

## CONCEPTFICHE 1:



# Doorstroomtoestellen

## PRODUCTBESCHRIJVING

Doostroomtoestellen voor de productie van sanitair warm water werken niet met een voorraad. Ze verwarmen het water ogenblikkelijk bij verbruik. Het debiet dat kan afgenomen worden, is bijgevolg beperkt door het toestelvermogen. Voordeel is wel dat de beschikbaarheid van sanitair warm water onbeperkt is in de tijd.

Bij het begin van een nieuwe tapping na een periode zonder afname moet men rekening houden met een wachttijd. Deze hangt vooral af van het werkingsprincipe van het doorstroomtoestel. Bij directe systemen (bv. bij gasgeisers) wordt het sanitair water rechtstreeks opgewarmd door de vlam/rookgassen. In dit geval is de wachttijd beperkt tot slechts enkele seconden. Bij indirecte systemen (bv. bij combiketels) is er een gesloten cv-circuit met pomp tussengeschakeld en kan de toestelwachttijd oplopen tot 15 seconden, en meer!

Doorstroomtoestellen werken met een gasvormige brandstof (aardgas, propaan) of met elektriciteit. Betere gastoestellen zijn thermostatisch modulerend, hebben een gesloten verbrandingskamer en geen waakvlam, maar elektrische onsteking. Keukengeisers hebben een klein vermogen, in principe voor één tappunt. Badgeisers en combiketels hebben een groter vermogen en zijn geschikt om het bad of meerdere tappunten tegelijk te voorzien van sanitair warm water.

Eddy Janssen

Universiteit Antwerpen

september 2018

Versie 2

## Inhoudsopgave

1	Hoofdkenmerken.....	3
2	Uitvoeringen.....	3
2.1	Gasgeiser.....	3
2.2	Elektrogeiser.....	4
2.3	Condenserende gasgeisers.....	4
2.4	Combiketel.....	5
2.4.1	Werking.....	5
2.4.2	Beoordeling.....	5
2.4.3	Economiser.....	6
3	Ontsteking bij gasbranders.....	6
3.1	Waakvlam.....	6
3.2	Elektrische ontsteking.....	6
4	Rendement.....	7
4.1	Energieverliezen.....	7
4.1.1	Rookgasverliezen.....	7
4.1.2	Mantelverliezen.....	7
4.1.3	Start/stopverliezen.....	7
4.1.4	Warmhoudverliezen.....	8
4.1.5	Primaire energie bij elektriciteit.....	8
5	Vermogensregeling.....	8
5.1	Vast vermogen (niet modulerend).....	8
5.2	Modulerend vermogen.....	9
5.2.1	Hydraulische modulatie.....	9
5.2.2	Thermostatische modulatie.....	9
6	Naverwarming.....	9
7	Hulpenergie.....	10
8	Beoordeling.....	11

## Referenties

- Boeynaems, B. C. (2000). *De sanitairwarmwaterbereiding*. Fonds voor Vakopleiding in de Bouwnijverheid. Brussel: Drukkerij Schaubroeck.
- center, i. e. (sd). *Water Heating*. Ames: iowa energy center.
- ISSO. (sd). *ISSO-HANDBOEK HBZE . ISSO-HANDBOEK HBZE ZONNE-ENERGIE*.
- (sd). *ISSO-publicatie 30: Leidingwaterinstallaties in woningen*.
- Junkers. (sd).
- Krijn Braber, Charles Geelen, Tjeerd Manussen. (18 februari 2011). *Rendement van tapwatersystemen: blijven evalueren of duurzaam evolueren?* Arnhem: BuildDesk Benelux B.V.
- Maury, C. &. (sd).
- René Kemna, M. v. (2007). *Eco-design of Water heaters*. Delft: VHK.
- Vaillant. (sd).

# 1 Hoofdkenmerken

Doostroomtoestellen hebben geen voorraad, maar verwarmen het water terwijl er verbruik is. Bijgevolg is de beschikbaarheid van sanitair warm water onbeperkt in de tijd, maar het debiet is wel beperkt. Dit blijkt uit de vermogenformule:

$$P = \frac{q_{\text{piek}} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T}{60} \quad \text{waarin:}$$

P	nominaal vermogen	[kW]
$q_{\text{piek}}$	piekdebiet	[l/min]
$\rho$	massadichtheid water	[kg/l]
c	soortelijke warmte water	[kJ/kg.K]
$\Delta T$	$T_w - T_k$	[K]
$T_k$	temperatuur koud water	[°C]
$T_w$	temperatuur warm water	[°C]

Bv. spaardouchekop: om 6 l/min koud water bij  $T_k = 10 \text{ °C}$  te verwarmen tot  $T_w = 40 \text{ °C}$  is 12,6 kW nodig. Met dat vermogen kan water verwarmd worden tot  $60 \text{ °C}$ , maar het debiet is dan beperkt tot 3,6 l/min. Na menging met 2,4 l/min koud water verkrijgt men hetzelfde resultaat: 6 l/min bij  $40 \text{ °C}$ .

Bv. bad: om in 10 minuten een bad van 140 liter te vullen met water van  $37 \text{ °C}$  (14 l/min aan  $37 \text{ °C}$ ) is een vermogen nodig van 26,4 kW. Dat is aanzienlijk, zeker als men vergelijkt met het vermogen van een goed geïsoleerde woning waar het vermogen een heel eind onder 10 kW blijft.

Net zo belangrijk als het piekdebiet zijn de prestaties inzake energie (nominaal rendement, stilstandsverlies) en comfort (toestelwachtijd, tapdrempel, stabiliteit van de temperatuur).

De tapdrempel is het minimum waterdebiet waarbij het toestel in werking treedt. Deze wordt bepaald door de gevoeligheid van de debietsensor van het instromende water die de brander vrijgeeft. Een toestel met een lage tapdrempel heeft een brander met een laag minimum vermogen, en bij een groot maximum vermogen vereist dit een groot modulatiebereik.

Afhankelijk van de vermogensregeling reageert de watertemperatuur anders op variaties van het debiet en de koudwatertemperatuur. Bij een toestel met een vast vermogen (bv. keukengeiser) daalt de watertemperatuur wanneer het debiet stijgt of wanneer in de winter de temperatuur van het koud water daalt. Bij modulerende toestellen is de temperatuur veel constanter, maar veel hangt af van de manier van modulatie (zie hoofdstuk 'Vermogensregeling').

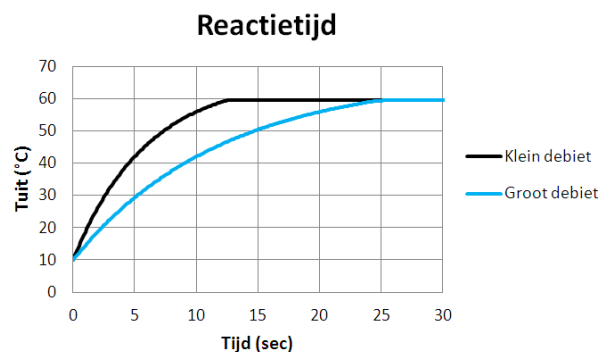
De toestelwachtijd is de tijd tussen het openen van de waterkraan en het moment dat de gewenste temperatuur na het toestel benaderd wordt. Vooral bij doorstroomtoestellen is dit een item, aangezien voorraadtoestellen permanent op temperatuur worden gehouden en dus geen toestelwachtijd hebben. Bij directe doorstroom-

systemen zoals gasgeisers wordt het gebruikswater rechtstreeks opgewarmd door de vlam/rookgassen. De wachttijd is dan zeer kort (enkele seconden). Bij indirecte doorstroomsystemen zoals combiketels is een gesloten cv-watercircuit met pomp tussengeschakeld. In dit geval kan de toestelwachtijd oplopen tot 15 seconden, en soms meer!

Naast de toestelwachtijd is er de leidingwachtijd die bepaald wordt door de lengte en de diameter van de distributieleiding. De totale wachttijd kost niet alleen tijd maar ook energie die na het aftappen geleidelijk verloren gaat. Bij verbruikers waar de watertemperatuur beslissend is voor de bruikbaarheid (bv. douche), veroorzaakt de wachttijd bovendien waterverlies.

Een groter debiet verlengt de toestelwachtijd, want door de afkoeling wordt de gewenste temperatuur minder snel bereikt. Anderzijds is de leidingwachtijd korter want de leiding wordt sneller doorspoeld. Aan het tappunt verkrijgt men het snelst en voor de minste kost warm water door gedurende de toestelwachtijd af te tappen aan een klein debiet, en vervolgens het debiet te verhogen tot de gewenste waarde.

Onderstaande grafiek geeft voor een gasgeiser met een constant vermogen het temperatuurverloop tijdens het tappen, gemeten na het toestel.



**Figuur 1: Reactietijd (vermogen = 10 kW, waterinhoud = 2,5 liter, debiet = 2 en 4 liter/min)**

## 2 Uitvoeringen

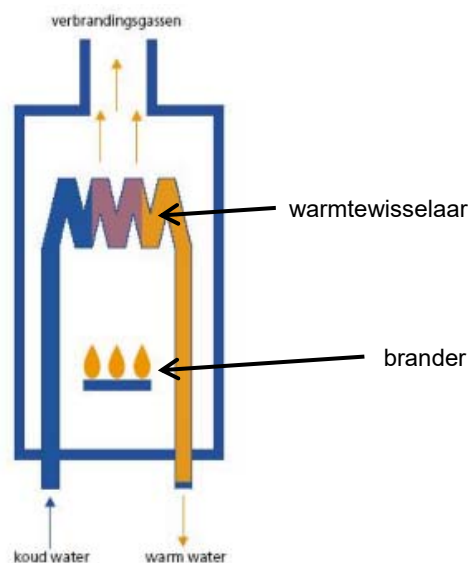
### 2.1 Gasgeiser

Bij een gasgeiser stroomt het tapwater rechtstreeks door de rookgaswarmtewisselaar. Het is dus een direct doorstroomtoestel dat onafhankelijk van de gebouwverwarming werkt. Het eerste deel van de warmtewisselaar vormt de mantel van de verbrandingskamer en onttrekt vooral de stralingswarmte. Het tweede deel bevindt zich in de verbrandingsgassen en benut de voelbare warmte (rookgassen worden afgekoeld).

Gasgeisers bestaan in diverse uitvoeringen:

- al dan niet modulerend, dit is belangrijk inzake tapcomfort en geschiktheid als naverwarmer
- met open of gesloten verbrandingskamer, dit is belangrijk inzake CO-intoxicatie
- al dan niet condenserend, met of zonder waakvlam, dit is belangrijk inzake de energieprestaties

- keukengeisers hebben een klein vermogen, wat hun toepasbaarheid beperkt tot een beperkt debiet voor slechts één tappunt
- badgeisers hebben een groter vermogen en zijn geschikt voor een douche of bad, en zelfs voor meerdere tappunten tegelijk

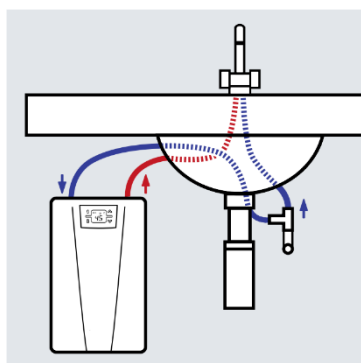


**Figuur 2: Principe gasgeiser**

Kenmerkend aan directe doorstroomtoestellen is de zeer korte wachttijd (enkele sec). Door hun compactheid en onafhankelijke werking t.o.v. de centrale verwarming, kunnen gasgeisers dicht bij een frequent gebruikt tappunt geplaatst worden om ook een korte leidingwachttijd te bekomen. Hierdoor wordt het verlies aan tijd, water en energie tot een minimum beperkt. De noodzaak van rookgasafvoer kan beperkend zijn voor de plaatsing. Een gesloten toestel biedt meer plaatsingsmogelijkheden door de mogelijkheid van een gevelafvoer en het is ook veilig inzake CO-intoxicatie.

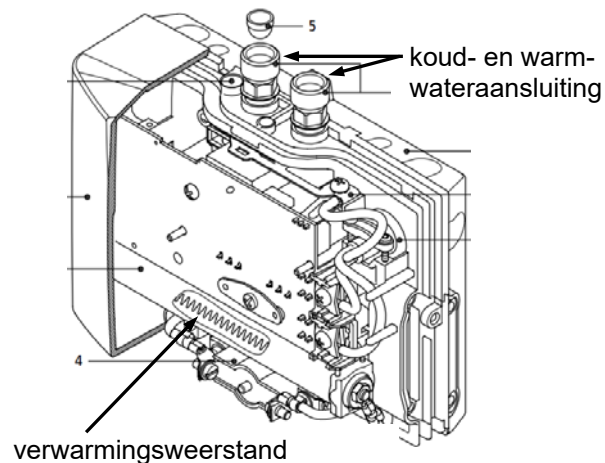
## 2.2 Elektrogeiser

Bij elektrogeisers wordt het leidingwater opgewarmd door elektrische weerstanden. Éénfasige toestellen (1 x 230 VAC) hebben een beperkt vermogen, wat resulteert in een klein beschikbaar debiet. Deze geisers zijn erg compact en kunnen gemonteerd worden onder de wasbak.



**Figuur 3: Elektrogeiser onder wasbak**

Bij eenvoudige toestellen met aan/uit-regeling gebeurt de regeling van de watertemperatuur manueel door bediening van de mengkraan. Hierbij geldt: hoe kleiner het debiet, hoe warmer het water. Er zijn ook toestellen met veranderlijk vermogen en thermostatische regeling. Hierbij is het setpunt van de watertemperatuur soms zeer gemakkelijk in te stellen, bv. met afstandsbediening.



**Figuur 4: Doorsnede elektrogeiser**

Indien er grotere debieten nodig zijn voor toepassingen in de badkamer, dan is er nood aan een driefasige aansluiting, wat in woningen minder vaak aanwezig is.

Elektriciteit is een gemakkelijk inzetbare en goed regelbare energiebron. Met een te verwachten prijsstijging voor het aansluitvermogen moet de aandacht vooral gaan naar 1-fasige toestellen met een beperkt debiet. De hoge prijs van elektrische energie beperkt de toepasbaarheid tot korte tappings (lavabo, handen wassen,...) waar het voordeel van de zeer korte wachttijd en het minieme stilstandsverlies tot zijn recht komt (besparing in tijd, energie en water).

## 2.3 Condenserende gasgeisers

Condensatieketels zijn ontworpen om een deel van de waterdamp in de verbrandingsgassen te condenseren, zodat een hoger rendement bekomen wordt. Dit is enkel mogelijk als de watertemperatuur lager is dan het dauwpunt (bij aardgas  $\pm 55^{\circ}\text{C}$ , afhankelijk van de branderafstelling). Hoe lager de temperatuur, hoe hoger het rendement.

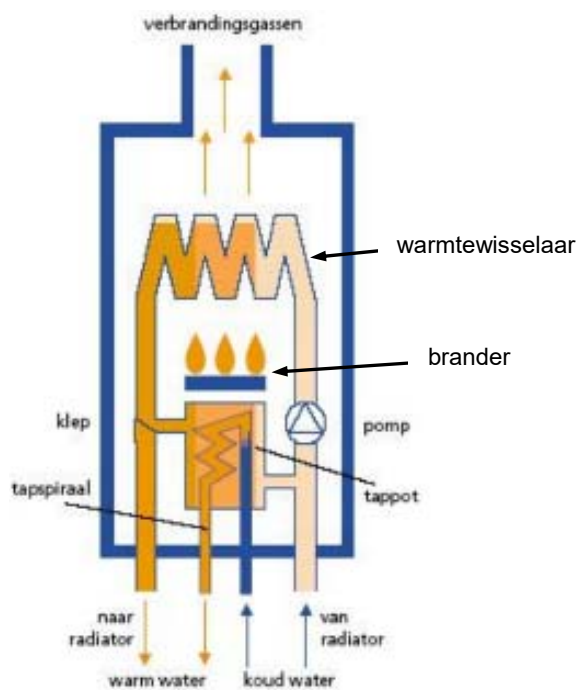
Bij warmwaterbereiding is aan deze voorwaarde zeker voldaan. Het inkomende water is koud ( $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ), tenzij er een douchewarmtewisselaar of een zonneboiler voorgeschakeld is. Toch is het aanbod aan condenserende doorstroomtoestellen voor sww beperkt door de korte benuttingstijd, wat de terugverdientijd ervan verlengt. De zeldzame condenserende gasgeisers op de markt zijn vooral geschikt voor grootverbruikers (grote gezinnen, handelszaken).

## 2.4 Combiketel

### 2.4.1 Werking

Compacte combiketels hebben geen voorraadvat, het zijn indirecte doorstroomtoestellen. Er bestaan ook combitoestellen mét voorraadvat. Deze worden in de fiche 'Voorraadtoestellen' besproken.

- De indirecte werking maakt de combinatie mogelijk tussen sww en cv, en dat in één toestel. De rookgaswarmtewisselaar verwarmt cv-water, en dat stroomt naar de radiatoren voor ruimteverwarming of naar de platenwarmtewisselaar voor de opwarming van tapwater. De brander start bij vraag naar cv of sww, en moduleert om de gewenste watertemperatuur te verkrijgen.
- Door het doorstroomprincipe kan gedurende onbeperkte tijd warm water worden afgetapt, zij het aan een debiet dat beperkt is door het vermogen en de gewenste temperatuurstijging van het tapwater.



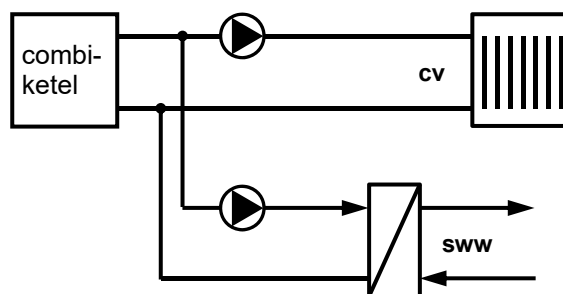
**Figuur 5: Principe combiketel**

### 2.4.2 Beoordeling

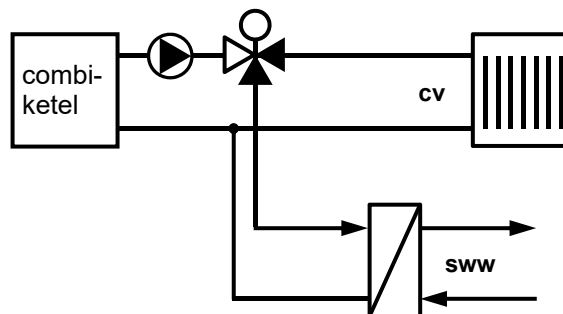
Het toestelvermogen moet afgestemd zijn op het piekverbruik voor sww (>25 kW), wat vaak veel te groot is voor cv (ontwerpvermogen <5...10 kW afhankelijk van het gebouw, en in deellast <2 kW afhankelijk van de buitentemperatuur). Dit leidt tot frequent in- en uitschakelen (pendelgedrag) en slijtage. Omdat de ketel zich het grootste deel van de tijd in cv-modus bevindt, resulteert dit ook in rendementsverlies. Met een zeer groot modulatiebereik kan dit worden verholpen.

Het doorstroomprincipe en de combinatie sww/cv maakt een combiketel compact en goedkoop. Door de indirecte werking en de grotere massa die intern moet worden opgewarmd, is de toestelwachtijd merkkelijk groter dan bij een geiser, typisch 15 tot 30 seconden. Om deze tijd te verkorten, kan men kiezen voor de 'comfortstand' (zie 4.1.4: 'Warmhoudverliezen').

Het variëren tussen sww- en cv-bedrijf gebeurt door het aansturen van één pomp en een klep (vooral toegepast bij wandketels) of door twee pompen (vooral toegepast bij vloerketels of cascade-opstellingen).



**Figuur 6: Combiketel met twee pompen**



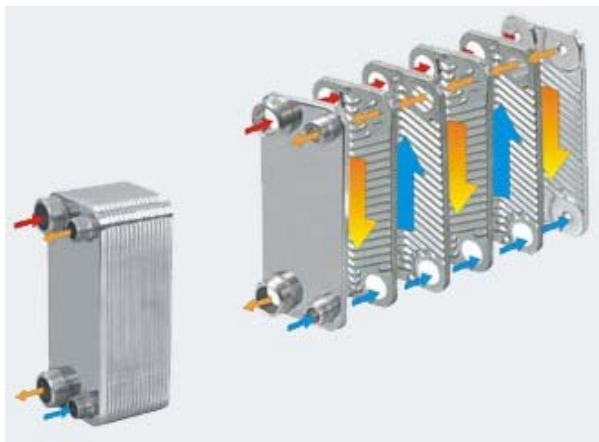
**Figuur 7: Combiketel met één pomp + klep**

Vroeger was ruimteverwarming en bereiding van sww samen niet mogelijk door de vermogensbeperking. Dit werd als volgt opgelost: bij vraag naar sww start de brander en de pomp. Het ketelwater stroomt dan naar de ingebouwde platenwarmtewisselaar. Daar wordt het tapwater verwarmd, er is dan even geen centrale verwarming. Door de thermische massa van een gebouw geeft een korte onderbreking weinig problemen voor het thermisch comfort, zodat voorrang voor sww een goede keuze is. Enkel bij langdurig gebruik van sww, bv. tijdens de ochtendpiek, kan de opwarming van de woning hierdoor enigszins vertraagd worden.

Vandaag volstaat een kleiner cv-vermogen, zeker bij appartementsgebouwen, en geldt deze beperking niet. Bij ketels met één pomp en een klep is er echter geen andere mogelijkheid dan te werken met voorrang voor sww, maar dan als gevolg van het ketelconcept en de componenten.

Door de nauwe kanalen zijn platenwarmtewisselaars gevoeliger voor kalkproblemen. Vooral aan de tapwaterzijde vormt dit een risico, vooral in gebieden met hard water. Ook aan de cv-zijde kan dit een probleem vormen onder invloed van lekken en veelvuldig bijvullen van het gesloten cv-circuit. Daar is het cruciaal om lekken zo snel mogelijk te herstellen en zorg te dragen voor het expansiesysteem.

Kalkafzetting vermindert de warmteoverdracht, waardoor aan de cv-zijde een hogere temperatuur nodig is voor eenzelfde afgifte. Hierdoor daalt het opwekkingsrendement en stijgt het energieverbruik. In extreme gevallen kan ook de doorstroming worden belemmerd.



**Figuur 8: Gebraseerde platenwarmtewisselaar**

De gebruikte platenwarmtewisselaars zijn van het gebraseerde type, dus zonder rubberen dichtingen. Hierdoor kunnen ze niet uit elkaar gehaald worden voor onderhoud. Toch is het kalkprobleem beheersbaar.

- Preventief: De waterhardheid speelt een belangrijke rol. Enkel bij extreem hard water wordt een ontkalker aanbevolen. Voor een kleinere kalkafzetting is de watertemperatuur best niet te hoog, liefst < 60°C.
- Curatief: Om de kalkaanslag te verwijderen kunnen de warmtewisselaars gespoeld worden met een zuur. Indien nodig dienen ze te worden vervangen.

### 2.4.3 Economiser

Mits een extra warmtewisselaar in het rookkanaal kan het inkomende koude tapwater voorverwarmd worden alvorens het in de platenwarmtewisselaar van de combiketel stroomt.

Hierdoor verkrijgt men een groter waterdebiet (meer tapcomfort) voor evenveel energie (lagere rookgastemperatuur bij aftappen van sww, dus een hoger rendement).



**Figuur 9: Combitoestel met economiser voor sww (rechts boven) figuur: Atag type EC**

## 3 Ontsteking bij gasbranders

Bij gasbranders wordt de vlam ontstoken met een waakvlam of een vonk.

### 3.1 Waakvlam

Een waakvlam brandt permanent en zorgt ervoor dat het brandbaar mengsel ontstoken wordt bij het openen van de gasklep naar de hoofdbrander. Wanneer de waakvlam dooft, wordt de gastoevoer naar de hoofdbrander en naar de waakvlam afgesloten zodat een gevaarlijke ophoping van brandstof onmogelijk is. Het thermokoppel voor de bewaking van de waakvlam is dus tegelijk de vlambeveiliging van de hoofdbrander.

Afhankelijk van het type waakvlam loopt het gasverbruik sterk uiteen van 75 tot 400 m<sup>3</sup> per jaar. De hierbij geproduceerde warmte is niet volledig verloren, want het toestel blijft op een iets hogere temperatuur. Hierdoor wordt de reactietijd korter en het energieverlies bij opstart kleiner. Er blijft natuurlijk een permanent stilstandsverlies dat er niet is bij elektrische ontsteking. Door de energieprestatie-eisen van de Eco-design richtlijn worden waakvlammen steeds minder gebruikt.

### 3.2 Elektrische ontsteking

Toestellen met elektrische ontsteking halen de nodige energie meestal uit het elektriciteitsnet. Voor C-toestellen die uitgerust zijn met een ventilator is een netaansluiting in elk geval noodzakelijk.

Toestellen zonder netaansluiting (B-toestellen zonder ventilator) halen de elektrische energie die nodig is voor de ontsteking uit een kleine batterij of uit een kleine turbine die werkt op de stroming van het tapwater.



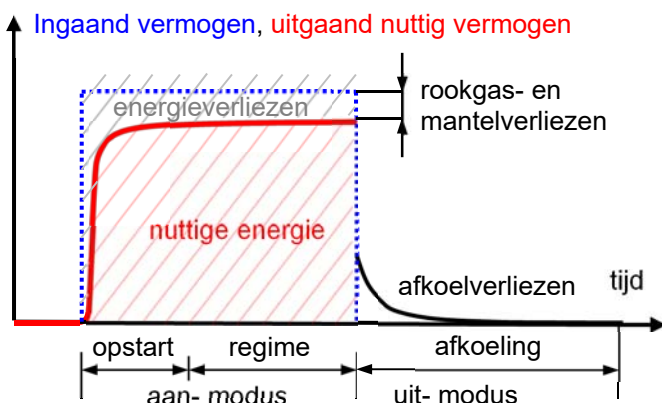
**Figuur 10: Hydrodynamische generator**

## 4 Rendement

De norm EN 13203-2 beschrijft een testmethode voor de bepaling van het rendement bij gastoestellen voor de productie van sanitair warm water met een vermogen kleiner dan 70 kW en een volume kleiner dan 300 liter, en dit bij een welomschreven tappatroon. De Ecodesign-regelgeving gebruikt deze rendementen om labels toe te kennen aan SWW-productietoestellen.

Het productierendement is de verhouding tussen de nuttige energie (output) en de verbruikte energie (input) tijdens een 24-uur durende test:

$$\text{rendement} = \frac{\text{nuttige energie}}{\text{verbruikte energie}}$$



Figuur 11: Overgangverschijnselen bij geisers

**energie = vermogen x tijd , zodat:**

- energie fig. 10 voorgesteld door de oppervlakte
  - vermogen out =  $\dot{m}_{\text{water}} \cdot c \cdot \Delta T$
  - vermogen in = gasdebiet x verbrandingswaarde
- In België hanteert men voor het rendement de onderste verbrandingswaarde.

De nuttige energie is gelijk aan de verbruikte energie verminderd met de verliezen:

**nuttige energie = verbruikte energie – verliezen**

### 4.1 Energieverliezen

- **Regimetoestand:** wanneer het toestel na de overgangverschijnselen in regime is, zijn de rookgas- en mantelverliezen constant. Men spreekt dan over het nominale rendement. Vooral bij langdurig tappen (bv. vullen van een bad) is dit een belangrijke parameter.
- **Afkoelverliezen:** het energieverlies door afkoeling na het aftappen (dus na uitschakelen) moet opnieuw opgewekt worden bij het begin van de volgende aftapbeurt.
- **Warmhoudverliezen:** in de comfortstand wordt de brander regelmatig in werking gesteld om het toestel warm te houden.

### 4.1.1 Rookgasverliezen

Het warmteverlies via de rookgassen hangt af van de specificaties van het toestel (warmtewisselaar, brander) en van de bedrijfsomstandigheden (temperatuur van het water en van de verbrandingslucht).

De samenstelling van het aardgas verschilt naargelang de plaats en het tijdstip van levering. Gastoestellen moeten met de fabrieksmatig ingestelde gasbrander kunnen werken op alle soorten aardgas, bijregelen is niet toegestaan. Dit leidt bij aardgas met een lage calorische waarde (oorsprong Groningen) tot een daling van het vermogen met 10 % en een rendementsdaling van enkele %. De vermogensdaling hoeft niet problematisch te zijn aangezien de gebruiker per kWh betaalt, en niet per m<sup>3</sup>. Men krijgt dus alleen minder vermogen dan wat het toestel zou kunnen leveren. Bij een krappe selectie zou dit onvoldoende kunnen zijn. Daarom worden branders steeds vaker uitgerust met een ingebouwde luchtregeling.

Voor een volledige verbranding is een overmaat aan verbrandingslucht nodig, maar een te grote lucht-overmaat verhoogt de rookgasverliezen. Het rookgasverlies wordt berekend met de formule van Siegert. Het berekeningsvoorbeeld is typisch voor een gesloten niet condenserende gasgeiser.

$$P, r = f \cdot \frac{T_r - T_v}{CO_2} = 0,46 \cdot \frac{230 - 20}{7} = 13,8 \%$$

P, r:	rookgasverliezen	[%]
T <sub>r</sub> :	rookgastemperatuur	[°C]
T <sub>v</sub> :	verbrandingsluchttemperatuur	[°C]
CO <sub>2</sub> :	CO <sub>2</sub> in de rookgassen	[%]
f:	factor (0,46 voor aardgas)	[-]
Rendement =	100 – 13,8 = 86,2	[%]

Om de toestelwachtijd en de restwarmte na het tappen te beperken, hebben doorstroomtoestellen een kleine thermische massa, vooral door hun kleine waterinhoud in verhouding tot hun vermogen. Beide eigenschappen zijn enkel te combineren door compacte toestellen te bouwen met een goede warmteoverdracht. Deze zijn gevoeliger voor kalkafzetting en vormen een compromis inzake rendement. Dit verklaart waarom de rookgasverliezen bij gasgeisers merkbaar groter zijn dan bij condensatieketels.

### 4.1.2 Mantelverliezen

De warmteverliezen van het ketellichaam door straling en convection worden bij C-toestellen gerecupereerd door een voorverwarming van de verbrandingslucht. Bij een toestel dat opgesteld is binnen de verwarmde gebouwschil worden de mantelverliezen tijdens het stookseizoen gerecupereerd want ze dragen bij tot de verwarming van het gebouw.

### 4.1.3 Start/stopverliezen

De start/stopverliezen bestaan uit voorventilatie- en opwarmverliezen, en wegen relatief zwaar door bij het kort maar frequent tappen (keuken, lavabo).

Voorventilatie wordt toegepast bij C-toestellen voor een veilige ontsteking, en gaat gepaard met energieverlies.

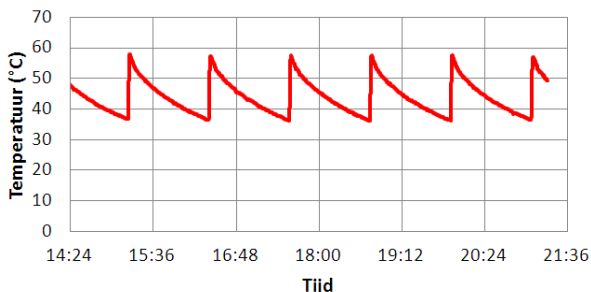
Door de geringe afmetingen van de verbrandingskamer bij huishoudelijke sww-toestellen start de brander vrijwel onmiddellijk en is er van voorventilatie nauwelijks sprake.

Na ontsteking moet de warmtewisselaar inclusief waterinhoud opgewarmd worden, en ook dit kost energie. Na het uitschakelen van de brander koelt het toestel af tot omgevingstemperatuur en gaat de opgeslagen warmte verloren door straling (mantelverliezen) en convectie (trekverliezen).

#### 4.1.4 Warmhoudverliezen

Om bij combiketels de toestelwachtijd te verkorten, kan men kiezen voor de 'comfortstand', waarbij de ketel permanent warm gehouden wordt. In figuur 11 is te zien dat de temperatuur schommelt tussen 40 en 60°C met een periode van +/- 1h. Daarbij zijn de stilstandsverliezen natuurlijk hoger dan in de 'ecostand' waar het toestel na elke tapping terug afkoelt. Bij sommige combiketels is het mogelijk om de opwarming te starten door kort te tappen. Na ongeveer een halve minuut kan men dan tappen zonder toestelwachtijd. Dit vergt een zekere discipline van de gebruiker.

Het is aan de gebruiker om te kiezen tussen 'comfort' en 'eco'. De Ecodesign-labeling maakt deze keuze niet. Daar worden de energieprestaties weergegeven in de 'ecostand', terwijl de comfortprestaties worden weergegeven in de 'comfortstand'. Niet echt correct...



Figuur 12: Combiketel in comfortstand

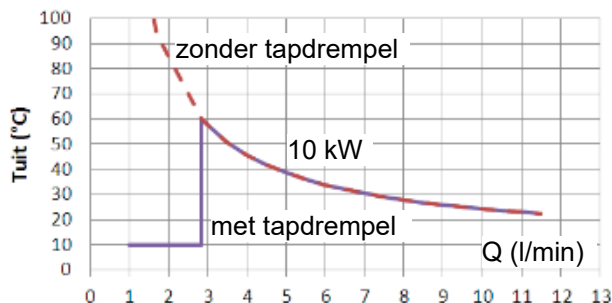
#### 4.1.5 Primaire energie bij elektriciteit

Bij elektrogeisers wordt de elektrische energie integraal omgezet in warmte. Door de compactheid zijn de mantelverliezen en de start-stopverliezen gering en het gebruiksrendement zeer hoog. Voor de bepaling van het primair energieverbruik moet het rendement van de elektriciteitsopwekking in rekening worden gebracht. Dat hangt af van de opwekkingsmethode: 33 % bij kerncentrales tot 80 % en meer bij WKK. Bij PV-panelen en windturbines is er helemaal geen warmte nodig voor de elektriciteitsopwekking.

In de EPB wordt voor het primaire energieverbruik bij elektrische energie rekening gehouden met een conversiefactor van 2,5, wat overeenkomt met een rendement van  $1/2,5 = 0,4$  of dus 40 %.

## 5 Vermogensregeling

Het maximaal debiet dat een doorstroomtoestel kan leveren wordt bepaald door het maximaal vermogen. Het minimum leverbaar debiet of het debiet waarbij het toestel in werking treedt noemt men de tapdrempel. Deze hangt samen met het minimaal vermogen.

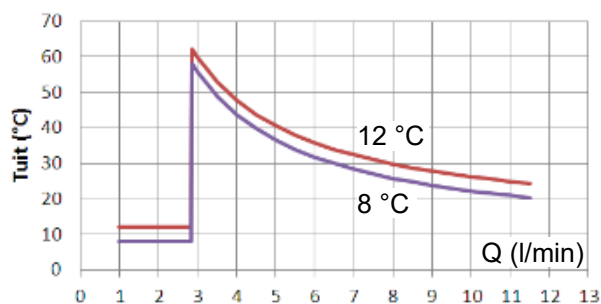


Figuur 13: Tapdrempel bij een constant vermogen

### 5.1 Vast vermogen (niet modulerend)

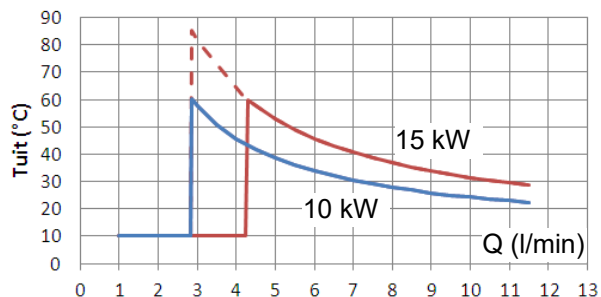
Toestellen met een vast vermogen geven een temperatuursverhoging die omgekeerd evenredig is met het debiet. Deze aan/uitregeling is goedkoop, maar heeft enkele belangrijke nadelen:

- De watertemperatuur is afhankelijk van de koudwatertemperatuur en van het debiet. Zo is de watertemperatuur in de zomer gemiddeld enkele °C hoger dan in de winter (fig. 13).



Figuur 14: Invloed van de ingangstemperaturen

- Een groot minimum vermogen en dus een hoge tapdrempel noodzaakt een groot debiet, ook als de gebruiker dit niet wenst. Een spaardouchekop is hierdoor soms onbruikbaar.



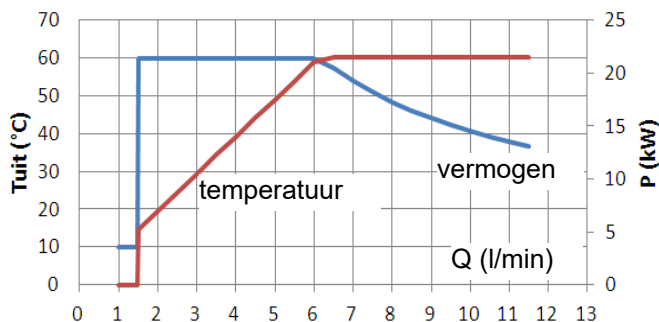
Figuur 15: Invloed van de tapdrempel

Toestellen met vast vermogen worden gebruikt in situaties met slechts één tappunt, maar ook daar is een modulerend vermogen aan te bevelen.



## 5.2 Modulerend vermogen

Modulerende vermogensregeling streeft binnen het debietbereik naar een constante watertemperatuur. Dit bespaart energie en biedt meer comfort, vooral bij meerdere tappunten. Een groot modulatiebereik geeft een breed debietsbereik (hoog maximaal debiet en lage tapdrempel). Boven het modulatiebereik is het vermogen constant en daalt de watertemperatuur bij stijgend debiet. Om dit te vermijden is vaak een debietbegrenzing ingebouwd.



**Figuur 16: Watertemperatuur en vermogen afhankelijk van het debiet**

Toestellen met een klein minimum vermogen hebben een lagere tapdrempel, soms < 2 liter/min. De tapdrempel is in overeenstemming met het minimum vermogen zo gekozen dat koud water wordt verwarmd tot de gewenste temperatuur. Hierbij veronderstelt men dat de temperatuur van het inkomende koude water constant is. In de praktijk verandert deze doorheen de seizoenen, en zeker wanneer een DWW of zonneboiler voorgeschakeld is. Dit kan leiden tot oververhitting, met mogelijk gevaarlijke situaties tot gevolg (zie: hoofdstuk 6: naverwarming). Daarom is het belangrijk de specificaties van de producent te respecteren.

### 5.2.1 Hydraulische modulatie

Bij hydraulisch modulerende toestellen wordt het waterdebiet gedetecteerd in het waterblok. Deze stuurt de gasklep aan door de verhouding tussen het water- en gasdebiet constant te houden. Hierdoor verandert het vermogen P evenredig met het aftapdebiet q.

Uit de vermogenformule  $P = q \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T$  blijkt dat de temperatuursverhoging  $\Delta T$  bij een dergelijke regeling constant is. Hierdoor leiden seizoensvariaties van de koudwatertemperatuur tot even grote variaties van de sww-temperatuur.

### 5.2.2 Thermostatische modulatie

Bij thermostatisch geregelde geisers wordt het vermogen geregeld aan de hand van de gemeten temperatuur voorbij het toestel. Hierdoor mag de ingaande temperatuur binnen bepaalde grenzen veranderen zonder dat de uitgaande temperatuur wijzigt. Dit levert een hoog tapcomfort.

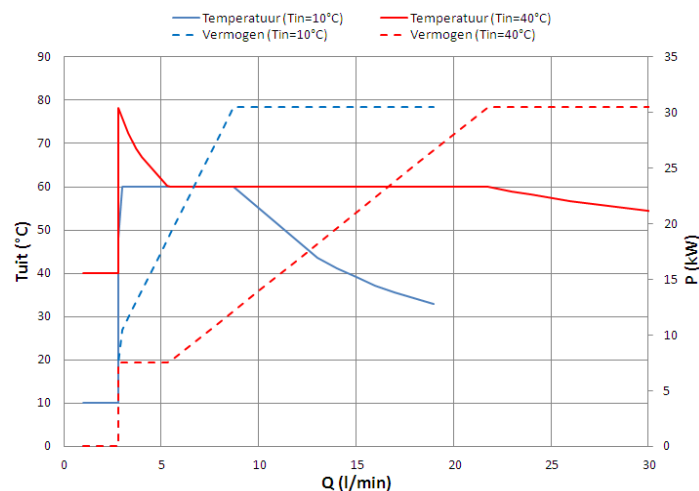
## 6 Naverwarming

Een zonneboiler levert een erg wisselende watertemperatuur. Om ook tijdens periodes met weinig zon voldoende warm water te kunnen garanderen, is naverwarming noodzakelijk. Niet alle systemen zijn geschikt voor naverwarming, de productspecificaties moeten steeds geraadpleegd worden om problemen en gevaarlijke situaties te vermijden. We beperken ons hier tot externe naverwarming, wat betekent dat het voorverwarmde water uit de zonneboiler naar een nageschakelde waterverwarmer stroomt.

Voorraadtoestellen zijn thermostatisch geregeld en hierdoor altijd geschikt als naverwarmer.

Doorstroomtoestellen met hydraulische modulatie zijn niet geschikt als naverwarmer. In het vorige hoofdstuk was al uitgelegd waarom een stijging van de watertemperatuur aan de ingang van het toestel leidt tot een even grote stijging van de sww-temperatuur. Na een zonneboiler leidt dit al snel tot oververhitting. Er is wel een beveiliging tegen oververhitting voorzien. Deze sluit de gastoevoer af wanneer de watertemperatuur te hoog zou worden. Dit is echter een vergrendelende beveiliging, d.w.z. dat na afkoelen het toestel manueel moet worden opgestart nadat de oorzaak verholpen is.

Thermostatische regeling is dus ook bij doorstroomtoestellen een dwingende, maar onvoldoende voorwaarde voor naverwarming. Boven de tapdrempel start het toestel ongeacht de temperatuur van het inkomende water, en bij een te hoge sww-temperatuur regelt het toestel zich naar het minimum vermogen. Ook dit kan leiden tot oververhitting, wat moet blijken uit volgend voorbeeld. Bij de tapdrempel is het vermogen minimaal en levert een  $\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ , voldoende om koud water op te warmen tot de ingestelde temperatuur van  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Bij een temperatuur van  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  in de zonneboiler wordt de uitgaande temperatuur  $50 + 40 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ , ondanks de thermostatische regeling die ingesteld is op  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Deze hoge temperatuur levert een risico op brandwonden, ze is schadelijk voor de toestelonderdelen en veroorzaakt extra energieverlies door restwarmte in het toestel en in de leidingen.

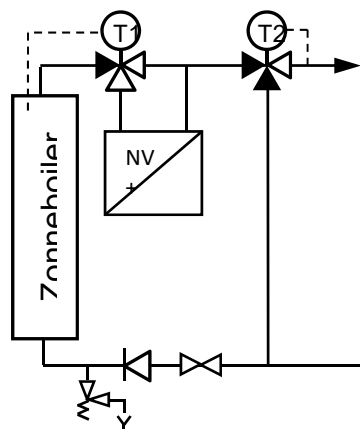


**Figuur 17: Temperatuurpiek bij voorverwarmd water**

Dus ook bij thermostatisch geregelde geisers moet worden nagegaan of het toestel geschikt is als naverwarmer, en onder welke voorwaarden. Zo kan het nodig zijn om de naverwarmer te beveiligen met een verdeelkraan (figuur 17, T1) die ervoor zorgt dat het doorstroomtoestel wordt gebypast wanneer de temperatuur in de zonneboiler hoog genoeg is. Dit heeft bovendien het voordeel dat bij een voldoende hoge temperatuur in de zonneboiler het water rechtstreeks naar de gebruiker stroomt zonder eerst af te koelen in de opstartende doorstromer.

Een andere mogelijkheid is een thermostatische geiser die voorzien is van een aan/uit regeling om de brander indien nodig uit te schakelen, bovenop de vergrendelende temperatuurbeveiliging.

Bij zomerse omstandigheden kan de temperatuur in de zonneboiler  $> 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  worden. Een thermostatische mengkraan (T2) zorgt ervoor dat koud water wordt bijmengd zodat het sww afkoelt voor het naar het distributienet gaat. Hierdoor worden brandwonden voorkomen en tegelijk vermindert dit de warmteverliezen in het distributienet.



**Figuur 18: Nageschakeld doorstroomtoestel met bypassregeling (T1) en autonome thermostaatkraan (T2)**

## 7 Hulpenergie

Bij de efficiëntiebepaling volgens de Ecodesign-regelgeving wordt voor het elektriciteitsverbruik van hulptoestellen het primair energieverbruik in rekening gebracht. Enkel rookgasventilatoren en pompen hebben een relevant verbruik. Zie 4.1.5 voor de berekening van het primair energieverbruik.

Een piëzo-ontsteking vereist geen elektrische netaansluiting noch batterijen. Het gebruik van een kleine generator op de stromingsenergie van het water is enkel bedoeld om het toestel onafhankelijk te maken van de netaansluiting, want de hoeveelheid hulpenergie voor de ontsteking is zeer beperkt. Een toestel met een ventilator moet altijd aangesloten worden op het elektriciteitsnet.

## 8 Beoordeling

	Voordelen	Nadelen
Algemeen	<p>Continue levering van warm water.</p> <p>Een goede vermogensregeling is erg belangrijk. Thermostatische regeling is de meest comfortabele regeling, gevolgd door de hydraulische regeling.</p> <p>Toestellen met thermostatische regeling zijn mits voorwaarden geschikt als naverwarmer (zie productspecificaties). Opgelet: veiligheidsaspect!</p> <p>Geisers zijn zeer compact, combiketels nemen zelfs niet meer plaats in dan solo-toestellen (enkel cv).</p> <p>Legionella-risico is laag.</p> <p>Kleine badgeisers (gas, elektrisch) met een debiet tot 8 l/min bij <math>\Delta T = 25^\circ\text{C}</math> zijn geschikt voor één tappunt, bv. douche.</p> <p>Grotere badgeisers (gas en elektrisch) met een debiet van meer dan 8 l/min bij <math>\Delta T = 25^\circ\text{C}</math> zijn geschikt voor een bad of meerdere tappunten.</p> <p>Toestellen van het type C zijn op het vlak van veiligheid en energie-efficiëntie de beste keuze.</p>	<p>Het debiet is beperkt en afhankelijk van het vermogen en de watertemperatuur. Voor een regendouche kan het debiet opgedreven worden door een douchewarmtewisselaar te gebruiken.</p> <p>Bij toestellen met een constant vermogen is de watertemperatuur sterk afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden (vooral het debiet).</p> <p>Het drukverschil over het toestel veroorzaakt bij het gebruik van verschillende tappunten tegelijk storende debietschommelingen, en in combinatie met temperatuurschommelingen kan dit onder de douche erg oncomfortabel zijn.</p> <p>De tapdrempel is vooral storend bij toestellen met een vast vermogen of met een klein vermogensbereik.</p> <p>Een gasgeiser vereist een afzonderlijke rookgas-aansluiting.</p> <p>Een onafhankelijk toestel zoals een geiser vraagt extra onderhoud en plaats.</p> <p>Elektrische badgeisers vergen een 3-fasige aansluiting, wat de toepassing beperkt omdat dit in huishoudelijke installaties zelden aanwezig is.</p>
Keukengeisers	<p>Compact en budgetvriendelijk</p> <p>Decentrale opstelling, dus minder wachttijd.</p> <p>Elektrische geiser met monofasige aansluiting vereist geen schoorsteenaansluiting en is overal te plaatsen.</p> <p>Bij een laag debiet is een hoge temperatuur mogelijk.</p>	<p>Gastoestellen type B worden afgeraden omdat onderdruk kan ontstaan onder invloed van ventilatievoorzieningen, dampkap of houtkachel. Hierdoor kunnen rookgassen binnenstromen, met risico op CO-intoxicatie.</p> <p>Keukengeisers kunnen slechts één tappunt tegelijk bedienen wegens te klein vermogen.</p>
Badgeisers en combitoestellen	<p>Gesloten toestellen zijn veilig inzake CO-intoxicatie en bieden meer plaatsingsmogelijkheden voor de rookgasafvoer (gevel, dak).</p> <p>Modulerende toestellen hebben een lagere tapdrempel t.o.v. niet-modulerende. Vooral thermostatische modulatie biedt een hoger comfort. Om te dienen als naverwarmer is een groot regelbereik een voordeel.</p> <p>Condenserende toestellen zijn altijd gesloten (type C). Ze hebben een hoger rendement.</p>	<p>Gastoestellen van het type B worden afgeraden omdat onderdruk kan ontstaan o.i.v. ventilatievoorzieningen, dampkap of houtkachel. Hierdoor kunnen rookgassen naar binnen stromen, met risico op CO-intoxicatie.</p> <p>Modulerende toestellen zijn duurder in aankoop.</p> <p>Gesloten toestellen hebben een aansluiting nodig op het elektriciteitsnet en zijn duurder in aanschaf. Condenserende toestellen hebben een aansluiting nodig op de riolering, ze zijn merkbaar duurder en daarom vooral geschikt voor grotere verbruikers.</p> <p>Elektrisch toestel heeft een 3-fasig aansluiting nodig op 400VAC.</p>