
DE GESLAAGDE INTEGRATIE VAN EEN WARMTEKRACHT INSTALLATIE IN EEN STOOKPLAATS





Uitvoerder :

ICEDD – Institut de Conseil et d'Etudes
en Développement Durable asbl
Boulevard Frère Orban, 4
5000 NAMUR

Contact personen:

Annick Lempereur & Didier Darimont
Facilitateur en Cogénération pour la
Wallonie
Tel : 081.25.04.80
@ : fac.cogen@icedd.be

Yves Lebbe & Didier Darimont
WKK Expert voor het Brussels
Hoofdstedelijk Gewest

@ : facilitator@leefmilieu.irisnet.be



Wallonie



Service public
de Wallonie

Opdrachtgever:

Service Public de Wallonie

Direction Générale Opérationnelle -
Aménagement du Territoire, Logement,
Patrimoine & Energie – DGO4
Chaussée de Liège, 140 - 142
5100 Jambes

Contact pesoon :

Carl Maschietto
Tel : 081.33.55.96
@: carl.maschietto@spw.wallonie.be



RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST
BRUSSELS CAPITAL-REGION



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Opdrachtgever :

Leefmilieu Brussel

Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM)
Gulledelle, 100
1200 BRUSSEL

Contact persoon :

Leen Van Lishout
Tel : 02. 563.42.00
@: lvanlishout@environnement.irisnet.be

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	3
1. Reden en doel	3
2. Waarschuwing	3
3. Doelpubliek	4
4. Milieu-uitdagingen	4
4.1. Context	4
4.2. Europese Richtlijn	4
4.3. Bevordering van kwaliteitswarmtekraftkoppeling	4
5. Dankwoord	5
De basisbeginselen van de ketels	6
1. Volume en waterdebiet van de ketels	6
1.1. Ketel met gering watervolume en minimaal debiet	6
1.2. Ketel met groot watervolume	7
2. Werkingstemperatuur van de ketels	7
3. Waterkwaliteit	7
De basisbeginselen van warmtekraftkoppeling	8
1. Principe	8
1.1. Energiebalans	8
1.2. Milieubalans	9
2. Eisen voor warmtekraftkoppeling	9
3. Integratie van de WKK in de stookinrichting	11
3.1. De valkuilen van de integratie	11
3.2. Globale visie op de integratie	11
3.3. Thermische vermogens	13
3.4. Warmteopslag of niet?	15
3.5. Hydraulische basisconfiguraties	17
3.6. Basisregeling	20
Ideale stookinrichting	22
1. Aanvoer van de secundaire circuits	22
1.1. Circuits met identieke distributietemperaturen	22
1.2. Circuits met verschillende distributietemperaturen	24
2. Primaire circuits	24
3. Afstemming van het primaire en secundaire debiet	24
3.1. Ketels met gering drukverlies	25
3.2. Ketels met groot drukverlies	25
4. Integratie van warmtekraftkoppeling	27
4.1. Ketels met gering drukverlies	27
4.2. Ketels met groot drukverlies	28
Bestaande stookinrichting	29
1. Gebruikelijke configuraties van bestaande stookinrichtingen	29
1.1. Primair circuit	29
1.2. Hoofdcollector	31
1.3. Secundaire circuits	31
2. Gangbare verwarmingsregelingen	31
3. Voorafgaande REG-maatregelen	31

3.1.	Secundaire circuits	32
3.2.	Collectoren	33
3.3.	Koppeling tussen primaire en secundaire circuits	33
3.4.	Ketels	33
3.5.	Regeling	35
3.6.	Samenvatting van de voorafgaande REG-maatregelen	37
4.	Integratie van warmtekrachtkoppeling	38
4.1.	Integratie met één enkele ketel	38
4.2.	Integratie met verscheidene reeds aanwezige ketels	41
	hernieuwbare energieën en warmtekrachtkoppeling	44
1.	Thermische zonne-energie	44
1.1.	Hydraulisch circuit	44
1.2.	Regeling	45
2.	Warmtepompen	45
2.1.	Hydraulisch circuit	45
2.2.	Regeling	46
3.	Biomassa	46
3.1.	Hydraulisch circuit	46
3.2.	Regeling	46
	Specifiek geval van sanitair warm water	47
1.	Nieuwe installatie	47
2.	Bestaande installatie	47
	Prestaties van de actoren en hun verantwoordelijkheden	48
1.	Audit	48
2.	Voorontwerp	48
2.1.	Dimensionering van de WKK	48
2.2.	Hydraulische integratie en regeling van de WKK	49
3.	Ontwerp	50
3.1.	Dimensionering	50
3.2.	Bestek	51
4.	Uitvoering	52
5.	Opleveringen	53
5.1.	Voorlopige oplevering	53
5.2.	Garantieperiode	54
5.3.	Definitieve oplevering	54
6.	Gebruik	54
7.	Onderhoud	55
	Referenties	56

1. Reden en doel

We hebben dit vademecum niet zomaar geschreven. Hoewel de meeste projecten een succesvolle afloop kennen, blijkt het samengaan van warmteproductiesystemen en WKKs in de praktijk soms nog problemen op te leveren. Tot nog toe is nog niet duidelijk omschreven waarom bepaalde projecten niet uitmonden in een bevredigend resultaat. De diensten "Facilitateur Cogénération" van het Waalse Gewest en "Facilitator Duurzame gebouwen - Specialist Warmtekrachtkoppeling van Leefmilieu Brussel hebben tot taak deze schaduwzones weg te werken.

Bij de integratie van een WKK in een bestaande stookplaats dient er gezorgd te worden voor specifieke hydraulische integratie en een gerichte aanpassing van het regelsysteem van de bestaande cascadereregeling, de secundaire circuits en de WKK onder één supervisie.

Opdat deze integratie succesvol zou verlopen, is het nodig dat de projectontwerper, het studiebureau, de installateur, de fabrikant van de WKK en eventueel de integrator (regelsysteem), de exploitant en het onderhoudsbedrijf het avontuur samen beheren als 'medebeheerders'!

We kunnen niet genoeg herhalen dat het niet volstaat om de WKK - om een modewoord te gebruiken - 'in te pluggen' op de bestaande verwarmingsinstallatie zonder rekening te houden met alle gevolgen die deze verandering teweeg zal brengen in de stookinrichting.

Ook bij een project dat een nieuwe stookinrichting met een WKK betreft, moet de 'ontwerpfilosofie' dezelfde zijn als bij de integratie van een warmtekrachtinstallatie in een bestaande stookinrichting, d.w.z. de hydraulische leidingen, het regelsysteem van de verwarmingssystemen en de WKK moeten beschouwd worden als **één onlosmakelijk geheel**. We zullen het in dit vademecum vaak hebben over ketels. Niet alleen omvat de grote meerderheid van de bestaande stookinrichtingen een of meer ketels, ook worden vaak ketels van de nieuwe generatie ingezet in renovatieprojecten en nieuwbouw projecten. Dat betekent echter niet dat hernieuwbare energieën buiten beschouwing gelaten worden. We zullen het dus ook hebben over de combinatie van WKKs met de thermische zonne-energie-installaties, warmtepompen en biomassaketels.

2. Waarschuwing

Dit vademecum kan in geen geval de plaats innemen van de voorstudie (grove inschatting) en de haalbaarheidsstudie (gedetailleerde studie) van een WKK, die respectievelijk moeten plaatsvinden in het stadium van het voorontwerp en aan het begin van het project.

De verschillende rekentools CogenCalc (voorstudie) en CogenSim (haalbaarheidsstudie) en de gidsen kunnen gedownload worden op de volgende sites:

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.leefmilieubrussel.be/>

In dit vademecum komen alleen WKK's met interne verbrandingsmotor aan bod. Micro-WKKs voor eengezinswoningen met externe verbranding (stirlingmotor) behandelen we hier niet, omdat het gaat om een nog relatief 'jonge' technologie.

Ieder vademecum dat zichzelf respecteert, staat open voor ontwikkeling. Aarzel dus niet om ons uw 'constructieve' commentaren mee te delen. Ook als u de indruk hebt, dat u hierdoor uw 'knowhow' zult verliezen, mag u niet vergeten dat het delen en verspreiden van informatie, beproefde werkwijzen enz. alleen maar ten goede komen aan de 'WKK-gemeenschap'.

3. Doelpubliek

Om het welslagen van de integratie van een WKK in de stookinrichting te bevorderen, moet het vademecum de verschillende actoren van de belangrijkste stappen sensibiliseren. Het richt zich speciaal tot:

- de **opdrachtgever**, om hem de nodige middelen te geven om het project met een kritisch oog te volgen;
- de **auditor**, om het REG-effect te beoordelen dat nodig is voor een correcte dimensionering van een WKK;
- het **studiebureau**, om de gevolgen te beheersen van de integratie van een WKK in een stookinrichting, wat een weerslag heeft op de dimensionering en de beschrijving in de bestekken van de hydraulische circuits en het regelsysteem;
- de **installateur**, om de grote beginselen van de integratie van warmtekrachtkoppeling te preciseren, om een offerte te kunnen overhandigen die kan standhouden zonder voor verrassingen te komen staan tijdens de uitvoering van het project en om het gemeenschappelijk gebruik van de uitrusting tijdens de uitvoering te beheren;
- steeds vaker de **integrator** van de overkoepelende regelsystemen en de hydraulische circuits van de stookinrichting, zodat deze de combinatie van de uitrusting voor warmteproductie en warmtekrachtkoppeling in goede banen kan leiden;
- het **onderhoudsbedrijf**, zodat het kan instaan voor de duurzaamheid van de WKK (controle van de oliekwantiteit, het aantal bedrijfsuren, het aantal startcycli enz.);
- de **exploitant**, zodat deze als een 'goed huisvader' instaat voor het energiebeheer door de duurzaamheid van de oplossing te verzekeren en ondertussen ook het comfort, de bevoorradingszekerheid en de ecologische en financiële rendabiliteit van het project te garanderen.

4. Milieu-uitdagingen

4.1. Context

De Europese Unie (EU) staat voor vele grote uitdagingen:

- de energieonafhankelijkheid vergroten;
- de klimatologische ontregeling bestrijden.

Daartoe heeft de EU in 2008 het Energie- en Klimaatpakket goedgekeurd, waarin de volgende doelstellingen voor '3 x 20 in 2020' werden vastgelegd:

- een verlaging van het energieverbruik met 20 %;
- een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met 20 %;
- 20 % van de energie uit hernieuwbare bronnen.

Om deze doelstellingen te bereiken, rekent de EU enorm op energie-efficiëntie. In haar mededeling "Energie 2020, een strategie voor een concurrerende, duurzame en veilige energie" van 10 november 2010 benadrukt de Europese Commissie de centrale rol van de energie-efficiëntie en de noodzaak om energieverbruik los te koppelen van economische groei.

4.2. Europese Richtlijn

De Europese Richtlijn 2012/27/EU betreffende energie-efficiëntie bepaalt de regels en legt de minimeisen vast voor iedere lidstaat op het gebied van energie-efficiëntie door zowel voor het **energiegebruik** als voor de **energiebevoorrading**, specifieke en overkoepelende bepalingen op te leggen.

4.3. Bevordering van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling

In het kader van de energiebevoorrading wil de Europese Richtlijn naast de warmte- en koudenetten, het gebruik van afvalwarmte¹ enz. meer specifiek wil de Europese Richtlijn de **kwaliteitswarmtekrachtkoppeling** bevorderen. De lidstaten moeten voor 31 december 2015 een beoordeling maken van het potentieel voor de toepassing van deze

¹ Afvalwarmte: warmte die vrijkomt bij een proces dat niet tot doel heeft warmte te produceren. De warmteproductie is een 'neveneffect' van het proces, niet gewenst maar onvermijdelijk. Voorbeelden: de warmte die vrijkomt bij de verbranding van afval, een industrieel proces enz.

technologieën op hun grondgebied en een beleid voeren dat de ontwikkeling hiervan stimuleert indien een kosten-batenanalyse aantoont dat de voordelen daarvan groter zijn dan de kosten.

5. Dankwoord

Met onze dank aan:

- CORETEC: Pascal CALIFICE en collega's
- BUREAU D' EXPERTS Ph. DEPLASSE ET ASSOCIES: Philippe Deplasse
- VMI: Sébastien Farinotti en collega's
- COGENGREEN: Christophe Henriët
- De interne nalezers van de DGO4, het BIM, de kabinetten van de bevoegde ministers

DE BASISBEGINSELEN VAN DE KETELS

De eigenschappen van de ketels beïnvloeden de configuratie van de hydraulische circuits en het regelsysteem van de stookinrichting. De integratie van de WKK in de stookinrichting moet absoluut rekening houden met deze configuratie. Wij willen eerst bondig de belangrijkste types ketels die verkrijgbaar zijn beschrijven en hun intrinsieke eigenschappen bespreken alvorens we dieper ingaan op de eigenlijke warmtekraftkoppeling.

Zowel vroeger als nu worden de ketels die deel zullen uitmaken van een stookinrichting, gekozen op basis van verscheidene criteria. De belangrijkste hiervan zijn:

- het vermogen;
- de ter plaatse beschikbare energiebron;
- de werkingstemperaturen;
- de verkrijgbare technologieën (gietijzeren of stalen ketel, atmosferische ketel of ketel met ventilatorbrander, lage-NOx-brander, modulerende brander enz.).

Op basis van de hierboven genoemde criteria wordt één type technologie gekozen. Deze bepaalt dan de intrinsieke eigenschappen van de ketel, zoals het watervolume, het drukverlies, het minimumdebiet enz.

De keuze die daaruit voortvloeit, bepaalt ook de configuratie van het primaire watercircuit en de hoofdcollector.

Afhankelijk van het gekozen type ketel verschilt de configuratie van het primaire circuit en de hoofdcollector:

- ketels met eigen circulatiepompen of gemeenschappelijke circulatiepompen voor alle ketels, om hun drukverliezen te overwinnen;
- de circulatiepompen van de secundaire circuits volstaan om de circulatie van de warmtegeleidende vloeistof in het primaire circuit te garanderen;
- noodzaak van een warme retour en bijgevolg een primaire lus of een lus op het niveau van de hoofdcollector om condensatie van de rookgassen te voorkomen;
- noodzaak van een minimaal circulatiedebiet in de ketels om verdamping van het water te voorkomen.

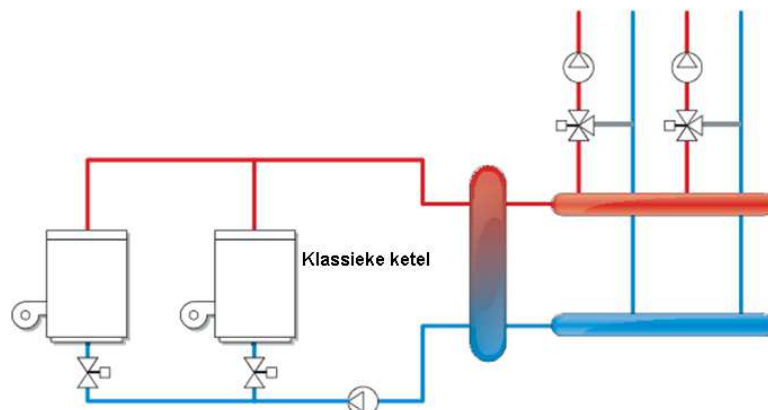
1. Volume en waterdebiet van de ketels

Er worden vooral twee types ketels gebruikt:

- met **gering watervolume**: de waterinhoud bedraagt tussen 0,15 en 0,2 liter/kW met een groot drukverlies is;
- met **groot watervolume**: hier liggen de zaken omgekeerd: de waterinhoud bedraagt meer dan 1 liter/kW en het drukverlies is gering.

1.1. Ketel met gering watervolume en minimaal debiet

Een **ketel met gering watervolume** heeft heel weinig inertie. Dit wil zeggen dat hij zeer snel kan reageren op iedere gevraagde vermogensverandering, bijvoorbeeld wanneer er sanitair warm water gevraagd wordt bij een regeling met sanitaire voorrangsschakeling. Deze ketels vereisen daarentegen vaak een minimaal debiet en hun drukverlies heeft een aanzienlijke invloed op het hydraulische gedrag van de installatie. Dat bemoeilijkt het ontwerp van de distributiecircuit. Bovendien maken de geringe doorlaatdiameters de ketel meer vatbaar voor dichtslibben. Dat maakt dit type minder geschikt voor gebruik bij de renovatie van installaties die slib bevatten.



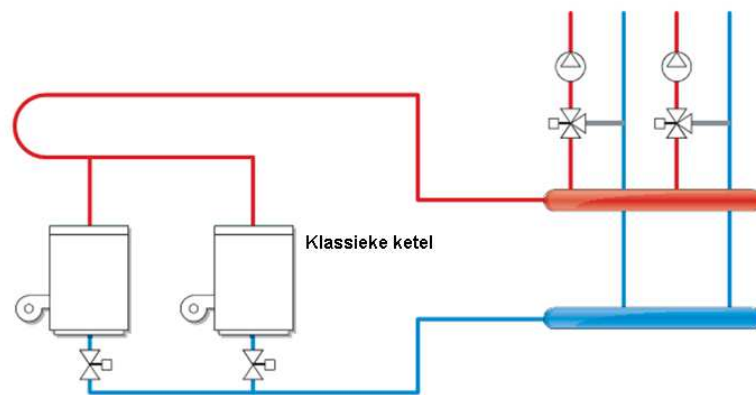
In het bovenstaande schema worden ketels permanent gevoed met water (evenwichtsfles, recyclagecirculatiepomp enz.) zelfs als de mengventielen gesloten zijn.

Moderne ketels met gering watervolume kunnen echter in bepaalde gevallen een heel laag debiet hebben, met name wanneer ze uitgerust zijn met een modulerende brander waarvan het vermogen varieert van 100 tot 10 %.

Er bestaan ook technologieën die het mogelijk maken de reactiesnelheid van een gering watervolume te combineren met een extreem eenvoudige aansluiting op het hydraulische circuit. Wanneer de circulatie stopt, zal het geïntegreerde regelsysteem van de ketel de verbinding met het hydraulische circuit verbreken (flow switch, die het debiet van iedere ketel meet, of ketelthermostaat, die een abnormale temperatuurstijging van de ketel meet).

1.2. Ketel met groot watervolume

Een **ketel met groot watervolume** heeft een grotere thermische inertie. Daardoor zullen de branders langer in werking blijven, wat het aantal startcycli van de brander - oorzaak van een onvolledige verbranding - beperkt. Ketels met groot watervolume kunnen functioneren zonder gedwongen circulatie. Tijdens de werking van de brander is het intern waterdebiet van de natuurlijke circulatie voldoende om elk risico voor de ketel te voorkomen.



In de opstelling van het bovenstaande schema is er geen primaire pomp (behalve als de collectoren zich bevinden in een substation buiten de stookinrichting). Het ontbreken van debiet in de ketels als de mengventielen gesloten zijn, vormt in principe geen probleem.

2. Werkingstemperatuur van de ketels

De ontwikkelingen van de keteltechnologie hebben geleid tot een evolutie van hun werkingstemperatuur, gaande van hogetemperatuurketels naar condensatieketels via lage- en zeerlagetemperatuurketels. In hogetemperatuurketels moesten de waterretours warm genoeg zijn om condensatie voorkomen. In condensatieketels zijn daarentegen koude waterretours mogelijk en gewenst, zodat de warmte van de condensatie nuttig benut kan worden. Zonder vooruit te lopen op wat nog moet komen, kunnen we al zeggen dat de werkingstemperatuur van de ketel een invloed heeft op de integratie van de hydraulische circuits en de manier waarop het regelsysteem van de stookinrichting hiermee rekening houdt.

3. Waterkwaliteit

De waterkwaliteit is hoe dan ook van primordiaal belang voor de duurzaamheid van de uitrusting. Bij elk type ketel moet men daar rekening mee houden. De belangrijkste parameters die men moet controleren, zijn:

- de pH-waarde of zuurtegraad van het water;
- de waterhardheid in °F;
- de samenstelling van het slib.

Indien nodig wordt er een automatische waterbehandelingsinstallatie geïnstalleerd op het niveau van het primaire circuit van het verwarmingssysteem.

DE BASISBEGINSELEN VAN WARMTEKRACHTKOPPELING

1. Principe

Om de werking van een WKK eenvoudig begrijpelijk te maken, kan men de motor van de WKK vergelijken met een thermische motor van een auto die rijdt met constante snelheid ongeacht het wegprofiel. Om deze constante snelheid te handhaven, zal de bestuurder op een helling het versnellingspedaal indrukken, en bij het afdalen zijn voet van het versnellingspedaal nemen. Hier houdt de analogie op, omdat de twee thermische motoren een verschillend doel dienen. We willen de lezer hier niet vervelen met een bespreking van de doelstellingen van een automotor; het volstaat dat we ons beperken tot de doelstellingen van een WKK-motor. Deze moet de warmte recupereren die verloren gaat ter hoogte van de 'uitlaat' en die wordt afgegeven door de 'koelradiator' van de motor, om een gebouw te verwarmen en **lokaal** elektriciteit te produceren dankzij een wisselstroomgenerator die mechanisch verbonden is met de motor.

Het principe van warmtekrachtkoppeling houdt dus in dat er gelijktijdig warmte en elektriciteit wordt geproduceerd.

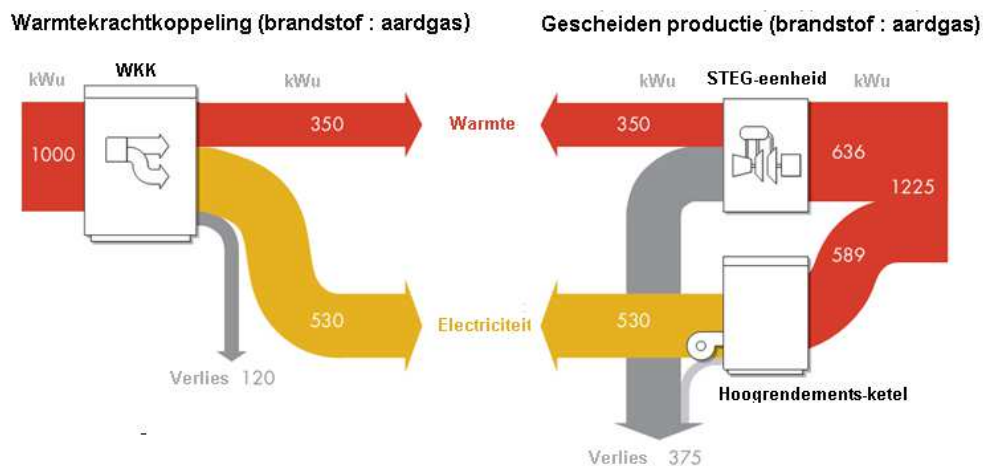
De dimensionering gebeurt op basis van de warmtevraag!

1.1. Energiebalans

Dankzij deze gecombineerde productie wordt het energieverlies significant beperkt. Zo kan dankzij warmtekrachtkoppeling 15 tot 20 % primaire energie bespaard worden tegenover de gescheiden productie van dezelfde hoeveelheden warmte en elektriciteit door gescheiden energieproductiesystemen volgens de vastgelegde referentiewaarden.

Voorbeeld: Voor de productie van 350 kWh elektriciteit en 530 kWh warmte ...

- bij gecombineerde productie verbruikt een warmtekrachtkoppelingseenheid op gas met een elektrisch rendement van 35 % en een thermisch rendement van 53 % 1000 kWh primaire energie;
- bij gescheiden productie volgens referentiewaarden verbruikt de beste elektriciteitscentrale (STEG-centrale) met een rendement van 55 % 636 kWh primaire energie. Een goede ketel met een seizoensrendement van 90 % verbruikt 589 kWh primaire energie. Voor de gescheiden systemen komen we dus op een totaal van 1.225 kWh primaire energie.



Dat komt neer op de volgende besparingen van primaire energie:

- In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bedraagt het bespaarde aandeel, in vergelijking met het totale verbruik van primaire energie:

$$\frac{1\,225 - 1\,000}{1.225} = 18 \%$$

- In het Waalse Gewest bedraagt het bespaarde aandeel, in vergelijking met het verbruik van primaire energie dat nodig is voor de elektriciteitsproductie door de STEG-centrale:

$$\frac{1\,225 - 1\,000}{636} = 35 \%$$

1.2. Milieubalans

De verklaarde doelstelling van de openbare instanties is de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂ te verminderen. Te oordelen naar de balans van de primaire energie maakt warmtekrachtkoppeling het mogelijk de uitstoot van broeikasgassen aanzienlijk te verminderen. Alles hangt natuurlijk af van de brandstof die gebruikt wordt om de WKK te doen functioneren. De CO₂-emissie (uitgedrukt in kg van CO₂ per MWh) wordt bepaald door:

- de CWaPE in het Waalse Gewest;
- Brugel in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Afhankelijk van de gekozen energiebron en dus van de CO₂-emissiecoëfficiënt van de brandstof belonen de gewesten de gerealiseerde CO₂-besparing door de toekenning van groenestroomcertificaten. Meer informatie over deze certificaten is te vinden op de betreffende websites per gewest:

- <http://www.cwape.be/>
- <http://www.brugel.be/>

2. Eisen voor warmtekrachtkoppeling

Omdat een WKK in goede omstandigheden zou kunnen functioneren, moet aan een aantal eisen voldaan zijn:

- **voldoende lage retourtemperatuur:** de verschillende warmtewisselaars van de WKK zijn gedimensioneerd om doeltreffend een bepaalde hoeveelheid warmte af te voeren als nodig voor de goede koeling van de motor. Deze warmte wordt gerecupereerd door het verwarmingscircuit van het gebouw. De retourtemperaturen van de verwarmingscircuits moeten **koud genoeg** zijn om de warmtewisselaars in staat te stellen hun taak te vervullen in de beste omstandigheden. Retourtemperaturen naar de warmtewisselaars van 65-70 °C zijn courant. Bij warmtekrachtkoppeling met condensatie kunnen de retourtemperaturen nog lager zijn, aangezien men wenst de condensatiewarmte te recupereren. Hierdoor kan men het globaal rendement verbeteren (in theorie 10 % voor gas bijvoorbeeld).
- **Voldoende stabiele, hoge en gelijktijdige warmte- en elektriciteitsvraag:** het doel is energetische, ecologische en economische rendabiliteit. Een stabiele vraag garandeert bovendien de duurzaamheid 'van de mechanica' doordat 'korte cycli' - en bijgevolg een groot en nefast aantal start-/stopcycli - worden vermeden. Als de vraag instabiel is of te sterk schommelt, kan een buffervat enerzijds de korte cycli beperken en anderzijds de energieproductie vergroten.

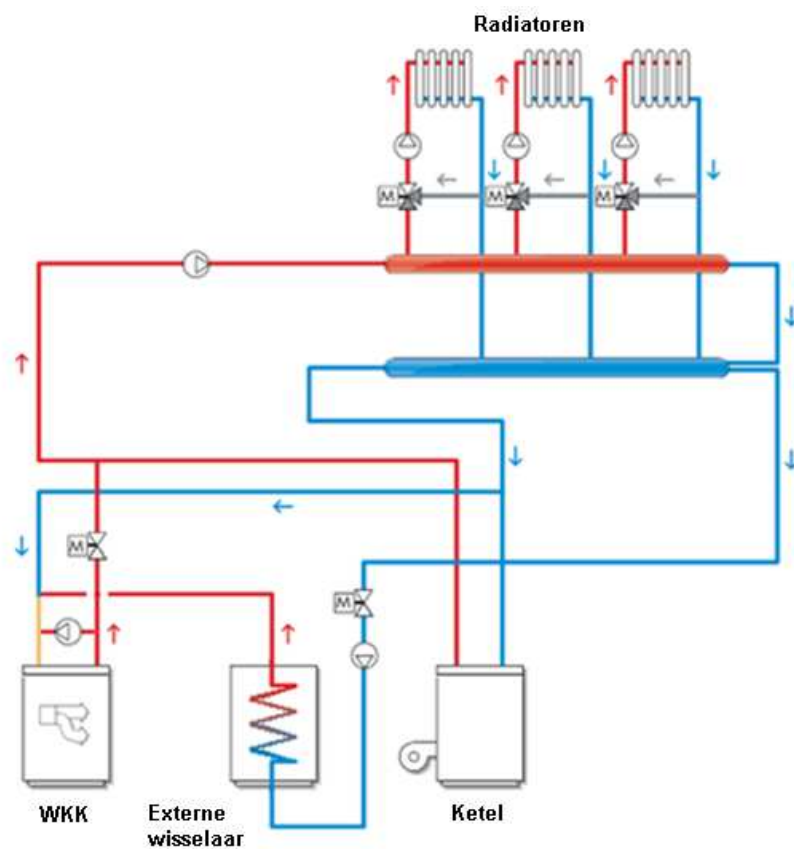
Deze eisen dienen uiteraard gepaard te gaan met een nauwkeurige dimensionering afgestemd op de behoeften. Een tool als CogenSim kan gebruikt worden om een vrij nauwkeurige dimensionering op te stellen in functie van de warmte- en elektriciteitsprofielen op ¼ uur basis.

CogenSim is beschikbaar op de volgende sites:

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.ibgebim.be/>

Voor klassieke WKKs moet de **koeltemperatuur voldoende hoog zijn**: "Wel ja, condensatie van de rookgassen in de warmtewisselaar moet voorkomen worden, want dat zou kunnen leiden tot corrosieproblemen." Over het algemeen installeren de fabrikanten van WKKs een intern systeem (recirculatieklep tussen de aanvoer en de retour van de WKK) om condensatie in de warmtewisselaars te voorkomen. Los van de condensatieproblemen is het belangrijk dat de waterkwaliteit van het koelcircuit regelmatig gecontroleerd wordt en voldoet aan de voorschriften van de fabrikant.

Steeds meer fabrikanten hebben momenteel WKKs met een interne condensatie opgenomen in hun aanbod. Bovendien kunnen er ook voor bestaande WKKs met de klassieke technologie (niet bedoeld voor condensatie), zoals hogetemperatuurketels, externe condensors geïnstalleerd worden.



Het criterium dat de temperatuur voldoende hoog moet zijn om condensatie voorkomen, geldt dus alleen voor klassieke WKKs zonder externe condensor.

3. Integratie van de WKK in de stookinrichting

3.1. De valkuilen van de integratie

De belangrijkste vaststellingen van projecten die niet goed functioneren en waaruit we lessen kunnen trekken, zijn:

- minder productie-uren van de WKK dan verwacht, met als onmiddellijke gevolg dat het project energetisch, ecologisch en financieel onvoldoende of niet rendabel is;
- een groot aantal start- en stopcycli, wat leidt tot minder goede rendementen, een verkorting van de levensduur van de WKK en een stijging van de onderhoudskosten. Immers, zoals elke motor houdt een WKK van een stabiel regime.

Men denkt vaak dat een WKK los kan worden opgenomen in de renovatie van een stookinrichting of in een nieuwe stookinrichting. Het is weliswaar overdreven en in het belachelijke getrokken, maar in de meeste projecten die problemen geven, heeft men gewoon aan de installateur gevraagd om 'twee leidingen' te leggen, waarna de fabrikant of de leverancier van de WKK zijn installatie is komen aansluiten met flexibele slangen. De plug-and-play-versie van een WKK! Geloven dat alles naar wens zal werken, kan in bepaalde gevallen een fatale fout blijken.

3.2. Globale visie op de integratie

Om niet in de val te lopen van de plaatsing 'in het wilde weg' van een WKK in de stookinrichting, moeten de projectactoren een stapje terugzetten, zodat ze een totaaloverzicht krijgen van de warmteproductie van de ketels en van de warmtekrachtkoppeling.

Voor de verschillende warmteproductie uitrustingen moet er een compromis gevonden worden tussen de eisen die gesteld.

Immers:

- In een bestaande stookinrichting moet de retour voldoende warm zijn voor de klassieke ketels, om condensatie van de rookgassen te voorkomen (versnelde corrosie van de warmtewisselaars van de afvoerkanalen ...).
- In een nieuwe stookinrichting moet de retour voldoende koud zijn om bijvoorbeeld de condensatie van de condensatieketels mogelijk te maken of de goede werking van de warmtepompen te garanderen.
- Sommige types ketels vereisen een minimumdebiet.

Welke rol speelt de WKK in dit alles? Op het eerste gezicht kan men deze beschouwen als een volwaardige ketel, maar onder bepaalde voorwaarden.

Op het eerste gezicht moet de WKK beschouwd worden als een extra ketel die in het primaire circuit wordt geplaatst. We kunnen niet anders dan vaststellen dat de integratie niet evident is! Immers:

- Bij sommige bestaande configuraties van de hydraulische circuits is de verhouding tussen het thermisch vermogen van de ketels en dat van de WKK bepalend voor de werking van de WKK. Niet zelden zien we dat tijdens de winter bij overgedimensioneerde ketels, deze de overhand nemen, terwijl de WKK in feite het grootste werk zou moeten verrichten en de ketels slechts ter ondersteuning dienen.
- Ook het feit of er een buffervat aanwezig is of niet en de integratie ervan ten opzichte van de ketels, beïnvloeden het gedrag van de WKK.
- Het verschilt van stookinstallatie tot stookinstallatie of een seriële dan wel een parallelle opstelling geschikt is of niet. Ook hiermee moet rekening gehouden worden.

De WKK moet op een intelligente manier geïntegreerd worden op het niveau van:

- **de hydraulische circuits**, rekening houdend met de configuratie van de stookinstallatie, de eigenschappen van de ketels, de hoofdcollector en de secundaire circuits;
- **het regelsysteem** uitgaande van het principe dat er een minimale communicatie nodig is tussen de regelaars van de ketels en het regelsysteem van de WKK.

Er zijn oplossingen beschikbaar die eenvoudig en efficiënt zijn en meestal geen grote investering vereisen!

3.2.1. Wat betreft de hydraulische circuits

3.2.1.1. Integratie in een bestaande stookinrichting

De grote meerderheid van de stookinrichtingen zijn uitgerust met ketels. Een analyse van de bestaande opstelling van de ketels is van primordiaal belang voor een correcte integratie van de WKK in de hydraulische circuits. Daarbij moet men zich enkele belangrijke vragen stellen.

- Gaat het om hoge-, lage- of zeerlagetemperatuurketels of om condensatieketels?
- Hebben de ketels een gering drukverlies?
- Geldt er een minimumdebiet?
- ...

Hoe dan ook, als de stookinrichting goed ontworpen is, kan op basis van de configuratie van het primaire circuit bepaald worden om welk type ketel het gaat. Bijvoorbeeld:

- Bij een of meer hogetemperatuurketels is er vaak een gesloten hoofdcollector of een evenwichtsfles tussen de hoofdcollector en de ketels ofwel een directe gesloten kring tussen de ketels .
- Condensatieketels hebben twee retours (een warme en een koude) of zijn aangesloten op circuits voor bijvoorbeeld vloerverwarming.
- Ketels met een groot drukverlies zijn uitgerust met circulatiepompen.

De resultaten van de analyse moeten een antwoord bieden op de volgende vragen:

- Waar en hoe moet de WKK aangesloten worden, zodat het initiële hydraulische evenwicht niet verstoord wordt?
- Hoe moet het bestaande hydraulische circuit veranderd worden om meerdere hogetemperatuurketels samen te kunnen gebruiken of, omgekeerd, om condensatieketels samen te kunnen gebruiken met een WKK die haar eigen werkingstemperaturen heeft?

3.2.1.2. Integratie in een nieuwe stookinrichting

Bij een project van een nieuwe stookinrichting met een WKK moet voor de warmteproductiesystemen meteen gedacht worden aan een lagetemperatuurketel of zelfs een zeerlagetemperatuurketel (warmtepomp, condensatieketel enz.). Heel de installatie van de stookinrichting, met inbegrip van de WKK, moet zodanig ontworpen zijn dat de retourtemperaturen **zo laag mogelijk** zijn.

3.2.2. Wat betreft het regelsysteem

Dezelfde werkwijze als voor de hydraulische circuits moet ook toegepast worden als het gaat om het regelsysteem. De actoren van het project moeten het regelsysteem beschouwen als één geheel, in plaats van de WKK te beschouwen als een 'bijzetapparaat' dat autonoom kan werken.

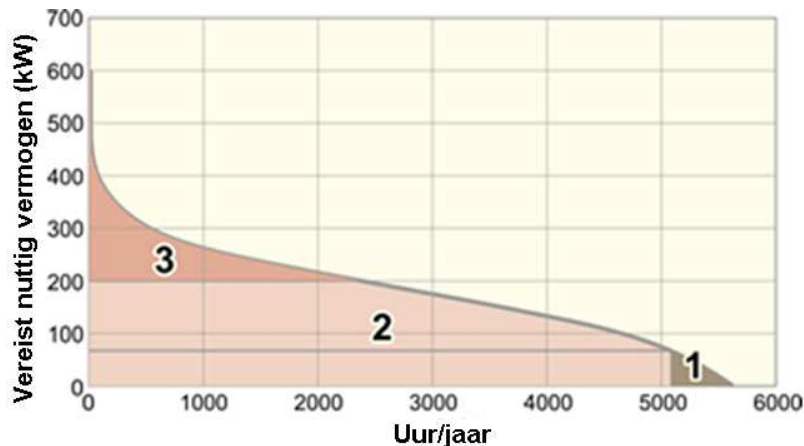
Het regelsysteem van de bestaande stookinrichting of van de ketels van een nieuw project en de regeling van de WKK moeten onderling communiceren, zodat de WKK op zijn minst opgenomen wordt in de cascadesequentie van de ketels.

3.3. Thermische vermogens

We herinneren er kort aan dat het doel van de plaatsing van een WKK in de stookinrichting erin bestaat de warmtevraag zo optimaal mogelijk te voorzien en tegelijkertijd elektriciteit op te wekken. Gezien het verloop van de hieronder afgebeelde jaarbelastingcurve van de warmtevraag is het energetisch optimum van de WKK meestal op ongeveer één derde van het grootste vermogen. Dit is uiteraard slechts een indicatieve waarde en zeker geen regel met algemene geldingskracht. Alles hangt af van de verbruiksprofielen voor warmte (en de prestaties van de gebouwschil) en elektriciteit.

De 'jaarbelastingcurve' is een in aflopende volgorde geordende rangschikking van de warmte vermogensbehoeften van een over een jaar. In het onderstaande voorbeeld vraagt de stookinrichting gedurende minstens 2300 uur een vermogen van 200 kW om het comfort van de gebruikers te verzekeren.

Dit aantal uren kan hoger zijn dan het aantal uren dat er verwarmd wordt, doordat er ook een warmtevraag is voor het sanitair warm water. De jaarbelastingcurve van de warmtevraag is een interessant gegeven omdat het gebied onder de curve een beeld geeft van de warmtebehoefte van het gebouw.



Bron: E+

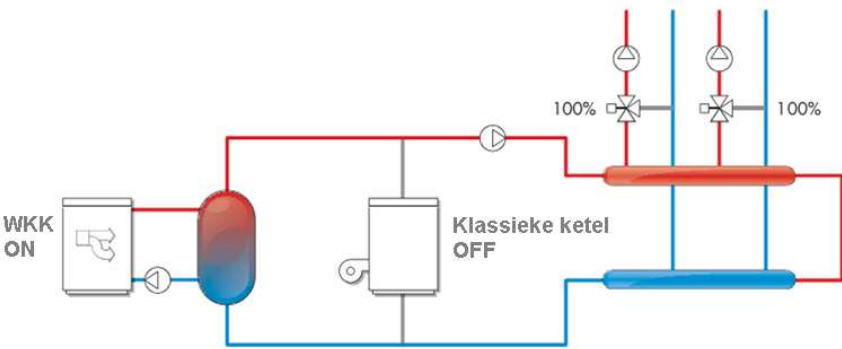
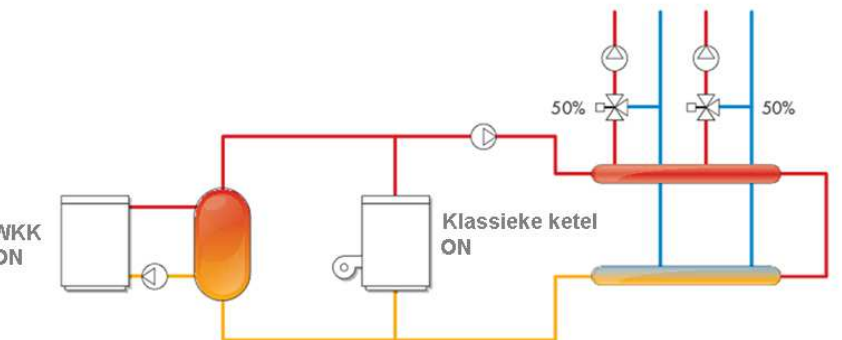
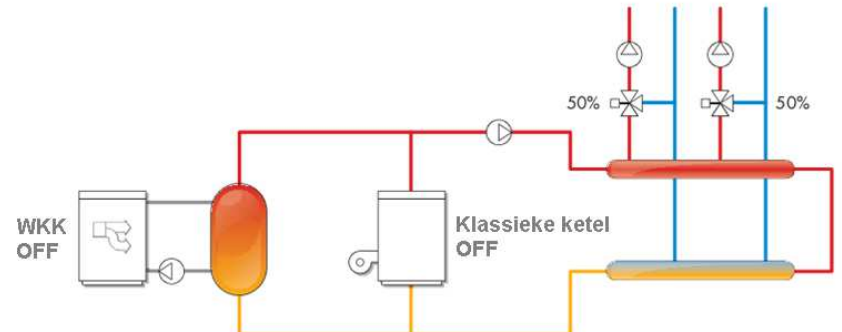
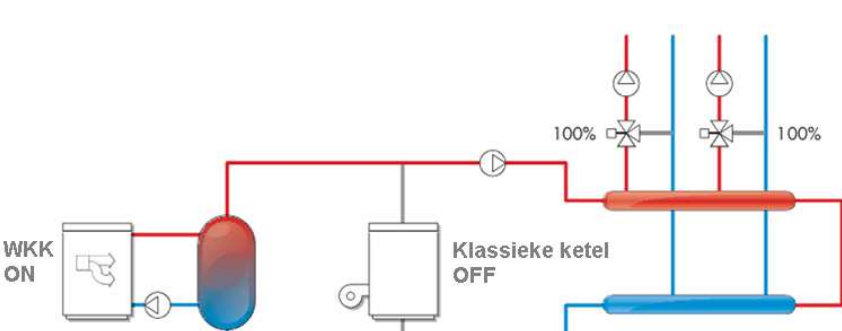
In sommige gevallen heeft de WKK een heel laag vermogen in vergelijking met de ketels, die meestal gedimensioneerd zijn om minimaal 3 keer meer vermogen te leveren dan de arme WKK (indicatieve aanduiding). In theorie mag dat niet te veel problemen opleveren, maar in de praktijk is het samengaan van 'de reus en de dwergen' soms wel problematisch, zeker wanneer, zoals in vele stookinrichtingen, de hoofdcirculator gesloten is of een evenwichtsfles het primaire van het secundaire circuit scheidt.

Andere factoren die een probleem kunnen stellen zijn vaak:

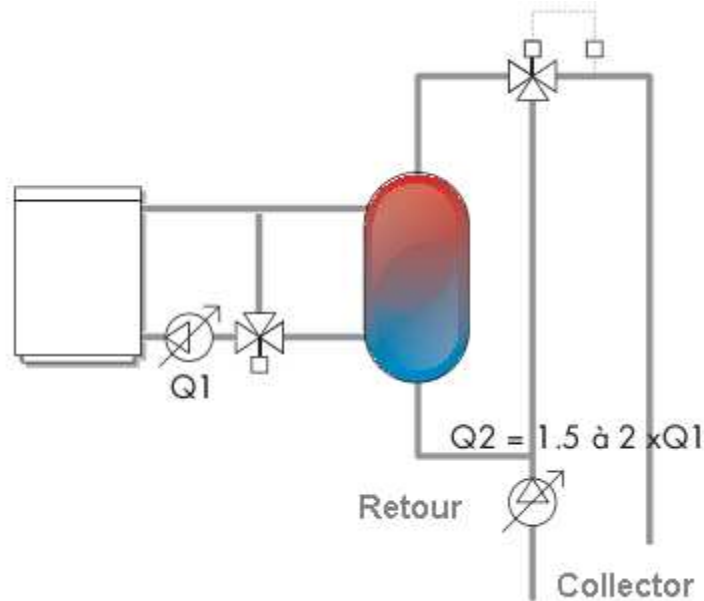
- Ketels die niet modulerend werken of die niet starten bij een 'kleine vlam': Het vermogen dat wordt afgegeven door een ketel die bijspringt, kan een 'extra warmteboost' geven waardoor de retour temperatuur stijgt en de WKK moet stoppen;
- Circulatiepompen met een vast debiet: In dat geval is het debiet van het primaire circuit slechts zelden in overeenstemming met dat van de secundaire circuits, wat een warme retour in het primaire circuit in de hand werkt en de WKK moet stoppen. Deze factoren zullen de werkingsduur van de WKK sterk kan beperken.

Het belangrijkste dat men moet vermijden is dus een te hoge retourtemperatuur. Dit fenomeen wordt in de eerste plaats beïnvloed door de aanvoertemperatuur van de ketels en doet zich vooral voor in geval van een grote warmtevraag.

Men kan het probleem als volgt samenvatten:

	De WKK levert voldoende vermogen om te voorzien in de warmtevraag. De aanvoertemperatuur van het primaire circuit daalt echter. De regeling van de stookinrichting geeft de ketel vrij (start).
	De ketel begint te werken en levert al snel voldoende warmte om de drierwegkleppen van de secundaire circuits te sluiten. De retourtemperatuur stijgt en verwarmt het buffervat.
	De WKK en de ketel stoppen.
	Als het buffervat is afgekoeld, herstart de motor. De WKK kan niet snel genoeg voldoen aan de warmtevraag en de ketel start opnieuw. Enzovoort...

3.4. Warmteopslag of niet?



Indien de warmtevraag kleiner is dan het warmtevermogen dat de WKK ontwikkelt, stopt deze normaal gezien. Deellastwerking van de WKK is uiteraard technisch mogelijk, maar slechts beperkt en dit om de volgende reden: de daling van het elektrisch rendement van de WKK bij gedeeltelijke belasting (minder dan 60 %) is niet te verwaarlozen en een stijging van specifieke onderhoudskosten (€/kWh) is te verwachten omdat de motor hetzelfde aantal uren draait om minder kWh te produceren.

Een mogelijke oplossing hiervoor is het tijdelijk opslaan van de overtollige thermische energie:

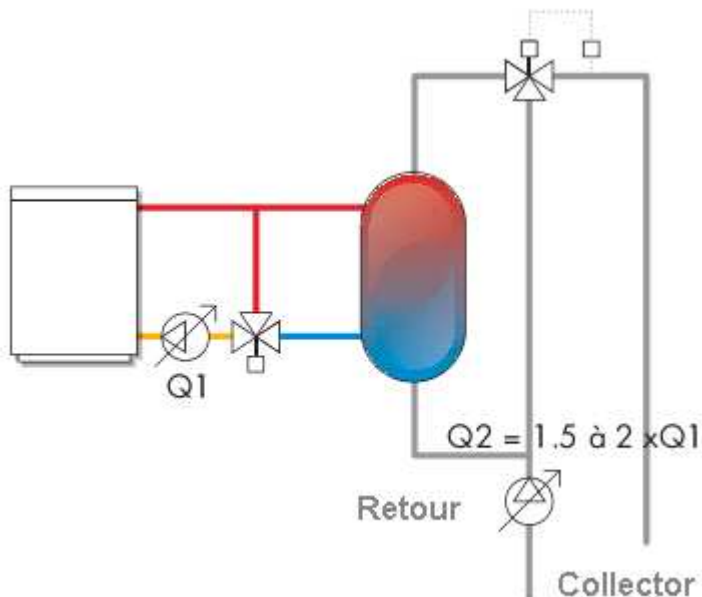
- Door op momenten met een kleinere warmtevraag de overtollige warmte op te slaan,
- kan de opgeslagen warmte benut worden in periodes met een grote warmtevraag.

De voordelen van opslag zijn onder andere:

- De WKK dekt een groter deel van de warmtevraag.
- De WKK ondergaat minder start-/stopcycli,
- De warmtevraag en de elektriciteitsvraag moeten deels niet meer tegelijkertijd plaatsvinden.

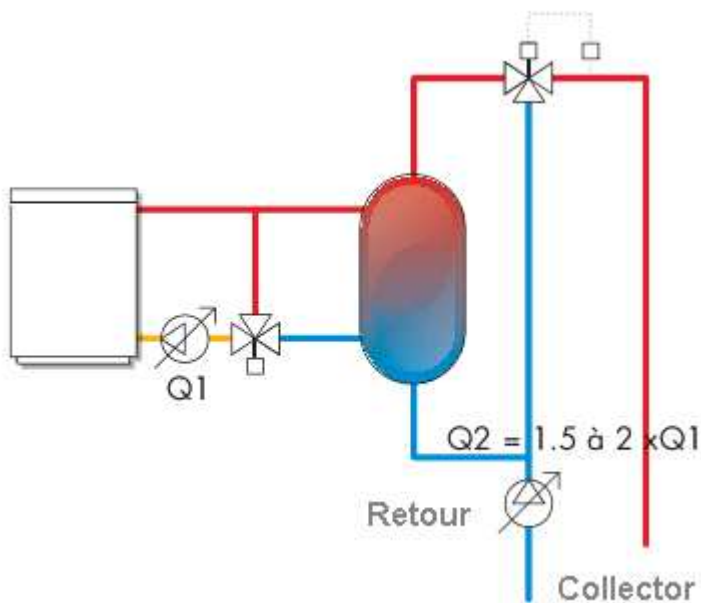
3.4.1. Een courante configuratie

Hieronder vindt u een beschrijving van de best geschikte opslagmethode. Toch wordt deze methode in de praktijk relatief weinig toegepast. Mogelijk spelen financiële factoren hierin een rol.



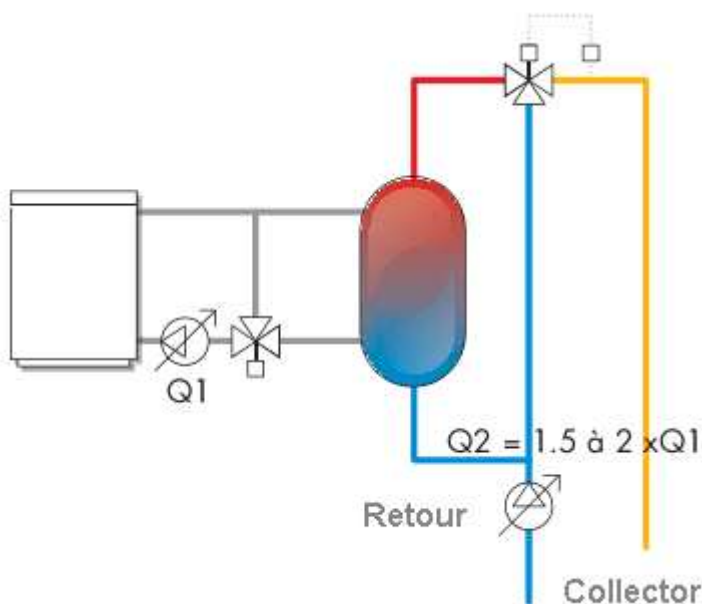
Enkel opslag

- Geen behoefte, maar het vat is niet op temperatuur.
- De WKK functioneert op nominaal vermogen en laadt het vat (opslag)



Ontladen van het buffervat en werking van de warmtekrachtkoppeling

- Grote behoefte
- De WKK werkt op nominaal vermogen
- Het buffervat wordt ontladen



Enkel ontladen

- Middelgrote behoefte
- Alleen het buffervat wordt ontladen

De circulatiepompen kunnen een variabel debiet hebben. Alles hangt af van de configuratie van de primaire en secundaire circuits en het geïnstalleerde of te installeren type ketel.

3.4.2. Thermische isolatie van het buffervat

We willen erop wijzen dat bijvoorbeeld in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest de toekenning van de energiepremie afhankelijk is van de warmteverliezen van het buffervat (zie technische eisen voor de toekenning van de premie). Bij alle opslagtoepassingen moet rekening gehouden worden met dit verlies en is een degelijke isolatie van groot belang onder ander voor de berekening van het aantal groenestroomcertificaten.

3.5. Hydraulische basisconfiguraties

3.5.1. Seriële opstelling

Een seriële opstelling is goed geschikt voor stookinrichtingen met:

- een **leidingennet met een grote capaciteit**;
- **grote waterdebieten**;
- een **zwak vermogen van de WKK in vergelijking met het vermogen van de ketel(s)**;
- **hogetemperatuurketels**.

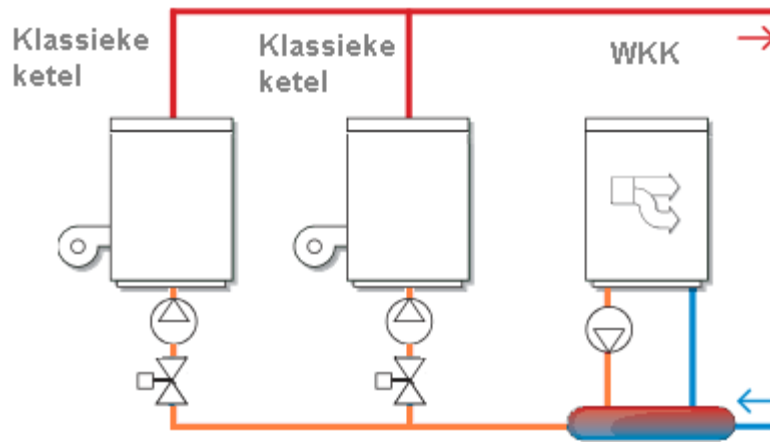
In een seriële opstelling zorgt de WKK voor de voorverwarming van het retourwater van de ketels. Deze opstelling is interessant bij ketels die een warme retour vereisen. Wanneer de ketels echter permanent warm water van de WKK ontvangen, is het belangrijk de stilstandsverliezen van de ketels na te gaan.

In bestaande stookinrichtingen is een seriële integratie interessant wat betreft hydraulische aansluiting, omdat het dan volstaat de retourleiding te onderbreken en de WKK aan te sluiten. De seriële opstelling heeft dus goede troeven om studie bureaus en installateurs te overtuigen door zijn eenvoud.

Indien er condensatieketels aanwezig zijn, biedt een seriële opstelling veel minder voordelen, want de opwarming van het verwarmingswater stroomopwaarts van een condensatieketel is niet bepaald een goed idee. Indien de WKK echter een groot aantal uren in bedrijf is met een min of meer constante belasting (zoals bijvoorbeeld het geval is bij een zwembad), zal het niet kunnen condenseren van de ketels niet zo zwaar doorwegen, aangezien de ketels toch maar weinig gebruikt worden. Zelfs als de ketels niet condenseren, is hun rendement nog beter (grotere warmtewisselaar) dan dat van klassieke HR TOP-ketels. Hier moet geval per geval geoordeeld worden!

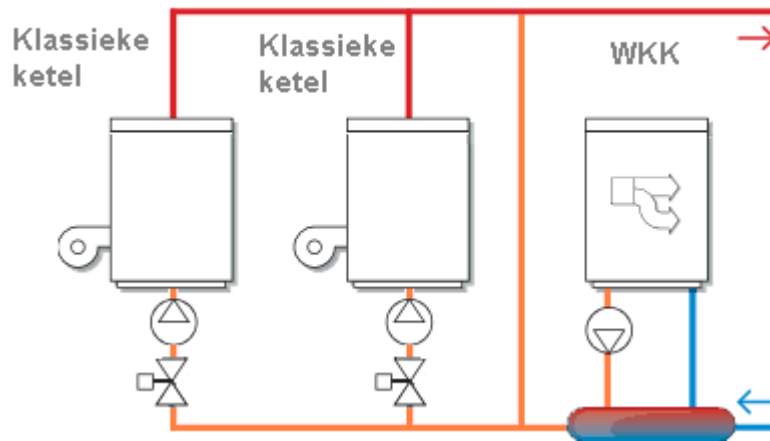
3.5.1.1. Opstelling zonder buffervat

Een WKK met een klein vermogen ten opzichte van het vermogen van de ketels heeft niet echt een buffervat nodig. Ook indien het warmtebehoefteprofiel vrij constant is (voorbeeld: in een process) is een buffervat minder noodzakelijk.



Een deel van het hoofdretourdebiet wordt afgenomen voor de WKK en teruggeinjecteerd in het hydraulische bypasselement met een geringe hydraulische weerstand (doorgaans een 'leiding' met een grotere doorsnede). Het voordeel hiervan is een zeer kleine invloed op het hydraulische evenwicht van de ketels en het primaire circuit. In het circuit van de WKK is een circulatiepomp nodig om de drukverliezen van de warmtewisselaars te overwinnen.

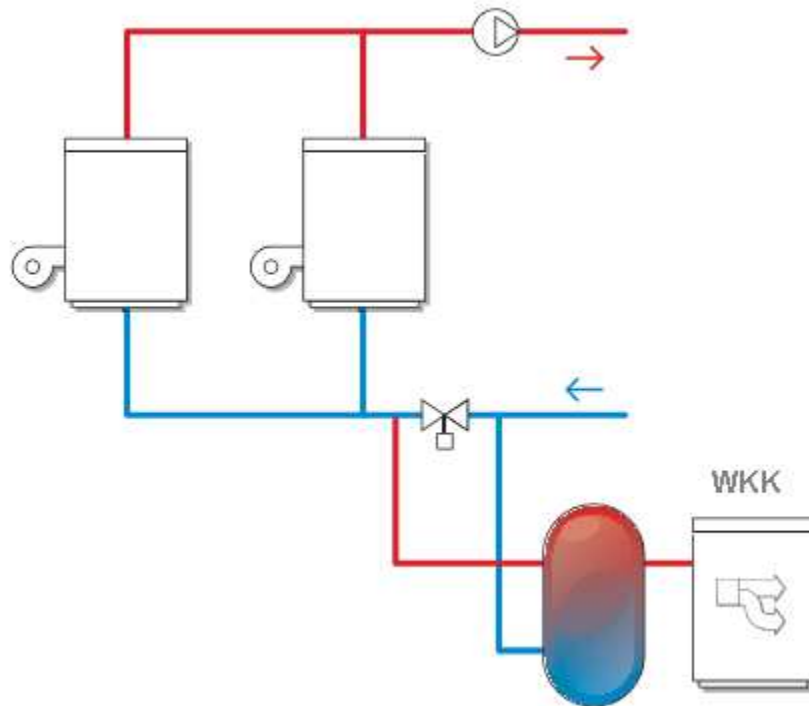
Ook door de plaatsing van een bypass kunnen stilstandsverliezen in de ketels voorkomen worden. Er dient echter te worden nagegaan of de kostprijs van de driewegkleppen wel opweegt tegen het voordeel dat kan worden gewonnen door het vermijden van stilstandsverliezen in een van de ketels.



In deze configuratie is een constant of weinig variabel warmteprofiel des te belangrijker.

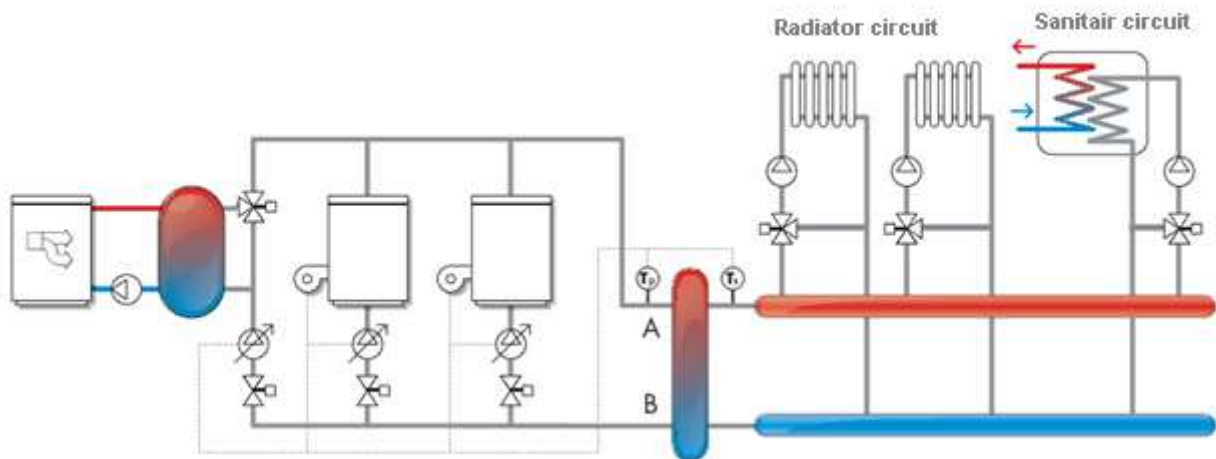
3.5.1.2. Opstelling met buffervat

Sommige fabrikanten bieden een seriële opstelling met een buffervat aan. Het hele retourdebiet van de collector gaat door het vat. Men kan niet echt spreken van een buffervat, aangezien er geen stapsgewijze opslag plaatsvindt. Men zal het eerder hebben over een vergroting van de inertie van het net. Als de toevoer- en afvoerleidingen van het vat goed gedimensioneerd zijn, werkt het buffervat als een grote collector met een gering drukverlies die het hydraulische evenwicht in de stookinrichting weinig verstoort. We begrijpen dat dit een interessante configuratie kan zijn, omdat ze vanuit hydraulisch oogpunt eenvoudig is en kan resulteren in een 'zuurstofvat' aan het einde van een korte cyclus van de WKK. We zijn benieuwd hoe dit in de praktijk presteert!



3.5.2. Parallele opstelling

De parallelle hydraulische integratie in een bestaande stookinrichting vereist meer aanpassingen van het circuit dan een seriële integratie en een fijnere regeling. Toch biedt een parallelle opstelling van de WKK ook verscheidene voordelen: anders dan bij de klassieke seriële opstelling (zonder bypass van de ketels) stroomt er geen warm water door de ketels als alleen de WKK functioneert. Er zijn dus geen stilstandsverliezen op het niveau van de ketels als deze niet van water voorzien worden. Hiervoor is wel vereist dat de aansluitleidingen van het buffervat zodanig gedimensioneerd zijn dat het volledige debiet doorgelaten wordt.



Op voorwaarde dat de retourtemperatuur in het primaire circuit goed onder controle is, maakt een parallelle opstelling in moderne stookinrichtingen met condensatieketels, het mogelijk de condensatiewarmte nuttig te gebruiken, als de ketels:

- dienen ter ondersteuning van de WKK in koude periodes;
- de WKK vervangen in warme periodes, als de warmtebehoefte te laag is, om te voorkomen dat de WKK werkt met korte bedrijfscycli.

3.6. Basisregeling

3.6.1. Principe

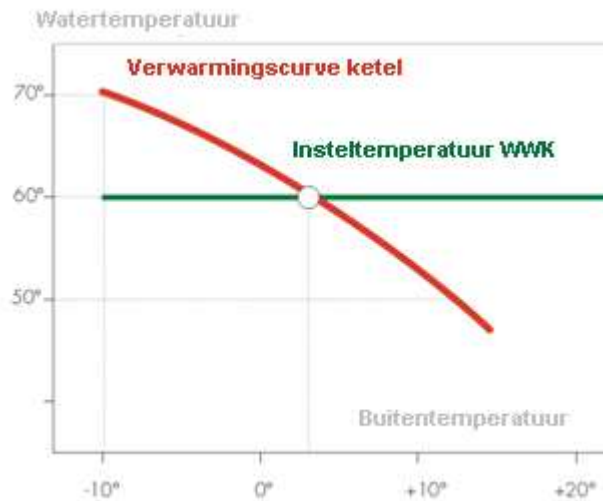
Tenzij u een installatie 'uit een ander tijdperk' hebt geërfd, omvat de regeling van de ketel over het algemeen, ongeacht het type ketel, minimaal een regelmodus met 'glijdende temperatuur' ten opzichte van de buitentemperatuur. Zonder in detail te treden, houdt dit in dat de temperatuur van het verwarmingswater wordt aangepast aan de buitentemperatuur. Deze regelmodus is zeker voor condensatieketels zeer interessant, want biedt de mogelijkheid de condensatiewarmte nuttig te gebruiken door de ketels op een lage temperatuur te laten werken. Bij andere types ketels maakt deze regeling een beperking van de warmteverliezen mogelijk die ontstaan als de temperaturen van het verwarmingswater hoog zijn.

De integratie van een WKK in een stookinrichting houdt om de volgende redenen een tamelijk belangrijke verandering van het regelsysteem in:

- Als er slechts één ketel is, moet er een cascaderегeling geprogrammeerd worden om de WKK aan het begin van de sequentie te kunnen plaatsen. Biedt de ketelregeling de mogelijkheid tot het instellen van deze cascaderегeling? Bij ketels van een tiental jaar oud moet dat over het algemeen lukken. Voor ketels van de vorige generatie moet geval per geval nagegaan worden of het mogelijk is.
- Als er verscheidene ketels zijn, moet de WKK in de cascaderегeling opgenomen worden als een extra ketel. Regelingen voor meerdere ketels bieden doorgaans de mogelijkheid tot het toevoegen van een extra apparaat.

De regeling van een stookinrichting (een of meer ketels) moet minimaal de regeling van de WKK 'overkoepelen', al is het maar in de cascadesequentie voor de vrijgave van de WKK EN de ketels. Wat ook de hydraulische configuratie is, de moeilijkheid bij de integratie van een WKK bestaat erin de ketel of ketels die geregeld worden door verwarmingscurve, en dus variabele inschakeltemperaturen hebben, te combineren met een WKK die werkt met een constante inschakeltemperatuur. In sommige stookinrichtingen stellen we de volgende verschijnselen vast:

- In de koude periode hanteert het regelsysteem een hoge aanvoertemperatuur voor de ketels (bijvoorbeeld 80 °C bij een buitentemperatuur van -10 °C). De inschakeltemperaturen van de ketels zijn bijvoorbeeld respectievelijk 75 en 70 °C voor de 'master' en de 'slave' ketel. De inschakeltemperatuur van de WKK bedraagt daarentegen constant 60 °C, want wordt bepaald door de intrinsieke eigenschappen van de WKK. In werkelijkheid kan deze temperatuur hoger zijn, maar aangezien de retourtemperatuur naar de WKK maximaal 70-75 °C kan bedragen, zou een inschakeltemperatuur van 70 °C leiden tot zeer korte start-/stopcycli en verhinderen dat er wordt omgeschakeld naar het begin van de cascadesequentie (de instelwaarde om naar het begin van de sequentie te gaan is in dit geval 75 °C).
- In het tussenseizoen, als de verwarmingscurven van de regeling van de ketels een primaire starttemperatuur opleggen die lager is dan de ingestelde vaste temperatuur van de WKK, die in ons voorbeeld 60 °C bedraagt, zal de WKK van nature aan het hoofd van de cascade staan en starten voor de ketels. Dat is goed nieuws, maar helaas is het nu te laat, want de warmtebehoefte is nog maar klein. Daaruit resulteert dat de WKK werkt met korte start-/stopcycli, wat haar levensduur niet ten goede zal komen.

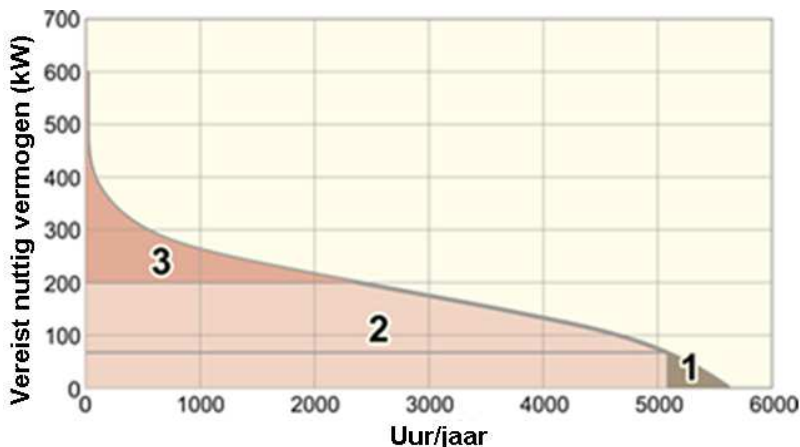


Regeling van de ketels en de WKK

3.6.2. Cascaderegeling van de ketels

Een cascaderегeling moet worden ingevoerd om de 'vrijschakeling' mogelijk te maken van de verschillende warmteproductievoorzieningen op het juiste moment afhankelijk van de behoeften. Men moet voor ogen houden dat de WKK de eerste plaats moet innemen in de cascade, om zoveel mogelijk te voorzien in de warmtebehoefte. De hieronder afgebeelde jaarbelastingcurve van de warmtevraag laat duidelijk zien wat het belang is van de programmering van de cascadesequentie voor alle warmteproductie-uitrusting.

We herinneren eraan dat een jaarbelastingcurve vooral een beeld geeft van de warmtevraag in de loop van een jaar. Men ziet onmiddellijk dat het, om een WKK rendabel te maken vanuit energetisch, ecologisch en financieel oogpunt, belangrijk is een cascadeschakeling van de ketels en de WKK te programmeren, zodanig dat de WKK gebied 2 van de jaarbelastingcurve van de warmtevraag kan dekken.



Jaarbelastingcurve van de warmtevraag (Bron : E+)

- 1- Vrijschakeling van een van de ketels op lage stand. Bij oude ketels leidt de werking op lage stand tot een niet te verwaarlozen aantasting van het rendement. Voor modulerende condensatieketels zijn dit goede omstandigheden voor het rendement (optimaal rendement rond 30 % belasting)
- 2- Vrijschakeling van alleen de WKK met een modulering van het vermogen tussen 100 en 70 %
- 3- Gelijktijdige vrijschakeling van de WKK en een van de ketels
- 4- Gelijktijdige vrijschakeling van de WKK en de ketels

IDEALE STOOKINRICHTING

Sommige puristen zullen zeggen: "een ideale stookruimte is een ruimte waarin geen enkel warmteproductiesysteem te vinden is". Ze hebben gelijk in die zin dat men alvorens de ideale stookinrichting te ontwerpen, het concept van een gebouw zonder warmtebehoefte moet overwegen.

Maar laat ons de voeten op de grond houden! Het verlangen naar comfort in onze westerse samenleving gaat hoe dan ook gepaard met een warmtevraag, hoe klein dan ook!

Bijvoorbeeld:

- in een passief gebouw bedraagt de warmtebehoefte nog 15 kWh/(m².jaar);
- in een bijna energieneutraal gebouw (NZE of Nearly Zero Energy)

Vanuit energetisch, ecologisch en economisch oogpunt is de ideale stookinrichting een stookinrichting die nagenoeg zonder verlies voorziet in de warmtebehoefte. Dat betekent dat de vermogensniveaus van de productiesystemen permanent aangepast moeten worden aan de vermogensniveaus van de afgiftesystemen. Om dat te bereiken met moderne regelingen, kan men tegelijkertijd 'spelen' met de temperaturen en/of de debieten.

We hebben u gewaarschuwd, in wat hierna komt zullen we het vooral hebben over ketels en met name over condensatieketels. Toegegeven, als het gaat over de ideale stookinrichting zijn condensatieketels ook niet de ideale oplossing, want we blijven op het domein van de fossiele brandstoffen. Ze zijn echter het warmteproductiesysteem dat nog altijd in de grote meerderheid van de stookinrichtingen terug te vinden is.

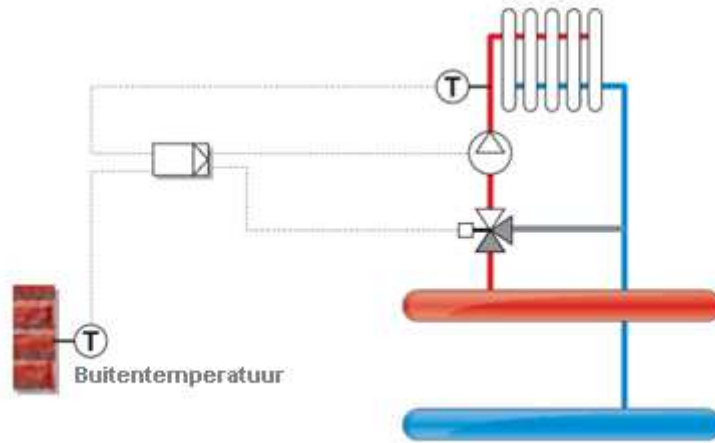
Een alternatief dat de naam draagt van hernieuwbare energie, is bijvoorbeeld de warmtepomp. Zoals bij de condensatieketels wordt de energieprestatie van warmtepompen bereikt bij zo koud mogelijke retourtemperaturen in de stookinrichting. Een temperatuurregime van de warmtepomp van 50-30 °C of zelfs 25 °C is vaak toegelaten voor gebouwen met een hoog energieprestatieniveau en vereist om goede prestaties te bereiken op het niveau van de warmtepomp.

1. Aanvoer van de secundaire circuits

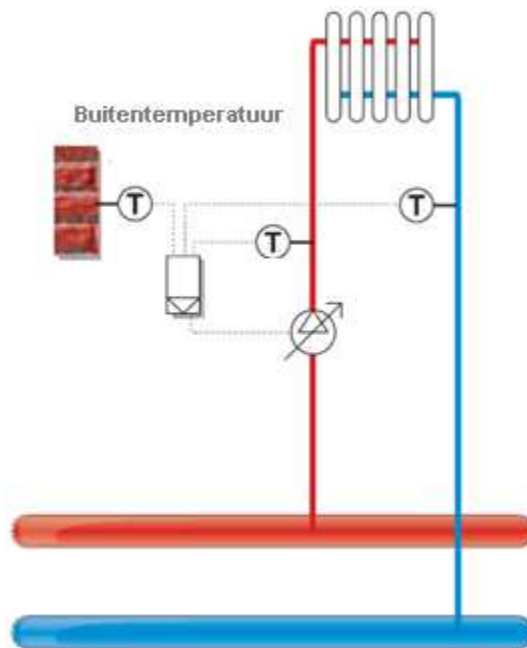
1.1. Circuits met identieke distributietemperaturen

Behalve de regeling aan het eindpunt, zoals met thermostaatkranen (een aanpassing van het waterdebiet dat door de radiator loopt), kan het afgiftevermogen dat afkomstig is van de hoofdcollector van de stookinrichting, doorgaans gemoduleerd worden op twee manieren:

- Door modulering van de aanvoertemperatuur afhankelijk van de opening van de driewegklep. Deze modulering vindt plaats met constant debiet stroomafwaarts van de driewegklep. Aangezien het doel duidelijk is om warmte te leveren met een zo laag mogelijke temperatuur, om evidente redenen als de energie-efficiëntie van de warmteproductiesystemen en het thermisch comfort, zijn de temperaturen van de secundaire circuits altijd aangepast dankzij verwarmingscurven die zelf afhankelijk zijn van de buitentemperatuur. Een kritische noot met betrekking tot dit systeem is dat de circulatiepompen permanent werken met nominaal debiet, wat een niet te verwaarlozen elektriciteitsverbruik genereert. Voor de ideale stookinrichting moet er een betere oplossing te vinden zijn!



- Door modulering van het debiet. Aangezien het doel nog altijd is warmte aan de afgifte-elementen te leveren met een zo laag mogelijke temperatuur, moeten de warmteproductiesystemen hun vermogen moduleren aan de brander, om de primaire insteltemperatuur aan te passen afhankelijk van de buitentemperatuur. De modulering van het debiet in het secundaire circuit pas het vermogen aan dat wordt afgegeven aan het afgifte-element. De retour is min of meer koud afhankelijk van het vermogen dat wordt opgenomen op het niveau van het afgifte-element. Men kan dus spreken van een gemengde modulering van het debiet en de temperatuur. Met snelheidsregelaars (frequentieregelaars) kan het debiet momenteel gemakkelijk aangepast worden tussen 30 en 100 %.

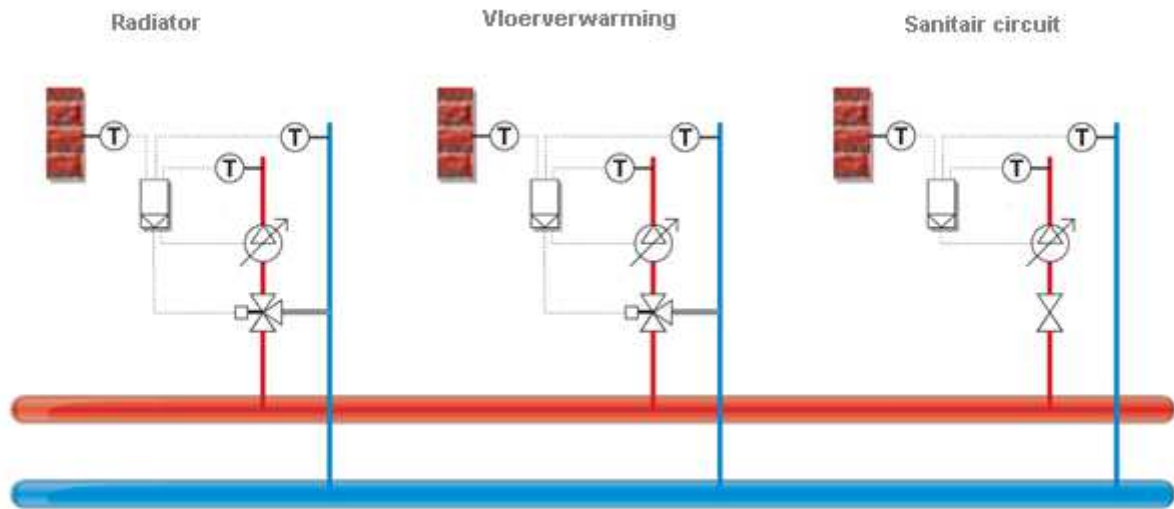


De modulering van de temperaturen en van het debiet verzekert de energieprestatie van de uitrusting. Immers, een regeling die zo dicht mogelijk aanleunt bij de behoeften:

- van het debiet verlaagt het elektriciteitsverbruik van de circulatiepompen;
- van de temperaturen beperkt het brandstofverbruik van de condensatieketels en het elektriciteitsverbruik van de warmtepompen zo veel mogelijk.

1.2. Circuits met verschillende distributietemperaturen

Bij circuits met verschillende temperatuurstanden (bijvoorbeeld een radiatorcircuit en een vloerverwarmingcircuit), is het mogelijk de debietregeling voordelig te combineren met een temperatuurregeling, zoals het volgende schema laat zien:



2. Primaire circuits

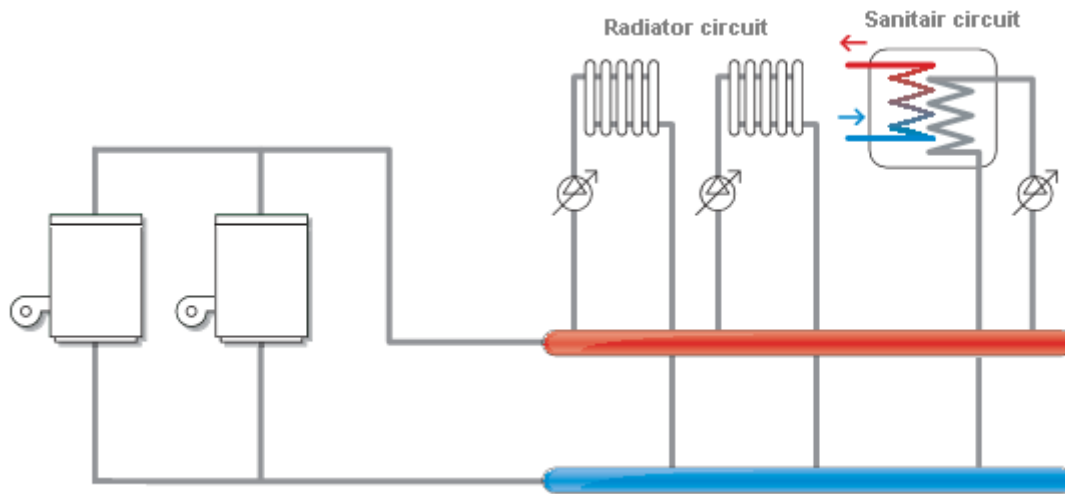
De aanpassing van het verwarmingsvermogen kan ook plaatsvinden aan primaire zijde door middel van bijvoorbeeld de modulering van het vermogen van de brander of de snelheid van de compressor van een warmtepomp enz. Over het algemeen steunt de regeling van de warmteproductiesystemen op de verwarmingscurven die het mogelijk maken de aanvoertemperatuur van het primaire circuit te laten afhangen van de buitentemperatuur. In de praktijk zijn er veel ketelmodellen of warmtepompen die het vermogen moduleren afhankelijk van de tijd dat het verwarmingssysteem werkt op nominaal vermogen (100 % belasting).

3. Afstemming van het primaire en secundaire debiet

Om dichterbij het concept van een ideale stookinrichting te komen, is de afstemming van het primaire en secundaire debiet van primordiaal belang. Dit is niet alleen belangrijk vanuit het standpunt van de hydraulische circuits en de regeling van het verwarmingssysteem, maar ook voor de energie-efficiëntie van de productiesystemen. Immers, als de retours van de secundaire circuits koud zijn, garandeert de afstemming tussen de debieten van de primaire circuits en die van de secundaire circuits een koude retour naar de warmteproductiesystemen.

3.1. Ketels met gering drukverlies

Sommige warmteproductiesystemen hebben een gering drukverlies, bijvoorbeeld ketels met groot watervolume. Dit type systeem leent zich tot eenvoudiger hydraulische schema's en bijgevolg eenvoudiger regelingen.



Zo'n verwarmingssysteem is ideaal omdat de hydraulische circuits en het regelsysteem eenvoudig gehouden kunnen worden. Vanuit energetisch oogpunt betekent dit, op voorwaarde dat er modulerende ketels gebruikt worden met een groot vermogensbereik en de circulatiepompen van de secundaire circuits een variabel debiet hebben:

- een lager brandstofverbruik. In het geval van een condensatieketel bevorderen de lage retourtemperaturen de condensatie;
- een lager elektriciteitsverbruik van de pompen met variabele snelheid.

3.2. Ketels met groot drukverlies

Een evenwichtsfles is vaak noodzakelijk als de ketels een zodanig drukverlies hebben dat ze een circulatiepomp vereisen.

Er zijn veel hydraulische schema's van stookinrichtingen beschikbaar waarin een evenwichtsfles is opgenomen. Dit is een opstelling die studiebureaus gespecialiseerd in speciale technieken en installateurs graag zien, omdat ze een oplossing biedt voor de verschillende problemen op het gebied van balanceren en regeling die voortkomen uit het gebrek aan overeenstemming tussen het primaire en secundaire debiet van de stookinrichting. We weten immers uit de praktijk dat de debieten van de secundaire circuits (vaak uitgerust met driewegkleppen) permanent variëren, terwijl de primaire debieten van de ketels vaak vast zijn of niet in dezelfde mate variëren. De hydraulische 'verstoring' die daaruit voortkomt, is een fenomeen dat verwarmingstechnici goed kennen. Klassieke symptomen van de verstoring zijn:

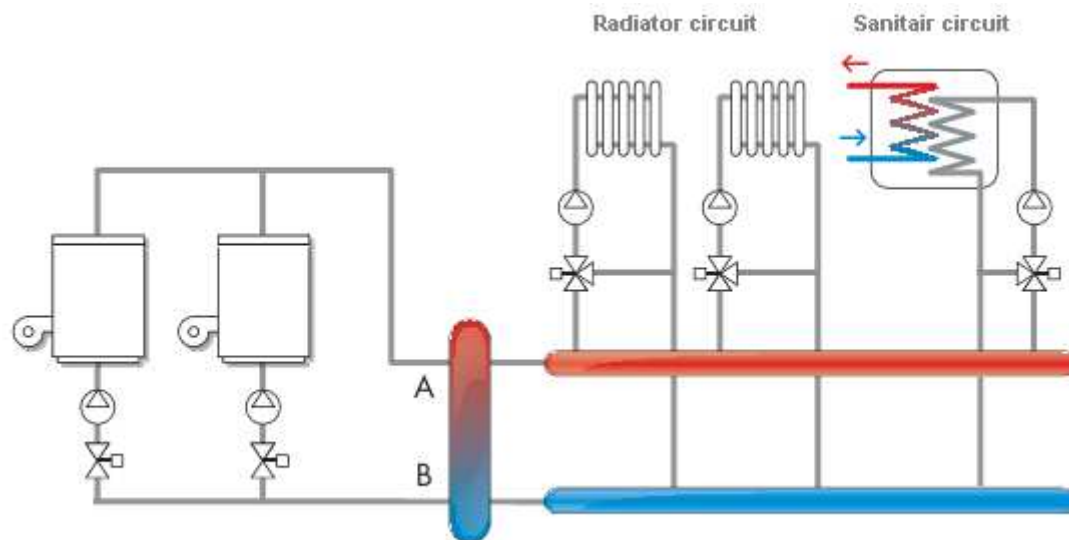
- de moeilijkheid de driewegkleppen van de secundaire aanvoeren te sturen en te regelen;
- de omkering van de stromingsrichting in bepaalde secundaire circuits;
- een gebrek aan debiet in achtergestelde secundaire circuits;
- ...

Er zijn verschillende systemen voorhanden die het mogelijk maken de primaire en secundaire debieten op elkaar afstemmen. Een systeem waar vaak iedereen voor te vinden is, is de evenwichtsfles.

3.2.1. Geen regeling van de primaire debieten

Het is een feit dat de evenwichtsfles veel problemen met de hydraulische installatie en de regeling van de secundaire circuits oplost. Toch heeft dit 'wondermiddel' ook zijn beperkingen, zoals alles. Het is een goede oplossing voor klassieke stookinrichtingen die geen controle van de retourtemperaturen naar de ketels vereisen. Sinds de komst van de condensatieketels, de warmtepompen en de WKKs met condensatie is hier echter verandering in gekomen. Nu

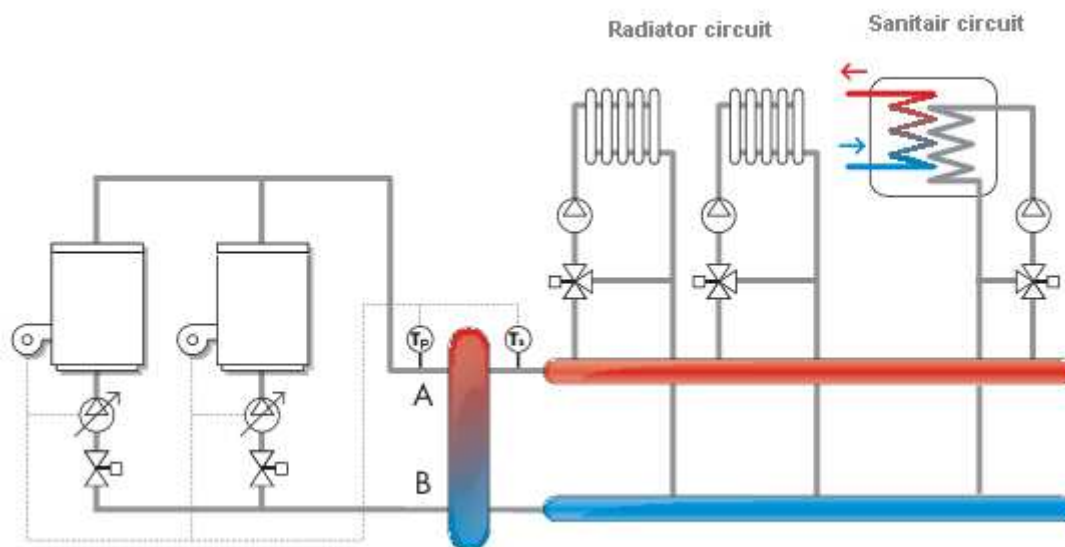
moeten de retourtemperaturen naar de warmteproductiesystemen zo laag mogelijk zijn.

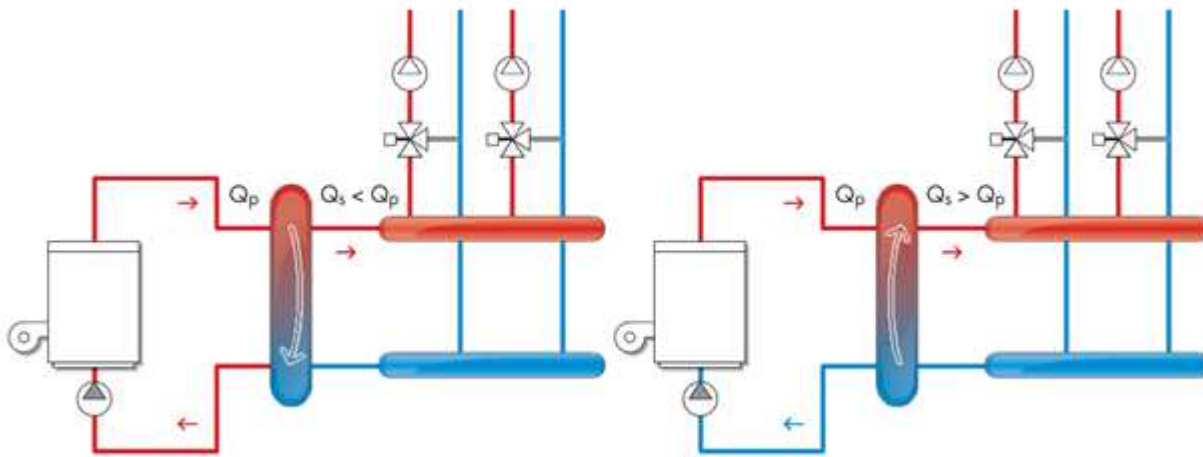


3.2.2. Regeling van de primaire debieten

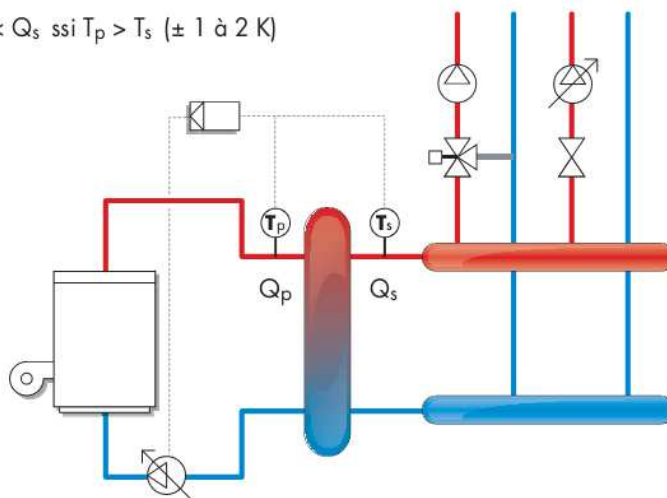
De regeling door de evenwichtsfles optimaliseert de retourtemperaturen naar de warmteproductiesystemen, wat zorgt voor een betere energieprestatie van warmteproductiesystemen als condensatieketels, warmtepompen enz.

Om dat te bereiken, moet het regelsysteem van de stookinrichting de primaire debieten zodanig variëren dat ze iets lager zijn dan de som van de secundaire debieten. Daartoe moet het verschil tussen de temperatuur T_p in de primaire kring en de temperatuur T_s in de secundaire kring onder controle gehouden worden. In de praktijk is een verschil van 1 tot 2 K toegelaten.





$$Q_p < Q_s \text{ ssi } T_p > T_s (\pm 1 \text{ à } 2 \text{ K})$$



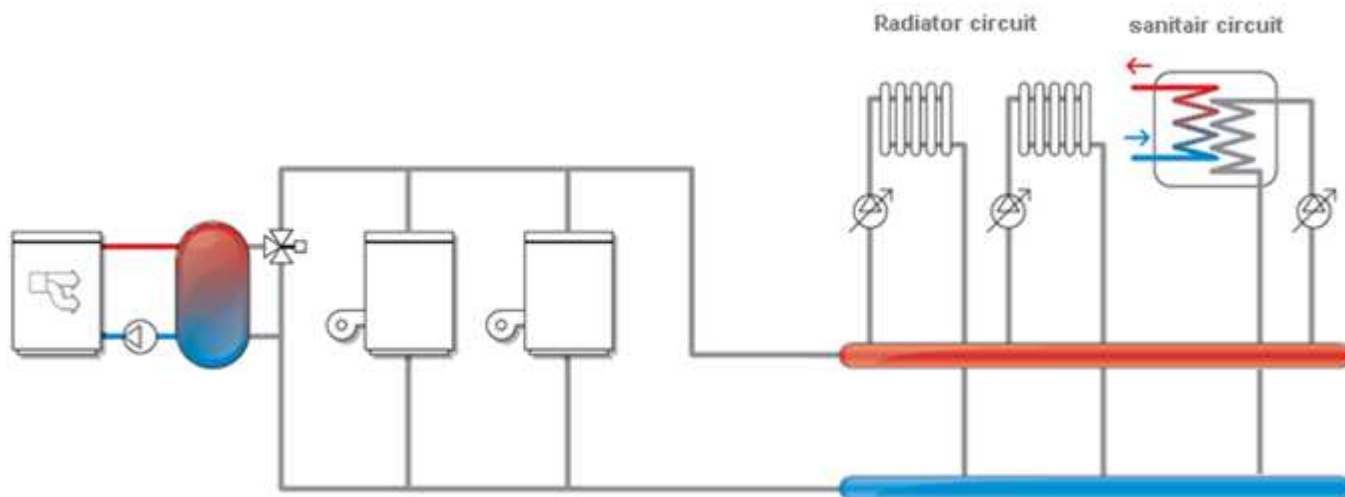
4. Integratie van warmtekrachtkoppeling

Het is duidelijk dat de integratie van warmtekrachtkoppeling in projecten waarbij een nieuwe stookinrichting ontworpen wordt, aan minder beperkingen gebonden is. Er gelden nog geen eisen, men kan beginnen met een onbeschreven blad. Bijzetketels zijn onvermijdelijk condensatieketels, omdat dit type ketel, zelfs als hij niet condenseert, een beter rendement heeft dan ketels van het type HR Top of Optimaz.

4.1. Ketels met gering drukverlies

Het feit dat er van meet af aan condensatieketels met gering drukverlies worden geplaatst als bijzetketel, leidt tot:

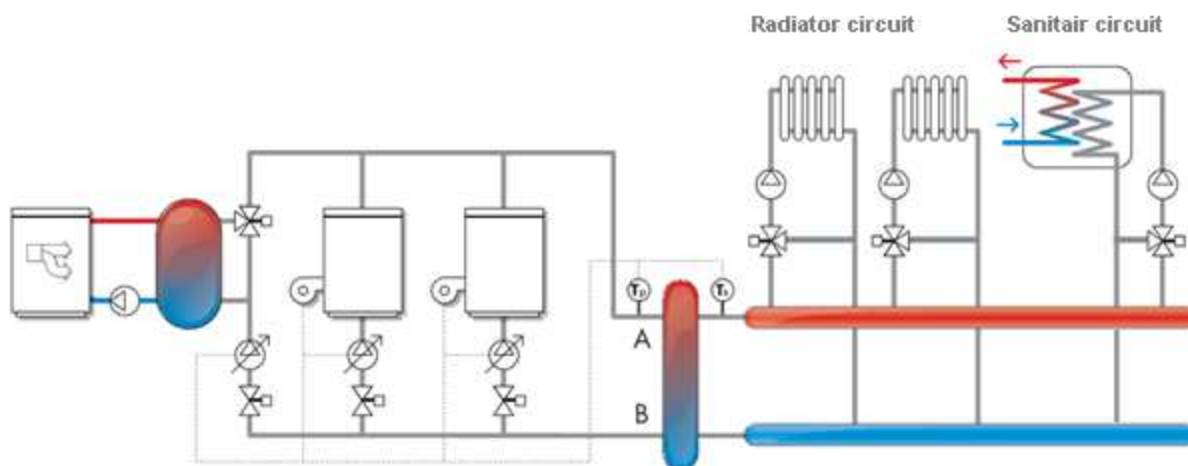
- een parallelle opstelling voor de WKK;
- circulatiepompen met variabel debiet op het niveau van de secundaire circuits.



4.2. Ketels met groot drukverlies

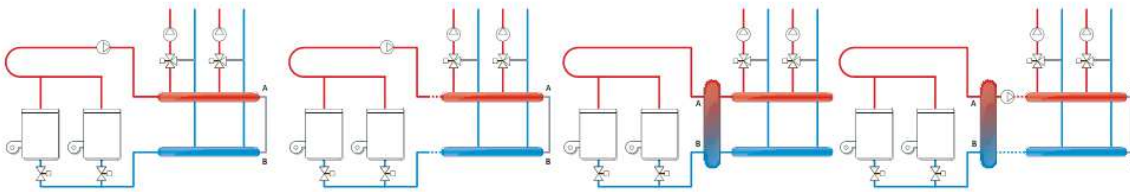
De plaatsing van condensatieketels met groot drukverlies als bijzetketel leidt tot:

- een parallelle opstelling voor de WKK;
- een evenwichtsfles om te zorgen voor de hydraulische ont koppeling. Bovendien moet deze geregeld zijn om de retourtemperatuur zo laag mogelijk te houden;
- circulatiepompen met een variabel debiet om de retourtemperatuur aan het uitstroompunt van de evenwichtsfles te kunnen regelen.



1. Gebruikelijke configuraties van bestaande stookinrichtingen

De reeds aanwezige hydraulische configuratie legt onvermijdelijk beperkingen op aan de integratie van de WKK. Het basisprincipe komt erop neer dat men ervoor moet zorgen dat de introductie van nieuwe uitrusting niet te veel hydraulische verstoring veroorzaakt op het niveau van de ketels, de primaire en secundaire circuits enz.



1.1. Primaire circuit

1.1.1. Grens tussen primaire en secundaire circuits

Laat ons afspreken, opdat iedereen dezelfde taal zou spreken, dat het primaire circuit bestaat uit ketels en hun accessoires (pomp, circulatiepomp, afsluitlep enz.) en aanvoer- en retourleidingen die de ketels verbinden met de hoofdcollector.

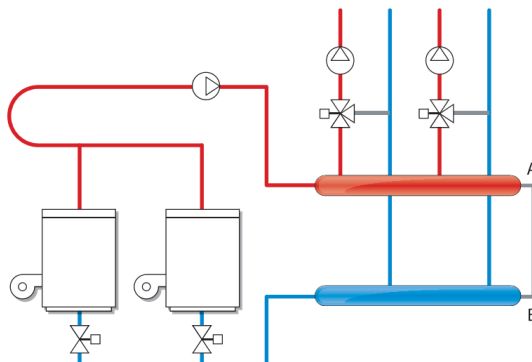
De hydraulische grens tussen het primaire circuit en het secundaire circuit bevindt zich dus ter hoogte van de hoofdcollector of de evenwichtsfles.

1.1.2. Opstellingen

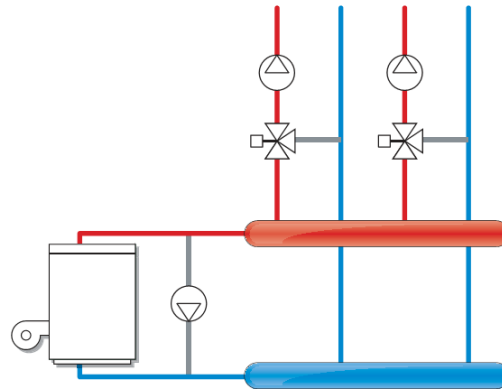
De hydraulische opstelling aan de primaire zijde hangt vaak samen met de eigenschappen van de aanvankelijk gekozen ketels en de afstand tussen het primaire en het secundaire circuit.

Bij een project voor de integratie van warmtekrachtkoppeling is het van essentieel belang eerst na te gaan hoe de bestaande opstelling van de stookinrichting is. Daarbij moet men zich de volgende vragen stellen:

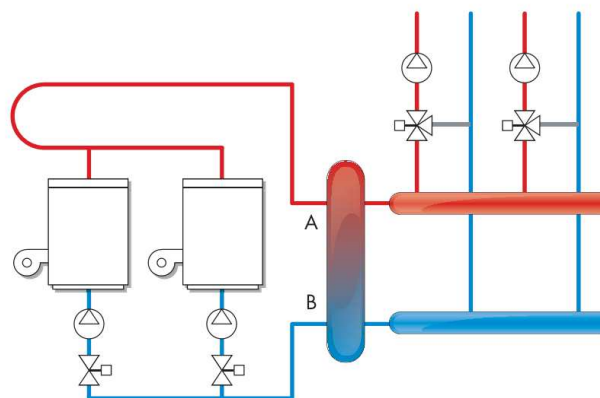
- Gaat het om **hogetemperatuurketels** of **condensatieketels**? Bij hogetemperatuurketels is er een hydraulisch systeem voorzien om een te lage retourtemperatuur te voorkomen. Dat is vaak het geval bij ketels van een bepaalde leeftijd. Deze systemen kan men als volgt identificeren:
 - De hoofdcollector is gesloten.



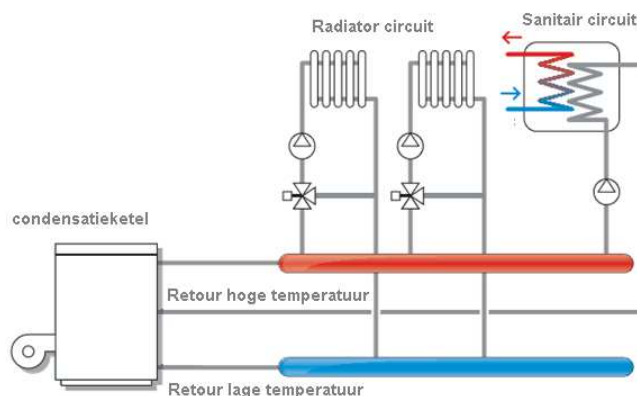
- De ketel heeft individuele recirculatie. Deze heeft de vorm van een bypass met circulatiepomp die een deel van het warm water dat de ketel verlaat, naar de retour stuurt.



- Ook een evenwichtsfles kan dienen als warme retour voor hogetemperatuurbetels.



- Hebben de condensatieketels één retour of is er een warme en een koude retour? Sommige condensatieketels van de eerste generatie zijn uitgerust met twee retours (dat is steeds minder vaak het geval).



- Hebben de ketels een groot of gering watervolume?
 - Ketels met **groot watervolume** hebben vaak een indrukwekkend formaat en zijn niet noodzakelijk uitgerust met een eigen circulatiepomp aangezien hun drukverliezen relatief klein zijn. Het zijn vaak ketels met een groot vermogen die kunnen functioneren met een gering debiet.
 - Omgekeerd zijn ketels met **gering watervolume** relatief compact en gaan ze gepaard met grote drukverliezen. Ze hebben vaak eigen circulatiepompen.

De afstand tussen de primaire en secundaire circuits kan aanzienlijk zijn, aangezien het niet altijd mogelijk is de stookinrichting dichtbij de hoofdcollector te plaatsen. In dat geval is een circulatiepomp nodig. Deze pomp heeft vaak een vast debiet en wordt vaak overgedimensioneerd.

1.2. Hoofdcollector

De hoofdcollector is wat men zou kunnen noemen de 'verdeler' van de warmte die afkomstig is van de ketels naar de secundaire circuits die de warmteafgifte-elementen voeden.

Afhankelijk van het type ketel is de collector gesloten of niet, zodat er voldoende warm water naar de retour van de ketels wordt 'geleid', die niet kunnen condenseren.

1.3. Secundaire circuits

De secundaire circuits vertrekken van de hoofdcollector en voeden de warmteafgifte-elementen. Er zijn vele verschillende types afgifte-elementen mogelijk, zoals radiatoren, convectoren, verwarmingsbatterijen en naverwarmers in luchtbehandelingsinstallaties. Wat ook het type secundair circuit is, dichtbij of ver weg, het debiet verschilt permanent afhankelijk van de thermische behoeften. Deze permanente variatie van debiet is DE belangrijkste bron van hydraulische complicaties bij maatregelen ter verbeteringen van het REG en/of de integratie van een WKK.

2. Gangbare verwarmingsregelingen

Als men het heeft over een verwarmingsregeling die gericht is op REG (rationeel energiegebruik) die naam waardig, moet deze minimaal omvatten:

- verwarmingscurven die de temperatuur van het verwarmingswater van de ketels en de secundaire circuits aanpassen aan het buitenklimaat, dat wordt bepaald door middel van een buitensensor;
- een kloksturing die een onderbreking of spaarstand 's nachts mogelijk maakt;
- thermostaatkranen voor de radiatoren van de statische circuits;
- ...

Als dat niet het geval is, is uw stookinrichting werkelijk voorhistorisch en is een minimale 'update' nodig!

3. Voorafgaande REG-maatregelen

Bij de integratie van een WKK in een bestaande stookinrichting moet rekening gehouden worden met de maatregelen ter bevordering van het rationeel energiegebruik (REG). De isolatie van de gebouwschil, de vervanging van klassieke ketels door condensatieketels enz. beïnvloeden de dimensionering van de WKK-installatie.

Vanuit het standpunt van de energie- en milieu-ethiek dienen eerst de mogelijkheden op het gebied van REG benut te worden, alvorens er stappen gezet worden in de richting van de integratie van een WKK. Deze REG-maatregel dreigt een weerslag te hebben (of heeft een weerslag) op het beheer van de warmteproductie in de ruime zin van het woord. Meer specifiek moet men zich de volgende vragen stellen:

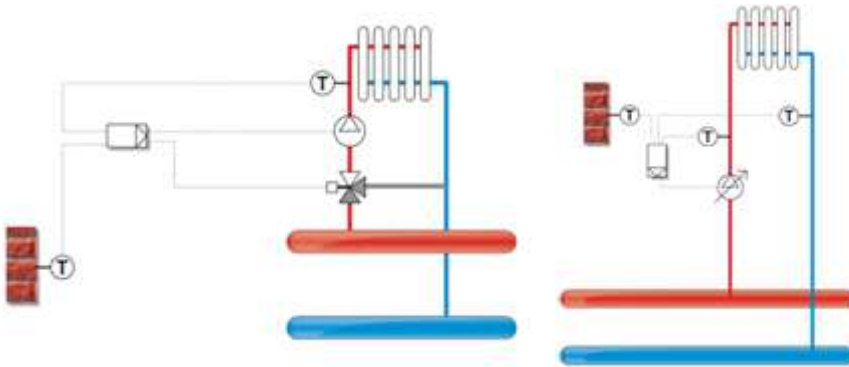
- Is de WKK correct gedimensioneerd gezien -de genomen REG-maatregelen? Als er geen 'ambitieuze REG-beleid' wordt gevoerd, bestaat de kans dat de WKK overgedimensioneerd zal zijn. Als er dan later toch drastische REG-maatregelen genomen worden, wordt deze overdimensionering een probleem, aangezien de WKK meer start-/stopcycli zal doormaken omdat haar vermogen 'te groot' is ten opzichte van de behoefte aan warmtevermogen. Omgekeerd kan onderdimensionering de WKK een zwakke positie geven ten opzichte van de aanwezige ketels wanneer deze de WKK te hulp schieten. Ten slotte kan een groot vermogensverschil tussen de ketels en de WKK eveneens de werking van de warmtekrachtkoppeling verstoren.
- Heeft het verwarmingswater de goede retourtemperatuur? De retourtemperatuur is een bepalende factor in de integratie van de WKK op het niveau van de productie en zelfs de beslissing of de ketels al dan niet in hun bestaande context behouden moeten blijven. Misschien worden ze beter vervangen door condensatieketels. Dan is de vraag aan de orde of de condensatieketels en de WKK samen gebruikt kunnen worden. Kortom, er rijzen heel wat vragen. Dit vademecum zal u helpen in uw zoektocht naar antwoorden!

3.1. Secondaire circuits

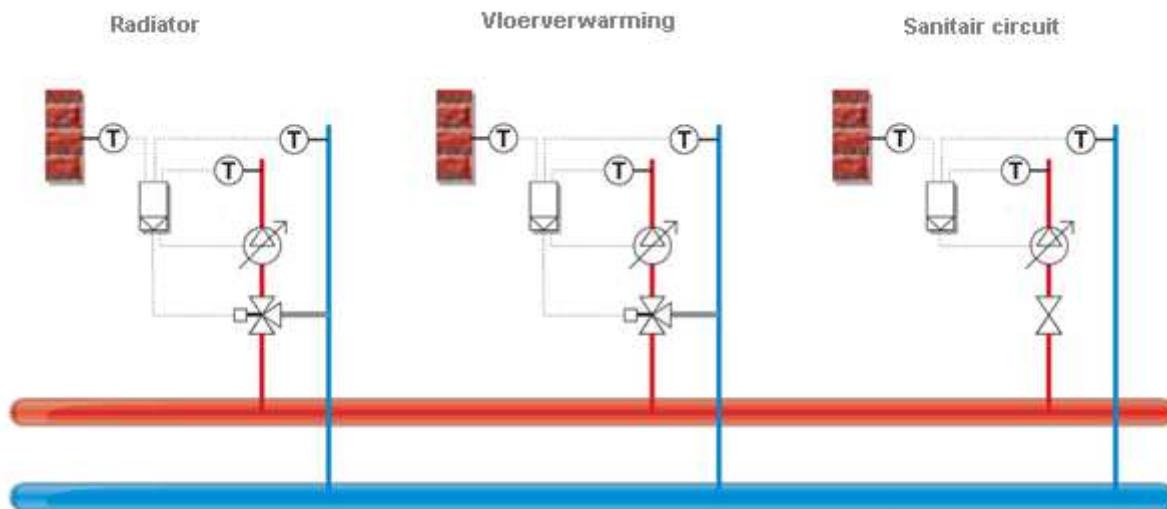
Ingevolge een REG-maatregel kunnen of moeten de werkingstemperaturen van de secundaire circuits verlaagd worden, aangezien een verbetering van de gebouwschil het warmteverlies via de muren beperkt, zodat de temperaturen van het verwarmingswater in functie van de buitentemperatuur kunnen worden verlaagd. Het energie-effect is onmiddellijk aangezien koude retours naar de stookinrichting en meer specifiek naar de condensatieketels of de warmtepompen kunnen worden bevorderd.

Sinds er snelheidsregelaars op de markt zijn voor de circulatiepompen, kan men op een doeltreffende manier voorzien in de warmtevraag en de hydraulische circuits vereenvoudigen door te werken met een variabel debiet. Modulerende driewegkleppen zijn niet meer nodig, aangezien de thermische behoefte kan worden ingevuld door voornamelijk te werken met variabel debiet en dit in functie van bijvoorbeeld de ΔT tussen de aanvoer en retour van het secundaire circuit.

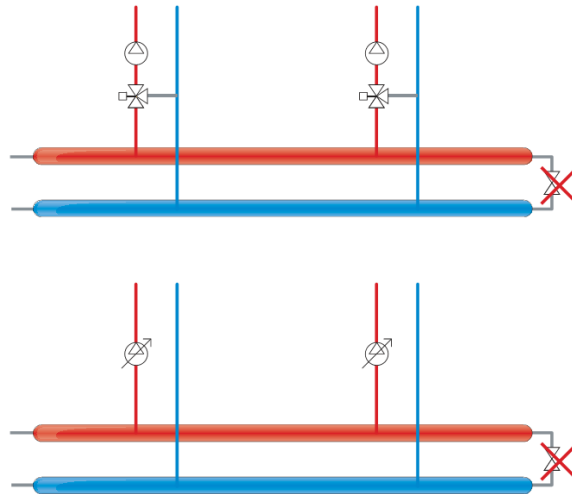
Zoals we voordien gezien hebben, zijn de voordelen vooral een beperking van het elektriciteitsverbruik van de circulatiepompen, wat op zich een niet te verwaarlozen REG-maatregel is.



Secundaire circuits met een circulatiepomp met variabel debiet vormen alleen een nadeel als de verschillende secundaire circuits een andere werkingstemperatuur hebben. We denken aan een combinatie van radiatorcircuits, vloerverwarming en productie van sanitair warm water. Het volgende schema toont een manier om om te gaan met circuits met verschillende werkingstemperaturen:



3.2. Collectoren



Met nog steeds de doelstelling voor ogen zo koud mogelijk retourtemperatuur naar de condensatieketels, is het beter de gesloten collector te openen. Het is duidelijk dat het openen van de collector vergezeld moet gaan van een serie maatregelen stroomopwaarts. Als de collector geopend is, is geen warme retour naar de overige klassieke ketels meer gegarandeerd, noch een minimaal debiet voor de ketels die dat nodig hebben.

3.3. Koppeling tussen primaire en secundaire circuits

Het hydraulische evenwicht tussen de secundaire circuits met inbegrip van de collector en het primaire circuit van de ketels is een essentieel element in een verwarmingssysteem. Elektriciens zouden het hebben over het 'aanpassen van de impedanties', als dat duidelijker is voor mensen die niets afweten van hydrauliek. Is het nog altijd niet duidelijk? De debieten van de primaire pompen en de som van alle debieten van de secundaire circuits verschillen nagenoeg altijd. Deze verschillen leiden zeker en vast tot hydraulische verstoringen die de regeling van de secundaire circuits kan doen wankelen, het evenwicht tussen de debieten van de secundaire circuits kan verstoren, met als mogelijk gevolg dat het vereiste comfort niet verzekerd kan worden. De belangrijkste symptomen zijn het 'pompen' van de driewegkleppen, circuits die koud zijn terwijl ze warm zouden moeten zijn enz.

Tenzij de bestaande en nieuwe ketels een gering drukverlies hebben (groot watervolume), wat zelden het geval is, zijn er nagenoeg altijd circulatiepompen nodig in het primaire circuit. Het is dan automatisch nodig de primaire en secundaire debieten 'af te stemmen' (ze moeten min of meer dezelfde waarde hebben).

Voor ketels met gering drukverlies die met een zeer laag debiet kunnen functioneren, kunnen circulatiepompen in de secundaire circuits volstaan om de circulatie van het verwarmingswater in heel verwarmingsinstallatie te verzekeren. Vanuit hydraulisch oogpunt gaat het om de ideale stookinrichting zoals hierboven besproken.

3.4. Ketels

In dit stadium van onze beschouwing moet voor de bevordering van het REG vaak een beoordeling gemaakt worden van de staat van de ketels, het belang van koude retours in een gebouw met een beperkte warmtevraag (benutting van de condensatie van de condensatieketels). Kortom, er moet geanalyseerd worden of het interessant is of niet om een of meer ketels te vervangen. Indien de vervanging van oude ketels uitgesteld moet worden om financiële redenen, zullen ketels van de nieuwe en van de oude generatie samen gebruikt moeten worden, wat tot gevolg heeft dat er trucjes zullen moeten toegepast worden wat betreft de hydrauliek:

- koude retours laten gebruiken voor de condensatieketels;
- een voldoende warme retour garanderen voor de aanwezige klassieke ketels die niet kunnen condenseren;
- een voldoende groot debiet garanderen in de ketels die een minimaal circulatiedebiet vereisen;
- ...

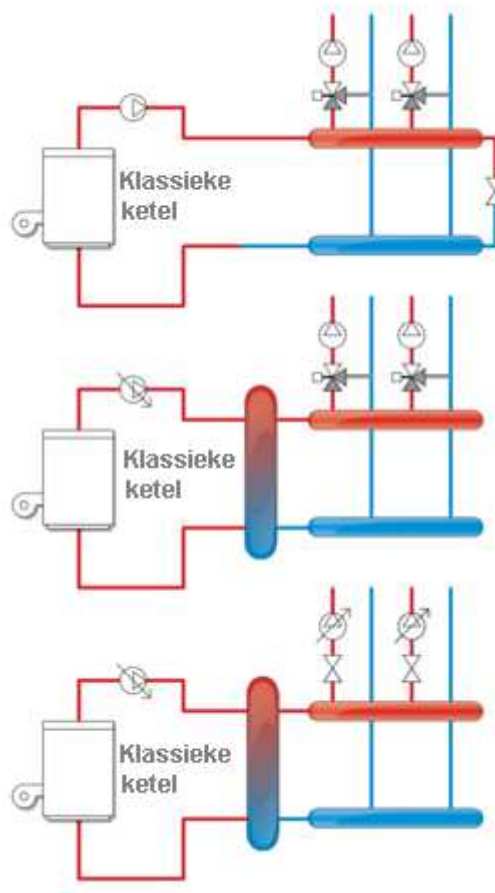
Het is uiteraard ideaal als de stookinrichting volledig gerenoveerd kan worden met hoogpresterende ketels. Bovendien worden er vaak (onder bepaalde voorwaarden) premies toegekend voor de volledige renovatie van de stookplaats door de gewesten.

3.4.1. Handhaving van de productie en de distributie

Als de ketels nog in aanvaardbare staat verkeren, kunnen er alleen stroomopwaarts REG-maatregelen genomen worden om de warmtebehoefte te verlagen. De enige ingreep die nodig is ondanks alles, is de aanpassing van de primaire debieten aan de secundaire debieten. Deze aanpassing zou het elektriciteitsverbruik van de pompen of de circulatiepompen moeten doen dalen.

De installatie van een evenwichtsfles is niet verplicht in dit geval, maar maakt het mogelijk:

- een warme retour en een minimaal debiet op het niveau van de ketels te handhaven;
- zich voor te bereiden op de toekomst, als het nodig is een of meer ketels te vervangen;
- ...



3.4.2. Vervanging van een of meer ketels

De vervanging van een van de aanwezige ketels door een ketel met een hoger prestatievermogen kan worden ingegeven door:

- de ouderdom van de ketel;
- de vermindering van de warmtebehoefte (ingevolge een REG-maatregel) en de noodzaak het verwarmingsvermogen te verlagen. Al deze maatregelen veronderstellen de keuze van een condensatieketel, om het seizoensrendement van de stookinrichting aanzienlijk te verhogen. We herinneren eraan dat deze keuze ruimschoots gerechtvaardigd is, aangezien condensatieketels ongeveer even veel kosten als klassieke ketels en in sommige vermogensklassen zelfs goedkoper zijn. Hoewel het doel van dit vademecum een WKK te installeren is, en bijgevolg het risico bestaat dat de condensatieketel niet zal condenseren in de

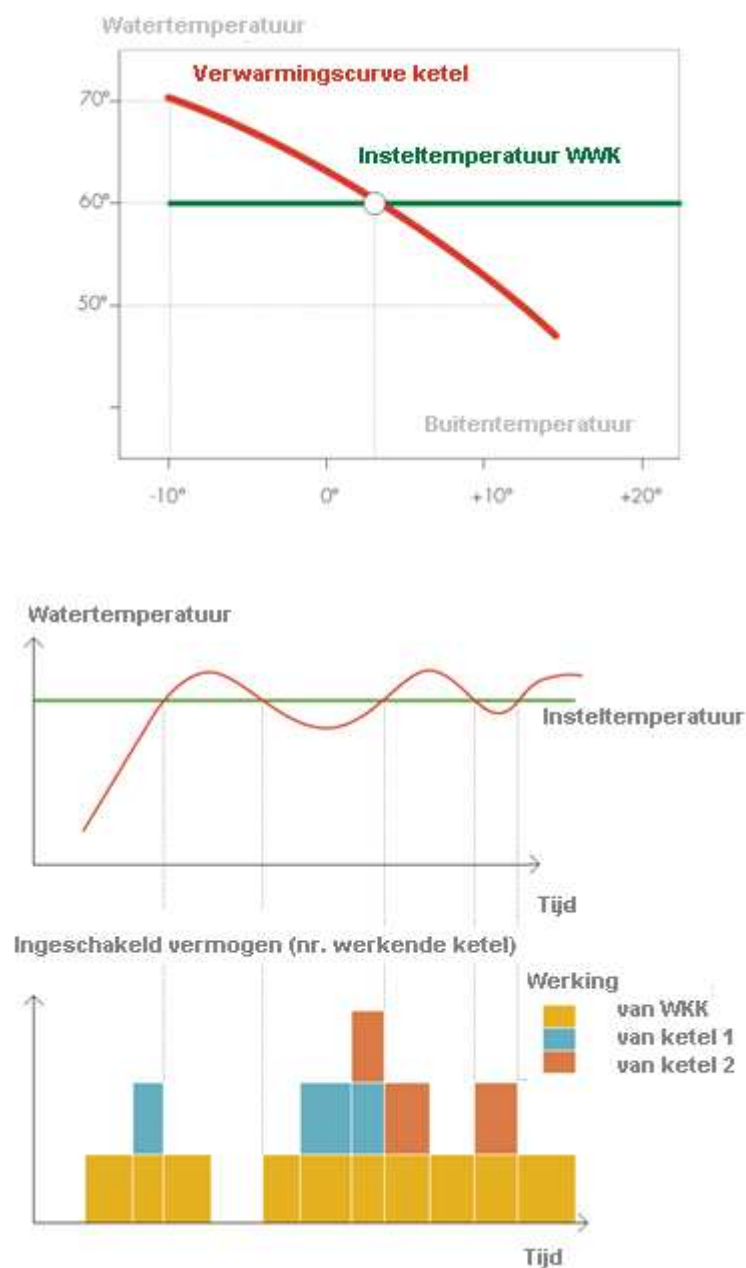
hydraulische configuratie, zal het rendement van een condensatieketel toch hoger zijn dan dat van klassieke ketel (de warmtewisselaar van een condensatieketel is groter dan die van een klassieke ketel).

Als de retour koud is, houdt de vervanging van een van de ketels door een condensatieketel, al of niet in combinatie met een REG-maatregel, vaak in dat voor de nieuwe ketel een lager vermogen volstaat.

3.5. Regeling

3.5.1. Klassieke vrijschakelsequentie van de ketels

Meestal vertaalt een warmtebehoefte op secundair niveau zich in een verlaging van de temperatuur op het niveau van het primaire circuit. Rekening houdend met het feit dat de regeling de temperatuur vaak aanpast aan de buitentemperatuur (werking met glijdende temperatuur), moet de vergelijking tussen de aanvoertemperatuur en glijdende instelwaarde het mogelijk maken de verschillende productie-uitrusting vrij te schakelen volgens een welbepaalde cascadesequentie, zoals de volgende afbeelding toont:



Bron: E+

- Als het gebouw warmte vraagt en de temperatuur van het verwarmingswater bijvoorbeeld is ingesteld op 70 °C terwijl de buitentemperatuur 0 °C bedraagt, zal de ketel die eerst staat in de cascadeschakeling bijvoorbeeld starten als de temperatuur van de primaire aanvoersensor 65 °C bedraagt. Als de warmtebehoefte de capaciteit van de eerste ketel overtreft, zal de temperatuur van de aanvoersensor blijven dalen. Vanaf een temperatuur van de aanvoersensor van 60 °C bijvoorbeeld zal de tweede ketel starten om de extra warmte te leveren.
- Omgekeerd, als de warmtevraag van het gebouw vermindert, zal de cascaderregeling de verschillende ketels achtereenvolgens uitschakelen in de omgekeerde volgorde van inschakeling. Bij een temperatuur van de aanvoersensor van 67 °C zal de regeling bijvoorbeeld de tweede ketel stopzetten en bij een temperatuur van 72 °C de eerste ketel.

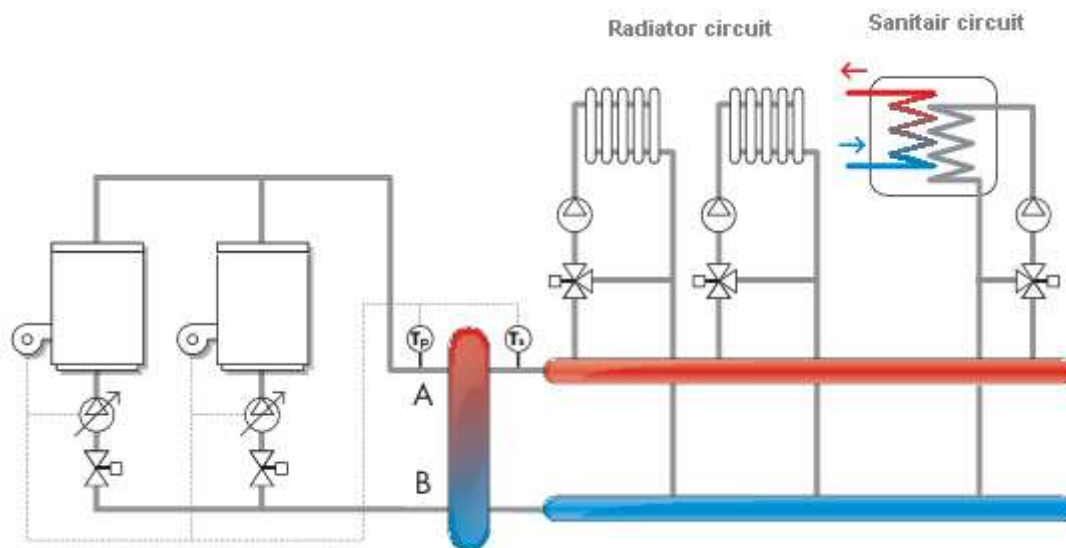
Het is belangrijk erop te wijzen dat vergelijkingen tussen de ingestelde en de gemeten temperatuur slechts mogelijk zijn als er een primair debiet is. Dit is belangrijk als er een evenwichtsfles aanwezig is.

3.5.2. Geëvolueerde vrijeschakelsequentie van de ketels

Bij opstelling met evenwichtsfles met een doorgedreven REG-configuratie, kunnen verminderingen van het energieverbruik gerealiseerd worden op verschillende manieren, bijvoorbeeld door:

- een verlaging van de retourtemperatuur in het primaire circuit, om de condensatie van de ketels te bevorderen;
- een beperking van de snelheid van de circulatiepompen om het elektriciteitsverbruik te verminderen.

Als er geen warmtevraag is in het secundaire circuit, werken de circulatiepompen van het primaire circuit idealiter niet, ongeacht of ze al dan niet een variabele snelheid hebben. In de praktijk zal een temperatuurvoeler die geplaatst is in het primaire circuit, zonder primair debiet niet reageren op een warmtevraag op het niveau van de secundaire circuits. Om deze eenvoudige reden is het de temperatuurvoeler van het secundaire circuit die de vrijeschakeling van de ketels moet aansturen:



3.6. Samenvatting van de voorafgaande REG-maatregelen

	Bestaande situatie		REG-maatregel uitrusting	REG-maatregel primair circuit	REG- regeling primair en secundair circuit
Opstelling 1	- Groot of gering watervolume - Vereist minimumdebiet - Warme retour nodig - Kleine afstand tussen de ketels en de hoofdcollector		- Vervanging van een klassieke ketel door een condensatieketel - Plaatsing van een pomp met variabel debiet ...		
Opstelling 2	- Groot of gering watervolume - Vereist minimumdebiet - Warme retour nodig - Grote afstand tussen de ketels en de hoofdcollector		- Vervanging van een klassieke ketel door een condensatieketel - Plaatsing van een pomp met variabel debiet ...		
Opstelling 3	- Individuele pomp per ketel - Gering watervolume - Vereist minimumdebiet - Warme retour nodig - Kleine afstand tussen de ketels en de hoofdcollector - Ontkoppeling primaire/secundaire circuit door evenwichtsfles		- Vervanging van een klassieke ketel door een condensatieketel - Plaatsing van een pomp met variabel debiet ...		
Opstelling 4	- Individuele pomp per ketel - Gering watervolume - Vereist minimumdebiet - Warme retour nodig - Kleine afstand tussen de ketels en de hoofdcollector - Ontkoppeling primaire/secundaire circuit door evenwichtsfles		- Vervanging van een klassieke ketel door een condensatieketel - Plaatsing van een pomp met variabel debiet ...		

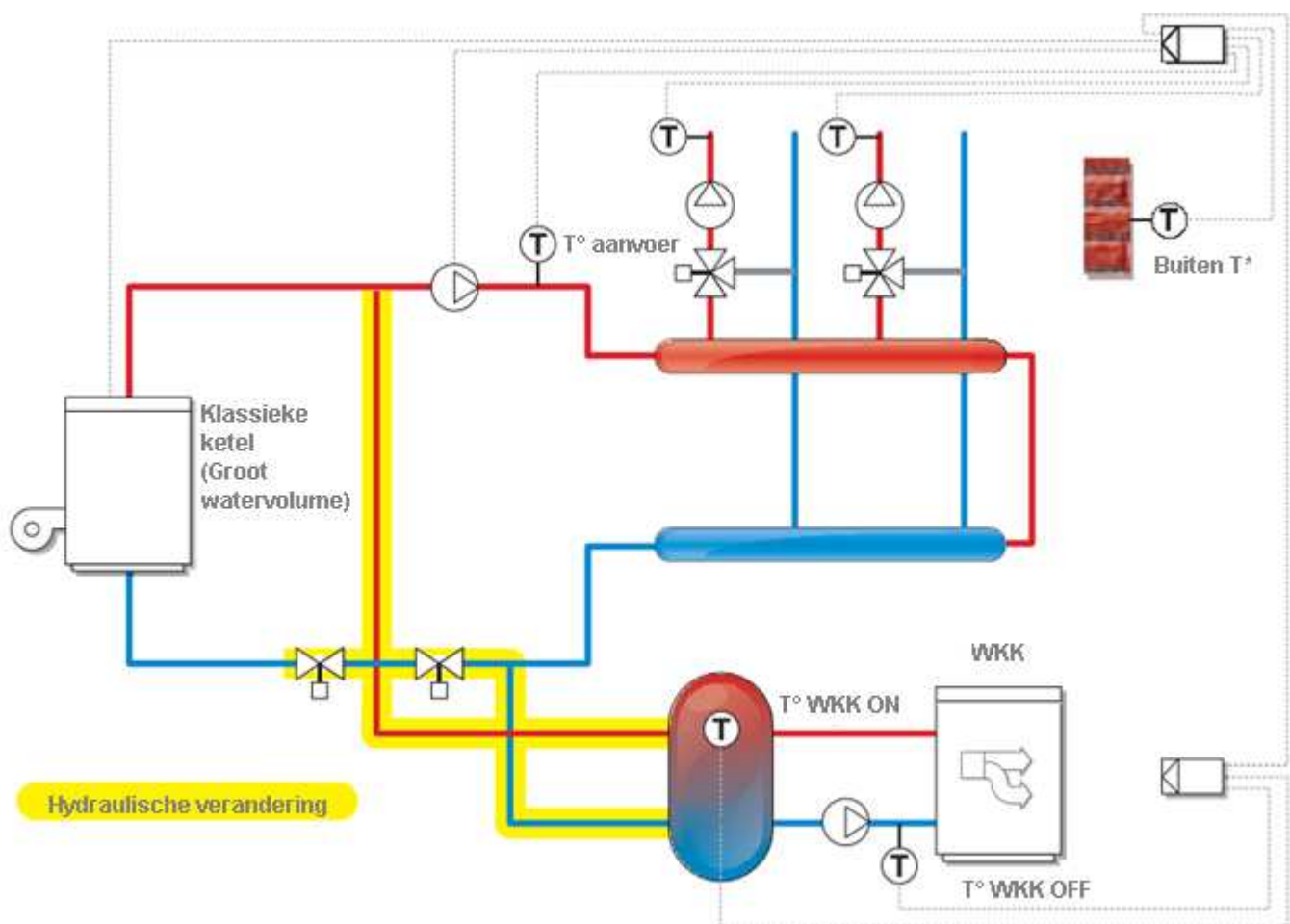
4. Integratie van warmtekrachtkoppeling

4.1. Integratie met één enkele ketel

De stookinrichting van een klein gebouw of van een gebouw dat geen redundantie van de warmtevoorziening vereist, heeft doorgaans genoeg met één enkele ketel. De integratie van een WKK vereist veranderingen aan het hydraulische circuit en aan de regeling van de ketel. De uitdaging van een dergelijke integratie is het hydraulische evenwicht van de bestaande installatie zo weinig mogelijk te verstoren.

4.1.1. Ketel met groot watervolume en minimale retourtemperatuur

Zoals we al gezien hebben, vereisen ketels van de oude generatie een warme retour om te voorkomen dat de rookgassen condenseren. Dat is de reden waarom de hoofdcollector meestal gesloten was. Als er geen REG-actie gepland is op de korte of middellange termijn kan die hieronder afgebeelde opstelling volstaan.



4.1.1.1. Hydraulisch circuit

Om grote hydraulische veranderingen aan het bestaande circuit met de eeuwige evenwichtsproblemen die daarmee gepaard gaan, te voorkomen, kan men kiezen voor een eenvoudige integratie in serieschakeling van de WKK. Met de bovenstaande opstelling hoeft men zich geen zorgen te maken dat de bestaande installatie uit evenwicht geraakt. Om korte werkingscycli te voorkomen, is een buffervat aan te bevelen, maar niet verplicht. Dankzij het grote watervolume van de ketels kan vaak afgezien worden van een buffervat aan de WKK, wat een niet te verwaarlozen financieel

voordeel betekent.

Een van de nadelen is het risico dat het warmteverlies bij stilstand van de ketel groot kan zijn. Onder ketels met een gering thermisch verlies bij stilstand, verstaat men ketels met een ventilatorbrander met een functionele luchtklep en een goed geïsoleerde 'mantel'.

Denk er echter aan dat het risico bestaat dat de ketel op termijn vervangen wordt door een condensatie of hoogrendementsketel. In dit geval is de seriële opstelling minder interessant aangezien de WKK de retour van de condensatieketels verwarmt en bijgevolg het gevaar bestaat dat er geen condensatie plaatsvindt. Een seriële opstelling kan gepland worden als de ketel zich nog in goede staat bevindt en men geen grote veranderingen wil aanbrengen aan de stookinrichting.

We herinneren eraan dat een volledige renovatie van de stookinrichting altijd de voorkeur verdient.

4.1.1.2. Regeling

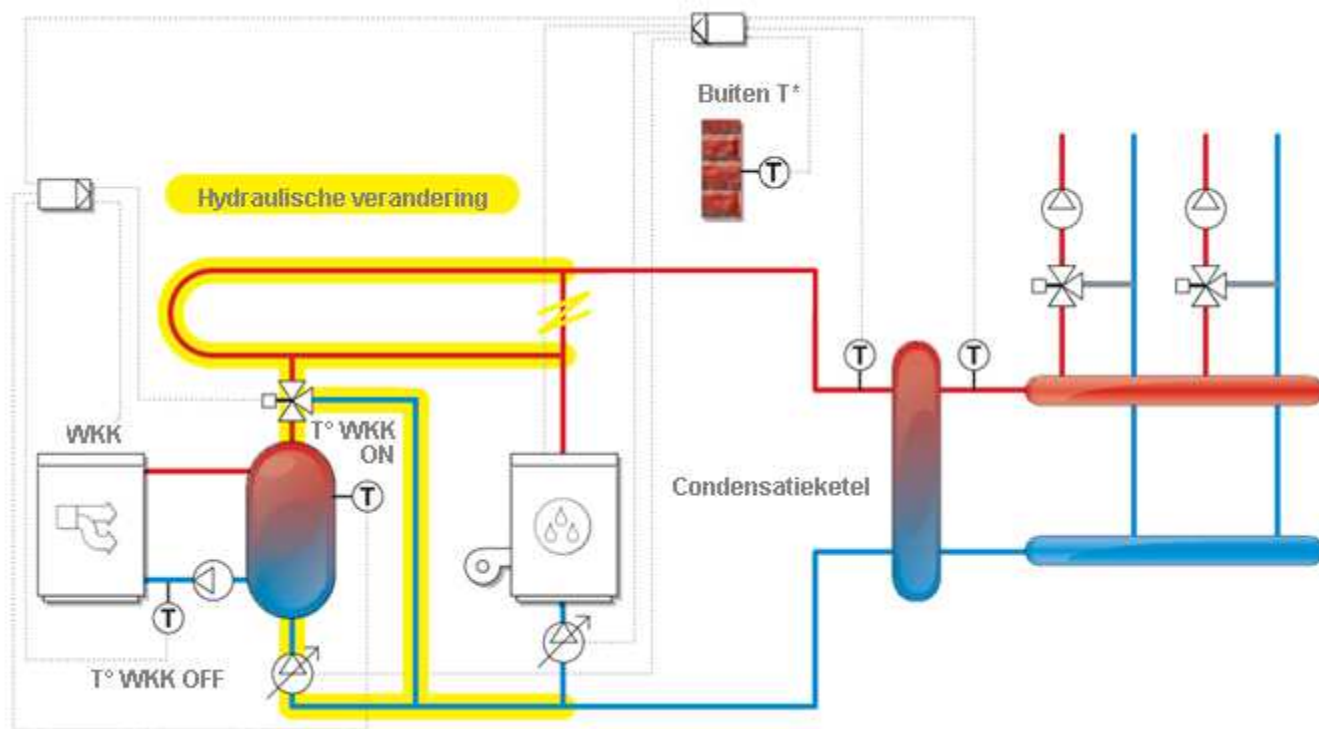
Met het oog op het regelsysteem moet de seriële opstelling van de WKK eenvoudig blijven. Bepaalde fabrikanten willen het regelsysteem van de WKK onafhankelijk maken van dat van de bestaande stookinrichting. In theorie is dit mogelijk! Men kan zich voorstellen dat het regelsysteem van de ketel voldoende geëvolueerd is om het vermogen te moduleren om precies de vereiste extra warmte te geven aan de WKK. In de praktijk hangt alles af van enerzijds de verhouding tussen het vermogen van de WKK en dat van de ketel en anderzijds van de capaciteit om het vermogen van de ketel te moduleren. Met andere woorden, een ketel die twee tot drie keer meer vermogen heeft dan de WKK (wat in de praktijk vaak het geval is) en weinig moduleerbaar is (keuze tussen kleine en grote vlam bestaat altijd) kan bij inschakeling een sterk warmtefront creëren dat het buffervat van de WKK verwarmt via de gesloten kring van de collector. Er is niet veel te veranderen aan dit probleem, tenzij de ketel uit te rusten met een modulerende brander. Een ander probleem is dat zelfs ketels van een oude generatie worden geregeld door verwarmingscurven die de aanvoertemperatuur van het primaire circuit aanpassen aan de buitentemperatuur. Aangezien de ketel in de winter mogelijk een hogere inschakeltemperatuur heeft dan de WKK (vaste instelwaarde), zal de ketel sneller ingeschakeld worden dan de WKK. De ketel heeft voldoende vermogen om de belasting te dragen en zal het buffervat van de WKK verwarmen en zo de vroegtijdige uitschakeling van de WKK in de hand werken.

Men kan dit oplossen door het regelsysteem van de stookinrichting te laten communiceren met dat van de WKK en deze te integreren in een klassieke cascaderегeling van de ketels.

4.1.2. Condensatieketels met gering drukverlies

Condensatieketels met gering drukverlies kunnen functioneren zonder circulatiepomp. Indien de circulatiepompen van de secundaire circuits overgedimensioneerd zijn (wat vaak het geval is), kan de op de volgende afbeelding getoonde parallelle integratie worden toegepast, om:

- te voorkomen dat het debiet van de WKK opnieuw door de ketel gaat;
- anders dan bij de seriële opstelling, verwarming van de waterretourleiding van de condensatieketel te voorkomen.



4.1.3.1. Hydraulisch circuit

Het circuit van het buffervat moet uitgerust zijn met een circulatiepomp met variabel debiet, zodat de evenwichtsfles steeds kan zorgen voor een koude retour.

4.1.3.2. Regeling

De regeling van een dergelijke installatie vereist:

- dat de WKK geïntegreerd wordt in de cascaderегeling indien het regelsysteem van de ketel die mogelijkheid biedt. Als dat niet het geval is, moet hiervoor een superviserende regeling worden gebruikt;
- het debiet van de circulatiepompen moet zodanig geregeld worden dat permanent een koude retour ter hoogte van de evenwichtsfles gegarandeerd is.

4.2. Integratie met verscheidene reeds aanwezige ketels

Alle opmerkingen met betrekking tot de integratie van een WKK in een stookinrichting met één ketel gelden ook voor de integratie in een stookinrichting met verscheidene ketels.

4.2.1. Vervanging van een van de ketels door een WKK

Houdt het steek een klassieke ketel te vervangen door een WKK? In principe wel, op voorwaarde dat de ketel die blijft staan, voldoende vermogen heeft en dat de warmtebehoefte verlaagd is door REG-maatregelen. Doorgaans zijn in stookinrichtingen met verscheidene ketels, alle ketels van dezelfde generatie. Als de beheerder overweegt om een van de ketels te vervangen door een WKK, is dat omdat hij vindt dat zijn ketel toe is aan een 'wilverdiend pensioen'.. De ontwerper moet zich ook afvragen of niet ook de tweede ketel vervangen moet worden. Indien de tweede ketel nog enkele jaren kan 'standhouden', levert de integratie van de WKK in de plaats van de te vervangen ketel (parallele opstelling) weinig problemen op, zowel wat betreft het leidingenstelsel als de regeling.

De werking van de WKK zal weinig hinder ondervinden van de latere vervanging van de tweede ketel door bijvoorbeeld een condensatieketel. Als het nodig is de installatie 'stroomafwaarts' te wijzigen voor een koude retour, bevindt men zich opnieuw in het geval van de REG-maatregelen (circuit van de hoofdcollector openmaken, installatie van een evenwichtsfles, regeling van de primaire debieten afhankelijk van de secundaire debieten enz.).

Regeling

Op voorwaarde dat de primaire retourtemperatuur voldoende koud is, veroorzaakt de condensatieketel weinig verstoring van de start-/stopcycli van de WKK, aangezien de inschakelwaarde gemoduleerd wordt door de regeling van de stookinrichting op basis van verwarmingscurven met een lagere temperatuur.

Om dezelfde reden als in het vorige geval met de klassieke ketels, moet in de winter ook gezorgd worden voor een vertraging van de vrijeschakeling van de ketels, om kans te geven aan de WKK te starten.

De WKK kan aangevuld worden door systemen die werken met hernieuwbare energieën. Of dit zinvol is, moet geval per geval beoordeeld worden!

Zijn de twee compatibel wat betreft hydraulisch circuit en regeling? In het volgende deel zullen we trachten daarop een antwoord te bieden!

We behandelen vooral de volgende systemen:

- thermische zonne-energie,
- warmtepompen,
- biomassa, bijvoorbeeld houtketels.

1. Thermische zonne-energie

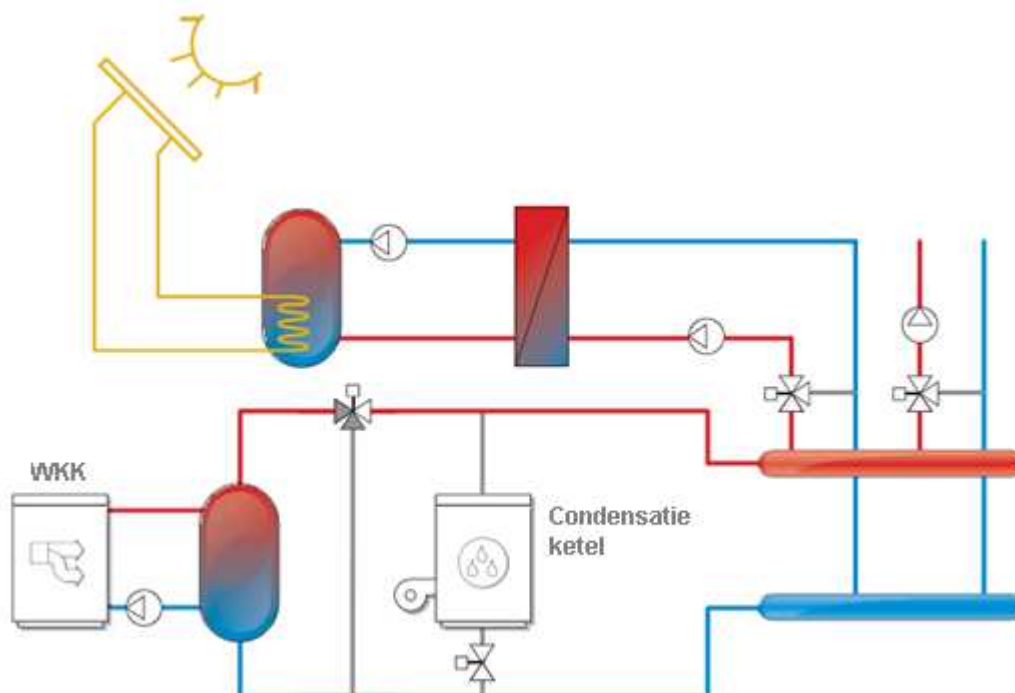
Vanuit energetisch oogpunt zijn thermische zonne-energie en een WKK zeker compatibel, aangezien een WKK soms stilligt in een warme periode en thermische zonnepanelen net op dat moment worden aangesproken om warmte te leveren voor sanitair warm water. Wat deze oplossing nog interessanter maakt, is dat de onderhoudsbedrijven deze periode zouden kunnen gebruiken om het onderhoud van de WKK te verrichten.

In het tussenseizoen, als de WKK functioneert en de zon schijnt, zullen de twee systemen met elkaar concurreren, wat het financiële rendement van beide systemen minder interessant maakt.

Verder moet er op gewezen worden dat ondersteuning door een klassieke verwarming nog altijd nodig is. De keuze kan hierbij vallen op een verwarmingssysteem met fossiele brandstoffen, zoals een condensatieketel. Er zijn dan drie warmteproductiesystemen aanwezig. De energiebalans is zeker positief, maar er moet ook gekeken worden naar het financiële aspect, aangezien de installaties complexer worden en de financiële rendabiliteit niet verzekerd is.

1.1. Hydraulisch circuit

Installaties voor sanitair warm water in de tertiaire sector en collectieve huisvesting zijn vaak semi-accumulatiesystemen. Deze configuratie is goed geschikt voor thermische zonne-energiesystemen die aangesloten worden op de voorraadboiler via een warmtewisselaar onder aan de voorraadboiler. Aangezien de thermische zonne-energie-installatie en de WKK hydraulisch niet verbonden zijn, kan het samengaan van de twee systemen geen hydraulische problemen opleveren.



In warmwaterinstallaties met alleen accumulatie, is het voorraadvat vaak uitgerust met twee hydraulisch onafhankelijk warmtewisselaars:

- de bovenste wisselaar is aangesloten op het warmteproductiesysteem (ketel en WKK bijvoorbeeld);
- de onderste wisselaar is aangesloten op thermische zonne-energie-installaties.

1.2. Regeling

De warmte die geleverd wordt door thermische zonne-energie-installaties voor de productie van sanitair warm water, zorgt ervoor dat de WKK minder moet draaien, wat haar rendabiliteit aantast. Maar anderzijds is het zo dat de warmwaterproductie vaak de goede werking van de WKK verstoort! Immers, de hogere primaire aanvoertemperatuur die vereist is voor de warmwaterproductie bevordert warme primaire retours en verhoogt het aantal start-/stopcycli van de WKK. Bijgevolg is het feit dat de installatie minder aangesproken wordt om warmte te leveren, door de warmte die geleverd wordt door thermische zonne-energie-installatie, een aanzienlijk voordeel voor de WKK, die minder start-/stopcycli zal doormaken.

De 'zelfregulering' van de twee systemen, zonder te moeten investeren in een superviserende regeling, is bevorderlijk voor hun gezamenlijke gebruik.

2. Warmtepompen

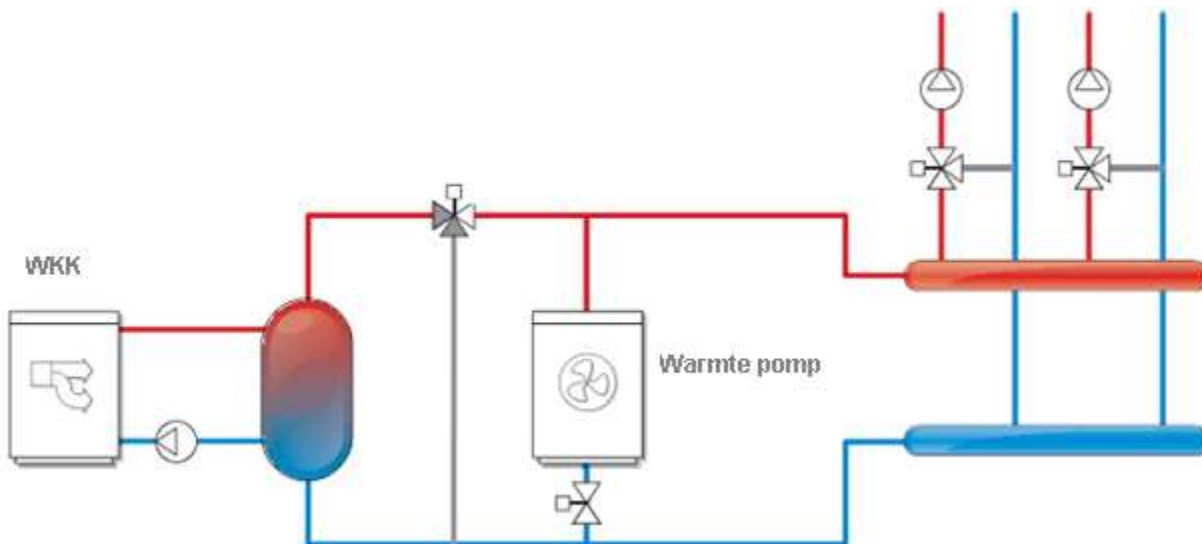
Als we denken aan het samengaan van een of meer warmtepompen met een WKK, denken we onmiddellijk aan de onverenigbaarheid van hun werkingstemperaturen:

- Enerzijds presteren warmtepompen beter (hogere COP) als de temperatuur van de warmtebron (verwarmingscircuit) laag is. We zien vaak werkingstemperaturen van 45/40°C – 40/35°C.
- Anderzijds werken WKKs met een hogere temperatuur. Een werkingstemperatuur van 75-55 °C karakteriseert dit type installatie.

Een geslaagde vereniging van deze twee systemen zal dus enige verbeelding vereisen. De onderstaande configuratie kan in theorie functioneren. Maar ze is nog niet getest.

Het is aan u om 'positieve' commentaar te geven, verbeteringen of andere configuraties die 'werken' voor te stellen!

Als de verwarmingsinstallatie dient voor een lage-energiegebouw kunnen de werkingstemperaturen van de warmteafgifte-elementen zeer laag zijn (50-30 °C), zodanig dat de retourtemperatuur in het buffervat mogelijk te laag is voor de WKK. De meeste moderne WKKs kunnen echter omgaan met dit probleem.



2.1. Hydraulisch circuit

Als men wil dat deze configuratie functioneert, moet het hydraulisch circuit uitgerust zijn met driewegkleppen die het water van het buffervat kunnen mengen met het primaire retourwater. Het is immers goed mogelijk dat de watertemperatuur in het buffervat te hoog is in vergelijking met de aanvoertemperatuur die werkelijk nodig is voor de secundaire circuits.

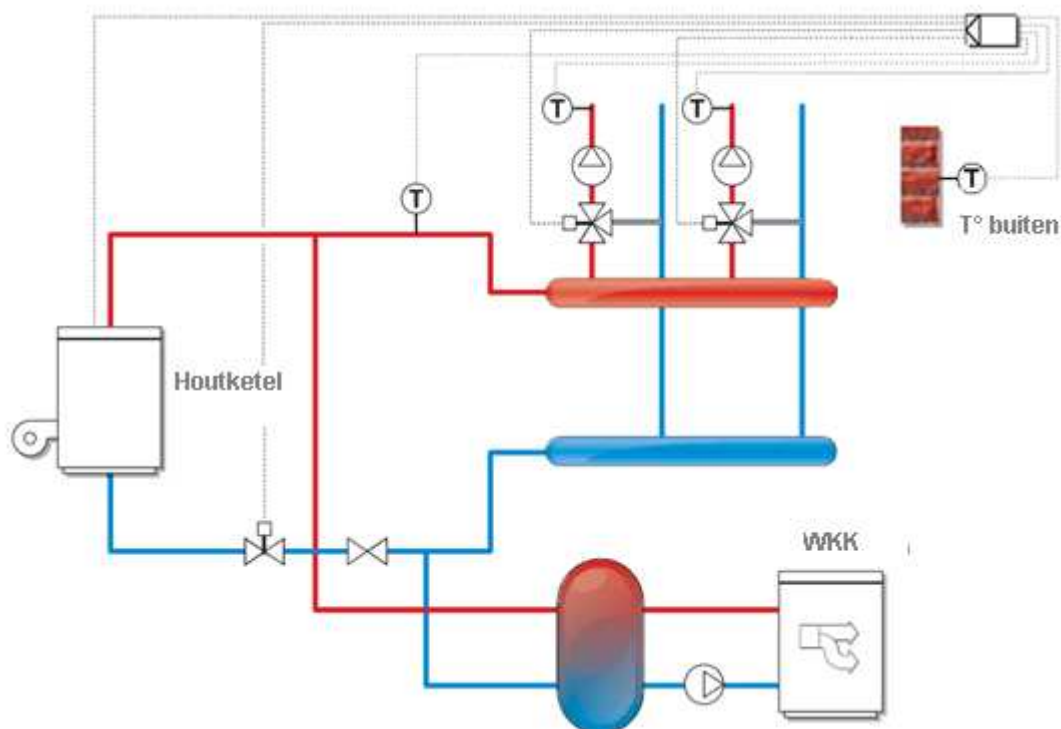
Vanuit energieoogpunt is dit type configuratie matig bevredigend om de eenvoudige reden dat de productie van water van hoge temperatuur om het vervolgens te mengen, leidt tot warmteverliezen in het vat. Deze verliezen kunnen worden beperkt door een goede warmte-isolatie.

2.2. Regeling

Aandachtspunt: Het 'mengsysteem' vereist een temperatuurregeling. De opening van de driewegklep van het primaire circuit wordt geregeld afhankelijk van de primaire aanvoertemperatuur. De instelwaarde wordt afhankelijk van de buitentemperatuur bepaald door de verwarmingscurven van het regelsysteem van de stookinrichting.

3. Biomassa

We denken ook aan houtketels (vooral pellets, houtsnippers). We herinneren eraan dat het gebruik van een hernieuwbare energiebron inhoudt dat ideaal gezien deze bron zich in de nabije omgeving van het te verwarmen gebouw moet bevinden.



3.1. Hydraulisch circuit

In de hierboven voorgestelde hydraulische configuratie zien we een seriële opstelling van de WKK en de houtketel. De WKK staat stroomopwaarts van de ketel en dient als voorverwarming. Dat is gerechtvaardigd aangezien een houtketel doorgaans werkt op een hogere temperatuur. Het is dus niet nodig een koude retour te garanderen zoals bij een condensatieketel om de condensatie-energie te kunnen benutten.

3.2. Regeling

Aandachtspunt: De centrale regeling van de stookinrichting moet rekening houden met het feit dat:

- de WKK voorrang heeft. De voorkeur gaat naar een bypass van de houtketel;
- de houtketel wordt vrijgegeven als de aanvoertemperatuurvoeler van het primaire circuit een temperatuurdaling detecteert ondanks de productie van de WKK. De tweewegklep van de houtketel wordt dan geopend.

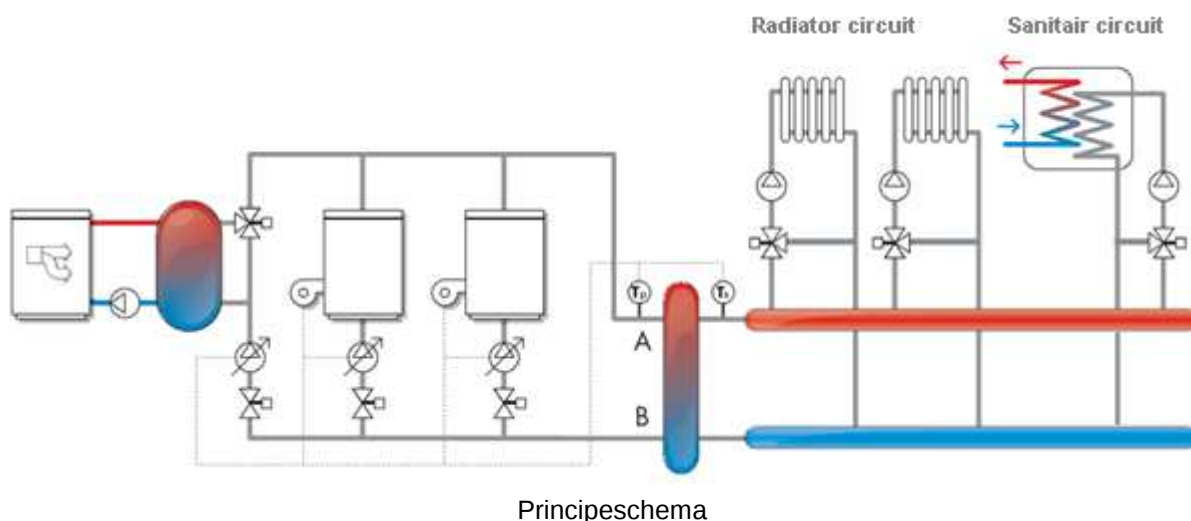
SPECIFIEK GEVAL VAN SANITAIR WARM WATER

De productie van sanitair warm water verstoort vaak de goede werking van de WKK als deze niet ontworpen is om te functioneren op hoge temperatuur. Sanitair warm water stelt meestal hogere eisen op het gebied van temperatuur. Temperaturen van 60/70 °C (of zelfs 80 °C) zijn nodig om de verspreiding van legionella in de leidingen van het sanitair warm water te voorkomen. Dat betekent dat de instelwaarde van de primaire aanvoertemperatuur ogenblikkelijk verhoogt als er sanitair warm water gevraagd wordt: dat is de voorrangsregeling voor het sanitair warm water. Tijdens deze periode wordt de primaire retour automatisch warmer, waardoor de werkingsduur van de WKK dreigt te verkorten. In tertiaire gebouwen als sportcentra, ziekenhuizen enz., waar het verbruik van sanitair warm water hoog kan liggen, dreigt de rendabiliteit van de WKK hieronder te lijden.

1. Nieuwe installatie

De eerste reflex is de platenwisselaar van het semi-accumulatiesysteem te overdimensioneren. Een temperatuurverschil van 20 K of meer en een geringe 'spreiding' van zo'n 3 K kunnen worden overwogen. Door de overdimensionering kan opnieuw gezorgd worden voor een koude primaire retour, zodat het mogelijk is:

- enerzijds de WKK langer te laten draaien;
- anderzijds condensatieketels te laten condenseren.



2. Bestaande installatie

De enige vrijheid die men heeft bij een bestaande installatie is de instelwaarde van de temperatuur zoveel mogelijk te verlagen bij de omschakeling naar de modus voor sanitair warm water. Een instelwaarde van 70 °C, zoals men ziet in sommige stookinrichtingen, is nergens voor nodig. Alles hangt natuurlijk af van het vermogen van de warmtewisselaar. Ideaal voor een platenwisselaar in een semi-accumulatiesysteem is te kiezen voor, indien mogelijk:

- een verhoging van het aantal platen van de warmtewisselaar;
- en tegelijkertijd een verlaging van de insteltemperatuur in de modus voor sanitair warm water: bijvoorbeeld 65 °C.

Op deze manier zijn er lagere temperaturen mogelijk aan de primaire retour, zodat de WKK kan blijven draaien, aangezien de uitschakeltemperatuur van de WKK vaak is ingesteld op 70 °C.

PRESTATIES VAN DE ACTOREN EN HUN VERANTWOORDELIJKHEDEN

OG	AUD	FAC	SB	INST	OND
----	-----	-----	----	------	-----

Opdracht-gever	OG
Auditor	AUD
Facilitator	FAC
Studie-bureau	SB
Installateur	INST
Onderhoud	OND
Exploitant	EXPL

Een project voor de plaatsing van een WKK in een bestaande stookinrichting of voor de realisatie van een nieuwe stookinrichting vereist dat de prestaties van de verschillende actoren en de grenzen van de aanneming duidelijk omschreven worden.

Dit vademecum zou geen reden van bestaan hebben als alle projecten 'op wieltjes zouden lopen'.

De verantwoordelijkheden en de grenzen van de aanneming moeten daarom zo duidelijk mogelijk vastgelegd worden in iedere projectfase, met name op het niveau van:

- een eventuele **audit**;
- het **voorontwerp** met de prehaalbaarheids- en haalbaarheidsstudie;
- het **ontwerp** met de realisatie van de engineering en de opstelling van de bestekken;
- de **uitvoering** met een correcte en kritische realisatie van de installatie in nauwe samenwerking met het studiebureau en/of de opdrachtgever;
- het **gebruik** met opvolging van de prestaties en optimalisering van de installatie;
- het **onderhoud** met de verwezenlijking van de verschillende taken die zijn vastgelegd in de onderhoudsbestekken.

De WKK facilitator kan indien gewenst, de verschillende actoren bijstaan gedurende de verschillende stappen van het project (bijvoorbeeld het herlezen van een studie of een lastenboek, specifieke vragen over REG, enz.)

1. Audit

OG	AUD	FAC
----	-----	-----

Een opdrachtgever die zijn bestaande installatie wil verbeteren, kan terugvallen op een hele reeks diensten om beter te kunnen inschatten 'wat er hem nog boven het hoofd hangt' als het gaat om de renovatie van een stookinrichting. De eerste stap die meestal wordt aanbevolen, is een audit van de installatie. De auditor zal vooral wijzen op manieren om het REG te verbeteren, om zo het energieverbruik te verminderen. Hij zal dan nagaan hoeveel er bespaard kan worden op de energiekosten voor warmteproductie. Deze analyse van het besparingspotentieel heeft een fundamentele invloed op de dimensionering van de WKK.

2. Voorontwerp

2.1. Dimensionering van de WKK

OG	FAC	SB
----	-----	----

Ieder WKK project moet gepaard gaan met een voorstudie en een haalbaarheidsstudie (gedetailleerd), om vooraf na te gaan of het project haalbaar is of niet:

- vanuit energieoogpunt: vergelijking van de primaire energie die nodig is voor de WKK voor de warmte- en

elektriciteitsproductie in vergelijking met het verbruik van een STEG-centrale (referentierendement van 55 %) en een gasketel (referentierendement van 90 %) om te voorzien in dezelfde warmte- en elektriciteitsbehoefte;

- vanuit milieuoogpunt: de uitstoot van broeikasgassen (CO₂) moet significant lager liggen. In Wallonië moet de verlaging van de CO₂-emissie meer dan 10 % bedragen en in Brussel moet de relatieve CO₂ besparing minstens 5% bedragen om recht te hebben op premies en op de groenestroomcertificaten. Men spreekt van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling als de dimensionering van de WKK gebaseerd is op de warmtebehoefte, een primaire-energiebesparing oplevert en de uitstoot van broeikasgassen verlaagt zoals hierboven vermeld afhankelijk van het Gewest.

- vanuit financieel oogpunt: het project moet ook economisch rendabel zijn. Alle rendabiliteitsindicatoren moeten op groen staan (eenvoudige terugverdientijd ETV, netto geactualiseerde waarde NGW, intern rendement IRR).

Natuurlijk kan men voor begeleiding een beroep doen op de WKK Faciliator. Er worden ook tools ter beschikking gesteld van de projectverantwoordelijken: de **Inleiding tot warmtekrachtkoppeling** helpt de projectauteurs bij hun eerste stappen in de warmtekrachtkoppelingstechniek. Met de rekentool **CogenCalc** kunnen ze zich op basis van typische verbruiksprofielen met een relatieve nauwkeurigheid (zo'n 20 tot 30 %) een idee vormen van de haalbaarheid van het project.

Alle tools zijn beschikbaar op de sites:

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.leefmilieubrussel.be/>

2.2. Hydraulische integratie en regeling van de WKK



2.2.1. Nieuwe stookinrichting

Deze situatie is gemakkelijker omdat er hoe dan ook een nieuw regelsysteem moet komen. Het enige waarop men moet letten is dat de regelmodule van de WKK moet kunnen communiceren met de regeling van de stookinrichting en geïntegreerd moet kunnen worden in de cascaderegeling.

2.2.2. Bestaande stookinrichting

2.2.2.1. Hydraulisch circuit

Opdat de integratie van warmtekrachtkoppeling in de hydraulische installatie van een bestaande stookinrichting een succes zou zijn, moet de situatie nauwkeurig geanalyseerd worden door het studiebureau gespecialiseerd in speciale technieken of, bij kleine projecten, door de installateur. Er gelden zeker regels voor de integratie. Doorgaans moet het volgende in acht genomen worden:

- de beschikbare ruimte in de stookplaats voor de verschillende uitrusting, zoals de WKK-unit, een of meer buffervaten, de regelkast;
- de plaats op het hydraulische circuit voor de injectiepunten van de warmte van de WKK. Deze moet zorgvuldig gekozen worden ten opzichte van de bestaande ketels, zodat het hydraulische evenwicht niet of nauwelijks verstoord wordt. Bij de hydraulische integratie moet ook rekening gehouden worden met de eigenschappen van de ketels. Bijvoorbeeld:
 - als er al **condensatieketels** aanwezig zijn, wordt de WKK idealiter parallel hiermee geplaatst, om verwarming van de retour van de ketels te voorkomen. Als het hydraulische evenwicht niet meer verzekerd is na de toevoeging van een WKK, dient het primaire circuit volledig opnieuw gedimensioneerd te worden, om rekening te houden met de nieuwe verdeling van de debieten en drukverliezen gelet op de hydraulische eigenschappen van de uitrusting die aanwezig is op het primaire circuit;
 - als er **hogetemperatuurketels** aanwezig zijn, is een seriële opstelling mogelijk.

Het is altijd interessant om vrijblijvend advies in te winnen van een installateur, aangezien deze uiteindelijk samen met het studie bureau instaat voor de goede integratie van de WKK.

2.2.2.2. Regeling

Het bestaande regelsysteem van de stookinrichting moet minstens de WKK kunnen opnemen in de sequentie van de cascaderегeling van de ketels. Als dat niet het geval is, zal het feit dat er geen communicatie is tussen de regeling van de ketels en deze van de WKK de goede werking van de WKK in het gedrang brengen. In de praktijk stelt men vast dat de WKK dan minder uren draait dan gepland en veel start-/stopcycli doormaakt.

Dit is voornamelijk te wijten aan het feit dat de ketels geregeld worden op basis van verwarmingscurven met glijdende temperatuurregeling afhankelijk van de buitentemperatuur, dus variabel. De ingestelde temperaturen die de werking van de WKK regelen zijn daarentegen vast. Wanneer de twee systemen niet communiceren, heeft dit het volgende tot gevolg:

- in koude periodes zijn de inschakeltemperaturen van de ketels hoog in vergelijking met die van de WKK. De ketels treden dus eerder in werking dan de WKK, wat niet in overeenstemming is met het nagestreefte doel;
- In het tussenseizoen zijn de inschakeltemperaturen van de ketels laag, lager dan die van WKK. Bijgevolg zal de WKK starten voor de ketels. Dat is goed, maar deze situatie doet zich te laat in het verwarmingsseizoen voor.

Indien deze cascadeschakeling niet geprogrammeerd kan worden in de aanwezige regeling van de ketels, hoewel de regelingen van de verschillende uitrustingen wel deze mogelijkheid bieden, moet er gezorgd worden voor een regelsysteem dat de individuele regelingen overkoepelt.

Een andere oplossing bestaat erin een nieuwe regeling te installeren, waarin alle uitrusting geïntegreerd kan worden.

3. Ontwerp

3.1. Dimensionering

SB

Naast de lastenboeken voor de haalbaarheid van een WKK moet men hier ook de nadruk leggen op de optimale dimensionering van de WKK, gelet op het REG-aspect:

- een overgedimensioneerde WKK zal korte start-/stopcycli hebben, wat de levensduur zal verkorten en de rendementen verminderen. Overdimensionering van een WKK is vaak toe te schrijven aan het feit dat men geen rekening heeft gehouden met de energetische verbetering van de gebouwschil (andere vensters, muur- en dakisolatie enz.) en van de systemen voor de warmteproductie op de middellange termijn;
- een te grote onderdimensionering knaagt aan de rendabiliteit van het project.

De **haalbaarheidsstudie** beschrijft de methodes en de goede hypothesen voor de projectauteurs om een WKK te kiezen en te dimensioneren volgens de regels van goed vakmanschap. De rekentools **CogenSim** en **CogenExtrapolation** halen een voldoende goede nauwkeurigheidsgraad (10 %) om na te gaan of een warmtekrachtkoppelingsproject haalbaar is vanuit energetisch, ecologisch en economisch perspectief.

Denk erom dat deze tools zich baseren op de (gemeten of berekende) reële warmte- en elektriciteitsbehoefte.

3.2. Bestek

SB

Bestekken voor de installatie van een warmtekrachtkoppeling zijn te vinden op de sites: <http://energie.wallonie.be/>

We willen hier er op wijzen dat er bepaalde zaken met betrekking tot de hydraulische integratie en het regelsysteem moeten opgenomen worden in de bestekken om niet voor onaangename verrassingen te staan. De standaardbestekken moeten omzichtig gebruikt worden, want ieder project is een geval apart. Gewoon knippen & plakken is uit den boze!

3.2.1. REG

3.2.1.1. Sensibilisering voor REG

In het kader van de duurzaamheid van gebouwen moet in de eerste plaats een REG-actie gepland worden, om de warmte- EN elektriciteitsbehoefte terug te dringen.

Als er REG-maatregelen gepland zijn in het kader van het project, moeten deze gepreciseerd worden in het bestek. Over het algemeen zal de installateur een herdimensionering uitvoeren ter controle. Dat wordt vaak gevraagd door het studiebureau. Vaak houdt de REG-actie niet op bij de verbetering van de energieprestaties van de gebouwschil, maar worden er ook speciale technieken toegepast:

- de gelegenheid wordt benut om een of zelfs alle ketels van de stookinrichting te vervangen. In dat geval wordt vaak de voorkeur gegeven aan een condensatieketel;
- de gesloten lus van de collector wordt opengemaakt;
- er wordt een evenwichtsfles geïnstalleerd om de primaire en secundaire circuits hydraulisch te ontkoppelen;
- om een koude retour aan de condensatieketels en de WKK te garanderen, wordt er gezorgd voor een regeling van het primaire debiet door snelheidsregelaars en op basis van het temperatuurverschil aan weerszijden van de evenwichtsfles.

Het studiebureau moet door een algemene opmerking in het bestek de installateur sensibiliseren van deze toekomstige plannen.. Zo kan het bedrijf bij de hydraulische configuratie er al rekening mee houden..

Indien er bijvoorbeeld plannen bestaan om op de korte of middellange termijn een klassieke ketel te vervangen door een condensatieketel, zal bij de hydraulische positionering van de WKK gekozen moeten worden voor een parallelle opstelling.

3.2.1.2. Aanpassing van de primaire debieten aan de secundaire debieten

De studiebureaus kiezen vaak - en terecht - voor het concept van de evenwichtsfles. Hierdoor kunnen immers veel problemen met het hydraulische evenwicht en de regeling tussen de primaire en secundaire circuits voorkomen worden. Het nadeel van deze hydraulische ontkoppeling door middel van een evenwichtsfles is dat alle inspanningen die gedaan zijn om een REG-beleid in te voeren, tenietgedaan worden. Zoals we al gezien hebben, dreigt de primaire retour te warm te worden als de debieten stroomopwaarts en stroomafwaarts van de evenwichtsfles niet geregeld worden. De meeste installaties die kampen met het probleem van condensatieketels die niet condenseren en/of WKK's die weinig uren draaien, zijn uitgerust met niet-geregelde evenwichtsflessen. Er moet dus in het bestek een beschrijving opgenomen worden die de regeling rond de evenwichtsfles voorziet.

3.2.2. Hydraulisch circuit

De bepalingen van het bestek die betrekking hebben op het hydraulische circuit moeten variëren afhankelijk van verschillende parameters:

- de bestaande en toekomstige hydraulische configuratie gelet op de geplande REG-maatregelen;
- het type ketel dat verder dienst zal blijven doen of dat ter vervanging gepland is. Men zal bijvoorbeeld kiezen

voor een parallelle opstelling als er condensatieketels zullen opgenomen worden in stookinrichting.

3.2.3. Regeling

We hebben in dit vademecum al vaak de nadruk gelegd op het belang van communicatie tussen de regeling van de ketels en die van de WKK. Dit is een absolute noodzaak. Het studiebureau moet een gedetailleerde beschrijving hiervan opnemen in het bestek.

Als de circulatiepompen met variabele snelheid van de ketels en het buffervat stroomopwaarts van een evenwichtsfles water in het primaire circuit pompen, kunnen ze werken met een zwak debiet of helemaal stilgezet worden als de warmtebehoefte aan secundaire zijde gering is. Als de warmtevraag toeneemt, moeten de circulatiepompen opnieuw gestart worden. Dat is slechts mogelijk door de integratie van temperatuurverschillen aan de secundaire zijde van de evenwichtsfles. Deze vereiste functie van het regelsysteem moet dus beschreven worden in het bestek.

3.2.4. Gebouwbeheersysteem (GBS)

Bij kwalitatief hoogstaande WKK's is 'afstandsbeheer' van de warmtemeters, de elektriciteitsmeters en een brandstofteller normaal gezien mogelijk. Deze meters zijn een onmisbaar onderdeel van elke WKK-installatie om groenestroomcertificaten te verkrijgen. (zie de voorschriften van de CWaPE en Brugel).

Los daarvan kan ook een gebouwbeheersysteem overwogen worden om een nauwkeuriger opvolging van de WKK mogelijk te maken. Aangezien tijdens de garantieperiode de installateur moet bewijzen dat de WKK optimaal functioneert in de werkelijke gebruiksomstandigheden, raden wij aan de telemonitoring van de WKK op te nemen in het bestek. Dat vereist weliswaar een extra investering, maar we twijfelen er niet aan dat de opdrachtgever er veel baat bij zal hebben. Door van meet af aan een nauwkeurige beschrijving van het protocol voor de analyse van de parameters van de WKK op te nemen in het bestek, kan hij zich dankzij de registratie van de waarden van deze parameters tijdens de garantieperiode al een goed beeld vormen van de werking van de hele installatie. Hieronder vindt u een paar voorbeelden van de parameters die zouden kunnen opgenomen worden:

- aantal werkingsuren van de WKK met de datums en tijdstippen;
- temperaturen van het opslagvat, retourtemperaturen van de WKK enz.;
- alarmstatus
- ...

Als er communicatie mogelijk is tussen de regeling van de stookinrichting en die van de WKK, raden we aan in het bestek ook het afstandsbeheer van de regeling van de stookinrichting te beschrijven, om een totaaloverzicht te hebben van de werking van de stookinrichting inclusief de WKK. Hieronder opnieuw een onvolledige lijst van parameters:

- buitentemperatuur;
- temperaturen aan de in- en uitgangen van de evenwichtsfles indien aanwezig;
- aanvoertemperaturen van de secundaire circuits;
- in- en uitschakeltemperaturen van de ketels in de cascadeschakeling;
- openingsstand van de kleppen van de secundaire circuits;
- staat van de ketels;
- ...

4. Uitvoering



De uitvoering is een zeer belangrijke fase in het project. In deze fase worden de dimensionering, de bestekteksten en de plannen geconfronteerd met de realiteit op het terrein. Vaak moeten er compromissen gesloten worden, zoals:

- de keuze van uitrusting op basis van de technische fiches. De eigenschappen stemmen niet altijd 'tiptop' overeen met de voorschriften van de bestek, de dimensionering enz.
- de aanpassing van de tracés van de leidingen aan de eventuele wijzigingen die hebben plaatsgevonden tijdens de uitvoering van de werken;
- ...

De bouwvergaderingen worden georganiseerd om te komen tot de compromissen die nodig zijn voor een goede uitvoering van het integratieproject.

5. Opleveringen



5.1. Voorlopige oplevering

De voorlopige oplevering vindt niet altijd plaats in de ideale periode; dit wil zeggen als de warmtebehoefte voldoende is om de WKK te doen functioneren. De ideale periode voor de oplevering van de installatie is het tussenseizoen, omdat men dan werkelijk de goede werking van de regeling van de WKK en de communicatie tussen deze laatste en de regeling van de stookinrichting kan controleren. In de winter zou de oplevering geen al te groot probleem mogen zijn. In de zomer is de oplevering werkelijk problematisch, want ook al is er een vraag naar sanitair warm water, de wisselwerking tussen de ketel(s) en de WKK kan nauwelijks getest worden gezien de geringe warmtebehoefte. In de mate van het mogelijke moet oplevering in deze periode voorkomen worden.

Bij de voorlopige oplevering moet er een hele serie testen uitgevoerd worden. Deze moeten nauwkeurig beschreven worden in het bestek. De grote lijnen van de uit te voeren testen worden hieronder beschreven, bijvoorbeeld voor het tussenseizoen. Naast de klassieke testen voor verwarmingsinstallaties (veiligheidsvoorzieningen, evenwicht van de circuits, correcte werking van de gemotoriseerde kleppen, werking van de circulatiepompen enz.), en van de WKK-installaties (veiligheidsvoorzieningen, in- en uitschakeling van de WKK op basis van de in- en uitschakeltemperaturen enz.), moeten er ook specifieke testen worden uitgevoerd om de wisselwerking tussen de stookketels en de WKK te controleren (bijvoorbeeld):

- de plaats van de WKK in de cascaderegeling ten opzichte van de ketels:
 - de WKK moet als eerste komen in de cascaderegeling als er opnieuw een warmtevraag is na een periode zonder vraag;
 - als de WKK niet kan voorzien in de warmtebehoefte, moeten de ketels op een optimale manier sequentieel ingeschakeld worden. En omgekeerd, als de behoeften verminderen, moet de uitschakelvolgorde van de ketels functioneel zijn. De WKK moet als laatste uitgeschakeld worden als de behoefte afneemt;
- de aanpassing van de primaire debieten aan de secundaire debieten moet gecontroleerd worden. Als er een evenwichtsfles aanwezig is met temperatuurvoelers aan weerszijden van deze fles, moeten de primaire debieten zich goed aanpassen aan het temperatuurverschil dat wordt geregistreerd door de voelers. Men kan ook op verschillende tijdstippen van de dag de vier temperaturen van de voedingsleidingen van de evenwichtsfles meten;
- analyseren hoe de WKK zich gedraagt bij een grote vraag naar sanitair warm water. De tijdelijke verhoging van de instelwaarde van de vertrektemperatuur van de primairekring om in deze behoefte te voorzien, mag niet tot gevolg hebben dat de retourtemperatuur aan de primairekring kan oplopen tot boven de uitschakeltemperatuur van de WKK. Dat is een manier om na te gaan of de warmtewisselaar van het warmwatercircuit degelijk gedimensioneerd is om zo koud mogelijk warm water te kunnen terugleiden naar de primaire retour (het is een paradox!);
- controleren of de vermogens en elektrische en thermische rendementen in overeenstemming zijn met het bestek.

In het geval van voorlopige oplevering in de zomerperiode kan men de installaties uiteraard niet analyseren en testen in optimale omstandigheden. De enige tests die kunnen worden uitgevoerd, zijn vooral:

- het evenwicht van de circuits,
- de controle van de nominale debieten.

5.2. Garantieperiode

OG	SB	INST
----	----	------

Zoals voordien al aangegeven is het belangrijk in het bestek een garantieperiode van minimaal een jaar te voorzien, zodat de garantieperiode een volledig verwarmingsseizoen en twee tussenseizoenen omvat. Indien er ook een gebouwbeheersysteem (GBS) opgenomen is in het bestek, moet er een ingebruiknemingsprotocol uitgewerkt worden (op basis van een functionele analyse), om de goede werking van de warmtekrachtkoppeling te controleren. Als het bestek niet voorziet in een GBS, moeten de belangrijkste werkingsparameters van de WKK handmatig geregistreerd worden met regelmatige intervallen. We raden aan in het bestek ook het protocol vast te leggen voor de analyse en de presentatie van de resultaten van de 'trends' (geregistreerde gegevens).

5.3. Definitieve oplevering

OG	SB	INST
----	----	------

De definitieve oplevering aan het einde van de garantieperiode is de laatste kans om de integratie van de WKK in de stookinrichting voorgoed te optimaliseren. In feite is dit niet meer dan een 'deadline'! Het merendeel van de opmerkingen met betrekking tot de integratie van de WKK moet opgelost worden tijdens de garantieperiode.

6. Gebruik

OG	EXPL
----	------

Een WKK vereist een regelmatige opvolging. Dit aspect mag niet vergeten worden om te garanderen dat de integratie van de warmtekrachtkoppeling in de stookinrichting niet alleen positieve effecten heeft op energetisch, ecologisch en economisch gebied, maar ook op het gebied van duurzaamheid en dit gedurende hele levensduur van de WKK. De exploitatie van de installatie kan worden uitgevoerd door de opdrachtgever zelf of door een derde. Als er gekozen wordt voor een derde, is dit meestal het onderhoudsbedrijf.

Naast de groenestroomcertificaten, die beschouwd worden als de 'barometer' voor het goede energetische, ecologische en financiële beheer van de installatie, moet er bij de exploitatie ook rekening gehouden worden met het aantal start-/stopcycli van de WKK. Dit is in zekere zin het 'elektrocardiogram' van de motor, aangezien een groot aantal start-/stopcycli de levensduur aanzienlijk verlaagt. Bepaalde fabrikanten spreken van maximaal 6 cycli per dag. Het is verleidelijk om te trachten de rendabiliteit van warmtekrachtkoppelingproject te vergroten door de WKK ook in de zomer te laten werken. In een aantal gevallen is dit zeker mogelijk maar in bepaalde situaties worden het aantal start-/stopcycli per dag veel te groot.. Maar zo zijn we toch al een cijfer van 80 cycli/dag tegengekomen! De installatie levert dan soms wel groenestroomcertificaten op, maar tegen welke prijs?

Bij dergelijke installaties kunnen we de volgende problemen tegenkomen:

- Als er een turbo aanwezig is, wordt deze snel vervuild en gaat hij kapot.
- De bougies moeten vaker vervangen worden.
- De batterij moet vaker vervangen worden dan gepland.
- Het olieconsumptie ligt hoger.
- ...

Bovendien daalt het totale gemiddelde rendement van de installatie met iedere start-/stopcyclus ten opzichte van dat

van een installatie die continu draait.

Zonder dat we precieze cijfers kunnen voorleggen betreffende de verkorting van de levensduur van de WKK afhankelijk van het aantal start-/stopcycli, raden we deze werkwijze intuïtief af.

Indien de verschillende actoren tijdens de stappen voorafgaand aan de exploitatie hun werk goed hebben gedaan, is het gebouwbeheersysteem nu een zeer nuttig instrument voor de exploitant. Hij kan permanent de parameters van de installatie controleren, gegevens registreren enz. Zelfs bij kleine installaties is het mogelijk vanaf afstand in te grijpen in de regeling van de stookinrichting.

7. Onderhoud



Er bestaan verschillende onderhoudscontracten. De twee uitersten zijn:

- een eenvoudig onderhoudscontract: op basis van het aantal bedrijfsuren, dat varieert afhankelijk van het type WKK (oliekwaliteit controleren, filters vervangen enz.). Over het algemeen zijn bij dit type contract de interventietermijnen iets langer maar anderzijds is het mogelijk om ze te plannen in functie van het aantal draaiuren..
- een omnium onderhoudscontract: dit type contract omvat naast het klassieke onderhoud vaak een opvolging of een exploitatie '24 u/dag', waarbij onderhandeld kan worden over de interventietijden in geval van een storing. Dit contract wordt gebruikt voor WKKs met een grotere vermogens. In het kader van de omnium contracten is de installatie vaak uitgerust met een telemonitoring of een gebouwbeheersysteem (GBS), wat de mogelijkheid biedt de werking van de installatie te optimaliseren.

Zoals reeds vermeld, hebben de exploitant en het onderhoudsbedrijf er alle belang bij samen te werken om eventuele gebreken aan het licht te brengen. Zo komt een foutief gebruik vaak aan de oppervlakte tijdens de onderhoudsoperaties.

REFERENTIES

- "Energie+"; <http://www.energieplus-lesite.be>
- "Hydraulique pratique"; Christian ROUX, uitgeverij PYC, 1989;
- "Manuel de la régulation et de la gestion technique"; René CYSSAU (CoSTIC); uitgeverij PYC, 1995;
- "L'équilibrage hydraulique global"; Robert PETITJEAN; uitgeverij Tour et Andersson AB, 1994.