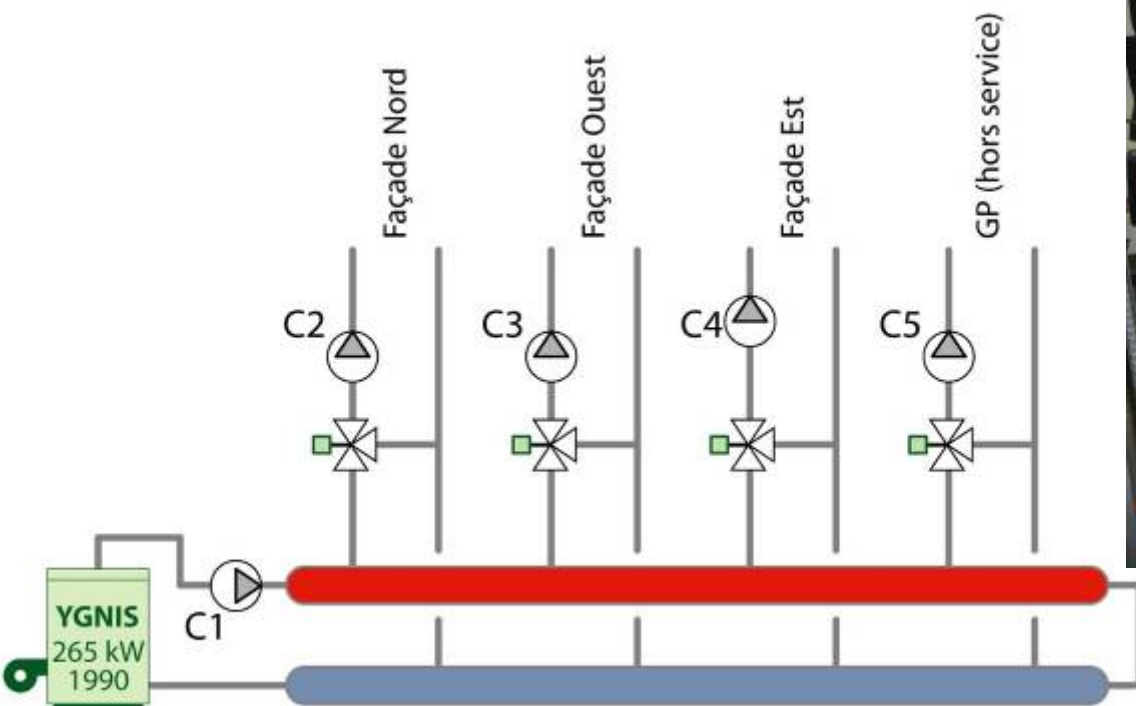
> **Specifiek verbruik van 136 kWh OVW/m²**



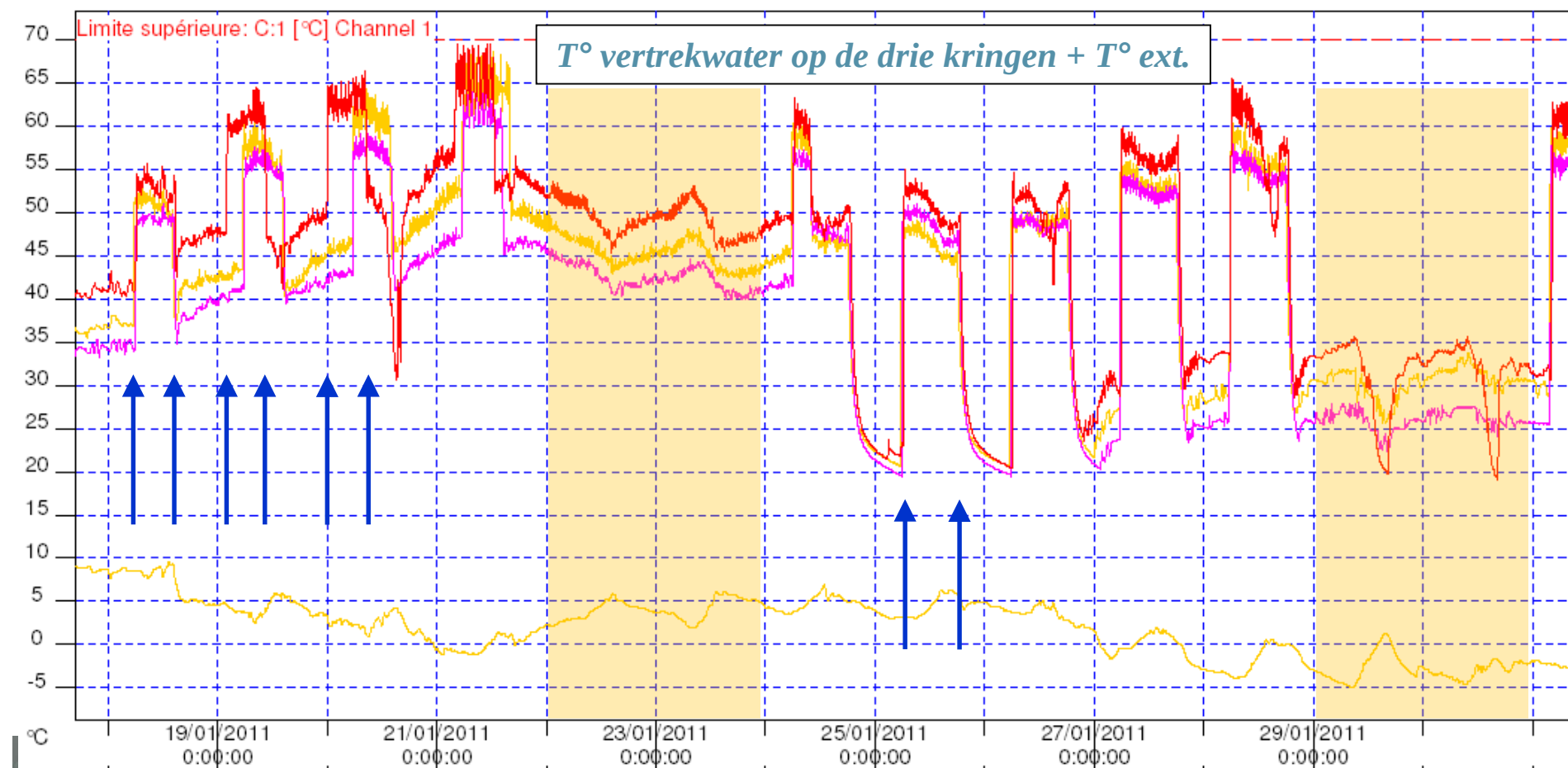
> **Gasfactuur in 2010 van 13.000 € excl. BTW**

Meetcampagne: voorbeeld

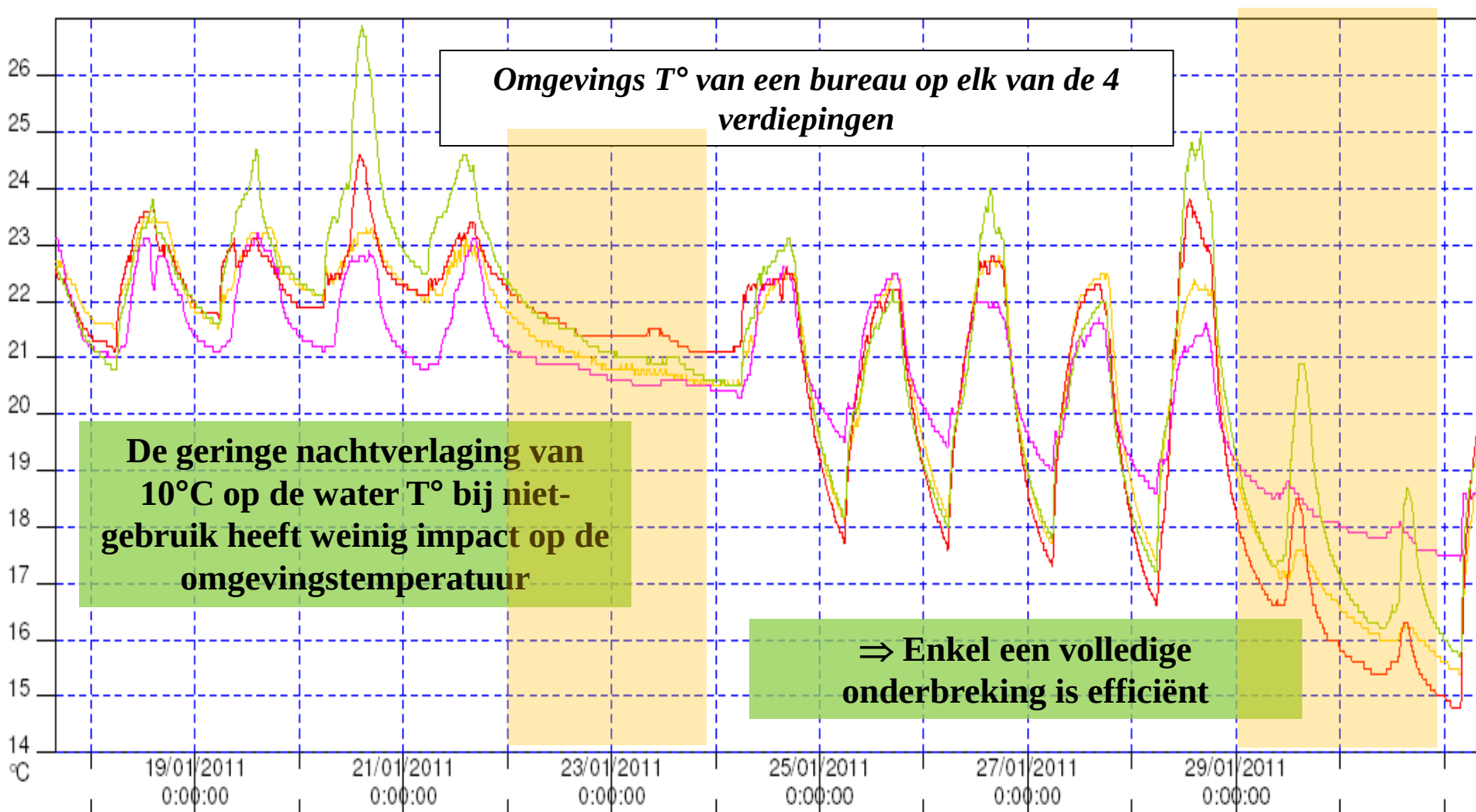
- > **Ketel van 265 kW uitgerust met een tweetrapsgasbrander**
- > **Primaire kring op constante temperatuur**
- > **3 verwarmingskringen met klimaatregeling**



Meetcampagne: voorbeeld



Meetcampagne: voorbeeld

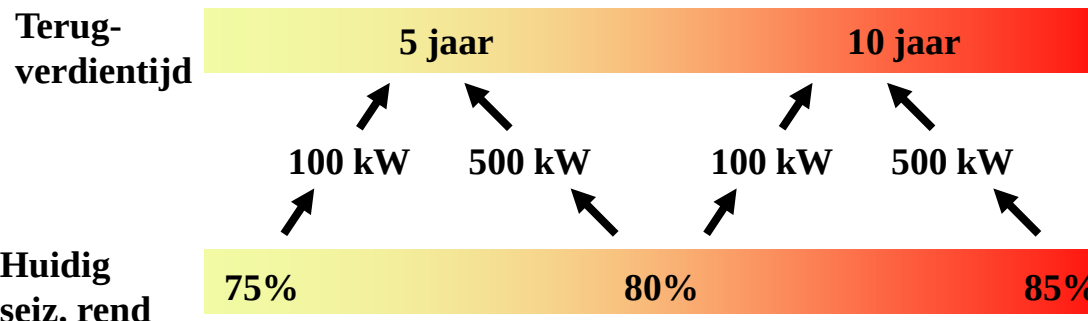


Vervanging van bestaande ketels

Vervangen van een ketel is het uitgelezen moment om de volledige installatie te herbekijken:

- Brandstofkeuze
- Herdimensionering van de ketels
- Keuze van de ketels (condensatieketels?)
- Regeling van de ketels en de distributiekeringen (integratie van het geheel)
- Aanpassing van de schoorsteen
- Conform maken met de wetgeving van de stookplaats
- ...

Vervanging van bestaande ketels



Oude atmosferische ketels op constante temp;

Oude overgedimensioneerde aangeblazen ketels verbrandingsrendement .. 86 ..%, brander zonder afsluitbare luchtklep, cascade zonder hydraulische afsnijding

Oude, goed gedin. aangeblazen ketels, verbrandingsrendement .. 88 ..%, brander zonder afsluitbare luchtklep, cascade zonder hydraulische afsnijding

Oude, goed gedin. aangeblazen ketels, verbrandingsrendement .. 90 ..%, afsluitbare luchtklep, clapet d'air fermé, cascade zonder hydraulische afsnijding

Vervanging van bestaande ketels

- **Opteren voor condensatie? Bijna steeds « JA MAAR »**
... respecteren van de aandachtspunten!
 - Check de dimensionering van het **afgiftesysteem**
(bijna steeds OK bij radiatoren maar goed te controleren bij convectoren)
 - Check het **hydraulisch schema**.
Pas aan indien nodig.
 - Bij **gas**, opteer voor een **modulerende brander** met groot moduleringsbereik + regeling van de verbrandingsparameters
Bij **stookolie**, opteer voor een **tweetrapsbrander**.
 - **Draag zorg voor het dimensioneren** van de ketels voor een zo hoog mogelijk seizoensrendement

Samenvattend

Bij de vervanging van ketel(s):

Als er gas beschikbaar is:

→ een **gascondensatieketel** of, als men bedrijfszekerheid wil bij panne:

- Combinatie van twee parallelle condensatieketels,
- Combinatie van een condensatieketel in cascade met een lagetemperatuursketel.

→ **Gedimensioneerd volgens de norm,**

→ Voorzien van een **modulerende brander** (met een groot moduleringsbereik: van ~10 à 100 %) en met een **regeling van de verbranding** over het volledige moduleringsbereik,

→ Aangesloten op een **hydraulisch circuit gunstig** voor **maximale condensatie** en bij voorkeur **zo eenvoudig mogelijk** zodat ontwerp- en regelfouten zoveel mogelijk worden vermeden.

Samenvattend

Als er geen gas beschikbaar is:

- Een of meerdere ketels (als men bedrijfszekerheid wil bij panne),
- « **condensatie** » of « **hoogrendement** », werkend met zo laag mogelijke rookgastemperaturen.
- Voorzien van een **tweetrapsbrander**,
- Uitgerust met een stookoliedebietmeter.

Of kiezen voor een « groene » brandstof (pellets, ...)

Of in een goed geïsoleerd gebouw: een warmtepomp?

Overzicht

- Inleiding
- De warmteafgifte
- De regeling
- De distributie
- De productie
- De hulptoestellen
- Focus op condensatie-installaties
- Vervangen van een ketel / renovatie van de stookplaats
- **Conclusies**

Grootteordes

Type installatie	Rendement in % ($\eta_{\text{globaal}} = \eta_{\text{productie}} \times \eta_{\text{distributie}} \times \eta_{\text{afgifte}} \times \eta_{\text{regeling}}$)				
	$\eta_{\text{productie}}$	$\eta_{\text{distributie}}$	η_{afgifte}	η_{regeling}	η_{globaal}
Oude overgedim. ketel, lange distributiekringen	75 .. 80 %	80 .. 85 %	90 .. 95 %	85 .. 90 %	46 .. 58 %
Oude, goed gedim. ketel, korte distributiekringen	80 .. 85 %	90 .. 95 %	95 %	90 %	62 .. 69 %
Hoogrendementsketel, korte distributiekringen, radiatoren met muurisolatie, regeling via buitenvoeler, thermostatische kranen, ...	90 .. 93 %	95 %	95 .. 98 %	95 %	77 .. 82 %

Conclusies

- Tussen de finale energie (waarvoor men betaalt) bij het binnenkomen van het gebouw en de afgegeven warmte in een lokaal om het comfort te garanderen, ligt er een lange weg bezaaid met valkuilen en verliezen
- Een goed begrip van deze soorten verliezen, maakt het mogelijk de prestaties van de installatie te verbeteren
 - Via dagelijks beheer
 - Via plaatselijke verbeteringen
 - Via een renovatie

Conclusies

- Noodzakelijk om een globale visie na te streven:
 - Ingrijpen op één onderdeel kan een impact hebben op een ander
voorbeeld: radiatoren die werken à lage temperatuur zijn gunstig voor het rendement van een condensatieketel
 - Elk onderdeel is van belang (globaal rendement = product van de rendementen)
- De regeling is van primordiaal belang om de prestaties van alle onderdelen van de installatie te garanderen
- Belangrijk om de gebruikers te sensibiliseren over de werking van de verwarmingssysteem op het vlak van de afgifte en lokale/finale regeling