

4.0 De Ketel

Het doel van de ketel is de warmte die tijdens de verbranding vrijkomt over te dragen aan het water, dat verdere benutting van die warmte mogelijk maakt. Reeds aan het eind van de vorige eeuw werd aangetoond dat afvalverbranding met energierugwinning mogelijk was. Door de stijging van de energieprijzen ontstond tijdens de overgang van de vijftiger naar de zestigerjaren druk op de ontwerpers en bouwers van AVI's om de opwekking van zoveel mogelijk energie tegen een zo laag mogelijke prijs te realiseren. De technische problemen werden helaas vaak onderschat. Het ketelontwerp werd afgeleid uit de industriële ketel bouw.

In de praktijk bleek echter dat het ontwerp van een ketel van een afvalverbrandingsinstallatie aan andere specifieke eisen moet voldoen. Zo moet bijvoorbeeld rekening worden gehouden met de samenstelling van de rookgassen.

Energiewinning

Bij AVI's kunnen stoom- of warmwaterketels worden toegepast, afhankelijk van de gewenste vorm van energierugwinning. Wanneer de terugwinbare warmte wordt gebruikt voor verwarmingsdoeleinden, worden warmwaterketels en lagedruk stoomketels toegepast. Als voor elektriciteitsopwekking of voor levering van processtoom aan de industrie wordt gekozen, zal vanuit thermodynamisch oogpunt worden gestreefd naar hoge stoomdrukken en de daarbij behorende hogere temperaturen.

40 bar

In Nederland wordt bij stoomketels voor afvalverbranding meestal gebruik gemaakt van stoomdrukken van ongeveer 40 bar en stoomtemperaturen van ongeveer 400 °C.

120 bar

In de Verenigde Staten en Duitsland wordt ook wel gewerkt met stoomdrukken tot 120 bar en temperaturen tot 510 °C. In deze twee landen wordt ook gewerkt met oververhitters in de vorm van gas- of oliebranders die buiten de ketel zijn geplaatst. Door het buiten de ketel plaatsen van een oververhitter wordt de kans op hoge temperatuur corrosie beperkt en treedt nagenoeg geen vervuiling van de ketelpijpen op. De temperatuur van de oververhitte stoom kan op deze wijze aanzienlijk worden opgevoerd, waardoor de elektriciteitsproductie aanzienlijk stijgt.

Gasturbine

In Nederland wordt door AZN stoom geleverd aan een gasturbine installatie. AZN werkt ook met hogere stoomdrukken.

4.1 Opbouw ketel

De opbouw van een ketel van een AVI bestaat uit twee hoofddelen, te weten:

- Het straling gedeelte
- Het convectie gedeelte

In het stralingsdeel worden de rookgassen uit de vuurhaard afgekoeld van circa 1050 °C tot circa 620 °C.

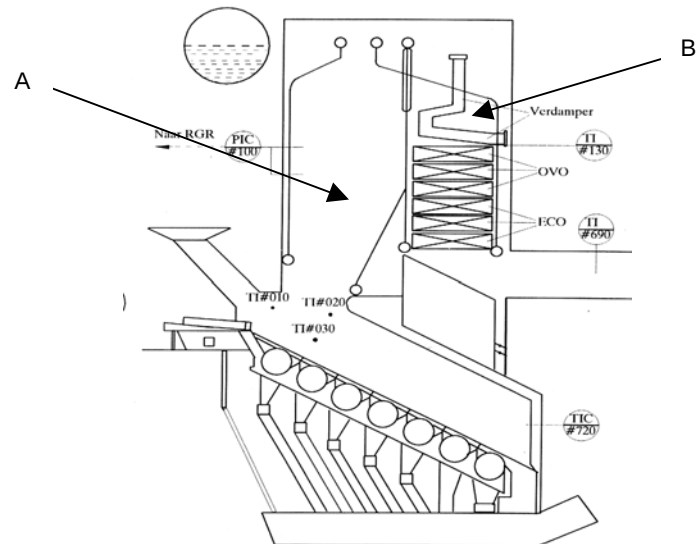
650 °C

Let op, de temperatuur bij intrede van het convectie gedeelte is bepalend voor de standtijd van de ketel. Als deze temperatuur in de buurt van de 650 °C of daarboven komt, zal ernstige vervuiling van het convectie gedeelte het gevolg zijn. Ook neemt de kans op hoge temperatuur corrosie aanmerkelijk toe. De reden hiervoor is, dat wanneer huishoudelijk afval wordt verstoekt, de gemiddelde verweking temperatuur van het vliegias in de buurt van de 675 °C ligt.

Verweking	Met de verweking temperatuur wordt bedoeld, dat bij deze temperatuur een gedeelte van het vlieggas hetzij plastisch dan wel vloeibaar is.
	De afkoeling van de rookgassen in het straling gedeelte vindt plaats zonder dat er sprake is van direct contact tussen de rookgasstroom en de verwarmde oppervlakken, ofwel de membraan wanden, van de ketel, dit in verband met de corrosieve eigenschappen van de rookgassen en het mogelijk aanbakken van vliegasdelen in dit temperatuurtraject.
Convectie	In het convectiedeel vindt een verdere koeling plaats tot circa 200 °C door middel van direct contact tussen rookgassen en het warmte overdragend oppervlak. Dit oppervlak is in het convectiedeel rechtstreeks in de rookgasstroom geplaatst in de vorm van pijpbundels.

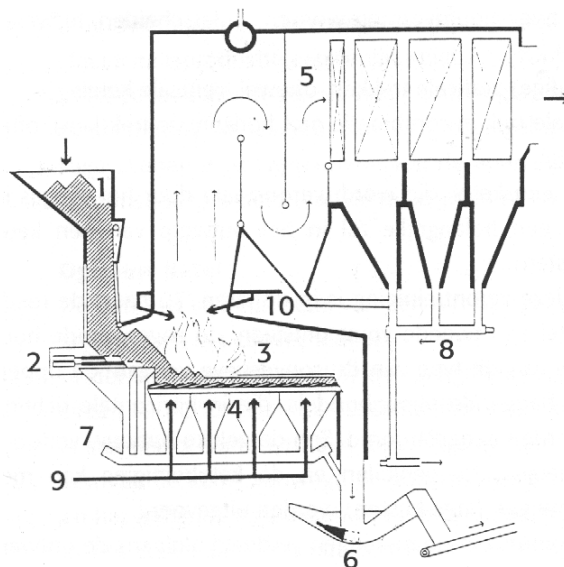
4.2 Het ontwerp van de ketel

Hoofdvormen	Bij het ontwerp van de ketel kunnen twee hoofdvormen worden onderscheiden, te weten: - ketels met verticale trekken, ofwel verticale ketels - ketels met een verticale trek in combinatie met horizontale trek(ken), ofwel horizontale ketels De verontreiniging van een ketel, die wordt veroorzaakt door het vlieggas in de rookgassen, speelt een belangrijke rol in het ontwerp van een ketel. Om deze verontreiniging te beperken is in de zeventiger jaren naast de reeds bestaande verticale ketel een tweede vorm ontstaan, de zogenaamde horizontale ketel. Bij ketels van dit type is het convectie gedeelte uitgevoerd als hangende pijpenbundels, die in horizontale richting door de rookgassen worden aangestroomd. Een dergelijke opbouw vertoont een relatief geringe neiging tot vervuilen en de ketelreiniging kan met mechanische klopinrichtingen worden uitgevoerd. Over de optimale bouwvorm zijn de meningen verdeeld. Volgens de ontwerpers van de horizontale ketel worden de standtijd en de beschikbaarheid van de installaties belangrijk verbeterd. Het vlieggas valt namelijk makkelijker van een verticale pijp, op horizontale pijpen is de kans groot dat een gedeelte van het vlieggas op de pijpen blijft liggen.
Trek	Een "trek" bij een ketel is een ander woord voor rookgaskanaal met bijbehorend verwarmd oppervlak. Op afbeelding 19 is een ketel met twee "trekken" te zien. Bij deze ketel zijn er dus twee verticale trekken aanwezig. Het eerste gedeelte A is het straling gedeelte en het tweede gedeelte, deel B, het convectie gedeelte.



Afbeelding 19. Ketel met twee verticale "trekken".

Op afbeelding 20 is schematisch een vier "treks" ketel weergegeven. Let hierbij op het gegeven dat er drie verticale trekken zijn, de eerste, tweede en derde trek, en één horizontale trek, ofwel de vierde trek. De verticale trekken zijn leeg, in de vierde trek zijn de warmtewisselaars gesitueerd.



Afbeelding 20. Vier treks ketel, de eerste drie trekken zijn verticale trekken, de vierde trek is een horizontale trek.

1. Vultrechter
2. Doseertafel
3. Verbrandingsruimte
4. Verbrandingsrooster
5. Stoomketel
6. Ontslakker
7. Rooster doorval regeling
8. Ketel as transporteur
9. Primaire luchttoevoer
10. Secundaire luchttoevoer

Waarom nu meerdere lege trekken?

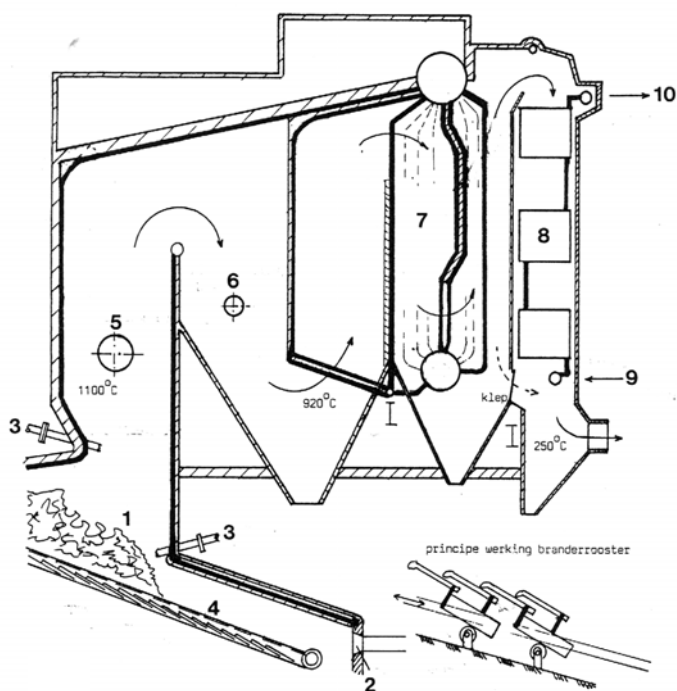
Door het opnemen van meerdere lege trekken voor het convectie gedeelte wordt een langere verblijftijd voor de rookgassen gerealiseerd waardoor de corrosie in het convectiedeel vermindert ten opzichte van de twee treks ketel. Als gevolg van de langere verblijftijd zullen de rookgassen beter uitbranden en zal de temperatuur bij intrede convectie gedeelte verder gedaald zijn dan bij een twee treks ketel. Denk hierbij aan de temperatuur van circa 620 °C. Dit wordt ook wel de vuurhaard temperatuur genoemd.

Vuurhaard temperatuur

De vuurhaard temperatuur.

Onder de vuurhaard temperatuur wordt de temperatuur verstaan van de rookgassen bij intrede convectie gedeelte.

Op afbeelding 21 is een schematische voorstelling van een zes treks ketel weergegeven. Ook hier is duidelijk te zien dat er drie lege trekken zijn, in de vierde en vijfde trek bevinden zich de verdamperpijpen en in de zesde trek de economizer.



Afbeelding 21. Een zes treks ketel.

- | | |
|----|-------------------------------------|
| 1 | Huisvuil |
| 2 | aansteekbrander |
| 3 | Luchttoevoer, primair en secundair |
| 4 | Verbrandingsrooster |
| 5 | Vermogensbrander |
| 6 | Ondersteuningsbrander |
| 7 | Verdamperpijpen |
| 8 | Economizer (voedingwatervoorwarmer) |
| 9 | Inlaat economizer |
| 10 | Uitlaat economizer. |

4.3 Het binnenwerk van de stoomdrum

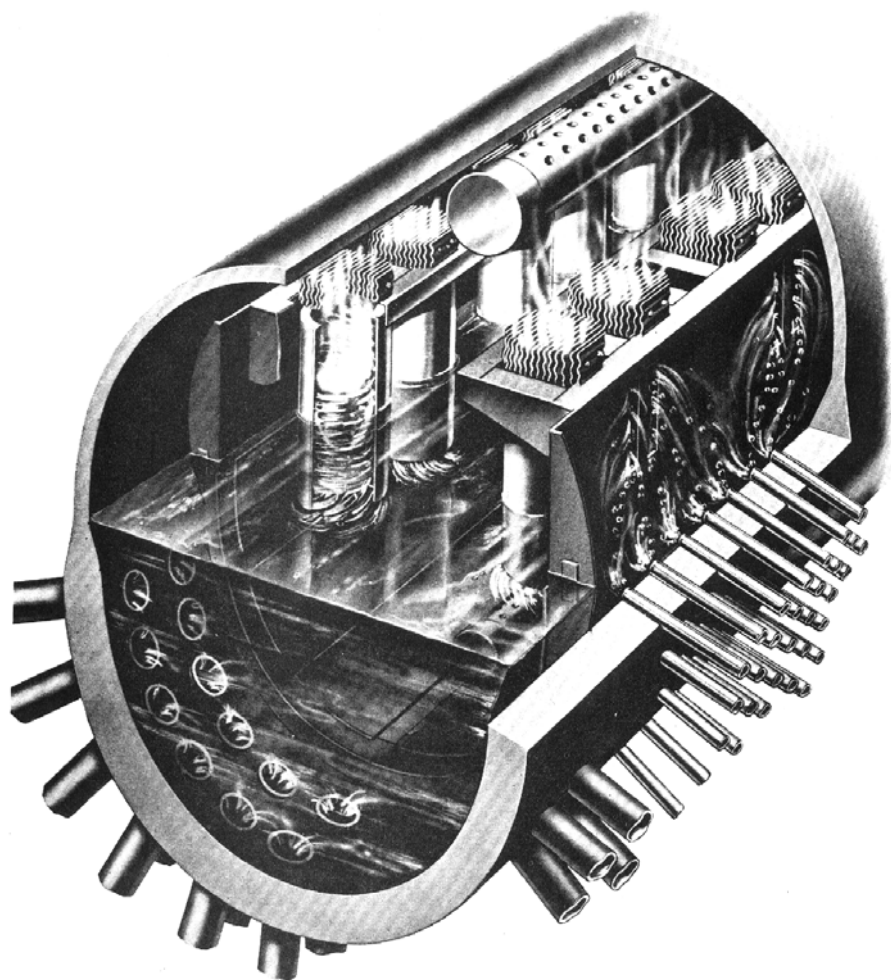
Het is de bedoeling dat in de stoomdrum, ook wel water-stoom houder genoemd, de verzadigde stoom van het water gescheiden wordt. Op de drum zitten leidingen die de verzadigde stoom naar de oververhitter voeren, de stoom die naar de oververhitter gaat moet zo droog mogelijk zijn, met andere woorden, deze mag geen water meer bevatten. Reden temeer om in de drum een voorziening te treffen waar afdoende scheiding van water en stoom plaatsvindt.

Trog

Het water stoom mengsel dat via de membraanwanden en verdamper bundels naar de drum gevoerd wordt, komt uit op de trog. Op de trog staan in de regel cyclonen gemonteerd, deze dienen voor de eerste stoom water scheiding. Daarna is hetzij een binnenstoompijp of een stoomzeef gemonteerd, deze dienen als tweede stoom water scheiding.

Cyclonen

Op afbeelding 22 is een dergelijke uitvoering te zien van een stoomdrum met trog, cyclonen en binnenstoompijp.

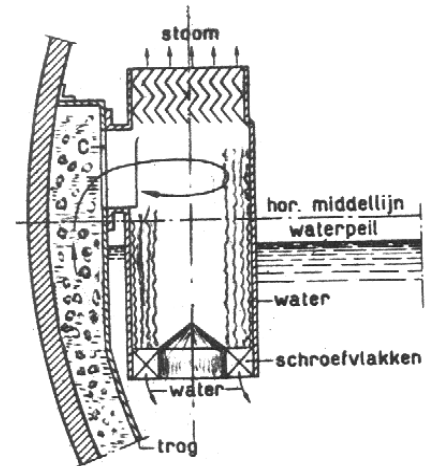
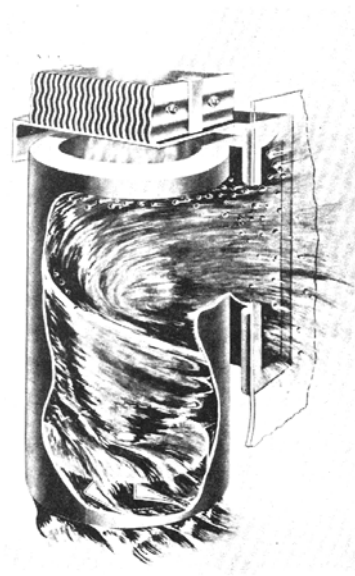


Afbeelding 22. Stoomhouder met trog, cyclonen en binnenstoompijp.

Chevrons

De dunne pijpen dienen voor de aanvoer van het water stoom mengsel, de dikke pijpen aan de voorzijde zijn de zogenaamde valpijpen. De valpijpen zorgen ervoor dat het water naar beneden wordt gevoerd om zo de membraanwanden weer van water te voorzien en dat de circulatie in de ketel gewaarborgd blijft.

Op afbeelding 23 is apart een cycloon te zien, de gegolfde plaatjes boven op de cycloon zijn de chevrons.



Afbeelding 23. Een cycloon met opgebouwde chevrons.