



## Best Practice Stoom- en condensaatssystemen

### 1. Inleiding

In een stoomketel wordt door het verbranden van een brandstof warmte gegenereerd om water te verdampen. De gevormde stoom heeft een temperatuur boven de 100°C. Door de druk van de gevormde stoom te verhogen wordt een hogere temperatuur bereikt. Bij verzadigde stoom kan niet meer water worden verdampt en is er een vast verband tussen de stoomdruk en de stoomtemperatuur.

Bij de warmteafgifte bij de stoomgebruikers en in het leidingsysteem ontstaat condensaat wat geheel of voor een deel naar het ketelhuis wordt geretourneerd. De warmte-inhoud van het condensaat is ca. 20% van die van de stoom waaruit het wordt verkregen.

Dit Best Practice document over de stoom- en condensaatinstallatie is bedoeld voor bedrijven die beschikken over een stoominstallatie en willen weten welke concrete energiebesparingsmogelijkheden er zijn voor deze installatie. Deze Best Practice is met name van toepassing op stoominstallaties tot een druk van ca. 20 - 25 bar, die stoom produceren zonder elektriciteitsopwekking. Stoomgeneratoren blijven buiten beschouwing.

Nederland telt zo'n 3.000 stoominstallaties. De verdeling van de totale kosten van het beheer en gebruik van een stoominstallatie ziet er globaal als volgt uit:

- |   |     |
|---|-----|
| • Energiekosten                             | 80% |
| • Kapitaal-, onderhoud- en personeelskosten | 15% |
| • Waterbehandeling                          | 5%  |

In deze Best Practice worden aandachtspunten bij het ontwerp- en gebruik van stoom- en condensaatssystemen beschreven met het oog op een efficiënt beheer van de stoominstallatie en een efficiënt gebruik van energie. Deze Best Practice richt zich hierbij in de eerste plaats op de stoomopwekking en de distributie van stoom en condensaat.

### 2. Vuistregels

Hieronder worden enkele vuistregels gegeven om te beoordelen of het stoom- en condensaatstelsel aandacht nodig heeft:

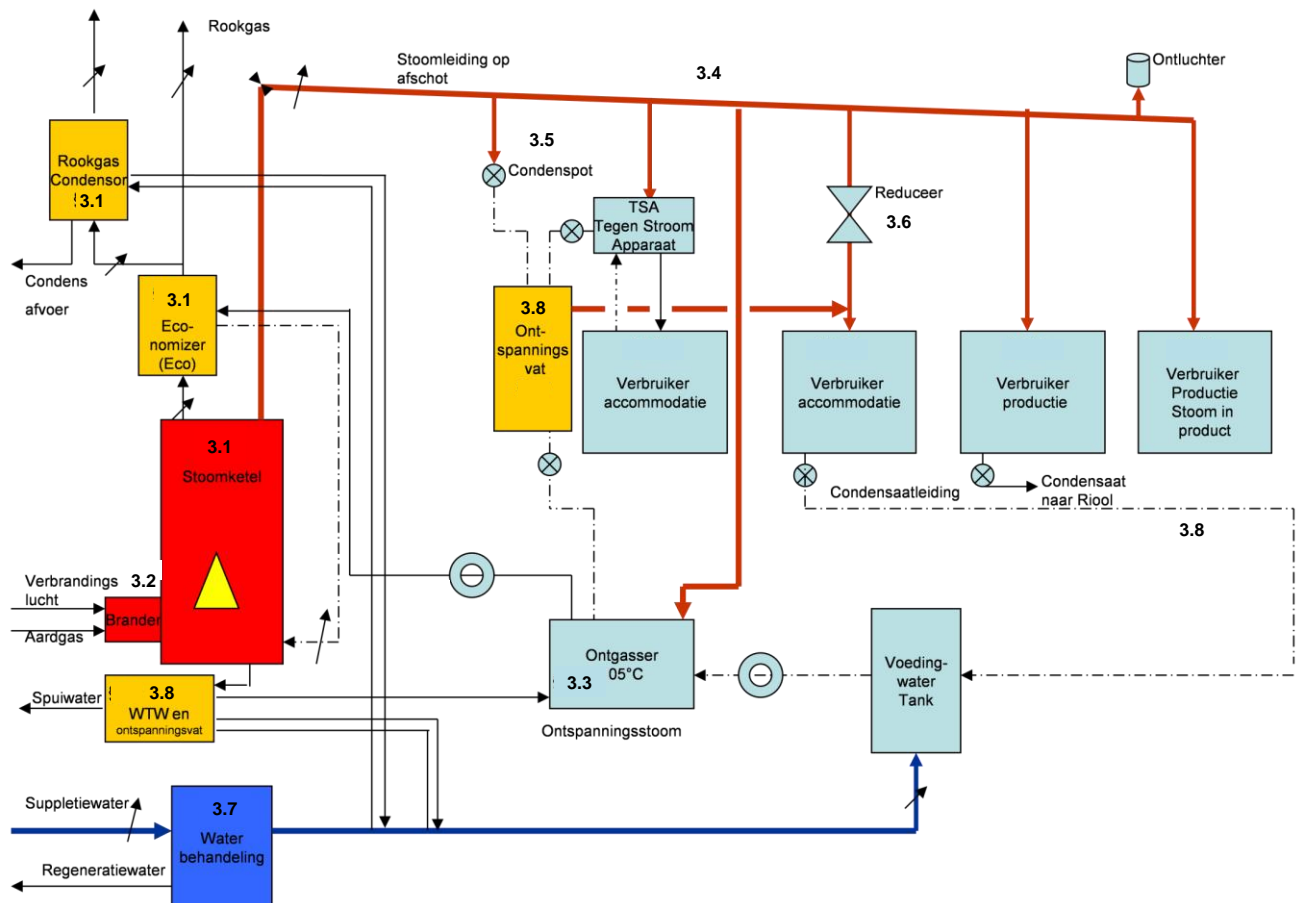
- [Controleer de rookgastemperatuur direct achter de ketel](#), dus niet ná een [economizer](#) of [rookgascondensator](#). De rookgastemperatuur ligt maximaal 20 tot 30°C boven de stoomtemperatuur. Een hogere temperatuur duidt op een slechte warmte-overdracht in de ketel dat bijvoorbeeld veroorzaakt kan zijn door ketelsteen.
- Inventariseer het gasgebruik of de opbrengst (tonnen) van de stoomketel en de hoeveelheid suppletiewater en analyseer deze data. Het quotiënt: gasverbruik stoomketel [ $\text{Nm}^3$ ] / suppletiewater [ $\text{m}^3$ ] óf stoomopbrengst [ton] / suppletiewater [ $\text{m}^3$ ] moet nagenoeg constant zijn. afwijkingen moeten worden verklaard.
- [Retourneer waar mogelijk condensaat](#). Condensaat bevat ca. 20% van de energie-inhoud van stoom. Indien retourneren niet mogelijk is door vervuiling óf te grote afstanden kan mogelijk de condensaatwarmte worden teruggewonnen.
- Condensaatleidingen zijn groter of ten minste nét zo groot als stoomleidingen, controleer of dit het geval is.
- Controleer het leidingsysteem op [lekken](#). Een 'lek' in het stoomstelsel is zichtbaar als een rookpluim. Bij reduceersystemen is dit gewenst, maar indien de rookpluim ineens groter lijkt te zijn kan dit duiden op een ongewenst lek. *Voorbeeld:* Bij een stoomdruk van 10 bar kost een lek van 2 mm 11.500  $\text{Nm}^3$  aardgas en 110  $\text{m}^3$  water per jaar.
- Controleer regelmatig [condenspotten](#) op hun functioneren. Ca. 5-8% van de condenspotten begeven het jaarlijks. *Voorbeeld:* Bij een stoomdruk van 10 bar kost een defecte condenspot ca. 75 – 88  $\text{Nm}^3$  aardgas/ton stoom.
- Controleer de [isolatie](#) van het stoom en condensaatstelsel regelmatig op beschadigingen en vocht. Bij vochtige isolatie is de isolatiewaarde gehalveerd en moet worden vervangen (na het verhelpen van de lekkage). Beschadigde isolatie dient eveneens te worden vervangen en verwijderde isolatie dient te worden herplaatst.

Indien delen van het stoomsysteem nog niet zijn geïsoleerd verwijzen we u naar de Best Practice Isolatie.

### 3. Componenten van het Stoom- en condensaatstelsel en besparingsmogelijkheden

In onderstaand schematisch overzicht wordt aangegeven uit welke onderdelen een stoominstallatie kan bestaan en op welke plaats deze zich in het systeem bevinden. Vervolgens wordt per onderdeel aangegeven wat de energiebesparingsopties zijn. Er wordt naar de desbetreffende paragraaf verwezen.

*NB.: Onderstaand schema is sterk vereenvoudigd en geen praktijk situatie. Het beoogt een overzicht te geven van de diverse onderdelen waaruit een stoominstallatie kan bestaan, de plaats en om te verwijzen naar de desbetreffende paragraaf.*



Figuur 1: Gestructureerd overzicht van energiebesparingsmogelijkheden in stoom- en condensaatinstallaties [2] Bron: Industrial Energy Experts.

#### 3.1 Stoomketel

**Functie:** Het produceren van stoom. Tot drukken van 20-25 bar en voor verzadigde stoom, worden meestal de zogenaamde vuurgangvlampijpketels toegepast. De verbrandingsgassen gaan door pijpen (vlampijpen), die omgeven worden door het ketelwater. Het aantal series vlampijpen bepaalt of er sprake is van ééntreks-, tweetreks of drietreks ketels.

**Maatregel:** Beperken van het stilstandsverlies.

Het warmteverlies (straling en convectie) bij de ketel, bedraagt 1-2% van het opgestelde ketelvermogen, gedurende de tijd dat de ketel in bedrijf is, zowel in vollast als in deellast, maar



ook in de stand-by situatie. Besparing: Voor een ketel van 4 ton/h (3 MW), die het hele jaar stand-by staat, betekent dit een warmteverlies dat overeenkomt met 45.000 Nm<sup>3</sup> aardgas. Dit kan worden bespaard door de ketel "uit" te zetten.

*Maatregel: Controle rookgastemperatuur.*

De rookgastemperatuur wordt in eerste instantie bepaald door het ketelontwerp. Bij een goed ontworpen ketel ligt de rookgastemperatuur, gemeten direct achter de ketel, maximaal 30°C boven de verzadigingstemperatuur van de stoom. Een in de tijd optredende wijziging hierin kan duiden op water- of rookgaszijdige vervuiling. Bij een waterzijdige vervuiling kunt u denken aan ketelsteen. De warmte-overdracht loopt terug. Dit kost enerzijds extra energie en kan anderzijds schade aan de ketel veroorzaken. Controleer de samenstelling van het suppletiewater en het retour condensaat op hardheid en neem contact op met de ketelleverancier voor inspectie en reiniging. Besparing: Op basis van de rookgastemperatuur kan gesteld worden dat een verlaging van 20°C een rendementsverbetering van 1% oplevert.

*Voorbeeld:*

Een stoomketel produceert verzadigde stoom met een temperatuur van 180°C. De rookgastemperatuur wordt wekelijks bijgehouden. Hieruit blijkt dat deze in het laatste half jaar is gestegen van 210 naar 225°C. Eerst dient te worden onderzocht hoe de vervuiling van de ketel is ontstaan en in de toekomst voorkomen kan worden. Na inspectie wordt de ketel gereinigd en daalt de rookgastemperatuur tot de oorspronkelijke waarde, waardoor op het jaarlijks gasverbruik van 1.000.000 Nm<sup>3</sup> ruim 6.800 Nm<sup>3</sup> wordt bespaard. Daarnaast wordt onderzocht hoe de vervuiling van de ketel is ontstaan en in de toekomst voorkomen kan worden.

*Maatregel: Economizer (Eco)*

Een economizer is een warmtewisselaar in het rookgasafvoerkanaal, die de rookgassen afkoelt en met deze warmte het ketelvoedingswater (na de ontgasser) voorverwarmt. De rookgassen koelen af tot zo'n 25°C boven de inlaattemperatuur van het voedingswater van ca. 105°C. Voor een optimale benutting van de Eco, moet de ketel voorzien zijn of worden van een modulerende niveauregeling.

Achter de Eco kan in de rookgasstroom nog een rookgascondensator(RGC) worden geplaatst. Continue doorstroming van de Eco is vereist.

Besparing: Een Eco bespaart gemiddeld ca. 5% op het gasverbruik. (iedere 20°C verlaging van de rookgastemperatuur verhoogt het stookrendement met 1%). Bij een installatie met een jaarlijks gasverbruik meer dan 1,5 miljoen Nm<sup>3</sup>, bedraagt de terugverdientijd minder dan 5 jaar.

*Maatregel: Rookgascondensator (RGC)*

Rookgassen bestaan voor het grootste gedeelte uit stikstof (N<sub>2</sub>) uit de verbrandingslucht. Kooldioxide (CO<sub>2</sub>) door verbranding van de koolstof (C) uit de brandstof en waterdamp(H<sub>2</sub>O) door de verbranding van waterstof (H) uit de brandstof.

In de rookgascondensator worden zowel de voelbare als de latente warmte uit de rookgassen uitgewisseld tegen het koude suppletiewater. De rookgassen worden afgekoeld tot onder het dauwpunt van ca. 58°C. De waterdamp uit de rookgassen condenseert en geeft condensatiewarmte af aan het suppletiewater. Als de ketel van een economizer is voorzien, wordt een rookgascondensator in principe ná de economizer geplaatst. Vanwege de hoge zuurgraad van het van het gevormde condensaat (lage pH-waarde), moet de warmtewisselaar en het afvoersysteem hiervoor geschikt zijn (aluminium, kunststof of RVS in plaats van staal). Constructief gezien wordt een rookgascondensator, om terug stromen van het zure condensaat naar de economizer te voorkomen, niet in lijn met een economizer geplaatst. Een RGC kan ook worden geplaatst als er geen economizer aanwezig is.

Besparing: de jaarlijkse besparing door het laten condenseren van de waterdamp uit de rookgassen, bedraagt 8-10% op het jaarlijks gasverbruik. Een voorwaarde is dat er voldoende koud water beschikbaar is en dat er behoefte is aan water met een temperatuur < 95°C (suppletie- of proceswater) en een jaarlijks gasverbruik van meer dan 300.000 Nm<sup>3</sup>. De investering voor een stoomketel met een capaciteit van 5 ton stoom per uur ligt in de orde van € 30.000.



### 3.2 Brander

**Functie:** De elektrisch gedreven ventilatorbrander zorgt er voor dat brandstof en verbrandingslucht in de juiste verhouding met elkaar worden gemengd. De optimale brandstof/lucht verhouding kan zowel mechanisch, regeltechnisch als door sturing op basis van het zuurstofgehalte in de rookgassen worden geregeld.

*Maatregel: Dry-low NOx brander.* (geen energiebesparende maatregel)

Uit milieuoverwegingen moet de NOx-uitstoot beperkt blijven (zie bijlage IV). Hiervoor staan diverse technieken ter beschikking.

- Externe en interne rookgas recirculatie;
- Getrapte verbranding, waarbij of de verbrandingslucht of het gas getrappt wordt toegevoerd.

Getrapte verbranding in een zogenaamde low NOx brander heeft energetisch de voorkeur boven het systeem van rookgasrecirculatie om het NOx-gehalte te reduceren (deze laatste verlagen het rendement van de installatie).

Een dry-low NOx brander beschikt over een voormengingskamer van lucht en brandstof; het mengsel wordt zo "arm" mogelijk ontstoken, met een lage verbrandingstemperatuur tot gevolg, waardoor de vorming van NOx wordt beperkt. Bij de tweede trap van de verbranding wordt net zoveel lucht gesuppleerd dat de volledige verbranding kan plaats vinden.

*Maatregel: Modulerende brander.*

De meeste ketelinstallaties zullen reeds van een modulerende brander zijn voorzien. Een modulerende brander kan omlaag geregeld worden als de warmtevraag afneemt. Een brander op basis van aan/uit regeling geeft meer verliezen vanwege het noodzakelijke, 5-voudige ventileren van het rookgaszijdig volume van de ketel met lucht voor een herstart en geeft eerder kans op schade aan de ketel door de koude lucht door een warme ketel.

Besparing: is afhankelijk van het aantal starts/stops. In ieder geval uitvoeren bij brandervervanging. Bekijk bij aanschaf naar een toerengeregelde verbrandingsventilator.

*Maatregel: Controle en afstelling brander.*

Het schoorsteenverlies wordt geminimaliseerd door een juiste brandstof/lucht verhouding, waarbij de luchtovermaat zo gering mogelijk is. Laat tenminste jaarlijks een meetrapport opstellen en bespreek de resultaten. Branderafstelling kan plaatsvinden op basis van het gemeten zuurstof (O<sub>2</sub>) gehalte in de rookgassen. In vollast max. 2%, bij 66% belasting max. 3,5% en bij 33% belasting max. 4,5% O<sub>2</sub>.

Laat een service monteur jaarlijks de brander afstellen en een meetrapport opmaken.

Controleer dit meetrapport op rookgastemperatuur en percentage zuurstof in de rookgassen. Voor een goede branderafstelling moet de ketel niet alleen in 100% last bemeten worden, maar ook in deellast van 25, 50 en 75 %.

Plan een afspraak met de stoomgebruikers dat de stoomafname tijdens de controlemeting kan worden teruggenomen. Bij afnamen boven het gemiddelde gebruik, kan stoom worden afgeblazen. Laat extra aandacht besteden aan de branderafstelling rond de gemiddelde ketelbelasting.

Besparing: het terugbrengen van het zuurstofpercentage in de rookgassen van bijvoorbeeld 8 naar 3%, levert een verlaging van het schoorsteenverlies van 2,7%

#### 3.2.1 Brandstof en verbrandingslucht

**Functie:** De meest gebruikte brandstof waarop de stoominstallatie draait is aardgas. Om een volledige verbranding te verkrijgen (geen CO), is er in de praktijk iets meer verbrandingslucht benodigd. Beperk de luchtovermaat; dit gaat ten koste van het rendement.

Voor de verbranding van 1 Nm<sup>3</sup> gas is 8,5 m<sup>3</sup> verbrandingslucht benodigd. Deze verbranding levert rookgassen met daarin 1,4 kg waterdamp en 1,7 kg CO<sub>2</sub>.

*Maatregel: Luchtvoorwarmer (Luvo)*

Het voorwarmen van de verbrandingslucht met warmte uit de rookgassen. Dit kan door het plaatsen van gescheiden warmtewisselaars in zowel de schoorsteen als in de verbrandingsluchttoevoer, waarbij beide warmtewisselaars via een circulerend medium (water/glycol) met elkaar worden verbonden. Ook kan een kruisstroomwisselaar geplaatst worden, waarbij verbrandingsluchttoevoer en rookgasafvoerkanaal bij elkaar worden gebracht.



Dergelijk installaties worden alleen bij de grotere stoomketelinstallaties toegepast. Een nadeel van het verhogen van de verbrandingsluchttemperatuur is een verhoging van de vuurhaardtemperatuur en daardoor een verhoging van de NO<sub>x</sub> vorming. Tevens dient de brander geschikt te zijn voor de hogere verbrandingsluchttemperaturen.

Besparing: Als vuistregel voor de energiebesparing geldt dat voor elke 20°C waarmee de verbrandingslucht wordt voorverwarmd, het stookrendement met ca. 1% verbetert.

*Maatregel: Voorwarmen verbrandingslucht*

Veelal wordt de verbrandingslucht door de ventilatieroosters van buiten aangezogen. De temperatuur van de verbrandingslucht kan verhoogd worden door deze lucht boven uit het ketelhuis aan te zuigen. Deze maatregel komt qua strekking overeen met het plaatsen van een LUVU. Het isoleren van leidingen en appendages dient echter eerst te geschieden. Daarna kan gecontroleerd worden of het temperatuurverschil tussen vloer en plafond in het ketelhuis nog voldoende is voor deze maatregel. Van het gemeten temperatuurverschil tussen top en werkvloer van het ketelhuis blijft ca. 1/3 over als het systeem operationeel is. Ook de warmte van een in het ketelhuis opgestelde persluchtcompressor kan hiervoor worden gebruikt.

*N.B.: Bij ongecontroleerd voorwarmen van de verbrandingslucht dient een automatische temperatuur correctie op de brandstoflucht verhouding te worden aangebracht*

Besparing: Per 10°C temperatuurstijging van de verbrandingslucht, neemt het stookrendement met ca. 0,5% toe.

*Voorbeeld:*

Een stoomketel verbruikt op jaarbasis 1.000.000 Nm<sup>3</sup> aardgas. De temperatuur van de verbrandingslucht komt overeen met die van de buitenlucht (gemiddeld 7°C). Via een koker wordt lucht met een temperatuur van 30°C boven uit het ketelhuis aangezogen. De jaarlijkse gasbesparing bedraagt volgens de vuistregel 11.500 Nm<sup>3</sup> aardgas.

*Maatregel: Automatische lektheidstest*

Bij het aanwezig zijn van een automatische lektheidstest hoeft tijdens een regelstop alleen de lucht "open" weer dicht te worden gestuurd om de werking te testen en daarna kan de brander direct starten. Deze maatregel is ook van toepassing als de stoomketel is voorzien van een brander met een aan/uit regeling.

Besparing: De besparing is afhankelijk van het aantal starts/stops van de installatie. Als vuistregel kan gesteld worden dat een automatische dichtheidstest interessant wordt als een ketel meer dan 5 regelstops per etmaal maakt. Alvorens deze maatregel uit te voeren dient ook de optie van een modulerende brander in overweging te worden genomen.

*Maatregel: Automatische zuurstofregeling (luchtvermaat)*

Het rendement van de stoominstallatie wordt mede bepaald door de brandstof/lucht verhouding.

In plaats van een mechanische of een regeltechnische regeling, kan deze ook automatisch aangepast worden op basis van een continue zuurstofmeting in de rookgassen. Met deze regeling wordt bij alle belastingen van de ketel steeds de optimale brandstof/lucht verhouding toegepast. Deze maatregel is beslist van belang als de calorische waarde van de brandstof kan variëren door bijvoorbeeld het bijstoken van biogas.

Besparing: de besparing bedraagt 1 à 2% op de benodigde brandstof.

### **3.3 Ontgasser**

Functie: In de ontgasser worden zuurstof en vrije koolzuur uit het suppletiewater en het retourcondensaat verwijderd door de temperatuur door stoom op 105°C te brengen.

Gebonden CO<sub>2</sub> wordt in de ontgasser niet verwijderd, maar ontleed in de ketel om vervolgens in het condensaat te belanden. De zuurstof veroorzaakt putcorrosie en koolzuur kan zuurcorrosie in het condensaatnet tot gevolg hebben. De ontgasser wordt op druk gehouden met stoom van 1,2 bar(g) en valt daarmee buiten de eisen van het drukwarenbesluit drukvaten. In kleine installaties, als een ontgasser ontbreekt, wordt de zuurstof chemisch verwijderd.



### 3.4. Stoom- en condensaatleidingsysteem

Functie: Leidingsystemen zijn genormaliseerd voor de toegestane druk (PN) en voor wat betreft de maatvoering (aangegeven met DN). PN 25 betekent een toelaatbare druk van 25 bar bij 20°C. Tot 10 bar 183°C wordt voor stoom en condensaatleidingsystemen naadloze stalen pijp St00 toegepast. Het stoom- en condensaatleidingnet zorgt voor transport van stoom respectievelijk condensaat. Het stoomleidingnet moet op afschot (0,5 tot 1 cm. per meter) zijn gemonteerd in de stromingsrichting van de gebruiker. Ontwateringspunten moeten op een afstand van ca. 75 meter zijn aangebracht en vóór een opgaand leidingstuk. Aan het eind van de leiding moet een ontluchting met een ontwateringcondenspot zijn opgenomen. De stoomleidingen moeten zodanig gedimensioneerd worden dat een stromingssnelheid van 20 tot 25 m/s niet wordt overschreden.

Voor condensaatleidingen geldt een maximum van 10 m/s waarbij in de berekening van de leiding gerekend moet worden met het volume van de ontstane ontspanningsstoom. Een condensaatleiding is geen waterleiding. Als vuistregel wordt wel eens gehanteerd dat condensaatleidingen dezelfde diameter moeten hebben als de stoomleidingen (liefst nog groter). Bereken de diameter op de hoeveelheid flashstoom.

#### *Maatregel: Verhelpen lekkages*

In alle onderdelen van het stoomsysteem kunnen verliezen optreden door weglekkende stoom ten gevolge van lekke flenzen, gebrekkige verbindingen of lekkende afsluiters. Naast warmte gaat ook water verloren. Besparing: Door een opening van 2 mm gaat bij een stoomdruk van 10 bar op jaarbasis voor ca. 11.500 Nm<sup>3</sup> aardgas aan warmte verloren en 110 m<sup>3</sup> water. Zelfs bij een druk van 5 bar bedraagt dit nog 7.500 Nm<sup>3</sup> aardgas eq. en 70 m<sup>3</sup> water.

#### *Maatregel: Controle isolatie; isolatiescan*

Controleer maandelijks en na een bedrijfsstop de isolatie van alle warme delen: is de isolatie beschadigd, zitten er scheuren in, ontbreekt isolatie, zijn er hot spots waarbij de beplating contact maakt met de leiding of afsluiter of is er inwaterings gevaar. Herisolatie van een te dunne isolatielaag kan worden overwogen, maar heeft over het algemeen een lange terugverdiëntijd. Het regelmatig (laten) uitvoeren van een isolatiescan levert veel besparings - mogelijkheden. Zie voor meer informatie: Best Practice Isolatie. Het verdient aanbeveling om na alle onderhoudswerkzaamheden te controleren of isolatie van bijvoorbeeld afsluiters weer zorgvuldig is aangebracht.

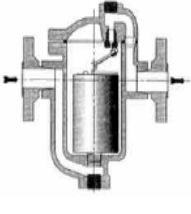
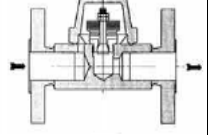
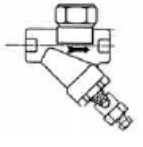
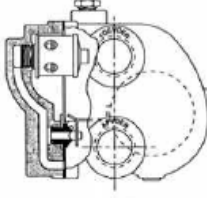
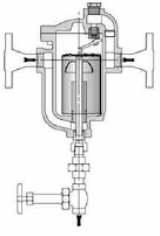
Besparing: Door 1 m<sup>2</sup> vochtige isolatie gaat net zoveel warmte verloren als door 100 m<sup>2</sup> droge isolatie. Voor een indicatie van de besparingsmogelijkheden zie onderstaande maatregel met voorbeelden.

#### *Maatregel: isoleren*

Naast warmteverlies door het ontbreken van isolatie, levert het isoleren van de stoomketel, ontgasser, leidingen, afsluiters en appendages ook een belangrijke bijdrage aan de persoonlijke bescherming van de bedienend personeel. Ook afsluiters en appendages moeten daarom geïsoleerd worden. De huidige isolatieschalen zijn eenvoudig en snel te monteren en demonteren, zodat onderhoud en inspectie eenvoudig kan blijven plaatsvinden. Naast isolatieschalen zijn er voor afsluiters e.d. isolatiematrassen met schoenveter sluiting. De Stichting Commissie Isolatie Nederlandse Industrie<sup>8)</sup> (CINI) heeft het handboek isolatie voor de industrie samengesteld. Het is geen norm, maar hiernaar kan wel verwezen worden bij een opdracht tot isolatie. In de praktijk blijkt controle op de isolatiewerkzaamheden noodzakelijk.

Besparing: Isolatie is financieel bijzonder interessant vanwege de terugverdiëntijden die doorgaans minder dan 1 jaar bedragen. Jaarlijkse besparing: 2-5%.

### Condenspotten

				
Omgekeerde emmercondenspot	Thermostatische condenspot (bi-metaal)	Thermodynamische condenspot (schijf)	Bolvlotter condenspot Met thermostatische ontluchting	Differentiaaldruk geregelde condenspot

Figuur 2: Voorbeelden van condenspotten. Bron: Armstrong.

**Functie:** De functie van een condenspot is het doorlaten van condensaat en lucht en het tegenhouden van stoom. Een condenspot wordt geplaatst in de condensaatafvoer van de stoomverbruiker en als ontwatering op de laagste punten in de stoomleiding. De condenspot moet er voor zorgen dat in de warmtewisselaar of door condensatie in de stoomleiding gevormd condensaat, samen met lucht wordt afgevoerd zonder dat verse stoom mee ontsnapt. Lucht is in het systeem aanwezig bij het opstoken van de ketel en bij in bedrijf name van een proces gedeelte. Lucht verslechtert de warmteoverdracht en geeft zuurstofcorrosie (pitting boven in de leiding).

Vrije CO<sub>2</sub> wordt in de ontgasser samen met zuurstof verwijderd. Gebonden CO<sub>2</sub> ontleed in de ketel, gaat met de stoom mee en lost op in het condensaat waar het zuur corrosie veroorzaakt (egale corrosie op de bodem van de leiding).

Een "lekkende" condenspot laat stoom door naar het condensaatnet, zonder dat de warmte ervan is gebruikt. Het slecht functioneren van condenspotten uit zich door een hoge druk in het condensaatnet en vaak met een stoompluim op het condensaatvat of de veiligheidsklep van de ontgasser.

#### Maatregel: controle werking condenspotten en bypass

Lekkende condenspotten zijn één van de belangrijkste oorzaken van energieverlies in een stoomsysteem. Minimaal één keer per maand moeten condenspotten gecontroleerd worden op hun werking: geen stoom doorlaten, maar wel voldoende condensaat. Controle kan met behulp van een stethoscoop of Ultrasoon detectie-apparaat.

Voorkom een te snelle slijtage van condenspotten door:

- Het filter vóór de condenspot halfjaarlijks te reinigen;
- Een juiste dimensionering van de condensaatleidingen.

Een defecte condenspot kan het condensaatstelsel ontregelen.

Controleer of de afsluiter in de omloopleiding om de condenspot gesloten is.

Besparing: Als een condenspot in een drukloos condensaatretoursysteem is opgenomen, bedraagt het energieverlies door een stoom doorlatende condenspot ca. 75 Nm<sup>3</sup> aardgas eq. per ton gelekte stoom van 10 bar. Wordt het condensaat geloosd, dan bedraagt het verlies ca. 88 Nm<sup>3</sup> aardgas eq. per ton gelekte stoom.

#### Maatregel: keuze condenspot

Er zijn vele soorten condenspotten, die op hoofdlijn verdeeld kunnen worden in mechanische-, thermische- en thermodynamische condenspotten. De keuze is zeer belangrijk en afhankelijk van de soort stoomgebruiker (o.a. continu, discontinue, toelaatbare drukverschillen). In diverse literatuur en leveranciersdocumentatie wordt aangegeven hoe een verantwoorde keuze gemaakt kan worden. In tabel 1 is een tabel van Armstrong opgenomen. Desondanks wordt geadviseerd hiervoor een deskundige te raadplegen. Besparing: Een verkeerde condenspot keuze kan qua energieverlies vergeleken worden met een slecht werkende condenspot.



<b>Toepassing:</b>	<b>Voorkeur:</b>	<b>Alternatief:</b>	<b>Toepassing:</b>	<b>Voorkeur:</b>	<b>Alternatief:</b>
Hoofdstoomverdeelstuk	Omgekeerde emmercondenspot	Thermostatische condenspot (bi-metaal) <b>of</b> Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter	Radiatoren & pijpenbundels Constante druk	Omgekeerde emmercondenspot	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter <b>of</b> Thermodynamische condenspot (schijf)
Oververhit	Thermostatische condenspot (bi-metaal)		- variabele druk	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter**	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontlufter
Hoofdleiding stoom en aftakkingen	Omgekeerde emmercondenspot (CV bij variabele drukken)	Thermostatische condenspot (bi-metaal) <b>of</b> Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter	Proces luchtverwarmers - constante stoomdruk	Omgekeerde emmercondenspot	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter
Stoom/waterafscheider	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontlufter	Thermostatische condenspot (bi-metaal) <b>of</b> Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter	- variabele druk	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter**	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontlufter
<b>Toepassing:</b>	<b>Voorkeur:</b>	<b>Alternatief:</b>	<b>Toepassing:</b>	<b>Voorkeur:</b>	<b>Alternatief:</b>
Tracing	Omgekeerde emmercondenspot	Thermostatische condenspot (bi-metaal) <b>of</b> Thermodynamische condenspot (schijf)	Koeler	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter**	Omgekeerde emmercondenspot met externe ontlufter
Luchtverwarmers: - constante stoomdruk	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontlufter	Bolvlotter condenspot met thermostatische	Verwarming d.m.v. dubbele wand pijpenbundels etc.  - constante stoomdruk	Omgekeerde emmercondenspot	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter <b>of</b> Thermodynamische condenspot (schijf)
- 0-1 barg stoomdruk	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter**	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontlufter	- variabele druk	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontlufter**	Omgekeerde emmercondenspot met thermostatische ontlufter. Indien >2 barg = Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte



					ontluchter
- 1-2 barg stoomdruk	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontluchter**	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontluchter / Thermodynamische condenspot (schijf)	Ketelverwarming d.m.v. dubbele wand - directe afvoer	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontluchter	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontluchter
- >2 barg stoomdruk	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontluchter**	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontluchter / Thermodynamische condenspot (schijf)	- Syphon afvoer	Differentiaaldruk geregelde condenspot	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontluchter
Flash Tank	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontluchter	Bolvlotter condenspot met thermostatische ontluchter	Roterende drogers	Differentiaaldruk geregelde condenspot	Omgekeerde emmercondenspot met vergrootte ontluchter <b>of</b> Bolvlotter condenspot met differentiaaldruk regeling

Tabel 1: Condenspotten en hun toepassing. Bron Armstrong.

#### Reduceertoestel

Functie: Omdat niet alle stoomverbruikers op dezelfde temperatuur en druk functioneren, wordt de te produceren stoomdruk bepaald door de verbruiker die de hoogste druk of temperatuur vraagt. Voor de overige verbruikers zal de stoomdruk dan verlaagd (gereduceerd) moeten worden tot de gewenste druk. Door het reduceren van de stoomdruk zal energie vrijkomen. In de praktijk wordt deze energie gebruikt om de verzadigde stoom, die veelal toch nog iets vocht bevat, volledig te verzadigen tot "droge" stoom; of de gereduceerde stoom raakt iets oververhit.

N.B. Vóór het reduceer een ontwateringscondenspot met zakpijp plaatsen.

#### Waterbehandeling en -kwaliteit

Functie: Voor de lagedruk ketels tot en met 25 bar is het ontharden van het suppletiewater minimaal noodzakelijk. Ontharden betekent het verwijderen van Calcium- en Magnesiumzouten, in een ionenwisselaar. Aanvullend kunnen chemicaliën gedoseerd worden die de eventueel aanwezige Ca en Mg binden en doen neerslaan als slib. Dit slib wordt via de periodieke handspui afgevoerd.

Als chemicaliën worden meestal fosfaten gebruikt. De controle op voldoende aanwezigheid ervan wordt gedaan door het ketelwater te bemonsteren op  $P_2O_5$ . Plotselinge daling van dat getal duidt op hardheid in het ketelwater. De hardheid kan voortkomen uit een slecht werkende ontharder of door contaminatie van bedrijfswater met het retour condensaat. Daarnaast bevat het water gasen ( $O_2$  en  $CO_2$ ) die in de ontgasser dienen te worden verwijderd. Ontbreekt een ontgasser, of functioneert deze slecht, dan worden zuurstofbinders aan het water toegevoegd, zoals sulfiet en tanninen.

De waterkwaliteitseisen nemen toe naarmate de stoomdruk toeneemt, maar is ook afhankelijk van de stoomtoepassing/gebruik. Ketelsteen vermindert de warmteoverdracht en laat het schoorsteenverlies toenemen. Daarnaast zal ketelsteenafzetting leiden tot hogere ketelpijp temperaturen met uiteindelijk het barsten hiervan. Goede waterkwaliteit zorgt ook voor minder spui.



Waterbehandeling is bijzonder belangrijk, maar daarnaast ook complex. Het voert te ver om in dit overzicht dat zich met name richt op energiebesparing, hieraan aandacht te besteden. Controle van de waterkwaliteit blijft echter beslist noodzakelijk.

#### 4. Overige Energiebesparende maatregelen

##### *Condensaat*

Functie: Condensaat ontstaat nadat de stoom is gecondenseerd. Dit condensaat bevat, afhankelijk van de stoomdruk, nog 16 (1 bar) tot 25 (10 bar) Nm<sup>3</sup> aardgas equivalent aan warmte per ton. Bij een aantal processen, zoals stoom luchtbevochtiging ontstaat geen condensaat. Algemeen gesteld, kan met het condensaat het volgende gebeuren:

- condensaat retourneren naar het ketelhuis;
- warmte hergebruiken;
- afvoeren naar het riool in geval van vervuiling of grote afstand naar het ketelhuis.

Er kan onderscheid gemaakt worden in "druk-" en "atmosferisch condensaat".

Drukcondensaat is het condensaat vóór de condenspot en kan beschouwd worden als water.

Drukcondensaat is ook condensaat na de condenspot wanneer het in een tegendruk condensaatnet of naar een ontspanningsvat wordt afgevoerd. Dit condensaat bestaat in beide situaties uit een mengsel van condensaat en ontspanningstoom. Wanneer condensaat in een ontspanningsvat is ontspannen en het resterende condensaat bijvoorbeeld naar het ketelhuis wordt geretourneerd, zal ook in deze leiding het condensaat weer ontspannen. De diameter van deze condensaatleidingen waarin ontspanningsstoom aanwezig is, dient berekend te worden op basis van het volume van de ontspanningsstoom.

Condensaat wordt atmosferisch genoemd als het condensaat in een vat met een open afblaas is afgevoerd (stoompluim).

##### *Maatregel: Condensaat retourneren*

Retourneer het condensaat zoveel mogelijk. De inventarisatie geeft aan welke besparingen zijn te realiseren. Het temperatuurverschil in het condensaatnet tussen naverdampingstoom en afgekoeld condensaat mag maximaal 40 à 50°C bedragen.

##### *Maatregel: Condensaatwarmte benutten*

Als retourneren van het condensaat niet mogelijk is, gebruik de condensaatwarmte dan om in hetzelfde proces het product vóór te verwarmen. De benodigde warmte vanuit de stoom zal hierdoor afnemen. Het bijkomend effect kan zijn dat de stoomdruk voor deze verbruiker verlaagd zou kunnen worden als niet de temperatuur, maar de totale warmte maatgevend is voor het desbetreffende proces.

##### *Maatregel: Condensaat ontspanningsvat*

Als uit de inventarisatie blijkt dat er verbruikers zijn van hoge én lage druk en dat deze qua tijd op elkaar aansluiten, kan in de condensaatleiding achter de stoomverbruiker die de hoogste stoomdruk vraagt (>3 bar), een condensaat ontspanningsvat geplaatst worden. In dit vat ontspant het condensaat, waardoor stoom van een lagere druk wordt verkregen en aan een andere stoomverbruiker toegevoerd kan worden.

Besparing: Een condensaat ontspanningsvat achter een stoomverbruiker op 10 bar stoom, kan per 10 kg. stoomverbruik één kg stoom van 3 bar leveren.

##### *Voorbeeld:*

Een 10 bar stoomverbruiker verbruikt gedurende 4.000 uur per jaar 1000 kg stoom per uur. Een tweede verbruiker vraagt gedurende dezelfde bedrijfstijd stoom van 3 bar. Het toepassen van een ontspanningsvat achter de 10 bar verbruiker levert 10% van de stoombehoefte van de 3 bar verbruiker de resterende 90% kan via het bestaande net worden geleverd.  
Vuistregel: het percentage ontspanningsstoom die ontstaat van 10 naar 3 bar is het verschil in stoomtemperatuur bij die drukken  $\times 0,2 = 180-130 = 50 \times 0,2 = 10\%$ .



### *Spuien*

Functie: Door het verdampingsproces neemt de concentratie van zouten in het ketelwater toe. Door te spuien wordt de concentratie op een bepaalde waarde gehouden. Wordt er niet gespuid, dan loopt de concentratie zover op dat inwendige corrosie kan ontstaan en dat de kwaliteit van de stoom niet meer gegarandeerd kan worden. De ketel gaat opkoken (ketelwater gaat met de stoom mee het stoomnet in).

Om de concentratie van zouten in het ketelwater vast te stellen wordt de geleidbaarheid van het ketelwater gemeten. Op basis van deze meting wordt meer of minder gespuid. Naast de geleidbaarheid wordt ook de alkaliteit van het ketelwater als leidraad genomen. Deze moet binnen bepaalde grenzen blijven. De alkaliteit van het ketelwater dient dagelijks door titratie te worden vastgesteld.

Het kan voorkomen dat ondanks een goede geleidbaarheid toch extra moet worden gespuid omdat de alkaliteit te hoog is.

Spuien:

- *Continue handspui.*  
Van het gekoelde monster ketelwater wordt dagelijks de geleidbaarheid gemeten. Aan de hand van de uitkomst wordt de handbediende spuiafsluiter verder geopend of gesloten (Spuiafsluiters zijn bijna altijd van een standaardwijzer voorzien).
- *Automatische spui.*  
Op basis van een continue gemeten geleidbaarheidswaarde wordt de van een stelmotor voorziene spuiafsluiter bediend. De meting vindt plaats in de ketel of in de spuiroom.
- *Handspui.*  
Naast de continue spuiafsluiter is er nog een tweede spuiafsluiter waarmee via een binnenleiding op de bodem van de ketel neergeslagen vuil wordt afgevoerd. Hiermee wordt éénmaal per dag de handspui gedurende een 10 tot 15 sec. geopend. Het spuiwater hiervan wordt in een atmosferisch vat opgevangen. Een enkele keer wordt deze handspui d.m.v een tijdschakelaar geautomatiseerd. De ontspanningsstoom wordt afgeblazen; het resterende ketelwater wordt gekoeld naar het riool afgevoerd.

Er zijn afhankelijk van de situatie, twee manieren om de warmte in het spuiwater te gebruiken:

- Het spuiwater ontspannen en de ontspanningsstoom terugvoeren naar de ontgasser;
- Resterende warmte gebruiken voor voorwarmen van het koude suppletiewater.

Alvorens één van onderstaande maatregelen uit te voeren, wordt geadviseerd te bepalen hoe en wanneer er wordt gespuid, om welke hoeveelheden het gaat en of dit gereduceerd kan worden.

### *Maatregel: Bepalen/optimaliseren spuihoeveelheid*

Voordat geïnvesteerd wordt in warmteterugwinning, moet bepaald worden hoeveel er wordt gespuid,

wanneer er wordt gespuid, of de spuihoeveelheid kan worden teruggebracht en wat de resterende warmte inhoud is. Als vuistregel wordt gehanteerd dat ca. 10% van het toegevoerde suppletiewater wordt gespuid.

Bij een omgekeerde osmose (RO) installatie ligt dat op 1 a 2%.

Geadviseerd wordt de suppletiewater hoeveelheid te monitoren. Een watermeter in de suppletiewaterleiding ná de waterbehandeling mag niet ontbreken.

Het optimaliseren (minimaliseren) van de spuihoeveelheid kan door:

- dagelijkse analyse van het ketelwater en bijsturing op de uitkomst;
- installatie van een spuiautomaat;
- condensaat retourneren;
- voorkomen van lekkages;
- goede suppletiewater kwaliteit.

Besparing: Het verminderen van de spuihoeveelheid met 100 liter per dag, bespaart op jaarbasis bij een 10 bar ketel ca. 1.000 Nm<sup>3</sup> gas per jaar.

### *Maatregel: Spuien op geleidbaarheid*

Het ketelvoedingswater bestaat uit het relatief zuivere retourcondensaat, het van de hardheid vormers calcium en magnesium ontdane suppletiewater en de gecondenseerde stoom nodig voor het ontgassingsproces. In het suppletiewater blijven bij het onthardingsproces onder meer de chlorides en de sulfaten wel in het suppletiewater achter. De concentratie van deze stoffen dikken door het verdampingsproces in, hetgeen bij een te hoge concentratie opkoken van de ketel tot gevolg kan hebben. Het meten van deze zoutconcentratie (geleidbaarheid) bepaalt of



spuien noodzakelijk is. De gewenste waarde voor de geleidbaarheid van het ketelwater bedraagt 6.000 tot 7.000 microSiemens/cm. Te veel spuien kost water, warmte en chemicaliën. De geleidbaarheidsmeting kan handmatig of automatisch gebeuren.

*Maatregel: ontspanningsvat spuiwater (flashstoom)*

De stoom die ontstaat door de drukverlaging van het spuiwater in een ontspanningsvat kan gebruikt worden voor verwarming van de ontgasser.

*N.B.: De mengtemperatuur van het water naar de ontgasser (retourcondensaat en suppletiewater) mag niet hoger zijn dan 90 °C. Om de zuurstof uit te drijven is minimaal een temperatuurverhoging tot 105 °C nodig door middel van stoom. Wordt drukcondensaat naar de ontgasser geretourneerd dan mag de hieruit ontstane ontspanningsstoom als verse stoom worden gerekend .*

*Maatregel: warmteterugwinning uit spuiwater*

De warmte die overblijft nadat het spuiwater is ontspannen, kan via een warmtewisselaar overgedragen worden op koud suppletiewater. Voorwaarde is dat het aanbod van spuiwater en de behoefte aan suppletiewater gelijktijdig plaatsvindt.

Een continue spui en een modulerende suppletiewater regeling zijn dan een voorwaarde. De warmtewisselaar moet bestand zijn tegen corrosie door het spuiwater. Het is ook mogelijk het geloosde spuiwater niet eerst te ontspannen in een flash vat, maar deze rechtstreeks door een warmtewisselaar te leiden en daarmee koud suppletiewater op te warmen.

Een voorwaarde is dan wel dat de warmtewisselaar op keteldruk wordt bedreven, omdat bij flashend spuiwater in de warmtewisselaar erosie op de pijpenplaat en in de pijpen plaatsvindt. Besparing: De warmte-inhoud van het spuiwater is afhankelijk van de druk en varieert van 1,6 (1 bar) tot 2,5 (10 bar) Nm<sup>3</sup> gas per 100 kg spuiwater.

*Voorbeeld:*

Een stoomketel produceert per uur 10 ton verzadigde stoom van 10 bar. Er wordt 6% gespuid via een flashtank met een druk van 1 bar (warmte-inhoud 53 Nm<sup>3</sup> aardgas). Per uur wordt dan 75 kg verzadigde stoom geproduceerd van 1 bar. (Warmte-inhoud komt overeen met 6,5 Nm<sup>3</sup> gas). De resterende warmte in het spuiwater: 46,5 Nm<sup>3</sup> gas, kan grotendeels via een warmtewisselaar teruggewonnen worden.

*Ketelvoedingwaterpomp*

Functie: De ketelvoedingwaterpomp zorgt voor de toevoer van water naar de ketel. Het niveau in de ketel wordt door een niveauregelaar op peil gehouden. Het niveau in de ketel kan ook door een pomp met een toerenregeling geregeld worden.

*Maatregel: Aanpassen pompcapaciteit/toerenregeling*

Installeer additioneel een pomp met een capaciteit die aan het gemiddeld gevraagde vermogen voldoet of voorzie de pomp van een toerenregeling.

*N.B.: De ketelinstallatie dient wettelijk uitgerust te zijn met twee onafhankelijke pompen die elk 115 % van de ketelcapaciteit moeten hebben.*

Besparing: 5 tot 50% op het elektriciteitsverbruik van de pomp.



## 5. Aandachtspunten bij nieuwe installaties of renovatie

### *Trias Energetica*

Belangrijkste aandachtspunt bij nieuwe stoominstallaties en/of renovatie is het in acht nemen van de trias energetica.

1. *Bespaar op het gebruik en gebruikers.*  
Voor veel processen die zijn aangesloten op het stoomnet zijn mogelijk interessante alternatieven. Denk hierbij in de eerste plaats aan ruimteverwarming of andere verwarmingsprocessen die op lagere temperaturen kunnen functioneren.  
In een nieuwbouw of renovatie-situatie bestaat de mogelijkheid om de installatie beter te laten aansluiten op een (toekomstige) vraag. Beter dimensionering van leidingnetten en bijbehorende stoomdrukken, kunnen tot hoge besparingen leiden.
2. *Vul de warmtevraag duurzaam in.*  
Hierbij kan men denken aan het gebruik van duurzame brandstoffen (groen gas). Mogelijk als bijstook.
3. *Vul het resterende gebruik optimaal in.*  
Alle genoemde maatregelen op het gebied van opwekking, waterbehandeling, brandersystemen etc. kunnen worden geïmplementeerd voor een zo optimaal mogelijk systeem en een zo min mogelijk gebruik van fossiele brandstoffen.

### *Wetgeving*

De wet- en regelgeving inzake stoomketels is niet eenvoudig. De volgende drie wetten zijn van toepassing:

1. Warenwet, besluit drukapparatuur;
2. Arbowet; arbeidsomstandighedenbesluit;
3. Wet Milieubeheer (WM).

In de Wet Milieubeheer, worden zowel keurings- als emissie-eisen gesteld.

### *Keuringseisen:*

EBI; eerste inbedrijfsstellingskeuring

4- of 2-jaarlijks voor respectievelijk gas- en niet gasgestookte installaties.

Of, als er een milieuvergunning is afgegeven, prevaleert hetgeen in de milieuvergunning is vermeld.

### *Emissie-eisen:*

Voor de meeste industriële installaties is de BEMS (Besluit Emissie Middelgrote Stookinstallaties) van toepassing (BEES B komt te vervallen). Om dit te bepalen kan gebruik worden gemaakt van de wetswegwijzer.

Voor nieuwe, gasgestookte installaties geldt voor de rookgassen:

- a. NO<sub>x</sub>: 20 gram per gigajoule, 70 mg/Nm<sup>3</sup> en
- b. SO<sub>2</sub>: 200 milligram per Nm<sup>3</sup>.

Voor de IPPC vergunningplichtige, bedrijven geldt bovendien dat voldaan moet worden aan BBT's, Best Beschikbare Technieken. Deze worden beschreven in zogenaamde BREF's. Voor installaties met een thermische input groter dan 50 MW, is er de BREF "Large Combustion Plants".

## 6. Referenties

Dit is een publicatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl).

In de periode 2000 - 2002 heeft de VNCI een reeks brochures uitgebracht onder de verzamelnaam "Leidraad voor energie-efficiency". In de reeks worden dertig verschillende bestaande praktische toepassingen beschreven van energiebeheer in chemische bedrijven. Deze publicatie, 'Best Practice Stoom- en Condensaatsystemen' is een actualisering van het document 'Leidraad voor energie efficiency, Stoom- en Condensaatsystemen', ee5.



De huidige actualisering van de Best Practice is tot stand gekomen in het kader van meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE. Als onderdeel van de samenwerking met de VNCI is besloten het merendeel van deze Best Practices geactualiseerd opnieuw te publiceren. Deze Best Practice Stoom- en Condensaatsystemen' is geactualiseerd met medewerking van Industrial Energy Experts.

De meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE zijn overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven, instellingen en gemeenten. Het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) stimuleren met deze afspraken het effectiever en efficiënter inzetten van energie. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is verantwoordelijk voor de uitvoering van de meerjarenaafspraken.

### 6.1 Weblinks

#### *Isolatie*

Best Practice Isolatie <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/chemiewijzer/utilities/isolatie/kennis-en-advies>  
International Standard for Industrial Insulation [www.cini.nl](http://www.cini.nl)

#### *Kennis*

Stoomplatform [www.stoomplatform.nl](http://www.stoomplatform.nl)

#### *Wetgeving*

Wetswijzer: <http://www.infomil.nl/organisatie/wetswijzer>  
Emissie-eisen: [www.infomil.nl](http://www.infomil.nl) (Home > Onderwerpen > [Lucht, water, energie](#)  
> [Stookinstallaties](#) > Stookinstallaties 2017)  
BREF: [www.infomil.nl](http://www.infomil.nl) (Home > Onderwerpen > Duurzame  
ontwikkeling, techniek > BBT, IPPC en BREFs)

### 6.2 Literatuur

- [1] Het ketelhuis, productie en gebruik van stoom in de praktijk. N.D. Duinkerken. ISBN 90-9021090-3.
- [2] Gestructureerd overzicht van energiebesparingsmogelijkheden in stoom- en condensaatinstallaties. Industrial Energy Experts.



## Colofon

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag  
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag  
T +31 (0) 88 042 42 42  
F +31 (0) 88 602 90 23  
E [info@rvo.nl](mailto:info@rvo.nl)  
[www.rvo.nl](http://www.rvo.nl)

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M)

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2015  
Publicatienummer: RVO-123/1501/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.

*Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan RVO.nl geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.*