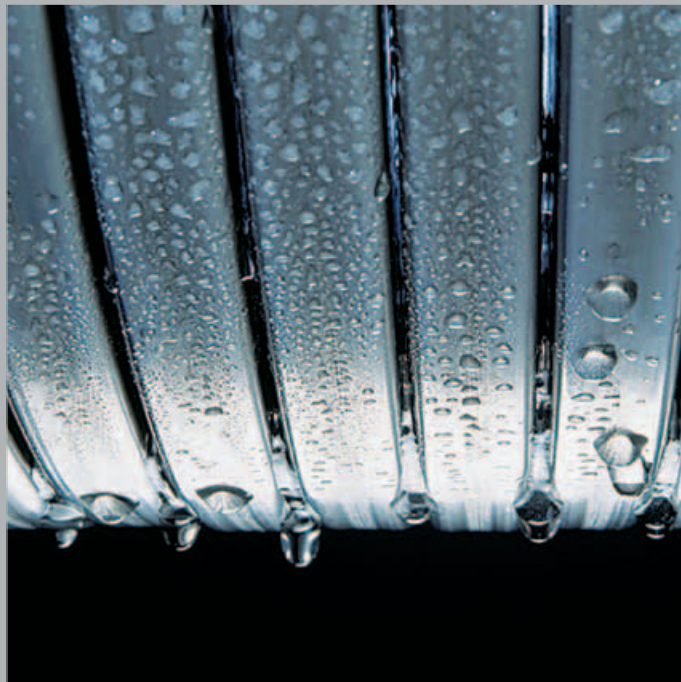


Vakreeks

VIESMANN

Condensatietechnologie

*Condensatietechnologie voor
energiebesparing en een schoon milieu*





Gas of stookolie, vloerketel of hangende ketel – Viessmann biedt een zeer compleet gamma condensatieketels aan van 4,2 tot 6600 kW

- 1 Vitodens 200
Condenserende wandketel op gas
- 2 Vitoplus 300
Condenserende wandketel op olie
- 3 Vitolaplus 300
Condenserende oliegestookte unit

- 4 Vitodens 333
Condensatieketel op gas met geïntegreerde tapwaterlaadboiler
- 5 Vitocrossal 300
Condensatieketel op gas

Inhoud



- 6 Vitocrossal 300
Condensatieketel op gas
- 7 Vitodens 300
Condenserende wandketel op gas
- 8 Vitoplex 300
Lagetemperatuurketel met rookgas/water-warmtewisselaar
Vitotrans 333
- 9 Vitotrans 333
Rookgas/water-warmtewisselaars

1. **Basisprincipes** Pagina 4
2. **Belangrijke grootheden voor condensatiebenutting** Pagina 6
- 2.1. Ketelrendement η_K van condensatieketels
- 2.2. Rendement
3. **Condensatietechnologie in bestaande gebouwen** Pagina 9
4. **Belangrijke grootheden en criteria voor een optimaal rendement** Pagina 11
- 4.1. Ketelconstructie
- 4.2. Condensatiebenutting bij olieketels
- 4.3. CO₂-concentratie, branderconstructie
- 4.4. Hydraulische integratie
5. **Behandeling van condenswater** Pagina 22
6. **Emissies en rookgassysteem** Pagina 24
- 6.1. Emissies
- 6.2. Rookgassysteem
7. **Advies** Pagina 26
- 7.1. Condenserende wandketel op gas
- 7.2. Condenserende wandketel op olie
- 7.3. Condensatieketel op gas (vloerketel)
- 7.4. Rookgas/water-warmtewisselaar
- 7.5. Selectietabel combinatie toestel/verwarmingstoestel voor de tapwateropwarming
- 7.6. De modulaire techniek van Viessmann

1. Basisprincipes

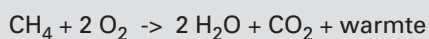
Condensatietechnologie biedt een efficiënte manier om aardgas of stookolie via verbranding om te zetten in nuttige warmte (afb. 1). Net zoals bij lagetemperatuurtechniek wordt uitgegaan van het principe dat de ketel maar met de temperatuur moet werken die nodig is om de warmtebehoefte van het moment te dekken.

Benutting van latente warmte-energie

Terwijl bij lagetemperatuurketels een condensatie van de rookgassen en het vochtig worden van de verwarmingsoppervlakken moet worden vermeden, is dit bij condensatietechnologie anders. Daar wordt de condensatie van de rookgassen doelbewust nagestreefd, zodat de latente warmte-energie die in de waterdamp van de rookgassen (verborgen) zit, nuttig kan worden aangewend naast de reeds voelbare warmte van de rookgassen. Bovendien wordt de restwarmte die via de rookgasinstallatie wordt afgevoerd, gevoelig gereduceerd aangezien de rookgas temperatuur in vergelijking met lagetemperatuurketels aanzienlijk kan worden verlaagd (afb. 2).

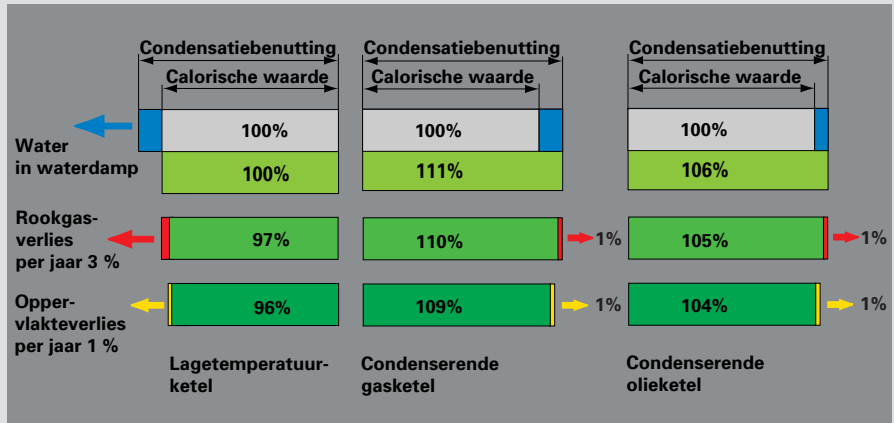
Bij de verbranding van stookolie of aardgas, die beide overwegend uit verbindingen van koolstof (C) en waterstof (H) bestaan, ontstaat als gevolg van de reactie met lucht zuurstof (O₂), koolstofdioxide (CO₂) en water (H₂O) (afb. 3).

Voor aardgas (methaan CH₄) ziet de vereenvoudigde verbrandingsvergelijking er als volgt uit:

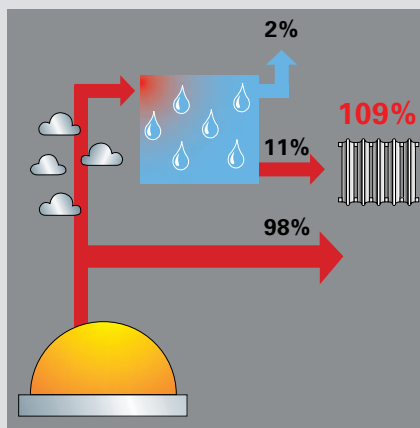


Energie winnen door condensatie

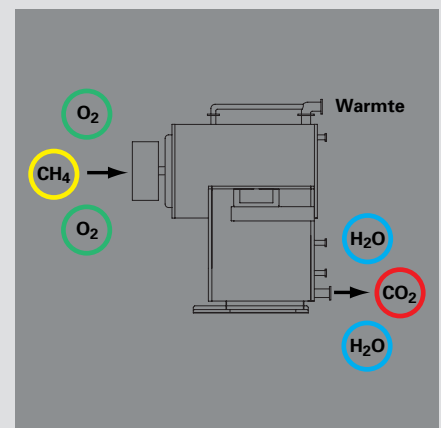
Wanneer de temperatuur aan de wanden van de verwarmingsoppervlakken aan de rookgaszijde onder de dauwpunttemperatuur van de waterdamp zakt, ontstaat condenswater uit de waterdamp in de rookgassen.



Afb. 1: vergelijking van de verliezen bij lagetemperatuur- en condensatietechnologie (aardgas, huishoudelijke stookolie EL)



Afb. 2: ketels die gebruik maken van condensatietechnologie bereiken een norm- of gebruiksendement tot 109% doordat ze bijkomende warmte in de rookgassen recupereren (aardgas)



Afb. 3: warmte winning uit rookgassen (aardgas)

Basisprincipes

Doordat aardgas en stookolie elk een andere chemische structuur hebben, verschilt ook de waterdamp temperatuur. Dit is de temperatuur waarop de waterdamp in de rookgassen gaat condenseren. Stochiometrisch gezien ligt de dauwpunttemperatuur van de waterdamp bij aardgas rond 57 °C, bij stookolie EL ligt deze rond 47 °C (afb. 4).

De theoretische warmtewinst dankzij de condensatie van de waterdamp in de rookgassen bedraagt bij aardgas 11%. Bij huishoudelijke stookolie kan maximaal 6% bijkomende condensatiebenutting worden bereikt.

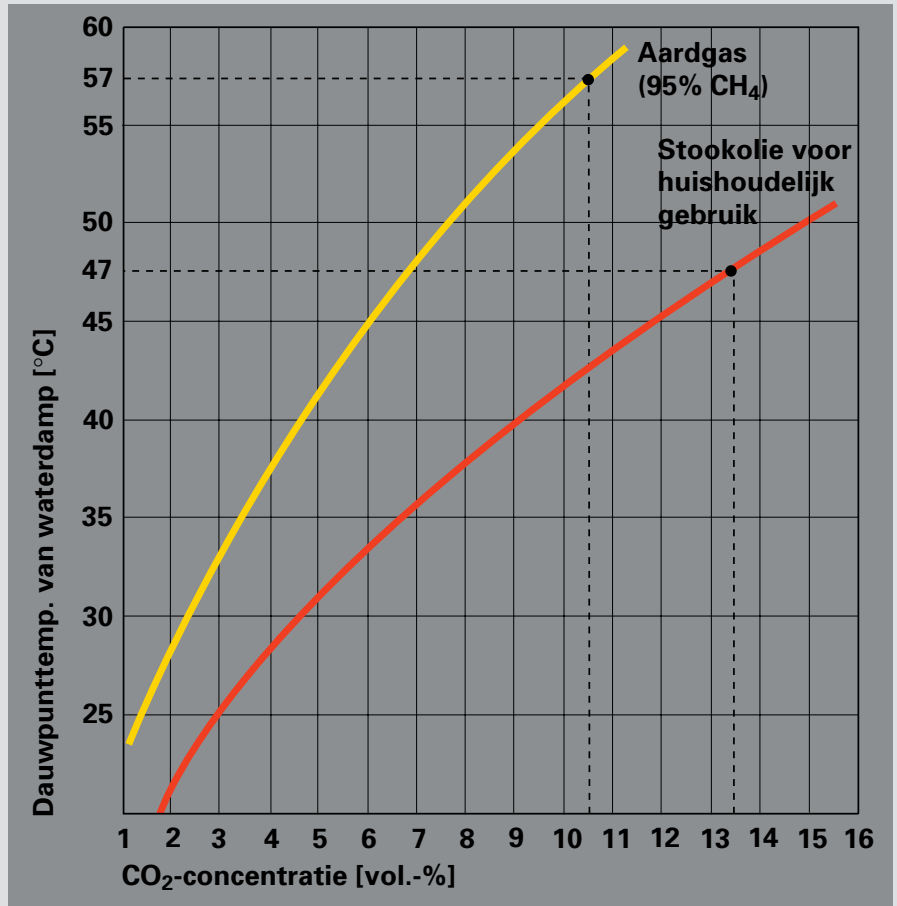
Calorische waarde en condensatiewaarde

De onderste calorische waarde of stookwaarde (H_i) vertegenwoordigt de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij een volledige verbranding wanneer het water dat daarbij ontstaat, wordt afgevoerd in de vorm van damp.

De bovenste calorische waarde of verbrandingswaarde (H_s) drukt de hoeveelheid warmte uit die vrijkomt bij volledige verbranding en omvat bovendien ook de verdampingswarmte in de waterdamp van de rookgassen. Een overzicht van de brandstofeigenschappen die belangrijk zijn voor condensatiebenutting, is opgenomen in tabel 1.

De verdampingswarmte kon vroeger niet worden benut aangezien de technische mogelijkheden hiervoor nog niet bestonden. Voor alle rendementberekeningen werd daarom uitgegaan van de onderste calorische waarde of stookwaarde (H_i) als referentiegrootte. Dankzij het bijkomende gebruik van de verdampingswarmte en van de stookwaarde als referentie kunnen zo rendementen worden gehaald van meer dan 100%.

Door de toepassing van de richtlijnen worden rendementen in de verwarmingstechniek thans in verband gebracht met de onderste calorische waarde of stookwaarde (H_i).



Afb. 4: dauwpunttemperatuur van de waterdamp

	Condensatiewaarde H_s kWh/m ³	Calorische waarde H_i kWh/m ³	H_s/H_i	$H_s - H_i$ kWh/m ³	Condensatiewatervolume (theoretisch) kg/m ³ ¹⁾
Stadsgas	5,48	4,87	1,13	0,61	0,89
Aardgas LL	9,78	8,83	1,11	0,95	1,53
Aardgas E	11,46	10,35	1,11	1,11	1,63
Propaan	28,02	25,80	1,09	2,22	3,37
Stookolie huishoudelijk gebruik ²⁾	10,68	10,08	1,06	0,60	0,88

1) Bij vermeld brandstofvolume
2) Bij stookolie voor huishoudelijk gebruik hebben de waarden betrekking op litereneenheden

Tab. 1: energiepotentieel van brandstoffen

2. Belangrijke grootheden voor condensatiebenutting

De grotere warmte-opbrengst van een condenserende warmtegenerator in vergelijking met een lagetemperatuurwarmtegenerator heeft niet louter en alleen te maken met de warmte die vrijkomt als gevolg van condensatie. Een groot deel van de warmte-opbrengst is immers te danken aan lagere rookgasverliezen als gevolg van de lage rookgastemperaturen.

Een louter energetische evaluatie hiervan is mogelijk aan de hand van het ketelrendement.

2.1. Ketelrendement η_K van condensatieketels

$$\eta_K = 1 - \frac{q_A + q_S}{100} + \frac{H_s - H_i}{H_i} \cdot \alpha$$

$$q_A = (\vartheta_A - \vartheta_L) \cdot \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$$

Belangrijke grootheden

- ϑ_A -> rookgastemperatuur bij condensatieketels: geen begrenzing
- CO_2 -> CO_2 -concentratie: kwaliteit van de verbranding is afhankelijk van de branderconstructie
- α -> condensatiecoëfficiënt is afhankelijk van ketelconstructie en installatie (dimensionering)

$$\alpha = \frac{\dot{V}_{\text{hoeveelheid condensatiewater (gemeten)}}}{\dot{V}_{\text{hoeveelheid condensatiewater (theoretisch) (zie tabel 1)}}$$

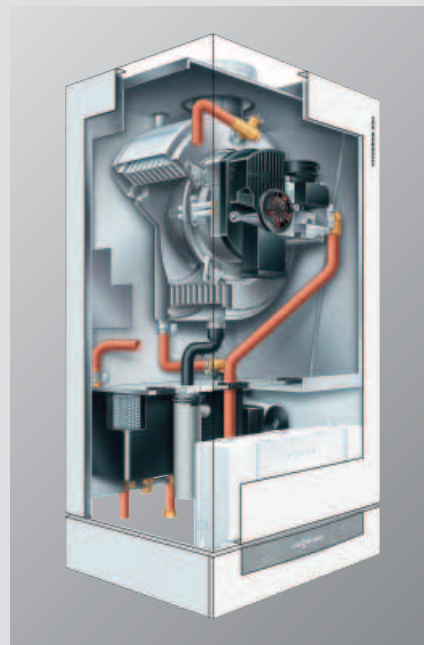
Legende

- η_K = ketelrendement [%]
 ϑ_A = rookgastemperatuur [°C]
 ϑ_L = luchttemperatuur [°C]
 A_1 = brandstofcoëfficiënt conform Duitse emissiewetgeving
 B = brandstofcoëfficiënt conform Duitse emissiewetgeving
 CO_2 = koolstofdioxidegehalte [%]
 q_A = rookgasverlies [%]
 q_S = stralingsverliezen [%]
 α = condensaatgetal
 H_s = condensatiewaarde
 H_i = calorische waarde (stookwaarde)

De formule van het ketelrendement wordt in vergelijking met conventionele verwarmingsketels uitgebreid met het condensatieaandeel. Naast de brandstofspectifieke constanten H_s en H_i (verbrandings- en stookwaarde) wordt het condensatieaandeel bepaald door de condensatiecoëfficiënt, die een variabele grootheid is. Deze coëfficiënt brengt het verband tot uiting tussen het reële condensatiewatervolume dat in een condensatieketel ontstaat en het condensatiewatervolume dat theoretisch mogelijk is.

Hoe groter het feitelijke condensatiewatervolume, hoe doeltreffender de condenserende HR-ketel.

Hoe lager de rookgastemperatuur, hoe groter het condensatiewatervolume en hoe groter bijgevolg ook condensatiecoëfficiënt α . In vergelijking met bijvoorbeeld lagetemperatuurketels zorgt de lagere rookgastemperatuur bovendien voor minder rookgasverliezen. Dit betekent dat condenserende HR-ketels (afb. 5) naast de warmte-opbrengst uit condensatie een betere energierendement laten optekenen, mede doordat de rookgasverliezen lager liggen.



Afb. 5: condenserende wandketel op gas Vito-dens 300 met Inox-Radial-verwarmingsoppervlakken en Matrix-Compact-brander, nominaal vermogen: 4,2 tot 35,0 kW

	Huishoudelijke stookolie	Aardgas	Stadsgas	Cokesgas	Vloeibaar gas en mengsel van vloeibaar gas en lucht
A_1	0,5	0,37	0,35	0,29	0,42
A_2	0,68	0,66	0,63	0,60	0,63
B	0,007	0,009	0,011	0,011	0,008

Tab. 2: brandstofcoëfficiënten conform de Duitse emissiewetgeving

Belangrijke grootheden voor condensatiebenutting

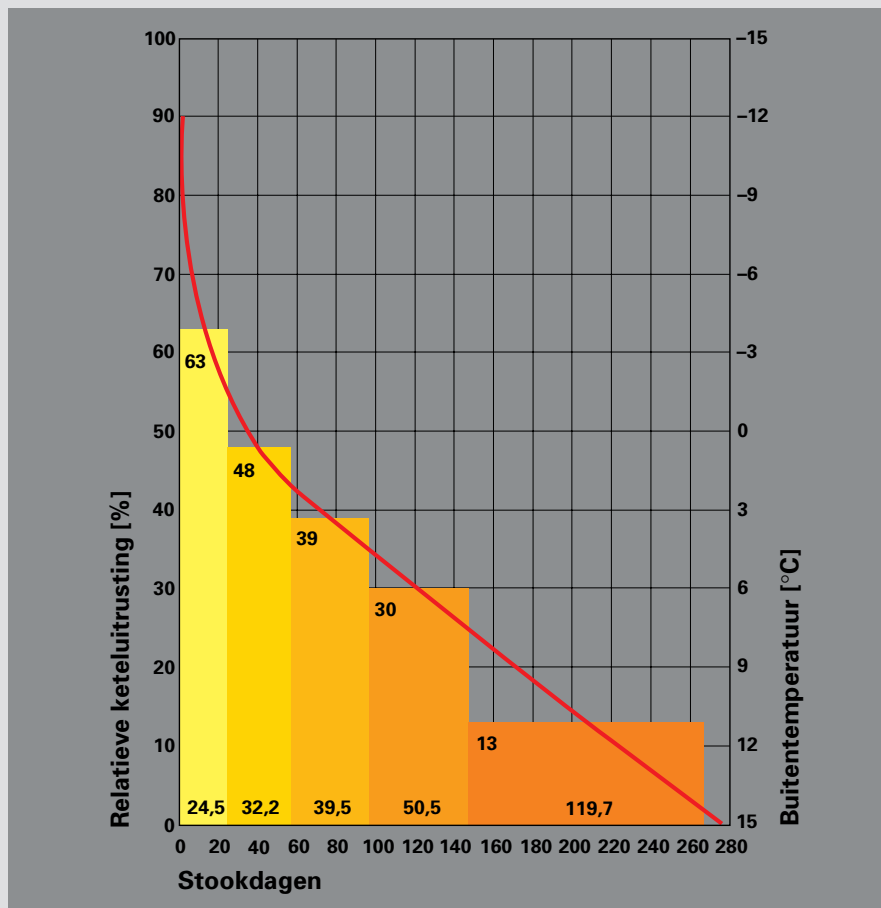
2.2. Rendement

Het energierendement van moderne verwarmingsketels wordt bepaald conform DIN 4702, deel 8, waarin het norm- of gebruiksrendement is vastgelegd. Het norm- of gebruiksrendement wordt daar gedefinieerd als verhouding van de nuttige hoeveelheid warmte-energie die in één jaar wordt afgegeven ten opzichte van de hoeveelheid verbrandingswarmte die de warmtegenerator wordt toegevoerd (in functie van de stookwaarde van de brandstof). In de norm DIN 4702 deel 8 werd een procedure vastgelegd die op basis van gestandaardiseerde testbankmetingen vergelijkbare gegevens oplevert.

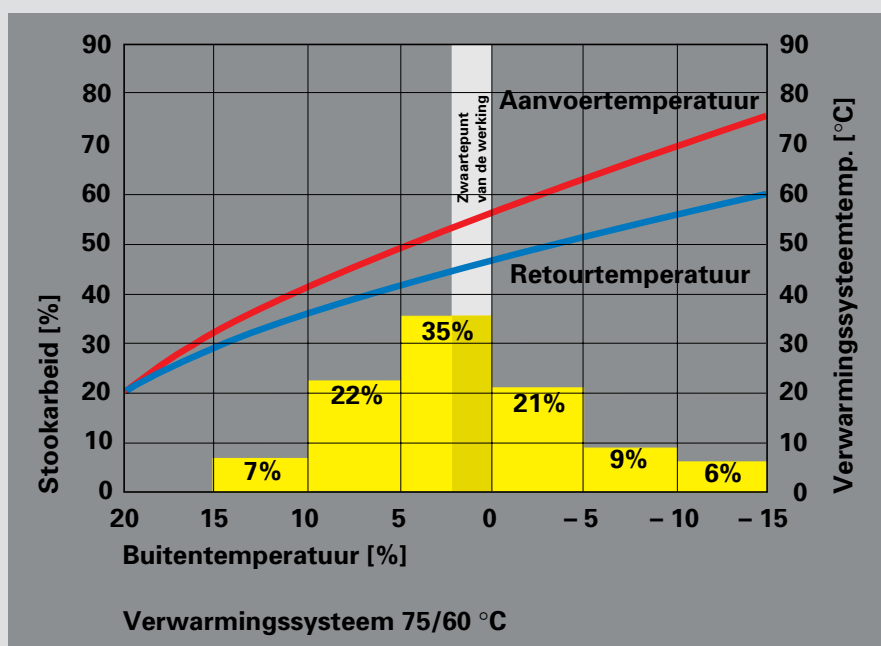
Voor Duitsland (en voor België is dit gelijkaardig) worden in functie van een vastgelegde jaarlijkse warmtebehoefte vijf benuttingsgraden berekend en weergegeven zoals in afb. 6. Voor elke belastingstrap wordt eenzelfde aandeel in de stookarbeid berekend (oppervlakte-inhoud). Voor de vijf niveaus die DIN 4702 deel 8 onderscheidt, levert dit telkens twee temperatuurregimes (één regime op basis van radiatorverwarming: dimensioneringsbasis 75/60°C; één regime op basis van vloerverwarming: dimensioneringsbasis 40/30°C conform EN 677), waarbij het deellastrendement op de testbank wordt bepaald. Bij de berekening van het norm- of gebruiksrendement wordt het gemiddelde bepaald van de vijf gemeten deellastrendementen. Hiermee worden vergelijkbare waarden bereikt die de reële werking van verwarmingsketels in sterke mate weerspiegelen.

Bepaling van het nominale vermogen

Bij de dimensionering van een ketel wordt ervoor gezorgd dat de warmtebehoefte ook bij de laagste buitentemperatuur die zich kan voordoen, gedekt kan worden. De dimensioneringstemperaturen liggen voor België rond -6 tot -12°C. Daggemiddelden zijn evenwel zelden zo laag als de laagste temperaturen, zodat de ketel slechts op een klein aantal dagen per jaar zijn volle vermogen moet leveren. De rest van de tijd zijn slechts fracties van het nominale vermogen nodig. Over één jaar tijd beschouwd, ligt het zwaartepunt van de benodigde stookwarmte bij temperaturen boven het vriespunt (0 tot 5 °C) (afb. 7).



Afb. 6: bepaling van het norm- of gebruiksrendement volgens DIN 4702, deel 8



Afb. 7: aandeel van de stookarbeid in functie van de buitentemperatuur

Belangrijke grootheden voor condensatiebenutting

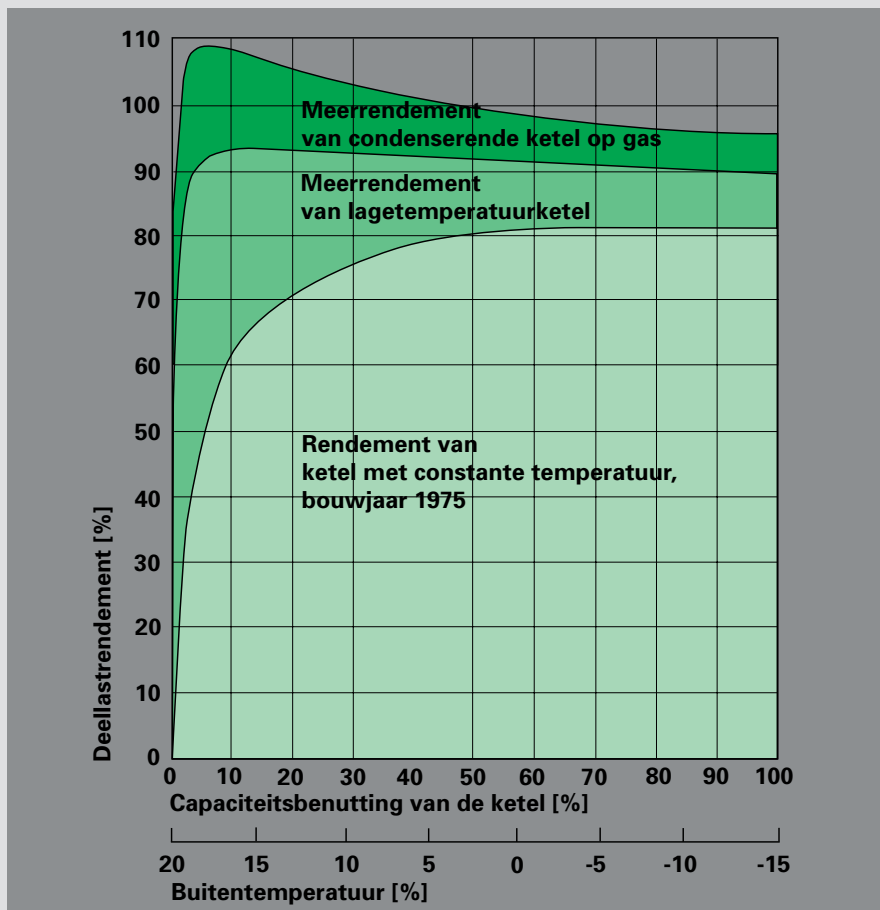
Hieruit vloeit voort dat de gemiddelde benuttingsgraad van verwarmingsketels over één jaar tijd beschouwd lager ligt dan 30%. Afbeelding 8 toont een vergelijking van de deellastrendementen, met name bij geringe belastingen.

Voordelen van de condensatietechnologie

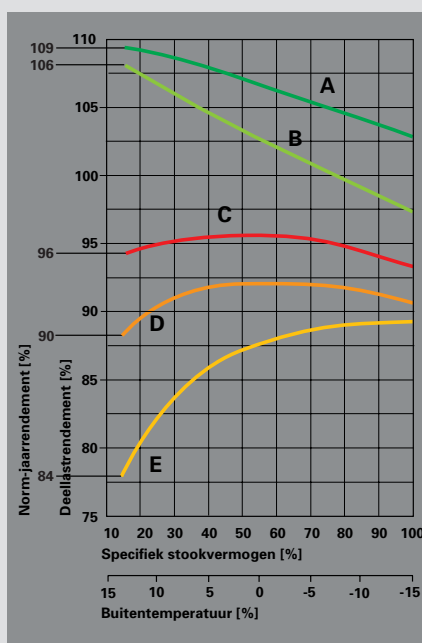
Met name bij geringe belasting komen de voordelen van condensatietechniek duidelijk tot uiting: ketels die met constante temperaturen werken, veroorzaken grote verliezen bij lage belasting aangezien ook bij lage verwarmingssysteemtemperaturen de keteltemperatuur op hoog niveau moet worden gehouden. Hierdoor stijgt het aandeel van de stralingsverliezen in de totale aangewende energie in sterke mate en vermindert zo het globaal jaarrendement.

Condensatietoestellen worden net bij lage belastingen gekenmerkt door een zeer gunstig rendement aangezien het condensatie-effect uitermate doeltreffend is dankzij het lage temperatuurniveau van het verwarmingswater.

Afbeelding 9 toont een vergelijking van de rendementen van de verschillende keteltypes.



Afb. 8: deellastrendementen voor verschillende ketels in functie van de ketelbelasting bij lagetemperatuurketels en condenserende HR-ketels



Afb. 9: norm- of gebruiksrendement voor verschillende keteltypes

- A Condenserende gasketel 40/30°C
- B Condensatieketel op gas 75/60°C
- C Lagetemperatuurketel (zonder minimumtemperatuurbegrenzing)
- D Ketel van bouwjaar 1987 (minimumtemperatuurbegrenzing: 40°C)
- E Ketel van bouwjaar 1975 (constant hoge ketelwatertemperatuur: 75°C)

3. Condensatietechnologie in bestaande gebouwen

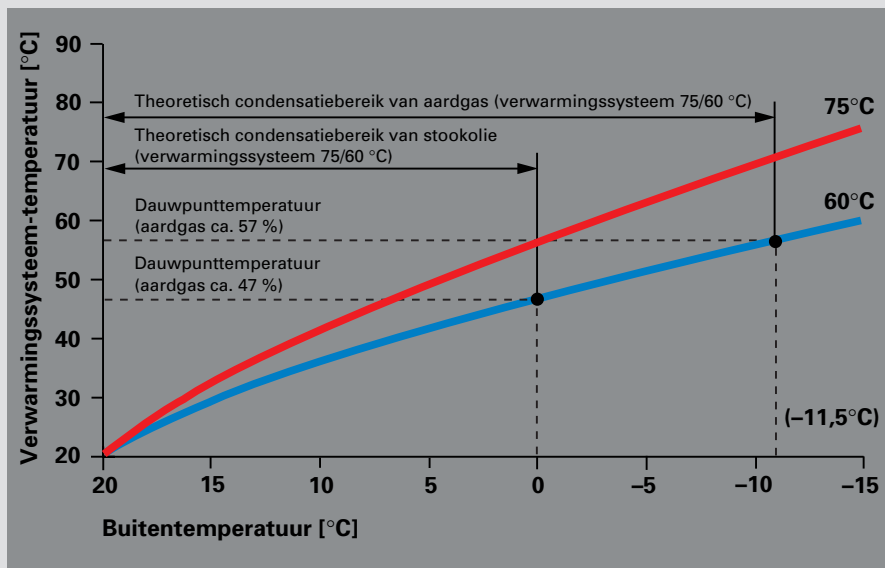
De condensatiewarmte kan evenwel niet alleen bij geringe belastingen en dus bij lage verwarmingssysteemtemperaturen worden gebruikt. Zelfs bij een verwarmingssysteem op aardgas met dimensionering 75/60 °C ligt de retourtemperatuur bij belastingen van meer dan 90 % en buitentemperaturen tot -11,5 °C zo ver onder de dauwpunttemperatuur, dat de waterdamp in de rookgassen kan condenseren.

Hierdoor functioneert de installatie ook bij een hoge dimensioneringstemperatuur van 75/60°C (zie afb. 10) voor meer dan 90 % binnen het condensatiebereik. De omstandigheden zijn nog idealer bij verwarmingssystemen die met lage temperaturen werken, zoals vloerverwarmingen (40/30°C). Bij deze systemen kan het hele jaar door condensatie worden benut.

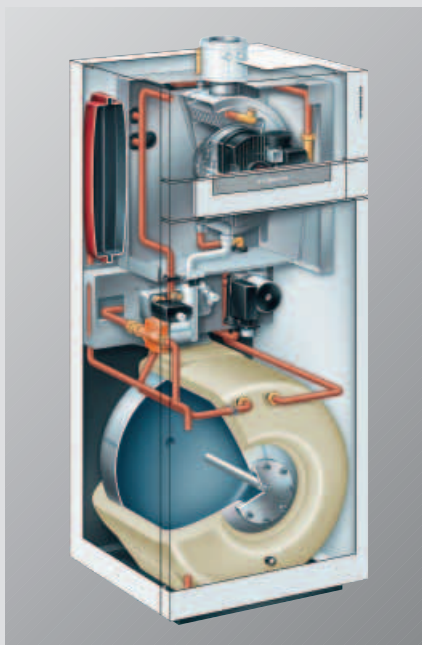
Overdimensionering van oude installaties maakt temperatuurverlaging mogelijk

Uit ervaring weten we dat in oude gebouwen vaak veel te grote radiatoren zijn geïnstalleerd. Deze overdimensionering is enerzijds een gevolg van een genereuze dimensionering bij de eerste installatie en anderzijds van de ingrepen die in de loop van de jaren werden uitgevoerd om het gebouw te isoleren. In de loop der jaren worden ramen vernieuwd, worden dak en gevel geïsoleerd en wordt de verwarmingsbehoefte vaak aanzienlijk verminderd. Aan de radiatoren wordt echter vaak niet geraakt. Hierdoor worden de aanvoer- en retourtemperatuur aanzienlijk verlaagd ten opzichte van de oorspronkelijke dimensionering (bv. 90/70°C).

Hoeveel de temperaturen van een installatie, die op 90/70°C werd gediimensioneerd, kunnen worden verlaagd en in welke mate de installatie overgedimensioneerd is, moet ter plaatse worden bekeken. Dit gebeurt met een eenvoudige test, die met behulp van afb. 12 wordt geëvalueerd.

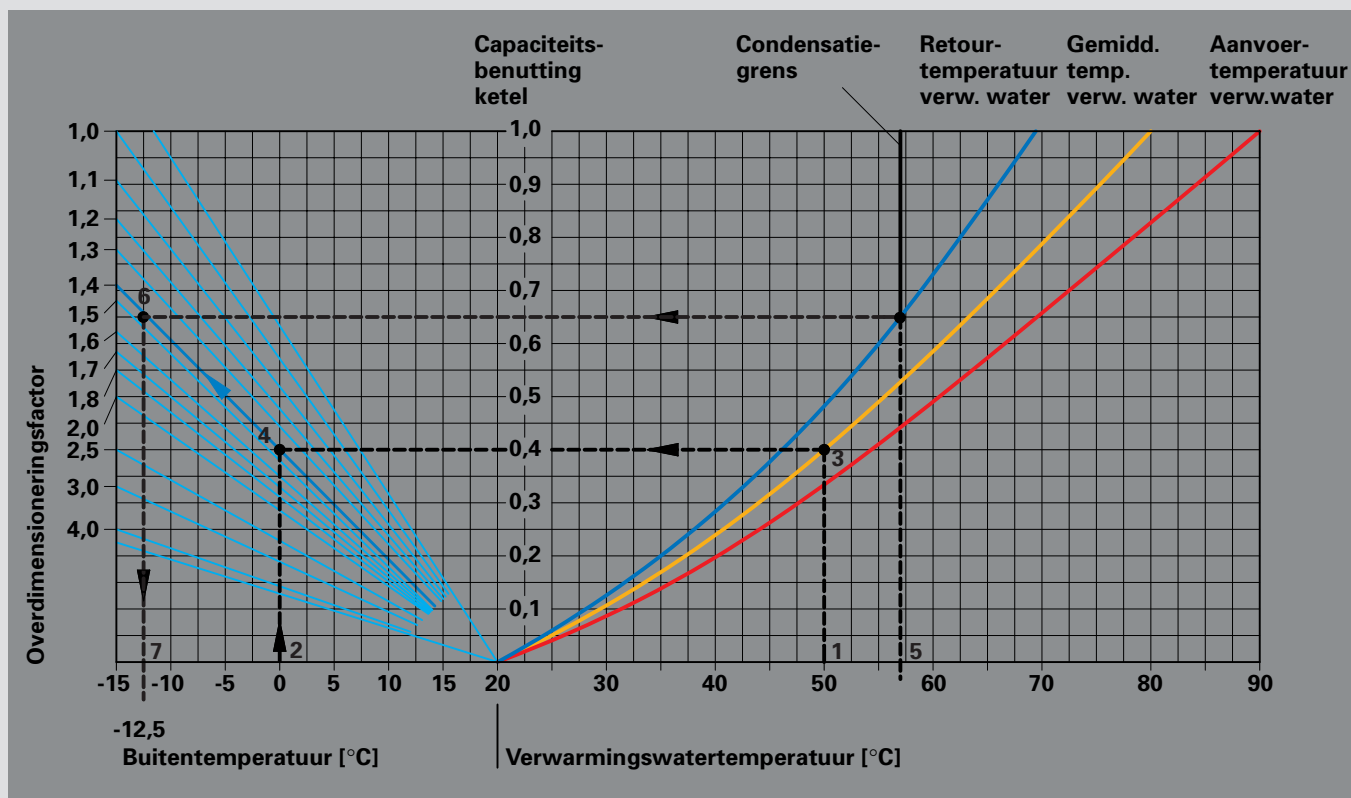


Afb. 10: aanvoer-/retourtemperatuur in functie van de buitentemperatuur, condensatiebenutting



Afb. 11: compact condensatietoestel op gas Vitodens 333 met geïntegreerde tapwaterlaadboiler

Condensatietechnologie in bestaande gebouwen



Afb. 12: bepaling van de overdimensionering van verwarmingsoppervlakken (systeem 90/70°C)

In de winter, bij koude buitentemperaturen, moeten alle radiatorkranen 's avonds opgezet worden en moeten de volgende dag 's namiddags de aanvoer- en retourtemperaturen afgelezen worden. Hiertoe moet de ketel- of mengklepregeling evenwel zo zijn ingesteld, dat de kamertemperaturen bij volledig geopende radiatorkranen binnen de gewenste zone (20 tot 23 °C) blijven.

Het gemiddelde van de aanvoer-/retourtemperatuur (gemiddelde temperatuur van het verwarmingswater, bv. $(54 + 46) / 2 = 50^\circ\text{C}$) dient als uitgangswaarde (1) in het diagram. Tegelijk moet ook de actuele buitentemperatuur (hier: 0°C) worden gemeten (2).

Wanneer men een loodrechte lijn

trekt (1) en bepaalt waar de lijn de curve van de gemiddelde temperatuur van het verwarmingswater raakt, bekomt men (3). Als men vervolgens horizontaal van (3) naar het snijpunt met de loodrechte lijn van (2) gaat, levert dit aan het snijpunt met de buitentemperatuur (4) de zogenaamde overdimensioneringsfactor (6) op (in het voorbeeld 1,4). Hieruit blijkt dat de verwarmingsoppervlakken zo'n 40% overgedimensioneerd zijn. Dit betekent dat bij de laagste veronderstelde buitentemperatuur (bv. -15°C) de gemiddelde temperatuur van het verwarmingswater niet, zoals gedimensioneerd, 80°C zou moeten bedragen, maar slechts een goede 65°C .

De condensatiegrens voor de rookgassen ligt bij de verbranding van

aardgas rond 57°C (5). Deze waarde moet onder de retourtemperatuur liggen om een gedeeltelijke condensatie van de rookgassen te bereiken en zo tot condensatiebenutting te komen.

In het getoonde voorbeeld met een overdimensionering van 1,4 (6) ligt deze waarde onder de retourtemperatuur bij buitentemperaturen tot $-12,5^\circ\text{C}$ (7).

Het condensatievoordeel wordt in het gegeven voorbeeld slechts gedeeltelijk of helemaal niet benut op de dagen waarop de buitentemperatuur lager ligt dan $-12,5^\circ\text{C}$. Toch werkt een condensatietoestel op dergelijke dagen nog steeds efficiënter dan een lagetemperatuorketel. Dat is te danken aan de lagere rookgastemperaturen.

4. Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

4.1. Ketelconstructie

De condensatiebenutting stijgt naarmate meer waterdamp uit de rookgasen condenseert. Alleen zo kan de latente warmte in de rookgasen worden omgezet in bruikbare stookwarmte. Zoals afb. 13 toont, zijn conventionele ketelconstructies hiervoor niet geschikt.

Stromingsgeleiding

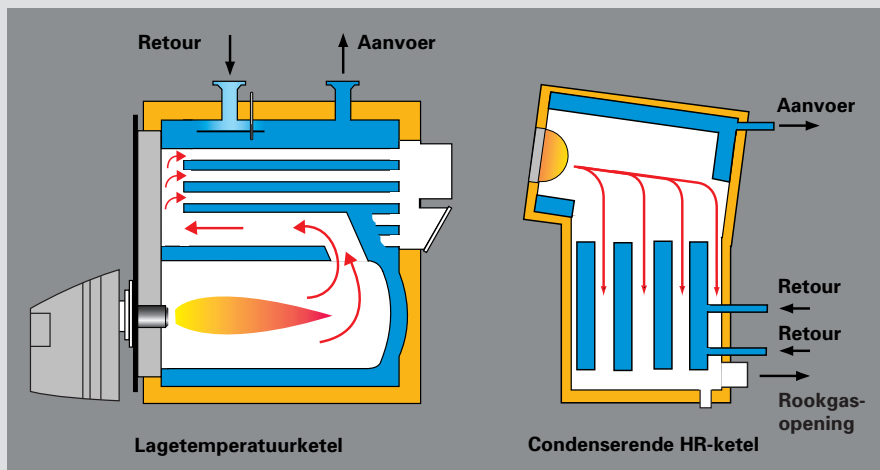
Bij conventionele laagtemperatuurketels moeten de verwarmingsoppervlakken zo worden geïntegreerd, dat een condensatie van de rookgasen in de verwarmingsketel wordt vermeden. Bij een constructie waarbij condensatie wordt nagestreefd, ligt dit uiteraard anders. Het Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak werd zo ontworpen, dat rookgasen en condenswater in dezelfde richting naar beneden stromen. Hierdoor ontstaat een permanent zelfreinigend effect en wordt een steeds sterkere concentratie in zouten vermeden.

In principe moeten de rookgasstroom en de verwarmingswaterstroom in de warmtegenerator in tegenovergestelde richting plaatsvinden zodat het lage temperatuurniveau van het terugkerende retourwater optimaal wordt benut voor een maximale afkoeling van de ontsnappende rookgasen. Tegelijk moeten modulerende branders worden gecombineerd met een intelligente regeling zodat het vermogen op elk moment automatisch wordt aangepast aan de warmtebehoefte van het moment.

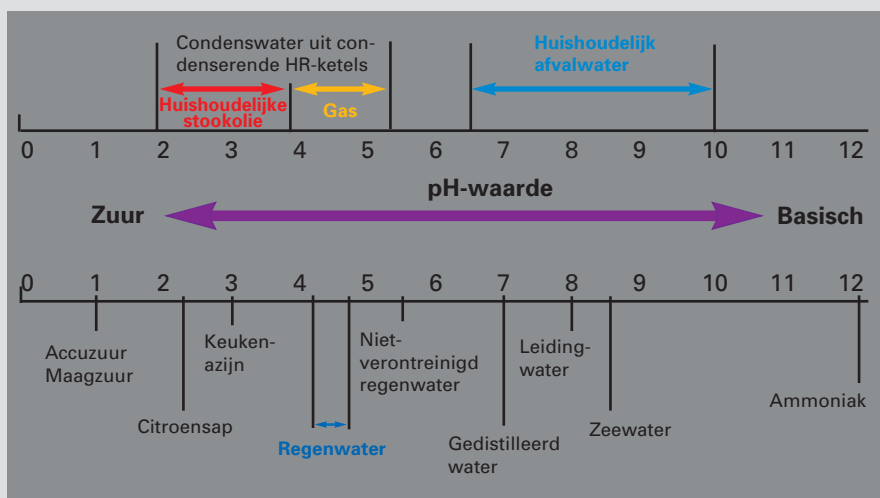
Materiaal en brandstof

Door te kiezen voor geschikte materialen, moet ervoor worden gezorgd dat het condenswater dat ontstaat geen corrosieschade kan veroorzaken aan de warmtegenerator.

Door bepaalde bestanddelen van de brandstof (stookolie of aardgas) en de samenstelling van de verbrandingslucht ontstaan bij de verbranding verbindingen die de pH-waarde (een graadmeter voor de zuurtegraad) van het condenswater doen zakken en bijgevolg een zuurder condensaat doen ontstaan (afb. 14).



Afb. 13: constructiekenmerken van de ketel



Afb. 14: pH-waarde van verschillende stoffen

Doordat bij de verbranding CO_2 ontstaat, kan er koolzuur worden gevormd. De stikstof N_2 die deel uitmaakt van lucht, vormt dan weer salpeterzuur. Met name bij de verbranding van standaardstookolie kan het condenswater bijzonder agressief zijn aangezien de zwavel in de stookolie verantwoordelijk is voor de vorming van sulfiet en van sulfaat (zwavelzuur). Daarom moeten alle warmte-wisselaarvlakken die in contact komen met condenswater, gemaakt zijn van materialen die ongevoelig zijn voor de chemische inwerking van de bestanddelen van het condenswater.

In de loop der jaren is gebleken dat roestvast staal hiervoor het beste materiaal is. Voor de brandstoffen stookolie of aardgas staan verschillende legeringen van roestvast staal ter beschikking (gelegeerd met o.a. chroom, nikkel, molybdeen, titanium) die aan uiteenlopende condenswatereigenschappen zijn aangepast. Hierdoor zijn deze materialen zonder verdere oppervlaktebehandeling op duurzame wijze bestand tegen de corroderende aanvallen van het condenswater.

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

Geleiding van de rookgassen

Dankzij het gebruik van roestvast staal kunnen de verwarmingsoppervlakken geometrisch optimaal vorm worden gegeven. Voor een efficiënte overdracht van de warmte van de rookgassen op het verwarmingswater is het belangrijk dat een intensief contact ontstaat tussen de rookgassen en het verwarmingsoppervlak. Hiervoor zijn er in principe twee mogelijkheden:

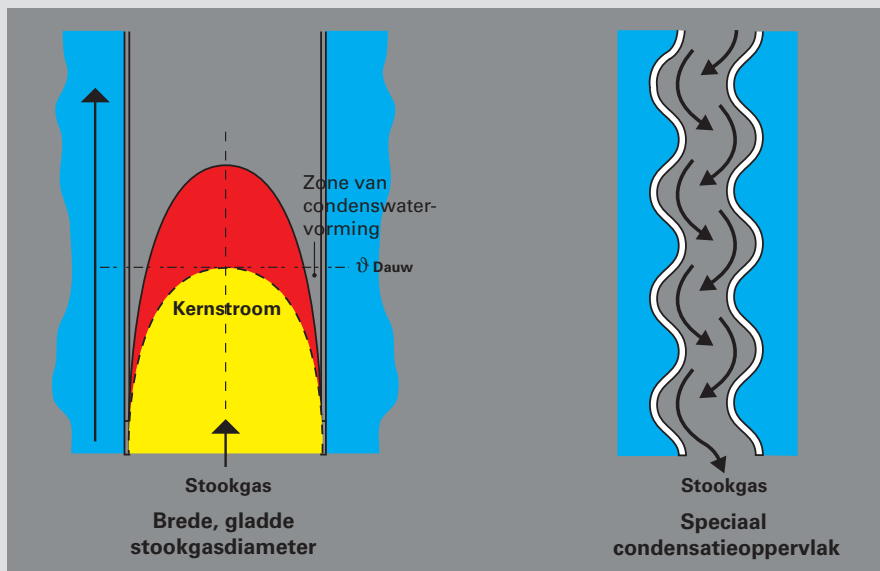
Het ontwerp van de verwarmingsoppervlakken zorgt voor een constante werveling van de rookgassen zodat er geen kernstromen met hogere temperaturen kunnen ontstaan (afb. 15). Gladde buizen zijn hiervoor niet geschikt aangezien er noppen en sectieveranderingen moeten worden gecreëerd (Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak).

De andere mogelijkheid bestaat erin om in de plaats van een sterk wervelende rookgasstroom, zoals deze ontstaat bij Inox-Crossal-verwarmingsoppervlakken, een laminair warmteoverdrachtsprincipe toe te passen (Inox-Radial-verwarmingsoppervlak).

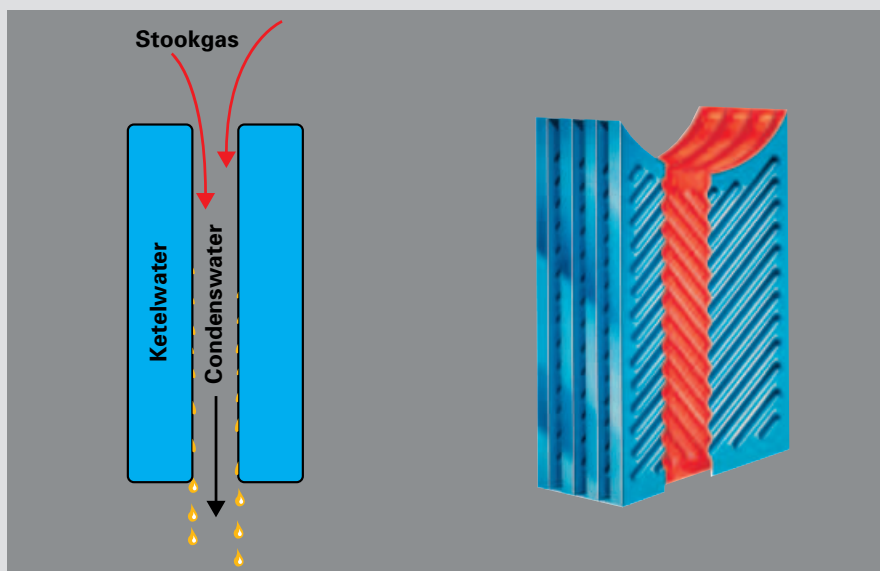
Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak

Afb. 16 toont het Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak, dat voor een uitstekende warmteoverdracht zorgt. Dankzij de tegengesteld neigende geperste elementen ontstaan keerpunten. De constant variërende diameters van het kanaal zorgen voor een betrouwbare verandering van de vorming van een kernstroom.

Om te vermijden dat het condenswater steeds geconcentreerder wordt en terugstroomt naar de verbrandingskamer, moeten de rookgassen en het condenswater in dezelfde richting naar beneden stromen. De zwaartekracht en de passerende rookgassen zorgen er dan voor dat de condenswaterdruppels netjes naar beneden stromen. Om die reden verlaten de rookgassen de warmtewisselaar doorgaans onderaan.



Afb. 15: fysische eisen gesteld aan rookgaskanalen met grote diameters – Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak



Afb. 16: geleiding van rookgassen en condenswater

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

Inox-Radial-verwarmingsoppervlak

Om het principe van de laminaire warmteoverdracht in de praktijk om te zetten, werd het Inox-Radial-verwarmingsoppervlak (afb. 17 en 18) ontwikkeld, dat uit een spiraalvormig gewikkelde rechthoekige buis van roestvast staal bestaat. De verschillende windingen hebben dankzij hun speciale constructie een afstand van exact 0,8 mm. Deze afstand, die berekend is op basis van de bijzondere stromingskenmerken van de rookgassen, zorgt ervoor dat in de tussenruimte een laminaire stroming plaatsvindt zonder grenslaag. Deze laminaire stroming zorgt voor een uitstekende warmteoverdracht. De rookgassen, die een temperatuur van zo'n 900 °C hebben, kunnen over een lengte van slechts 36 mm worden afgekoeld (afb. 19).

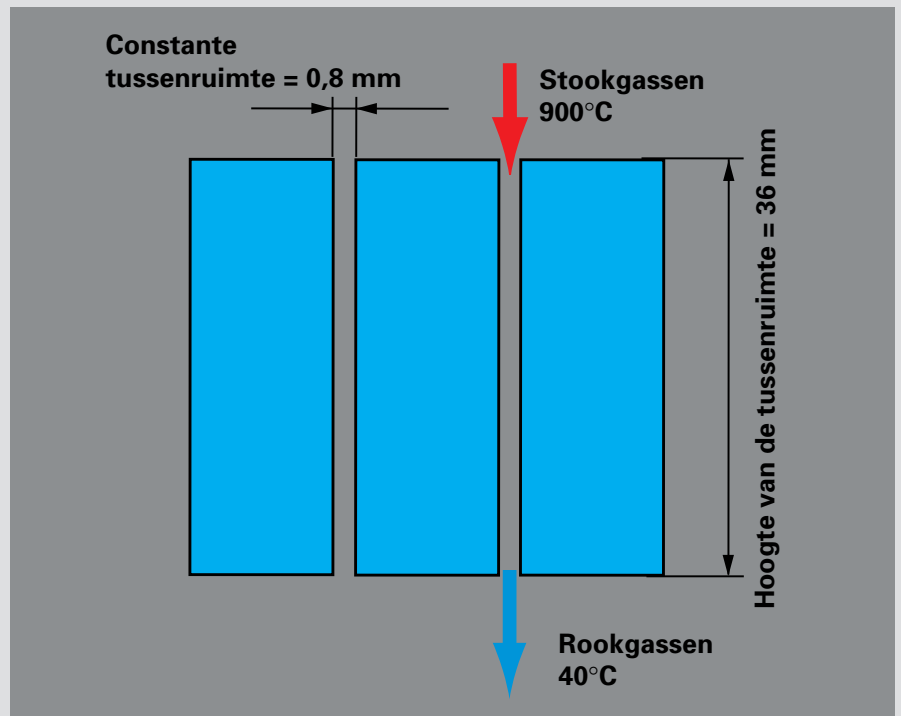
In het beste geval bereiken de rookgassen aan de keteluitlaat een temperatuur die bij benadering slechts 3,5 K boven de retourtemperatuur van het ketelwater ligt.



Afb. 17: Inox-Radial-verwarmingsoppervlak



Afb. 18: Inox-Radial-verwarmingsoppervlak



Afb. 19: gelaagde warmteoverdracht van het Inox-Radial-verwarmingsvlak: de verschillende windingen hebben een afstand van 0,8 mm

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

4.2. Condensatiebenutting bij olieketels

Het grootste obstakel voor de invoering van condenserende verwarmingssystemen op stookolie was lange tijd de brandstof zelf. Traditionele stookolie EL mag volgens NBN T 52-716 2000 ppm zwavel bevatten. Dat is 2000 mg per kg. Bij een dergelijk zwavelgehalte ontstaan als gevolg van de verbranding aanzienlijke hoeveelheden zwaveloxides (SO_2 en SO_3). Bij de condensatie van de waterdamp in de rookgassen op het verwarmingsoppervlak van de condensatieketel worden aanzienlijke hoeveelheden sulfiet zuur en zwavelzuur gevormd.

Nu in België stookolie EL verkrijgbaar is met een zwavelgehalte van slechts 50 ppm, wat overeenkomt met 50 mg/kg, is thans definitief het pad geëffend voor condenserende installaties op stookolie. De nieuwe stookolie EL met laag zwavelgehalte, ook wel stookolie extra genoemd, is opgenomen in de norm NBN EN 590.

Naast de stookolie EL, die verder verkrijgbaar zal zijn en een zwavelgehalte heeft tot 2000 ppm, en de zwavelarme stookolie zal ook een "zwavelgereduceerde" stookolie te krijgen zijn met een zwavelgehalte van maximaal 500 ppm. Deze laatste is in België evenwel niet courant.

	In de ketel geïntegreerde warmtewisselaar	Nageschakelde warmtewisselaar	Neutraliseringsinrichting
Standaardstookolie (≤ 2000 ppm)	problematisch hoge afzetting	toegelaten, matige afzetting	voorgeschreven
Zwavelarme stookolie (≤ 50 ppm)	toegelaten, weinig afzetting	toegelaten, geen afzetting	niet voorgeschreven

Tab. 3: randvoorwaarden voor condensatieketels met geïntegreerde resp. nageschakelde condensatiewarmtewisselaar

Condenserende installaties op stookolie kunnen in principe in twee groepen worden opgesplitst (Tab. 3):

- installaties waarbij condensatie plaatsvindt op oppervlakken in de ketel of in nageschakelde warmtewisselaars en warmte-overdracht op het verwarmingswater

en

- installaties waarbij de condensatie in het rookgassysteem plaatsvindt en de warmte wordt overgedragen naar de luchttoevoer (voorverwarming van de verbrandingslucht).

In de ketel geïntegreerde of nageschakelde warmtewisselaarvlakken

Condenserende olieketels zijn zo ontworpen dat de geproduceerde condensatiewarmte in de ketel of in een nageschakelde warmtewisselaar rechtstreeks wordt overgedragen op het verwarmingswater.

Bij toestellen die alleen met een warmtewisselaar zijn uitgerust, wordt de condensatiewarmte rechtstreeks in de ketel gerecupereerd. Deze toestellen behoren tot de condenserende gasketels zoals deze al jaren bestaan.

Als alternatief is er de mogelijkheid om een afzonderlijke warmtewisselaar aan te sluiten voor condensatiebenutting. In dat geval bestaat de condenserende HR-ketel uit twee warmtewisselaars: in de verbrandingskamer worden de rookgassen ter hoogte van de eerste warmtewisselaar afgekoeld tot temperaturen boven de dauwpunttemperatuur. De afgekoelde rookgassen stromen dan door een tweede warmtewisselaar die afgestemd is op de rookgascondensatie. Beide warmtewisselaars zijn geïntegreerd in het hydraulische verwarmingscircuit.

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

Warmtewisselaars die in de ketel zijn geïntegreerd en waarin condensatie optreedt, worden blootgesteld aan de hoge temperaturen van de vlam en er vinden onvermijdelijk afzettingen plaats als gevolg van de zwavel in de stookolie. Hierdoor is het noodzakelijk dat deze warmtewisselaars speciaal voor condenserende systemen worden ontworpen en dat corrosiebestendige materialen, zoals roestvast staal, worden gebruikt.

In combinatie met condenserende systemen moet zwavelarme (< 50 ppm) stookolie EL worden gebruikt zodat afzetting wordt beperkt. Duurzaamheid, energetische kwaliteit en hoge efficiëntie blijven behouden wanneer slechts één keer per jaar een reiniging plaatsvindt. Voor een eventuele noodzaak voor neutralisatie-inrichting, gelieve u te richten tot de lokale instanties (Vlarem, ...).

Bij nageschakelde condensatiewarmtewisselaars kan ook standaardstookolie EL (tot 2000 ppm) worden gebruikt aangezien de verbranding en de condensatie ruimtelijk gescheiden plaatsvinden. De verbrandingsresten, die ook de reactieproducten van de zwavel bevatten, zetten zich voornamelijk af op de warmtewisselaarvlakken in de verbrandingskamer. Daar wordt als gevolg van de aangepaste temperatuur in de ketel geen condenswater gevormd. Pas in de nageschakelde warmtewisselaar vindt een nagenoeg afzettingvrij condensatieproces plaats.

Er moet steeds rekening worden gehouden met het feit dat bij het gebruik van standaardstookolie (2000 ppm) of van stookolie EL met een lager zwavelgehalte (500 ppm) altijd een verplichting bestaat om het condenswater te neutraliseren.



Afb. 20: condenserende oliegestookte HR-unit Vitoplus 300 en condenserende wandketel op stookolie Vitoplus 300

Voorverwarming van de verbrandingslucht

De andere variant van condensatiebenutting bij olietelers is gebaseerd op het werkingsprincipe dat de condensatiewarmte niet rechtstreeks wordt afgegeven aan het verwarmingswater maar wordt gebruikt voor het voorverwarmen van de toegevoerde lucht. Daarbij zijn de warmtewisselaar en de watergeleiding in de verwarmingsketel zo uitgevoerd dat er geen condensatie optreedt.

Wanneer de rookgassen het rookgasstelsel bereiken, hebben ze hierdoor nog altijd een temperatuur die rond de 100 °C ligt. Het rookgas-/luchttoevoersysteem is bij deze installaties concentrisch uitgevoerd,

zodat de wegstromende rookgassen hun warmte kunnen afgeven aan de toestromende toevoerlucht. Als daarbij de dauwpunttemperatuur te laag wordt, gaan de rookgassen condenseren en kan ook latente warmte aan de toegevoerde lucht worden afgegeven en kan zo door middel van condensatie warmte worden gerecupereerd.

Hoe groot de condensatiebenutting is, hangt bij deze systemen niet alleen af van de verwarmingsketel maar ook van de randvoorwaarden van het rookgas- en luchttoevoersysteem, zodat deze eigenlijk „condenserende systemen“ in plaats van condensatieketels moeten worden genoemd.

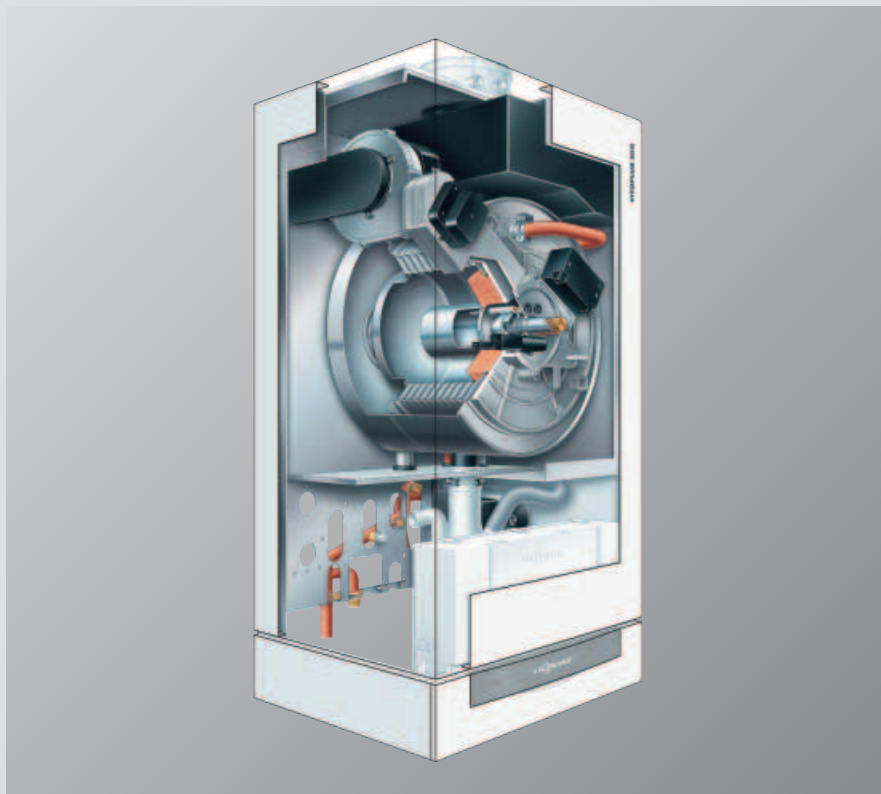
Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

Condensatietechnologie voor wandgemonteerde toestellen op stookolie: Vitoplus 300

De condenserende wandketel op olie Vitoplus 300 (afb. 21) is uitgerust met een roestvaststalen Inox-Radial-verwarmingsoppervlak dat geschikt is voor de eisen die condenserende olietetels stellen. In combinatie met zwavelarme stookolie garandeert het speciale materiaal 1.4539 een betrouwbare en jarenlange werking.

De Vitoplus 300 (afb. 22) is gebaseerd op hetzelfde modulaire systeem als het programma condenserende wandtoestellen op gas.

De tweetraps Compact-blauwbrander (afb. 23) onderscheidt zich door lage emissies van schadelijke stoffen en een betrouwbare, milieuvriendelijke werking. Bij gebruik van zwavelarme stookolie is het zwavelgehalte in de rookgassen vergelijkbaar met dat van aardgas. Hierdoor is een neutraliseringsring niet vereist.



Afb. 21: condenserende wandketel op olie Vitoplus 300



Afb. 22: Vitoplus 300 met Vitocell-W 100



Afb. 23: tweetraps Compact-blauwbrander

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

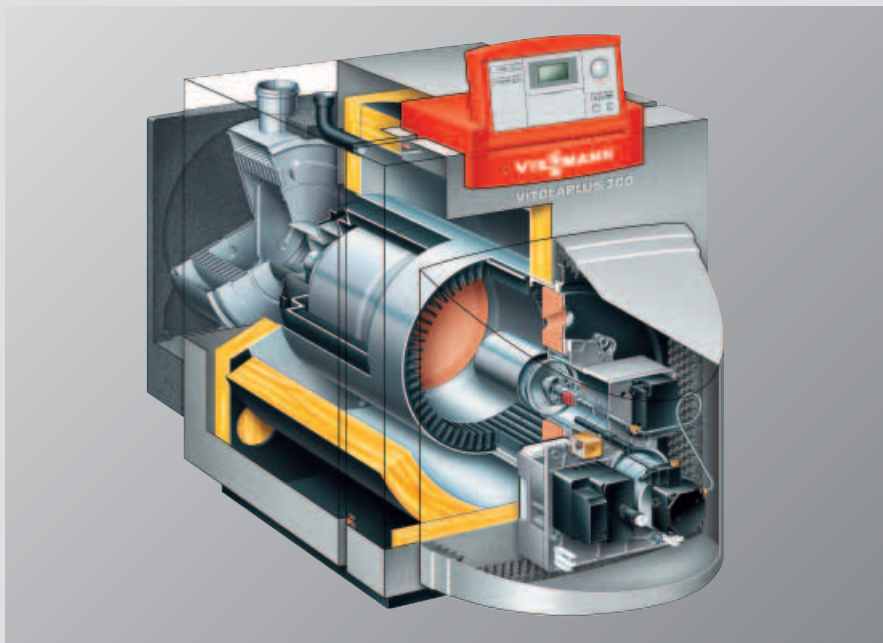
Condenserende vloerketel op stookolie: Vitolaplus 300

De Vitolaplus 300 (afb. 24) is een condenserende vloerketel op stookolie met een interessante verhouding tussen prijs en prestaties. Naast de hoge bedrijfszekerheid biedt vooral de compacte constructie voordelen aangezien de Vitolaplus 300 ook in kleine ruimten past. In het vermogensbereik van 19,4 tot 29,2 kW is de Vitolaplus 300 dan ook de ideale oplossing voor renovatie wanneer men condensatiebenutting wenst te combineren met stookolie als brandstof.

Bij condenserende oliegestookte units van het type Vitolaplus 300 zorgen hiervoor drie componenten: de beproefde Vitola 200 met zijn biferrale verwarmingsoppervlak en de nieuwe milieuvriendelijke blauwbrander Vitoflame 300 (afb. 25) enerzijds en de nageschakelde Inox-Radial-warmtewisselaar anderzijds leveren samen een betrouwbare, zuinige en milieuvriendelijke, condenserende oliegestookte unit op.

De Vitolaplus 300 is met name geschikt voor het vervangen van oude installaties aangezien de brede waterwanden van de warmtewisselaar ongevoelig zijn voor de onzuiverheden en verontreinigingen die zich in oude verwarmingssystemen kunnen bevinden. De combinatie van het beproefde, biferraal samengestelde verwarmingsoppervlak in de verbrandingskamer en de corrosiebestendige Inox-Radial-warmtewisselaar voor de condensatie staat borg voor een grote betrouwbaarheid en een lange levensduur (afb. 26).

De Vitolaplus 300 kan met alle courante stookolietypes worden gebruikt.



Afb. 24: condenserende oliegestookte unit Vitolaplus 300



Afb. 25: Vitoflame 300 in onderhoudspositie



Afb. 26: nageschakelde Inox-Radial-warmtewisselaar

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

Rookgas/water-warmtewisselaar Vitotrans 333 voor condensatiebenutting tot 6600 kW

De nageschakelde rookgas/water-warmtewisselaars Vitotrans 333 zorgen ervoor dat condensatietechnologie ook bij middelgrote en grote ketelinstallaties kan worden ingezet en dat de werkingskosten zo aanzienlijk kunnen worden verlaagd (afb. 27).

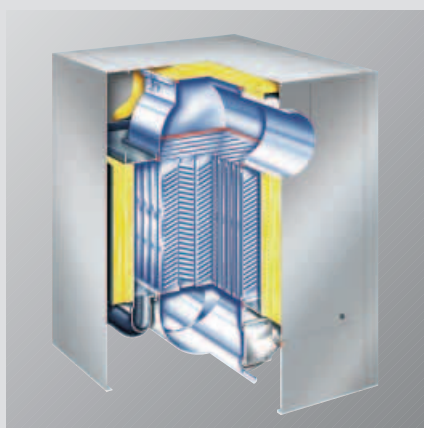
Het gebruiksrendement van verwarmingsketels kan door het nageschakelen van rookgas/water-warmtewisselaars van het type Vitotrans 333 bij aardgas met max. 12 % worden verhoogd en bij stookolie met max. 7 %.

Van de Vitotrans 333 zijn er twee uitvoeringen, elk voor een ander vermogensbereik. Tot 1750 kW zijn ze uitgerust met Inox-Crossal-verwarmingsoppervlakken (afb. 28), van 1860 tot 6600 kW met de Inox-Tubal-warmtewisselaarbuizen.

Beide rookgas/water-warmtewisselaars zijn uiterst efficiënt en zijn gemaakt van roestvast staal. Hierdoor wordt corrosie door zuur condenswater uitgesloten. Het tegenstroomprincipe van ketelwater en verwarmingsgassen zorgt voor een bijzonder intensieve condensatie. De loodrechte plaatsing versterkt nog het zelfreinigende effect: het condenswater kan ongehinderd naar beneden wegstromen. Daarbij worden de verwarmingsvlakken gespoeld en blijven deze vrij van verontreinigingen.



Afb. 27: Vitoplex 300 met nageschakelde rookgas-/water-warmtewisselaar Vitotrans 333



Afb. 28: Vitotrans 333 met Inox-Crossal-verwarmingsoppervlakken voor ketels van 80 tot 500 kW

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

4.3. CO₂-concentratie, branderconstructie

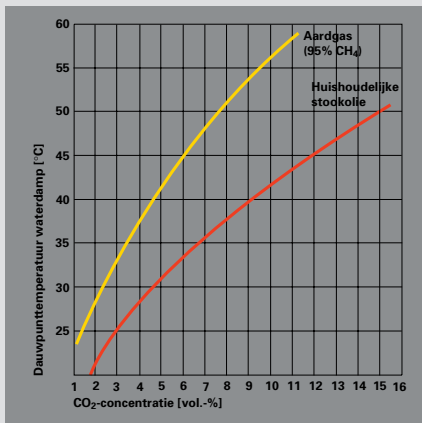
Voor een efficiënte condensatienutting is het belangrijk dat de stookinstallatie een laag luchtoverschot resp. een hoge CO₂-concentratie laat optekenen aangezien dit de dauwpunttemperatuur van de waterdamp beïnvloedt (afb. 29).

De dauwpunttemperatuur van de waterdamp moet zo hoog mogelijk worden gehouden om ook bij verwarmingssystemen met hoge retourtemperaturen condensatie mogelijk te maken. Om die reden moet een zo hoog mogelijke CO₂-concentratie – en dus een laag luchtoverschot – in de rookgassen worden nagestreefd. De haalbare CO₂-concentratie is in de eerste plaats afhankelijk van de branderconstructie.

Om deze reden mag geen gebruik worden gemaakt van atmosferische branders aangezien deze in de rookgassen als gevolg van het grote luchtoverschot te lage CO₂-waarden en bijgevolg te lage dauwpunttemperaturen zouden veroorzaken. Bij rookgastemperaturen van 50 °C of minder volstaat de thermische opwaartse kracht van de rookgassen meestal niet langer om de werking van de schoorsteen of van het rookgassysteem via de natuurlijke trek te garanderen.

Belangrijk is in dit verband dat de ventilator bij modulerende toestellen toerentalgeregeld is, zodat het luchtdebiet aan het gasdebiet kan worden aangepast. Alleen zo kan ook bij de modulerende werking een hoge CO₂-concentratie worden bereikt.

Het energieverbruik van een dergelijke ventilator ligt bij condenserende wandketels op gas rond 50 kWh per jaar, wat een jaarlijkse kost vertegenwoordigt van ongeveer 6,- euro.



Afb. 29: dauwpunttemperatuur van de waterdamp afhankelijk van de CO₂-concentratie



Afb. 30: modulerende MatriX-Compact-gasbrander tot 66,0 kW



Afb. 31: MatriX-stralingbrander, nominaal vermogen: 87 en 187 kW

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

4.4. Hydraulische integratie

Ten aanzien van het hydraulische systeem moet ervoor worden gezorgd dat retourtemperaturen worden gehaald die duidelijk onder de dauwpunttemperatuur van de rookgassen liggen zodat de rookgassen gaan condenseren.

Belangrijk daarbij is dat een verhoging van de retourtemperatuur door rechtstreekse aansluiting met de aanvoer wordt vermeden. Om die reden mag in condenserende installaties geen gebruik worden gemaakt van hydraulische systemen met een vierwegs mengklep. Als alternatief kan gebruik worden gemaakt van driewegmengkleppen. Deze brengen het retourwater van de verwarmingscircuits rechtstreeks terug naar de condensatieketel zonder enige temperatuurverhoging (afb. 32).

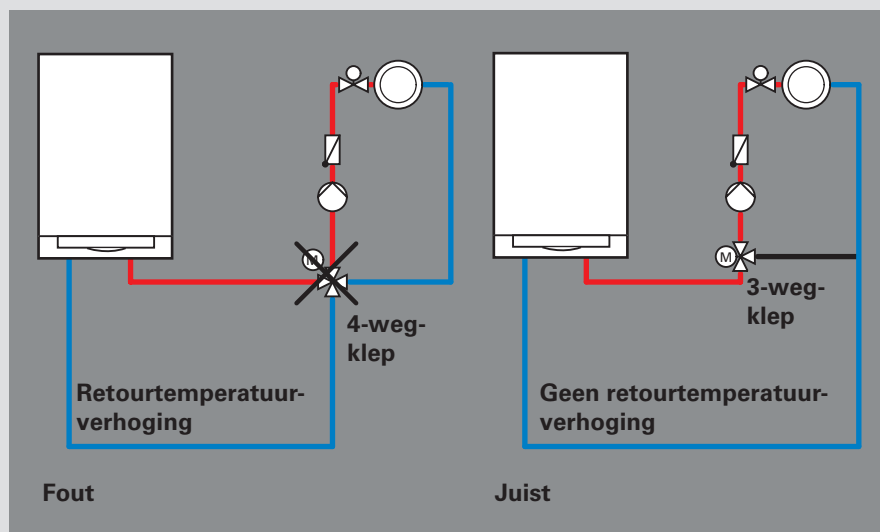
Bovendien mag evenmin gebruik worden gemaakt van driewegs thermostaatkleppen, aangezien deze de aanvoer en de retour rechtstreeks met elkaar verbinden en zo een verhoging van de retourtemperatuur plaatsvindt (afb. 33).

Modulerende circulatiepompen passen het debiet automatisch aan de vereisten van het systeem aan en verhinderen zo een onnodig hoge retourtemperatuur, wat een betere condensatiebenutting mogelijk maakt.

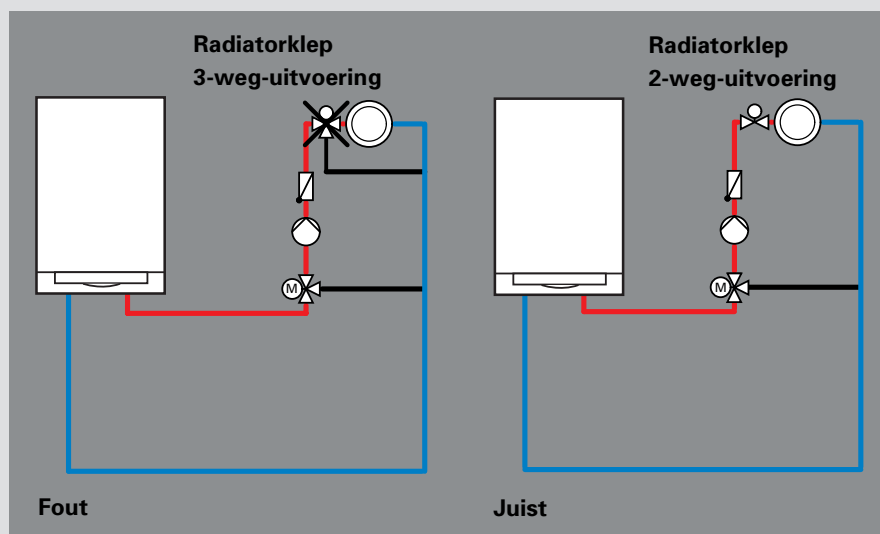
Evenwichtsfles

In enkele gevallen is een verschuldrukloze verdeler of een evenwichtsfles nodig (afb. 34). Vroeger werd gebruik gemaakt van evenwichtsflessen om in de warmtegenerator een minimumvolume aan circulatiewater te garanderen. Voor moderne condensatietoestellen is dit niet langer noodzakelijk.

Er kunnen zich echter gevallen voordoen waarbij het maximaal toelaatbare debiet dat de warmtegenerator aankan, kleiner is dan het circulatievolume van het verwarmingscircuit, zoals bij vloerverwarmingen. In dat geval moet het grotere debiet van het ver-



Afb. 32: vereisten van de condensatietechnologie aan het hydraulische systeem



Afb. 33: vereisten van de condensatietechnologie aan het hydraulische systeem

warmingscircuit ten opzichte van het debiet van het ketelcircuit worden gecompenseerd door de evenwichtsfles. Daarbij doet zich geen verhoging van de retourtemperatuur voor.

De pompdebieten van de ketelcircuit en CV-pomp moeten zo op elkaar worden afgestemd dat het grootste debiet in het verwarmingscircuit circuleert. Hiermee wordt vermeden dat warm aanvoerwater wordt bijge-

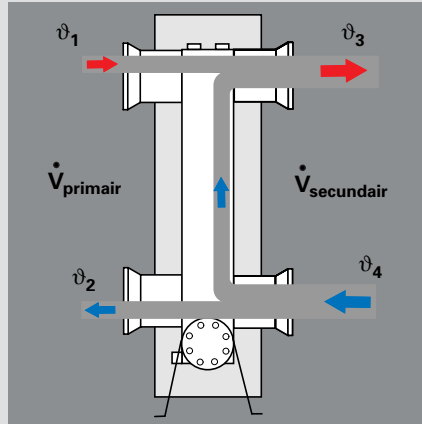
mengd in de retour. De aanvoertemperatuursensor moet achter de evenwichtsfles worden gemonteerd zodat de systeemrelevante temperatuur na de bijmenging van het koudere retourwater wordt gemeten.

Wanneer het gebruik van een evenwichtsfles niet kan worden vermeden, moet een zorgvuldige dimensionering en afregeling plaatsvinden om een zo groot mogelijk condensatie-effect te bereiken.

Belangrijke grootheden en criteria voor optimaal rendement

Regels voor het inplannen van wandtoestellen:

- Bij cascadesystemen met meerdere warmtebronnen zal meestal een evenwichtsfles worden gebruikt.
- Bij compensatie door middel van een evenwichtsfles moet het debiet aan toestelzijde 10 tot 30% lager worden afgeregeld dan het installatiedebiet (lage retourtemperatuur).
- De evenwichtsfles moet worden afgestemd op het maximale debiet dat in heel het systeem kan optreden.



Afb. 34: werkingsprincipe van een evenwichtsfles

Legende

\dot{V}_{primair}	verwarmingswaterdebiet warmtegeneratorcircuit
$\dot{V}_{\text{secundair}}$	verwarmingswaterdebiet verwarmingscircuit
ϑ_1	aanvoertemperatuur warmtegeneratorcircuit
ϑ_2	retourtemperatuur warmtegeneratorcircuit
ϑ_3	aanvoertemperatuur verwarmingscircuit
ϑ_4	retourtemperatuur verwarmingscircuit
\dot{Q}_{primair}	toegevoerde warmtehoeveelheid van de warmtegenerator
$\dot{Q}_{\text{secundair}}$	afgevoerde warmtehoeveelheid van het verwarmingscircuit

$$\dot{V}_{\text{primair}} < \dot{V}_{\text{secundair}}$$

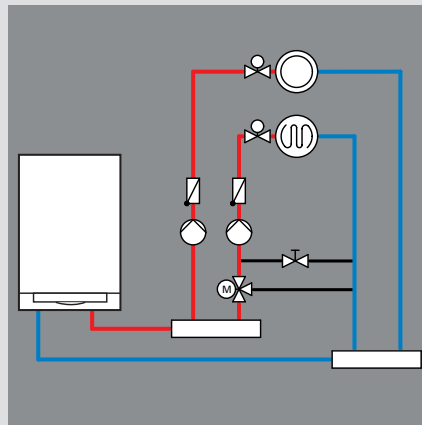
$$\vartheta_1 > \vartheta_3$$

$$\vartheta_2 \approx \vartheta_4$$

$$\dot{Q}_{\text{primair}} = \dot{Q}_{\text{secundair}}$$

Aansluiting van warmwaterboilers

Wanneer een warmwaterboiler in het systeem wordt geïntegreerd, moet deze vóór de evenwichtsfles worden aangesloten aangezien in de aanvoer de hoogste systeemtemperaturen heersen en zo tegelijk de laadtijd kan worden verkort. Een aansluiting achter de evenwichtsfles zou er bij afwezigheid van een mengklep voor zorgen dat de verwarmingscircuits op een ongeregelde manier worden opgewarmd.



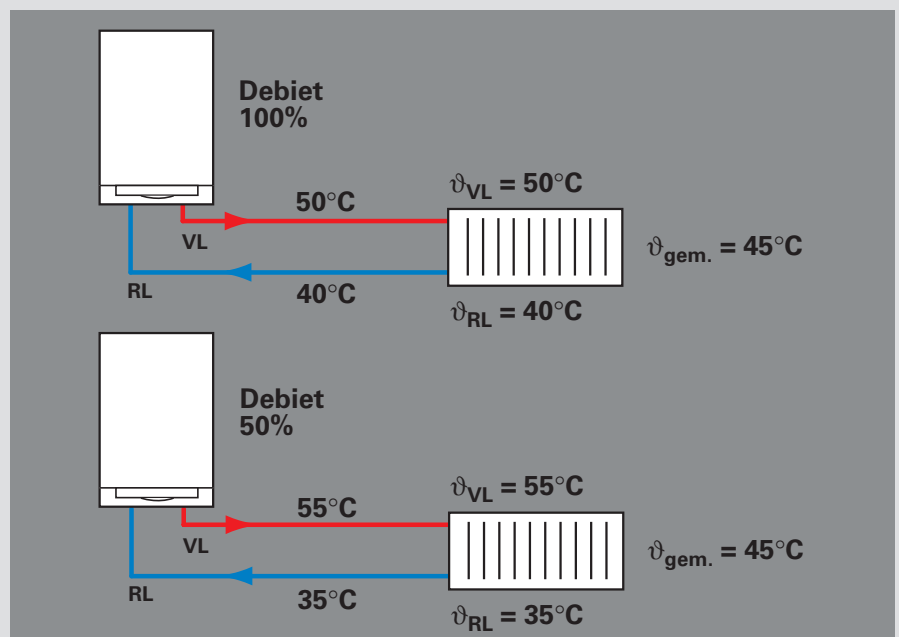
Afb. 35: vereisten van de condensatietechnologie aan het hydraulische systeem

De condensatiebenutting wordt bovendien ook beïnvloed door de dimensionering van de pompdebieten en van de spreiding. Afb. 36 maakt deze invloed duidelijk: wanneer bij een bestaande installatie ($\dot{Q} = \text{const.}$) het pompdebiet (\dot{V}) wordt gehalveerd, neemt de spreiding (DJ) toe maar zakt in eerste instantie de gemiddelde radiatortemperatuur.

$$\dot{V} = \dot{Q} / \Delta\vartheta$$

Wanneer de aanvoer dermate wordt verhoogd dat bij de warmteoverdracht aan de ruimte de oorspronkelijke temperaturen weer ontstaan, ontstaat bij een gelijke gemiddelde temperatuur een dubbel zo grote spreiding, waarbij de retourtemperatuur in even sterke mate daalt. Hiermee kan het condensatie-effect aanzienlijk worden verbeterd.

Omgekeerd is het zo dat grote debieten de spreiding verminderen en op die manier het condensatie-effect mogelijk kunnen tegenwerken (afb. 36).



Afb. 36: invloed van de dimensionering van de pompdebieten (spreiding)

5. Behandeling van condenswater

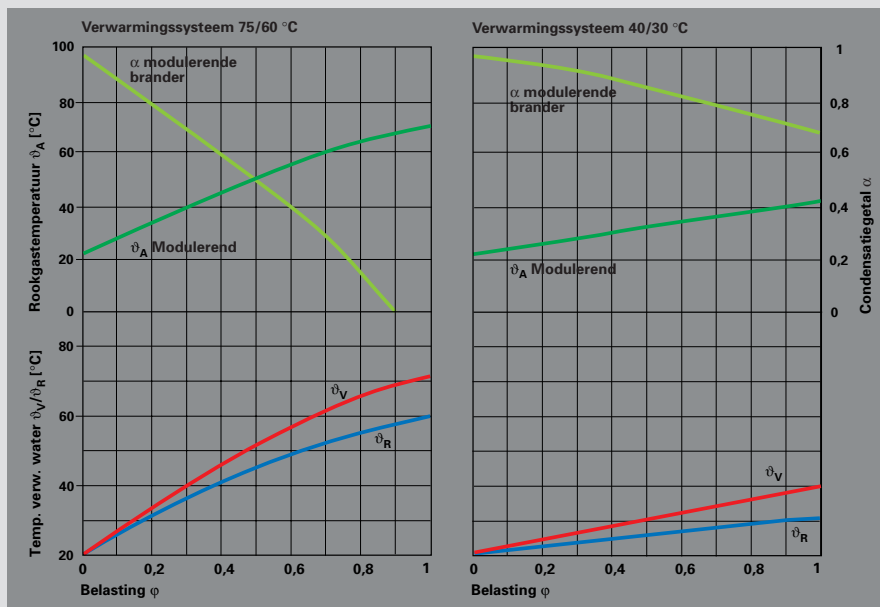
Het condenswater dat in de warmtegenerator en in het rookgaskanaal tijdens de stookwerking ontstaat, moet worden afgevoerd. Bij een gasverbruik van 3000 m³ per jaar voor een doorsnee-ééngezinswoning kan een condenswatervolume ontstaan dat tussen 3000 en 3500 liter per jaar ligt (afb. 37).

Al naargelang de retourtemperatuur ontstaat een welbepaalde rookgas-temperatuur ϑ_A , die op zijn beurt de condensatiecoëfficiënt α beïnvloedt. α wordt 1 wanneer het hele, theoretisch mogelijke condenswatervolume (tabel 1) ontstaat (bij volledige condensatie). Aangezien de pH-waarde in dat geval is gezakt (grotere zuurtegraad) en het condenswater bestanddelen kan bevatten, moeten de gemeentelijke, gewestelijke en federale voorschriften betreffende afvalwater worden gerespecteerd.

Rechtstreekse afvoer van condenswater

Bij condenserende gasketels onder de 25 kW zijn er geen bezwaren tegen een rechtstreekse afvoer naar de riolering (tabel 4). Het aandeel van het condenswater in het totale afvalwatervolume is zo klein dat het voldoende wordt verdund door het overige huishoudelijke afvalwater. Hetzelfde geldt voor condenserende HR-ketels op stookolie die uitsluitend met zwavelarme stookolie werken. Ook bij grotere nominale vermogens tot 200 kW kan het condenswater van condenserende installaties op aardgas of stookolie (voorwaarde: gebruik van zwavelarme stookolie) zonder neutralisering naar de riolering worden afgevoerd wanneer aan de randvoorwaarden van tabel 5 is voldaan. Deze randvoorwaarden zijn zo vastgelegd, dat een verdunning met normaal huishoudelijk afvalwater in een verhouding van 1:20 wordt bereikt.

Voor het vergunnen van de afvoer naar de riolering is voor alle condensatietoestellen de betreffende plaatselijke overheid bevoegd, die op basis van de plaatselijke omstandigheden een beslissing neemt.



Afb. 37: vorming van condenswater

Nominaalvermogen	Gas	Stookolie conform NBN EN 590 zwavelarm	Stookolie NBN T 52-716	Beperkingen
tot 25 kW	neen ^{1), 2)}	ja	neen ^{1), 2)}	Een neutralisering moet evenwel plaatsvinden 1) wanneer het huishoudelijke afvalwater wordt afgevoerd naar kleine waterzuiveringsinstallaties 2) bij gebouwen waarvan de afvoerleidingen niet bestand zijn tegen zure condensaten (bv. verzinkte of koperhoudende materialen). 3) wanneer de vereiste mengverhouding niet wordt gehaald.
25 tot 200 kW	neen ^{1), 2), 3)}	ja	neen ^{1), 2), 3)}	
> 200 kW	ja	ja	ja	

Tab. 4: verplichting om het condenswater te neutraliseren al naargelang het ketelvermogen (bron: ATV-DVWK) – ter informatie

Behandeling van condenswater

De condenswaterafvoer naar de rio-
lering moet zichtbaar zijn en moet
voorzien zijn van een geurafsluiter.

Gebruik van neutraliserings- installaties

Wanneer neutralisering voorgeschre-
ven is, vindt een verschuiving plaats
van de pH-waarde in "neutrale" rich-
ting. Het condenswater wordt dan
doorheen de neutraliseringsinstalla-
tie afgevoerd (afb. 38 en 39). Deze
bestaat in hoofdzaak uit een reser-
voir dat met granulaat is gevuld. Een
deel van het granulaat (magnesium-
hydroxide) lost op in het condenswa-
ter en reageert in hoofdzaak met het
koolzuur, waarbij een zout wordt ge-
vormd en de pH-waarde stijgt naar
een waarde tussen 6,5 en 9.

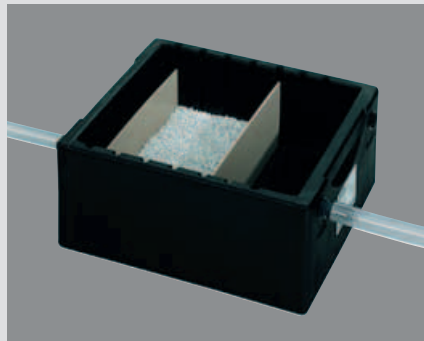
Het is belangrijk dat de installatie
daarbij constant doorwerkt, zodat bij
stilstand niet te veel granulaat wordt
opgelost. Het reservoirvolume moet
aangepast zijn aan het te verwachten
condenswatervolume. De granulaat-
vulling moet zo zijn berekend dat de-
ze minstens voor één stookperiode
volstaat. Na de installatie van het
verwarmingssysteem moet in de
eerste maanden echter op geregelde
tijd-stippen een controle worden
uitgevoerd. Bovendien moet jaarlijks
een onderhoud worden uitgevoerd.

Bij condenserende olietketels die niet
uitsluitend op zwavelarme stookolie
(≤ 50 ppm) werken, blijft een neutrali-
seringsinrichting verplicht. Neutrali-
seringsinrichtingen voor condense-
rende olietketels zijn voorzien van een
voorgeschakelde bezinkkamer en een
actieve-koolfilter voor het binden van
oliederivaten.

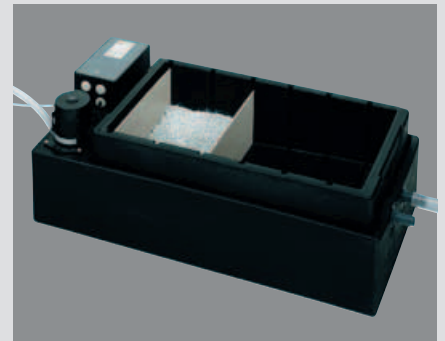
De granulaatvulling die de pH-waar-
de moet verhogen, is samengesteld
uit magnesiumhydroxide (afb. 40).

	Stookvermogen [kW]	25	50	100	150	<200
Woonhuizen	Maximum condens- watervolume per jaar bij aardgas [m ³ /a]	7	14	28	42	56
	bij zwavelarme stookolie [m ³ /a]	4	8	16	24	32
	Minimum aantal flats	1	2	4	6	8
Commerciële gebouwen	Maximum condens- watervolume per jaar bij aardgas [m ³ /a]	6	12	24	36	48
	bij zwavelarme stookolie [m ³ /a]	3,4	6,8	13,6	22,4	27,2
	Minimum aantal werknemers (kantoor)	10	20	40	60	80

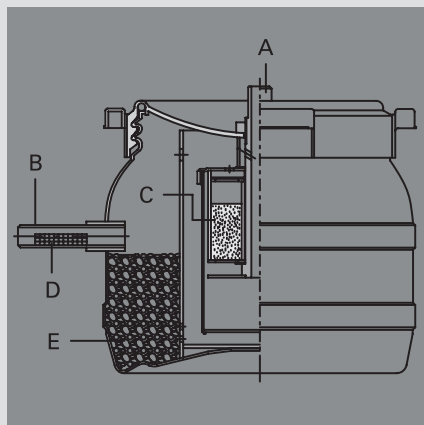
Tab. 4: vereisten voor de condenswatertoevoer bij condensatieketels conform ATV-DVWK-A 251 –
ter informatie



Afb. 38: granulaatneutralisering voor condens-
watervolumes uit gasgestookte installaties tot
70 l/h (dit komt overeen met een vermogen van
ca. 500 kW).



Afb. 39: granulaatneutralisering met condens-
pomp – bruikbaar voor condensaatvolumes tot
210 l/h, dit komt overeen met een vermogen
van ca. 1500 kW



Afb.40: neutraliseringsinrichting voor conden-
serende olietketels (voorgeschreven bij
standaardstookolie)

Legende:

- A Toevoer (DN 20)
- B Afvoer (DN 20)
- C Actieve-koolfilter
- D Kleurindicator
- E Neutraliseringsgranulaat

6. Emissies en rookgassysteem

6.1. Emissies

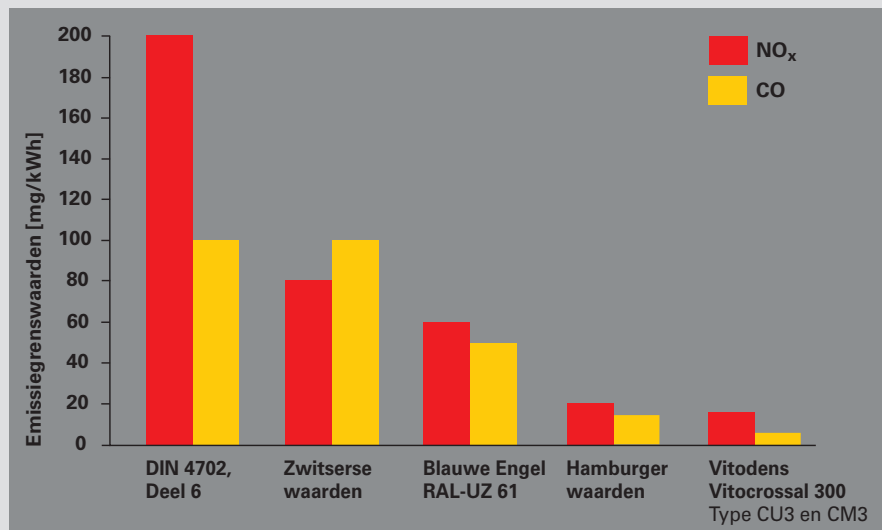
De bijzonder schone verbranding die dankzij moderne MatriX-straling-branders wordt gerealiseerd, zorgt ervoor dat de condensatietoestellen van Viessmann waarden laten optekenen die ver onder de grenswaarden liggen van alle bestaande voorschriften (afb. 41). De uitstoot van schadelijke stoffen ligt reeds gedeeltelijk onder de technisch aantoonbare grens.

De extreem lage uitstoot van schadelijke stoffen van de MatriX-stralingbrander is te danken aan de volledige voormenging van aardgas en lucht en aan de lage verbrandings-temperatuur als gevolg van het grote reactievlak in de vorm van een halve bol. Een groot gedeelte van de warmte die aldus ontstaat, wordt in de vorm van infrarode warmtestraling afgevoerd uit de reactiezone. Hierdoor wordt de vorming van NO_x gevoelig beperkt. Bij condensatietoestellen op stookolie moet gebruik worden gemaakt van blauwbranders aangezien deze slechts zeer lage emissies veroorzaken.

6.2. Rookgassysteem

Als gevolg van de lage rookgastemperatuur ($< 85^\circ\text{C}$) en het gevaar dat de resterende vochtigheid in de rookgasinstallaties gaat condenseren, is een conventionele, enkelwandige schoorsteen niet geschikt voor de installatie van condenserende toestellen. De lage rookgastemperatuur volstaat niet altijd om een thermische opwaartse kracht in de rookgasinstallatie tot stand te brengen, zodat condenserende toestellen vaak met een ventilator zijn uitgerust en met overdruk werken. Hierdoor verschillen deze systemen duidelijk van conventionele schoorstenen:

- Het kanaal hoeft bij werking niet bestand te zijn tegen roetbrand e.d.
- De temperatuurbelasting is laag.
- Er kan zowel met onderdruk als met overdruk worden gewerkt.
- Er moet rekening mee worden gehouden dat corrosief condenswater wordt gevormd.



Figuur 41: Emissie van de condenserende gasketels Vitodens 300/333 en Vitocrossal 300 (type CU3 en CM3) in vergelijking met de verschillende voorschriften en kwaliteitslabels.

Aan deze voorwaarden is voldaan wanneer eenvoudige rookgasleidingen worden gebruikt die van kunststof (beperkte toepassingen – zie NBN B 61-002 hieromtrent), roestvast staal, keramiek of glas zijn gemaakt.

In principe is het van belang om te weten of de condensatieketel in de – woonzone (woonruimte) of – in een zone zonder woonfunctie (stookruimte of technisch lokaal) moet worden geplaatst – zie de bevoegde normen, o.a. NBN B 61-002 ($P < 70\text{kW}$), NBN B 61-001 ($P \geq 70\text{kW}$), NBN D 51-003 (4de), ...

De plaatsing in de woonzone is enkel toegelaten indien de rookgasbuis geplaatst is in een beschermingsbuis en omgeven van een geventileerde luchtlaag, type geveldoorvoer, met een kamerluchtonafhankelijke werking.

In dit geval moeten er geen hoge- of lageverluchting voorzien worden, uitgezonderd indien de ruimte te kleine afmetingen heeft, bijvoorbeeld een gesloten toestel opgesteld in een keukenkast.

Indien de verhouding nominaal vermogen (kW) van alle toestellen gedeeld door het volume (m^3) van de

opstellingsruimte hoger is dan 35: - lage- en hoge-ventilatie = $1\text{ cm}^2/\text{kW}$ met een minimum van 50 cm^2 .

Deze niet-afsluitbare openingen moeten in een goed geventileerde ruimte uitmonden of rechtstreeks buiten.

De plaatsing in een woonzone is eveneens mogelijk in wel bepaalde gevallen voor kamerluchtafhankelijke toestellen, o.a. bij de vervanging van een bestaand toestel. Gelieve daarvoor de betreffende normen te raadplegen.

Totaal geïnstalleerd nominaal vermogen lager dan 70 kW – Toevoeropeningen

Toestel type B11BS:
 $6\text{ cm}^2/\text{kW}$ -min 50 cm^2
Toestel type B22 of B23:
 $3\text{ cm}^2/\text{kW}$ min 50 cm^2

De verbrandingslucht moet rechtstreeks van buiten komen!! De toevoer van verbrandingslucht via doorgangopeningen is niet toegelaten voor nieuwe installaties.

De bovenverluchting (naar buiten) is $1/3$ van de onderverluchting met een min. van 50 cm^2 .

Emissies en rookgassysteem

Totaal geïnstalleerd nominaal vermogen gelijk of hoger dan 70 kW – Toevoeropeningen.

Zie NBN B 61-001.

In de stookruimte moet een afvoer voor het condenswater en een uitblaasleiding voor de veiligheidsklep worden voorzien.

Elektrische vergrendelingen met afzuigtoestellen (afzuigkappen, ...) zijn bij gesloten werking niet vereist.

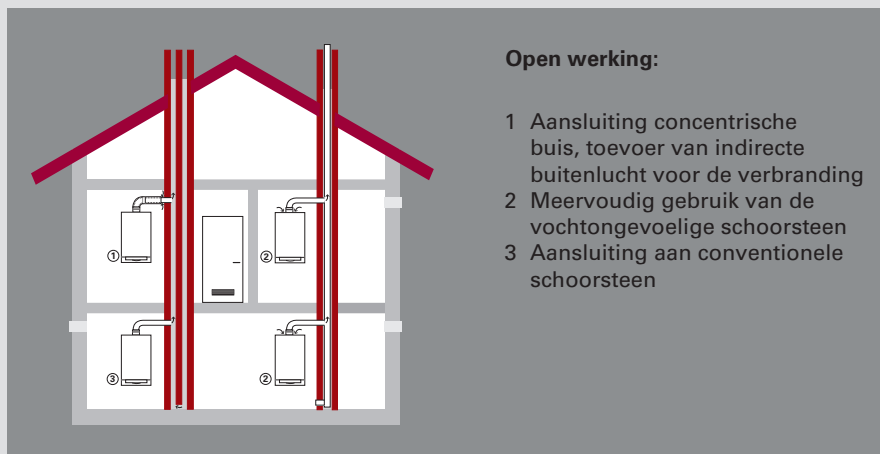


Fig. 42: rookgassystemen voor Vitodens 200 en 300 voor open werking.

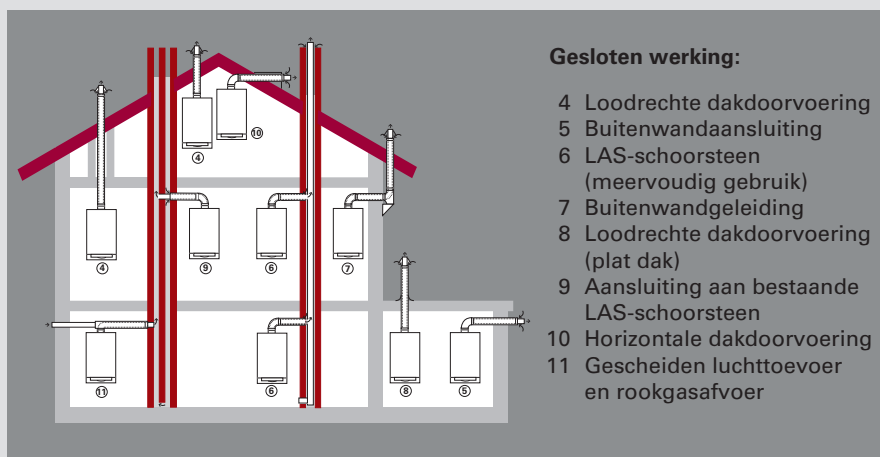


Fig. 43: rookgassystemen voor Vitodens 200 en 300 voor gesloten werking.

7. Advies

7.1. Condenserende wandketels op gas

Viessmann biedt voor alle vereisten de passende systeemtechniek voor condensatiebenutting. Bij ééngesinswoningen bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van een wandtoestel met warmwaterboiler of geïntegreerde comfortdoorstroomverwarmer. Een dergelijk toestel kan zowel voor open als gesloten werking worden gebruikt en kan zowel op de zolderverdieping, in bewoonde ruimten of in de kelder worden geïnstalleerd. Als alternatief kan in de kelder een condenserende vloerketel op gas met afzonderlijke warmwaterboiler worden geïnstalleerd. Voor meergezinswoningen kan een decentrale of centrale oplossing worden gekozen.

Bij decentrale warmteproductie worden meestal wandketels geïnstalleerd in alle wooneenheden. De warmwatervoorziening vindt in dat geval plaats via een ernaast hangende of eronder/ernaast geplaatste warmwaterboiler of via een platenwarmtewisselaar die in het condensatietoestel is geïntegreerd en volgens het doorstroomprincipe werkt.

Condenserende gasketel Vitodens 200

Hoogwaardige condensatietechnologie voor verwarming en warm water. De Inox-Radial-warmtewisselaar van roestvast staal werkt uiterst efficiënt. Ook de modulerende roestvaststalen cilinderbrander met voormenging gaat zeer zuinig om met energie.

- 8,8 tot 31 kW
- Gebruiksrendement: tot 109%

Condenserende gasketel Vitodens 300

Spitstechnologie plus aantrekkelijk design: de krachtige, modulerende Matrix-Compact-gasbrander van de Vitodens 300 overtuigt door het lage energieverbruik en de geringe emissies. De automatische rookgasadaptatie zorgt voor een constant hoog rendement. De 13 kW-versie van de



Bild 44: Gas-Brennwertkessel von 4,2 bis 66 kW

Vitodens 300 is daarnaast ook uitgerust met het Lambda Pro Control-systeem. Hierdoor herkent de ketel automatisch het gastype en past hij de verbranding aan volgens de gaskwaliteit en de omstandigheden.

- 4,2 tot 66 kW
- Gebruiksrendement: tot 109%

Compact condenserend toestel op gas Vitodens 333

Twee in één: de krachtige Vitodens 300 plus de hoogwaardige geïntegreerde tapwaterlaadboiler met 86 liter inhoud. Compact gecombineerd in één toestel met een hoogte van slechts 140 cm en een geringe breedte, zodat het toestel in alle courante keukens past. De automatische rookgasadaptatie zorgt voor een hoog rendement.

- 4,2 tot 26 kW
- Gebruiksrendement: tot 109%

Vitodens 343 Compacte energietoren – condenserende gasketel met zonneboiler

Zuinig, milieuvriendelijk en toekomstgericht: de compacte en complete oplossing die een condensatie-

toestel combineert met krachtige tapwateropwarming – perfect voorbereid voor onmiddellijke of latere integratie van een zonne-installatie. Dankzij de Lambda Pro Control herkent de Vitodens 343 automatisch het gastype en past de ketel de verbranding aan volgens de gaskwaliteit en de omstandigheden.

- 4,2 tot 13/16 kW
- Gebruiksrendement: tot 109%



Afb. 45: Vitodens 343 – compacte energietoren van 4,2 tot 13,0 kW

7.2. Condenserende wandketel op olie

Condensatietoestel op stookolie Vitoplus 300

Betrouwbare condensatietechnologie ook voor stookolie. Het innoverende Inox-Radial-verwarmingsoppervlak van roestvast staal staat garant voor een zuinige werking, een grote betrouwbaarheid en een lange levensduur.

Praktisch voordeel bij de renovatie: Als wandtoestel op stookolie vervangt de Vitoplus 300 vloerketels op stookolie. Hierdoor kan de stookruimte bijvoorbeeld ook als hobbykamer worden gebruikt.

- 12,9 tot 23,5 kW
- Gebruiksrendement: tot 104%



Afb. 46: condenserende wandketel Vitoplus 300 op stookolie, met Inox-Radial-verwarmingsvlakken en Compact-blauwbrander, 12,9 tot 23,5 kW

Condenserende oliegestookte unit Vitolaplus 300 (op de vloer geplaatst)

Innoverende spitstechnologie die van de Duitse consumentenorganisatie Stiftung Warentest (de Duitse tegenhanger van Test-Aankoop) een „zeer goed“-beoordeling kreeg: de Vitolaplus 300 overtuigt door zijn zuinigheid en bedrijfszekerheid. Dankzij de tweetraps warmtewinning en de combinatie van het beproefde, biferiaal samengestelde verwarmingsoppervlak en de nageschakelde Inox-Radial-warmtewisselaar van roestvast staal is deze ketel ideaal voor renovaties. De milieuvriendelijke blauwevlam-brander Vitoflame 300 presteert zelfs beter dan de grenswaarden die het K.B. van 08.01.04 en het Duitse strenge milieulabel "Blauer Engel" opleggen.

- 19,4 tot 29,2 kW
- Gebruiksrendement: tot 103%



Afb. 47: condenserende oliegestookte unit Vitolaplus 300 met nageschakelde Inox-Radial-warmtewisselaar van roestvast staal, 19,4 tot 29,2 kW

7.3. Condensatieketel op gas (vloerketel)

Condenserende ketelunit Vitocrossal 300 op aardgas (afb. 48)

Een absoluut topproduct onder de condenserende vloerketels op gas: de Vitocrossal 300 benut de condensatiewarmte van de rookgassen bijzonder doeltreffend dankzij het Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak van roestvast staal waarmee de ketel is uitgerust. De MatriX-brander bespaart bovendien stookkosten en staat zonder enig compromis garant voor een verlaagde emissie van schadelijke stoffen. De brander presteert zelfs beter dan de grenswaarden van het K.B. Van 08.01.04 en van het Duitse strenge milieulabel "Blauer Engel".

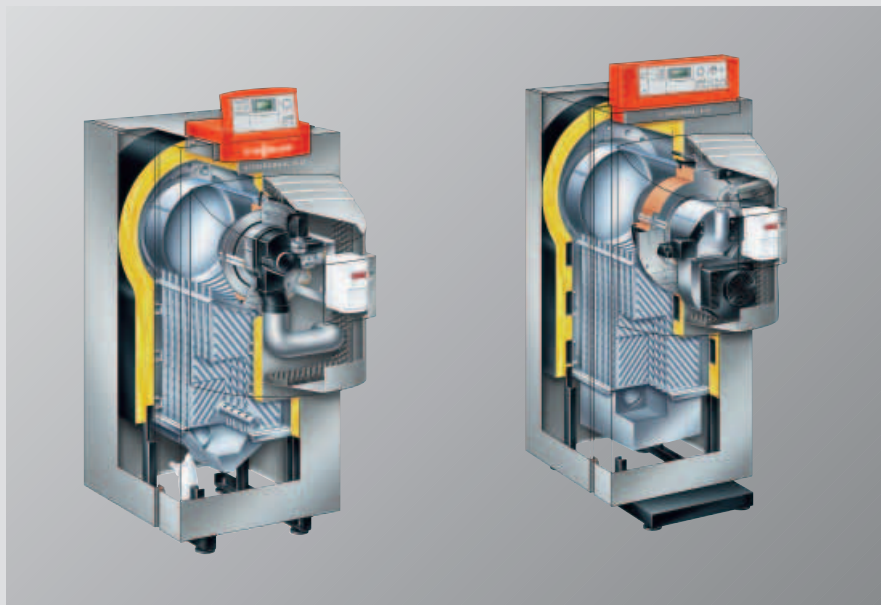
Voordeel voor de EPB-berekening: gesloten werking tot 66 kW. Die maakt het mogelijk om de Vitocrossal 300 in een geïsoleerde gebouwomgeving te plaatsen (eventueel in een technisch lokaal vanaf 30 kW of stookplaats vanaf 70 kW).

- 27 tot 142 kW
- Gebruiksrendement: tot 109%

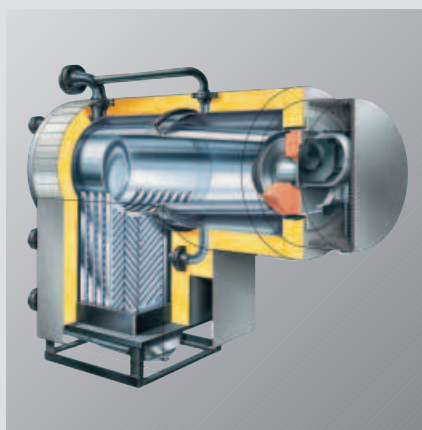
Condensatieketel op gas Vitocrossal 300 (afb. 49 + 50)

Uitstekende condensatietechnologie voor elke behoefte: meergezinswoningen, stadsnetten, openbare en commerciële gebouwen. Verantwoordelijk voor de constant hoge condensatiebenutting, de lange levensduur en het beperkte onderhoud is een mijlpaal van de Viessmann-verwarmingstechniek: het verticaal geplaatste Inox-Crossal-verwarmingsoppervlak van roestvast staal.

- 187 tot 978 kW, tot 314 kW met MatriX-stralingsbrander
- Gebruiksrendement: tot 109%



Afb. 48: condenserende vloerketels op gas van het type Vitocrossal 300 met MatriX-gasbrander



Afb. 49: condenserende vloerketels op gas van het type Vitocrossal 300 met Inox-Crossal-verwarmingsvlakken en MatriX-stralingbrander



Afb. 50: condenserende vloerketels op gas van het type Vitocrossal 300 met Inox-Crossal-verwarmingsvlakken, 787 en 978 kW

7.4. Rookgas/water-warmtewisselaar

Vitotrans 333

Het Vitotec-programma voor condenserende vloerketels wordt aangevuld met de roestvaststalen rookgas/water-warmtewisselaars Vitotrans 333 van 80 tot 6600 kW. Voor de condensatiebenutting wordt bij de grotere vermogens immers een rookgas/water-warmtewisselaar aangesloten achter de ketel (afb. 51).

In rookgas/water-warmtewisselaars (afb. 52) wordt de rookgastemperatuur drastisch verlaagd en ligt deze nog 10 tot 25 K boven de retourtemperatuur van het verwarmingswater. Alleen al hierdoor stijgt het rendement met ca. 5%. De verdere energiebesparing en het eigenlijke nut van condenserende rookgas/water-warmtewisselaars is te danken aan de benutting van de warmte die vrijkomt bij de condensatie van de rookgassen op de koude verwarmingsoppervlakken. Al naargelang de temperatuur van het verwarmingswater in de rookgas/water-warmtewisselaar is de bijkomende warmtewinning door de condensatie nog eens (maximaal) 7%.

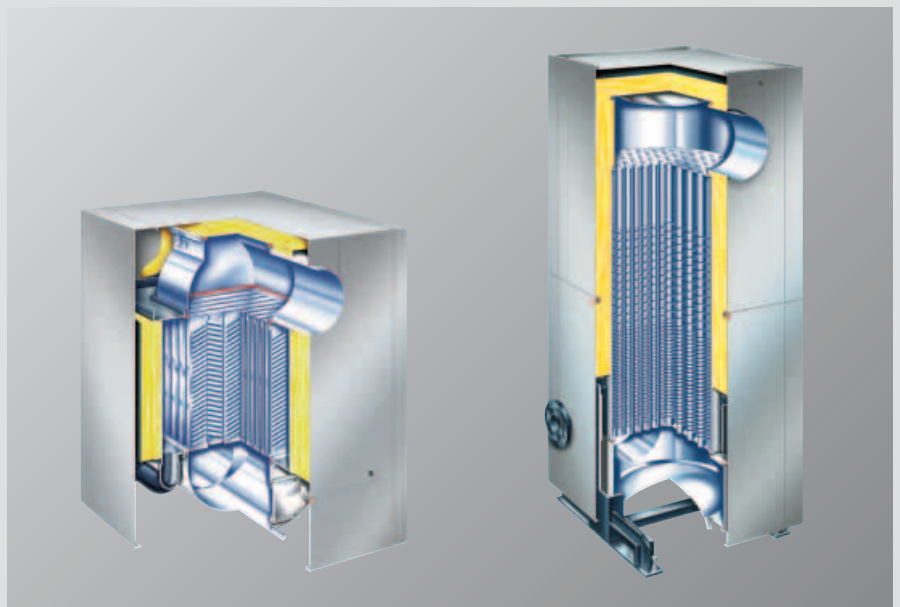
Het gebruiksrendement van verwarmingsketels kan door het naschakelen van rookgas/water-warmtewisselaars van het type Vitotrans 333 bij aardgas met wel 12 % worden verhoogd en bij stookolie met wel 7 %.

Van de Vitotrans 333 zijn er twee uitvoeringen, elk voor een ander vermogensbereik. Tot 1750 kW zijn ze uitgerust met Inox-Crossal-verwarmingsoppervlakken, van 1860 tot 6600 kW met de Inox-Tubal-warmtewisselaarbuizen.

Beide rookgas/water-warmtewisselaars zijn uiterst efficiënt en zijn gemaakt van roestvast staal. Hierdoor is corrosie door zuur condenswater uitgesloten. Het tegenstroomprincipe van ketelwater en verwarmingsgasen zorgt voor een bijzonder intensieve condensatie. De loodrechte plaatsing versterkt nog het zelfreinigende effect: het condenswater kan ongehinderd naar beneden wegstromen. Daarbij worden de verwarmingsvlakken gespoeld en blijven deze vrij van verontreinigingen.



Afb. 51: Vitoplex 300 met nageschakelde rookgas/water-warmtewisselaar Vitotrans 333 voor condensatiebenutting bij verwarmingsketels van 80 tot 6600 kW



Afb. 52: rookgas/water-warmtewisselaar Vitotrans 333 met Inox-Crossal-verwarmingsoppervlakken en Inox-Tubal-warmtewisselaarbuizen

Advies

7.5. Tapwateropwarming: selectietabel voor combinatietoestellen/verwarmingstoestellen

De wandtoestellen van Viessmann zijn ook in het gebruik bijzonder gebruiksvriendelijk. Dat is zowel te danken aan de eenvoudige bediening als aan de comfortabele tapwateropwarming met het geïntegreerde Quickwarmwatersysteem. Bij de combinatievatwaterverwarmers zorgen platenwarmtewisselaars meteen voor warm water – zonder onnodig energie- en waterverbruik.

Voor grotere warmwaterbehoeften is er het omvangrijke programma Vitocell-boilers van 80 tot 300 liter. Of het nu gaat om een hangende of een eronder of ernaast geplaatste versie, de boilers zijn qua vorm en kleur steeds afgestemd op de wandtoestellen van Viessmann. Met de bijhorende aan-

sluitsets kunnen ze snel en gemakkelijk worden aangesloten.

Tabel 6 geeft advies bij de keuze tussen hangende combinatietoestellen (met comfortdoorstroomverwarmer) en verwarmingstoestellen met afzonderlijke warmwaterboiler, gezien vanuit het standpunt van de tapwateropwarming.

Bij renovaties biedt condensatietechnologie veel voordelen aangezien aan rookgaszijde eenvoudige en qua kosten interessante oplossingen mogelijk zijn. Een uitgebreide schoorsteensanering inclusief metselwerken is niet nodig. In plaats daarvan worden gemakkelijk te installeren rookgasleidingen van kunststof in de bestaande kokers ondergebracht of wordt een kleine opening gemaakt in de muur om rechtstreeks toegang te hebben tot de openlucht.

Tab. 6: selectietabel – advies bij de keuze tussen combinatietoestel met ingebouwde comfortdoorstroomverwarmer of verwarmingstoestel met afzonderlijke warmwaterboiler

		Combinatietoestel met comfortdoorstroomverwarmer	Verwarmingstoestel met afzonderlijke warmwaterboiler
Warmwaterbehoefte, comfort	Warmwaterbehoefte voor een flat	+	+
	Warmwaterbehoefte voor een ééngesinswoning	0	+
	Warmwaterbehoefte centraal voor een appartementsgebouw	–	+
	Warmwaterbehoefte decentraal voor een appartementsgebouw	+	+
Gebruik van de verschillende aangesloten aftappunten	Eén aftappunt	+	0
	Meerdere aftappunten maar geen gelijktijdig gebruik	+	0 / +
	Meerdere aftappunten en gelijktijdig gebruik	–	+
Afstand van het aftappunt tot het toestel	Tot 7 m (zonder circulatieleiding)	+	–
	Met circulatieleiding	–	+
Renovatie	Warmwaterboiler aanwezig, vervanging van een aanwezig combinatietoestel	– +	+ – / 0
	Benodigde ruimte	Geringe plaatsbehoefte (plaatsing in een nis)	+
	Voldoende plaats (stookruimte)	+	+

+ = aanbevolen

0 = onder bepaalde voorwaarden aan te bevelen

– = niet aan te bevelen

7.6. De modulaire techniek van Viessmann

De modulaire techniek van Viessmann, die gebaseerd is op een platformstrategie, maakt uw montage-, service- en onderhoudswerken gemakkelijker. Daarbij worden volgens het bouwdoosprincipe het basischassis en de betreffende functiemodules samengebouwd tot verschillende toesteluitvoeringen.

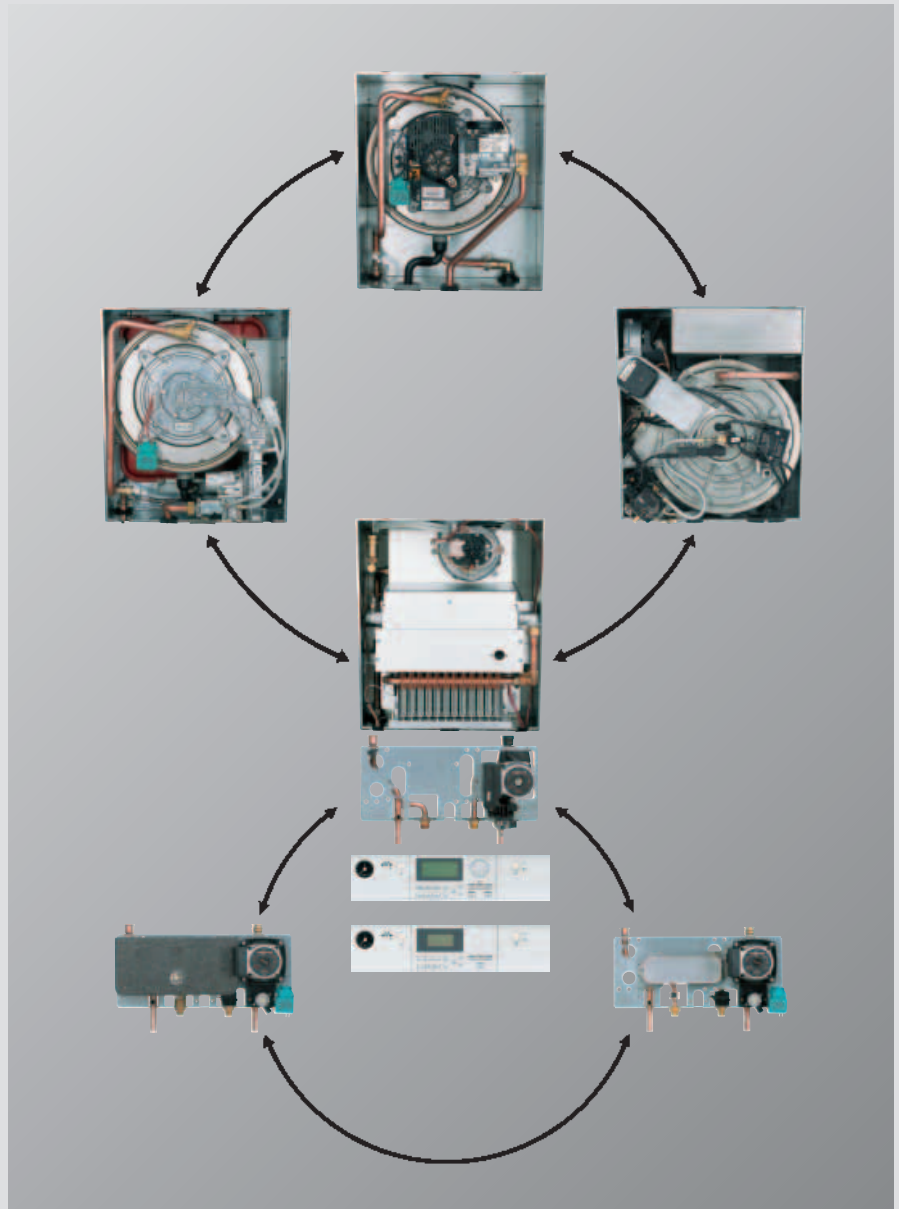
Bouwdozen met een systeem: tijd en geld besparen

Alle elementen van het Vitotec-programma zijn consequent afgestemd op functionaliteit – wat uiteraard ook voor de nieuwe wandtoestellen geldt. Met duidelijke structuren en standaardisering creëert de modulaire techniek daarbij de basis voor hoog rendement, van planning tot gebruik. De verschillende toesteluitvoeringen worden opgebouwd met in totaal vier warmtecellen, drie aquaplatines en twee regelingtypes. Zo ontstaat een uitgebreid programma dat niettemin wordt gekenmerkt door een grote onderlinge consistentie van componenten (afb. 53).

Minder is meer: harmonisering van componenten

Viessmann heeft de onderdelen van de verschillende toestellen verder geüniformiseerd. Overal worden dezelfde elementen gebruikt. Het geringe aantal toesteltypes geeft een aantal voordelen:

- tijdsbesparing dankzij uniforme montagestappen
- snellere en meer economische inbedrijfstelling
- probleemloze service, eenvoudiger onderhoud
- minder wisselstukken
- dankzij de modulaire constructie minder aanleiding tot fouten en minder opleiding vereist.



Afb. 53: de consequente modulaire techniek van Viessmann maakt het mogelijk om volgens het bouwdoosprincipe basischassis en functiemodules tot verschillende toesteluitvoeringen samen te bouwen. Hierdoor hebben de toestellen veel identieke componenten met elkaar gemeen en zijn ook de montagestappen uniform en gemakkelijker te begrijpen



Comfortabel, zuinig en milieuvriendelijk warmte opwekken en deze al naargelang de behoefte ter beschikking stellen: dat is het doel waarvoor het familiebedrijf Viessmann zich al drie generaties lang engageert. Met een groot aantal zelf ontwikkelde producten en oplossingen creëerde Viessmann de ene mijlpaal na de andere. Dit maakte het bedrijf technologisch toonaangevend en zorgde ervoor dat Viessmann de impulsgever van de hele branche werd.

Met het huidige Vitotec-programma biedt Viessmann zijn klanten een compleet en gelaagd programma aan met vermogens van 1,5 kW tot 20 000 kW: vloer- en wandketels op stookolie of aardgas in conventionele en condenserende uitvoeringen evenals hernieuwbare-energiesystemen zoals warmtepompen, zonnepompen en ketels voor hernieuwbare grondstoffen.

Het programma omvat tevens componenten voor regeling en datacommunicatie, van alle mogelijke perifere systemen tot radiatoren en vloerverwarmingen.

Met tien fabrieken in Duitsland, Frankrijk, Canada, Polen en China, verkooporganisaties in Duitsland en 34 andere landen, en wereldwijd 112 verkoopkantoren is Viessmann een internationaal georiënteerd bedrijf.

Verantwoordelijkheid voor milieu en maatschappij, een faire omgang met commerciële partners en medewerkers evenals het streven naar perfectie en de hoogste efficiëntie in alle commerciële processen zijn voor Viessmann centrale waarden. Dat geldt voor alle medewerkers en voor heel het bedrijf, dat met zijn producten en bijhorende dienstverlening zijn klanten een groot voordeel evenals de meerwaarde van een sterk merk biedt.

De verkoopkantoren van Viessmann: in België:

Zaventem – tel.: 02 712 06 66
 Welkenraedt – tel.: 087 31 31 64
 Roeselare – tel.: 051 54 10 54

in Nederland:

2908 LN Cap. a/d IJssel –
 tel.: 010-458 44 44

Viessmann-Belgium b.v.b.a.

Hermesstraat 14
 1930 Zaventem (Nossegem)
 Tel.: 02 712 06 66
 Fax: 02 725 12 39
 E-mail: info@viessmann.be
www.viessmann.com



Het Viessmann-Centrum in Allendorf met het bedrijfsmuseum „Via Temporis“

Wandtoestellen op stookolie en aardgas, zowel in conventionele als condenserende uitvoeringen



Hernieuwbare-energiesystemen voor het benutten van omgevingswarmte, zonne-energie en hernieuwbare grondstoffen



Componenten voor verwarmingssystemen van brandstofopslag tot radiatoren en vloerverwarmingen

Vloerketels op stookolie en gas in conventionele en condenserende uitvoeringen

