Technische Wetenschappen Geel
Bachelor in de elektromechanica
Klimatisering

KHK
KATHOLIEKE
HOGESCHOOL
KEMPEN

Onderzoek naar energiebesparing op een stoomnetwerk

CAMPUS
Geel

Kevin De Peuter

ASSOCIATIE K.U.LEUVEN

Academiejaar 2006-2007

WOORD VOORAF

Dit eindwerk werd gerealiseerd bij Alcatel Bell in Geel. Hierbij wil ik Alcatel Bell bedanken voor het ter beschikking stellen van deze stageplaats. Verder wil ik ook enkele personen in het bijzonder bedanken.

Dhr. Ludo Wouters als externe begeleider vanuit Alcatel Bell voor alle hulp bij het tot stand brengen van dit eindwerk.

Dhr. Peter Van Beeck voor zijn goede adviezen en hulp bij de problemen die zich stelden gedurende mijn stage.

De mensen van het onderhoudsteam van Faceo die mij hebben bijgestaan bij allerhande proeven die ik heb uitgevoerd.

Mijn medestudent Jan Eysermans voor de goede samenwerking tijdens mijn stage.

Het administratief personeel van de KHK Geel voor het verwerken van de formaliteiten en al het docerend personeel voor de praktische en theoretische kennis die ze mij bijgebracht hebben gedurende mijn studie aan de KHK Geel.

Als laatste zou ik dan nog mijn ouders willen bedanken voor de steun die ze mij hebben gegeven tijdens mijn studies.

Kevin De Peuter

SAMENVATTING

Dit eindwerk handelt over het stoom- en condensaatnetwerk binnen het bedrijf Alcatel Bell in Geel. We zijn gestart met het bekijken van de machinekamer, de stoomleidingen en de verbruikers. Daarna hebben we een schematische voorstelling gemaakt van het verloop van de stoom- en condensaatleidingen, hier hebben we dan ook de verschillende verbruikers op aangeduid.

Vervolgens hebben we berekend hoeveel warmtewinst we zouden doen als we de condensleidingen isoleren. Door te isoleren kunnen we het condensaat dat terugvloeit naar het opslagvat met ongeveer 20°C verhogen. Als we het condensaat 6°C warmer de ketel in kunnen sturen hebben we 1% minder brandstofverbruik. We kunnen dus het brandstofverbruik met 3,5%verminderen, ofwel ongeveer € 5500 besparen op jaarbasis. De isolatiekosten voor de leidingen bedragen € 55000. Dit geeft ons een terugverdientijd van 10 jaar. De maximale terugverdientijd voor projecten binnen Alcatel Bell is 2 jaar. De leidingen zullen dus niet geïsoleerd worden.

Oorspronkelijk was het de bedoeling om het condensaat dat gevormd wordt uit de stoom in de warmtewisselaar (voor het verwarmen van het warm water in de opslagvaten) te hergebruiken. Maar bij dit onderzoek zagen we al snel een overgedimensioneerde wateropslag. Na berekening kwamen we dan bij een stoomverbruik van € 11000 op jaarbasis. Dit enkel voor het op temperatuur houden van de tanks. Slechts 1/20 ervan wordt gebruikt voor douches en lavabo’s.

Uit onze berekeningen is gebleken dat een nieuwe installatie een goede € 9300 zou kosten, enkel voor het materiaal en het plaatsen hiervan. Hierbij komt dan nog € 1200 aan jaarlijkse verbruikskosten door de installatie. Aangezien men jaarlijks € 11000 stoomverbruik heeft, is het duidelijk dat de investering al na het eerste jaar terugverdiend is. Daardoor zal er in de loop van het jaar dus een nieuwe installatie komen.

INHOUDSTAFEL

WOORD VOORAF **1**
SAMENVATTING **2**
INHOUDSTAFEL **3**
LIJST MET ILLUSTRATIES **4**
INLEIDING **5**
1.1 Het bedrijf Alcatel **5**
1.2 Alcatel Bell Geel **5**
2 DE VERSCHILLENDE TOESTANDEN VAN WATER **7**
2.1 Stoom **7**
2.2 Condensaat **7**
2.3 Stadswater **8**
2.4 Sanitair warm water **8**
2.5 Onthard water **8**
2.6 Additieven **9**
2.7 Spui **10**
3 DE MACHINEKAMER **11**
3.1 Ketels **11**
3.2 Collector **13**
3.3 Ontgasser en Voorraadtank **14**
3.4 York **16**
4 STOOM- EN CONDENSAATNETWERK **17**
4.1 Principeschema van het stoom-en condensaatnetwerk **17**
4.2 Ogdenpompen **19**
4.3 Stoom- en condensaatnet **20**
5 MOGELIJKE VERBETERINGEN AAN HET NETWERK **27**
5.1 Probleemstelling **27**
5.2 Bestaand condensaat leidingnet bekijken **27**
5.2.1 Isoleren van het leidingnet 31
5.2.2 Berekening warmtewinst bij isoleren van de condensaatleidingen 33
5.2.3 Berekening isoleren van de condensaatleiding van de York 40
5.2.4 Besluit 41
5.3 Vervangen warm water installatie **42**
5.3.1 Oude installatie 42
5.3.2 Berekening volgens afkoelcurve 43
5.3.3 Berekening volgens de proef van condensaataftap 46
5.3.4 Besluit 49
5.4 Nieuwe installatie **50**
5.5 Waarom deze installatie ? **54**
5.5.1 Doorstromers 54
5.5.2 Zonneboilers 54
5.5.3 Aardgasboilers 55
6 BESLUIT **57**
7 LITERATUURLIJST **58**
8 BIJLAGES **59**
Bijlage 1 : Stoomtabel voor verzadigde stoom **59**
Bijlage 2 : Proef afkoelcurve **61**
Bijlage 3 : Proef condensaataftap **63**
Bijlage 4 : Gegevens uit factuur Distrigas **64**
Bijlage 5 : Berekening van het gasverbruik **65**
Bijlage 6 : Energiebesparingplan bij Alcatel Bell **66**

LIJST MET ILLUSTRATIES

Figuur 1: Alcatel 5
Figuur 2: Situering 6
Figuur 3: Routebeschrijving 6
Figuur 4: Ontharding 8
Figuur 5: Regeneratie 9
Figuur 6: Ketel 2 en 3 11
Figuur 7: Ketel 4 12
Figuur 8: Principeschema van een ketel 13
Figuur 9: Collector 13
Figuur 10: Condensaatvat 14
Figuur 11: Condensaatvat 14
Figuur 12: Ontgasser en voorraadtank 15
Figuur 13: Ontgasser en voorraadtank 15
Figuur 14: De Samsonklep 16
Figuur 15: De York 16
Figuur 16: Principeschema van het stoom- en condensaatnetwerk 18
Figuur 17: Vullen van de pomp 19
Figuur 18: Afvoer 19
Figuur 19: Ogdenpomp 20
Figuur 20: Magazijn 21
Figuur 21: Werkplaats 22
Figuur 22: Shipping 23
Figuur 23: Keuken 24
Figuur 24: Kelder A 25
Figuur 25: Kelder B 26
Figuur 26: Condensaatleidingen gelijkvloers 28
Figuur 27: Condensaatleidingen kelder A 29
Figuur 28: Condensaatleidingen kelder B 30
Figuur 29: Elektrische boiler + lavabo 53
Figuur 30: Principeschema zonneboiler 55
Figuur 31: Aardgasboiler 56
Figuur 32: Warm waterinstallatie 64

INLEIDING

1.1 Het bedrijf Alcatel

Alcatel is een multinationale groep, die wereldleider is op het gebied van communicatiesystemen en glasvezel, met operationele hoofdzetel in Parijs. De groep ontwerpt, fabriceert, verkoopt en verzorgt het onderhoud van deze apparatuur in de ganse wereld. Bepaalde bedrijven uit de groep Alcatel, waaronder Alcatel-Bell, werden opgericht op het einde van de 19de eeuw en leverden dan ook de eerste telefoonuitrustingen van Europa. Iets meer dan een eeuw later telt Alcatel klanten in 110 landen in de 5 verschillende continenten. Haar activiteiten beslaan alle domeinen van de communicatie: netwerken, publieke schakelsystemen, kabeltransmissie, radiocommunicatie, satellietcommunicatie, bedrijfscommunicatie, telecommunicatiekabel, professionele elektronica en tenslotte de installatie en het beheer van netwerken.

1.2 Alcatel Bell Geel

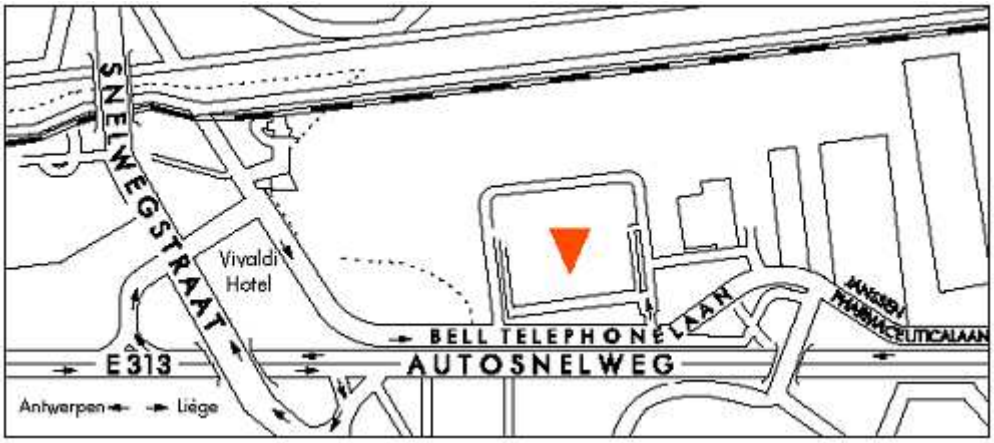
Op 26 april 1882 wordt de NV Bell Telephone Manufacturing Co. in Antwerpen opgericht. Als doel heeft de maatschappij: verkoop, aankoop, en verhuren van apparaten voor telefonie en telegrafie en alles wat rechtstreeks of onrechtstreeks met elektriciteit te maken heeft. Zes maanden later telt de organisatie 25 werknemers, waaronder 8 vrouwen. Niet alleen in ons land is er activiteit, maar wereldwijd worden producten geëxporteerd. Door deze wereldwijde export groeit het bedrijf in sneltreintempo. Maar door de economische recessie van de jaren dertig daalt het aantal werknemers van 11000 in 1927 tot een magere 2700 in 1934. Tijdens de tweede wereldoorlog is de productie zo goed als onbestaande, om nadien zeer snel te stijgen, liefst 90% van de Belgische huisautomaten wordt bij Bell besteld.

Figuur 1: Alcatel

Op 17 oktober 1966 wordt met de bouw van een productie-eenheid in Geel gestart. Deze moet verschillende afdelingen verenigen zodat er in Antwerpen meer plaats vrijkomt voor research. In februari 1996 wordt Bell Telephone deel van de telefoongigant Alcatel NV en veranderd zijn naam in Alcatel Bell, hoewel het op dat moment reeds 10 jaar deel uitmaakt van de groep. Dit maakt de groep op slag 's werelds tweede grootste telecomspeler en marktleider in het kabelsegment

Figuur 2: Situering

Alcatel Bell coördineert de Alcatel-activiteiten in België: schakel- en routingsystemen, carrier internetworking, optische en mobiele netwerken, netwerkapplicaties, netwerkdiensten en research. Binnen de groep Alcatel is Alcatel Bell het competence center voor breedbandtoegang, IP (internet protocol), netwerken van de volgende generatie en wereldwijd sales support.



Figuur 3: Routebeschrijving

Alcatel Bell ligt vlak naast de autosnelweg van Antwerpen richting Hasselt.

In de loop van onze stage is de naam van Alcatel Bell verandert in Alcatell-Lucent, doordat Alcatel is samengegaan met Lucent.

2 DE VERSCHILLENDE TOESTANDEN VAN WATER

2.1 Stoom

Stoom is een aggregatietoestand van water, ook wel waterdamp (gasvormig water) genoemd. Vaak wordt de naam stoom gegeven aan een nevel van water: kleine zichtbare druppeltjes water boven bijvoorbeeld een fluitketel. Echte waterdamp is echter onzichtbaar.

Van zodra het water verwarmd wordt neemt de entalpie(de totale energieïnhoud) van het water toe tot op het ogenblik dat het water begint te koken(verzadigd water).Dit wil zeggen dat het water niet verder energie kan opnemen zonder te veranderen van toestand. Nu verandert het water in damp en deze damp noemt men stoom. De warmte die hier voor nodig is noemt men latente warmte.

Totale warmteïnhoud = vloeistofwarmte + latente warmte
hg = hf + hfg

Er zijn twee soorten stoom: verzadigde- en oververhitte stoom.

Verzadigde stoom is stoom die op dauwpunt is. Dit houdt in dat de temperatuur van de stoom gelijk is aan de kooktemperatuur. Bij atmosferische druk is dat dus 100°C. Verzadigde stoom wordt ook wel natte stoom genoemd, omdat er bij het geringste warmteverlies minuscule waterdruppeltjes ontstaan. Deze stoom is ongeschikt voor het aandrijven van een stoomturbine, maar voldoet prima voor het aandrijven van een stoommachine of voor de overdracht van warmte. Er wordt dan wel gebruikgemaakt van verzadigde stoom die bij hogere druk is gegenereerd.

Voor het aandrijven van een stoomturbine is oververhitte stoom nodig. Oververhitte stoom is stoom die extra is naverwarmd. De temperatuur is dan hoger dan de dauwpuntstemperatuur. Bij verlies aan warmte zal deze stoom afkoelen zonder dat er minuscule waterdruppeltjes ontstaan. Om oververhitte stoom te maken moet er extra warmte in de stoom worden gestopt. In een fluitketel kan dat niet omdat daar alleen het water wordt verwarmd. De ontsnappende stoom blijft op dauwpuntstemperatuur. In een stoomketel gebeurt hetzelfde, maar wordt de ontsnappende stoom vervolgens door een oververhitter geleid. De verzadigde stoom stijgt in temperatuur en wordt dan oververhitte stoom genoemd.

2.2 Condensaat

In de eenvoudigste betekenis van dit woord is condensaat de stof die ontstaat bij het omvormen van gas- of dampvorm naar vloeibare vorm.

Wanneer warme, vochtige lucht afkoelt, zal de waterdamp in deze lucht condenseren. Dat komt omdat warmere lucht meer water kan bevatten dan koude lucht. Condensatie geschiedt doordat de lucht door een kouder oppervlak afkoelt en zodoende het dauwpunt bereikt. Een ander voorbeeld is de dauw, waarbij 's nachts de lucht afkoelt en het water in die lucht neerslaat (condenseert). De absolute vochtigheid in de lucht neemt dus af met de temperatuur, terwijl daardoor dus bij een temperatuurdaling de relatieve vochtigheid zal toenemen.

Bij condensatie van vocht uit de lucht komt warmte vrij, deze is gelijk aan het omgekeerde van de verdampingswarmte.

Bij de overgang van damp naar vloeistof wordt de dichtheid van - in dit geval - water vele malen groter, omdat de watermoleculen in de vloeistof elkaars buren worden, terwijl ze in de dampfase los van elkaar door de ruimte bewegen. De letterlijke vertaling van condensatie is dan ook: verdichting.

2.3 Stadswater

Het stadswater is het normale alledaagse water dat door PIDPA geleverd wordt. Het water dat bij Alcatel gebruikt wordt, voldoet aan de eisen voor drinkwater dat men overal gebruikt. Het stadswater wordt gebruikt voor stoomproductie, sanitair warm water en luchtbevochtiging.

2.4 Sanitair warm water

Het sanitair warm water is stadswater dat opgewarmd wordt door middel van een warmtewisselaar die gevoed wordt met stoom. Het warme water wordt dus uiteraard gebruikt voor de douches en lavabo's.

2.5 Onthard water

Wanneer water verwarmd wordt of wanneer het verdampt, vormt het calcium en magnesium die in het water zitten om tot onoplosbare kalksteen. Dit veroorzaakt kalkaanslag in de leidingen en het vermindert de warmteoverdracht, wat een hoger energieverbruik met zich meebrengt. Bovendien kan deze aanslag een voedingsbodem betekenen voor micro- organismen en verkort het de levensduur van de toestellen en installaties die het water gebruiken. Onthard water is water, waaruit Ca- en Mg- ionen worden gefilterd. Deze ionen worden vastgehouden op een hars waarover het water gestuurd wordt. De ionen uit de oplossing worden vervangen door een equivalente hoeveelheid andere ionen die uit de harsen vrijkomen, zodat het water neutraal blijft. Deze andere ionen (meestal natriumionen) zullen geen afzetting veroorzaken wanneer het water wordt opgewarmd en zijn dus onschadelijk voor de installaties.

Figuur 4: Ontharding

- Volledig opgeladen ionen zijn klaar om de calcium- en magnesiumionen uit te wisselen.

- Hard water stroomt over het harsbed.
- Het harsbed is half verzadigd.
- Het harsbed is verzadigd en dient geregenereerd te worden.

Figuur 5: Regeneratie

Ontharding kan zowel met kation- als anionuitwisseling gebeuren. Meestal past men ontharding met een sterk zure kationwisselaar in de Na- vorm toe. Tijdens het normale bedrijf worden de calcium- en magnesiumionen die in het water aanwezig zijn, uitgewisseld tegen een equivalente hoeveelheid natriumionen, aangezien deze veel minder schadelijk zijn. De overige ionen worden niet uitgewisseld en blijven onveranderd in het water aanwezig. In normaal bedrijf treden dus de volgende reacties op:

$$\text{Kationhars} + \text{kalkzouten} \rightarrow \text{kationhars} + \text{natriumzouten}$$
$$[\text{hars-}](Na^+)_2 + Ca^{2+} \rightarrow [\text{hars-}]Ca^{2+} + 2\,Na^+$$
$$[\text{hars-}](Na^+)_2 + Mg^{2+} \rightarrow [\text{hars-}]Mg^{2+} + 2\,Na^+$$

De regeneratie van een dergelijke wisselaar gebeurt door een pekelinjectie. Dit betekent dat onthard water met daarin natriumchloride in omgekeerde richting over de ionenwisselaar wordt gestuurd. Hierdoor krijgt men dus de tegenovergestelde reacties als bij normaal bedrijf. Wanneer de wisselaar volledig geregenereerd is, kan de cyclus opnieuw aanvatten. Tijdens de regeneratie is er geen ontharding mogelijk zodat een onthardingsinstallatie meestal dubbel uitgevoerd wordt, in zogenaamde duplex vorm. Wanneer de ene dan in werking is, kan de andere geregenereerd worden, zodat een continue ontharding mogelijk wordt.

2.6 Additieven

Aangezien de stoom die gebruikt wordt, ook dient voor luchtbevochtiging, dient men er rekening mee te houden dat deze in contact komt met de lucht en deze lucht voor humaan gebruik is. Daarom mogen de addietieven niet schadelijk zijn voor de gezondheid. Volgende additieven worden aan het water toegevoegd.

1. Optisperse PQ 5176: Ketelproduct dat wordt gebruikt om het ijzer en de kalk in het water in oplossing te houden, zodat dit niet aan de ketel blijft plakken. Hierdoor zal het rendement ook niet dalen en treedt dispersie op van de aanwezige kalk- en ijzerbestanddelen.

2. Control OS 5300: Zuurstofbinder die ervoor zorgt dat de restzuurstof in het water wordt gemengd, dit dient om corrosievorming tegen te gaan.

3. Optiguard MCA 5950: Fosforvrije stof die ervoor zorgt dat ijzer en kalk in oplossing geraken. Deze oplossing is fosforvrij omdat het percentage fosfor zo laag mogelijk moet zijn bij lozing.

4. Corrshield MD 4152: Stof die alle gesloten kringen op het net beschermd tegen corrosie.

2.7 Spui

Met spui bedoelt men de lozingsstoffen die vrijkomen uit de ketels, collector en bij de ontwatering. Spui bestaat uit water met verschillende onzuiverheden, zoals de afbraakproducten van de additieven, een deel van de additieven zelf, corrosieproducten (wat eigenlijk niet aanwezig zou mogen zijn), …

3 DE MACHINEKAMER

3.1 Ketels

In de machinekamer bevinden zich 3 aparte stoomketels, ketel 2, 3 en 4. Vroeger was er ook nog ketel 1, maar deze is al verwijderd. De ketels worden gevoed door een brander van het type Weishaupt G 40/1.

Figuur 6: Ketel 2 en 3

Ketel 2 en 3 zijn van het merk EMK (Elboma-Moortgat-Konstructie), hebben een debiet van 6 ton/uur en leveren stoom met een werkdruk van 8 bar.

Deze ketels zijn horizontale drietreksvlampijpketels, waarbij de eerste trek wordt gevormd door een horizontale cilindrische vuurhaard die in de voorste en in de achterste vlampijpplaten gelast is. Terwijl de brander in bedrijf is, staat de vuurhaard onder een druk van ongeveer 30 mm WK.

De verbranding gebeurt volledig in de vuurhaard, zodat de vlampijpen nog enkel door hete verbrandingsgassen doortrokken worden. Hun overgang van de vlampijp naar de vlampijpbundel die de tweede trek uitmaakt, gebeurt achteraan in de ketel. Deze overgang gebeurt in een volledig watergekoelde keerkamer. Om er toegang tot te verlenen is zij voorzien van een mangat dat tevens voorzien is van een ontploffingsklep. Na het verlaten van de achterste keerkamer, leiden de vlampijpen van de tweede trek de verbrandingsgassen terug naar de voorkant van de ketel, en daar komen ze terecht in de voorste rookkast. Hier worden ze gericht naar de vlampijpen die de derde trek uitmaken, en komen terecht in de achterste rookkast vanwaar ze ontwijken naar de schouw.

De vuurhaard en de vlampijpen bevinden zich in de waterruimte van de ketel. Het wateroppervlak moet zich minstens 10 cm boven de vuurhaard of boven de bovenste

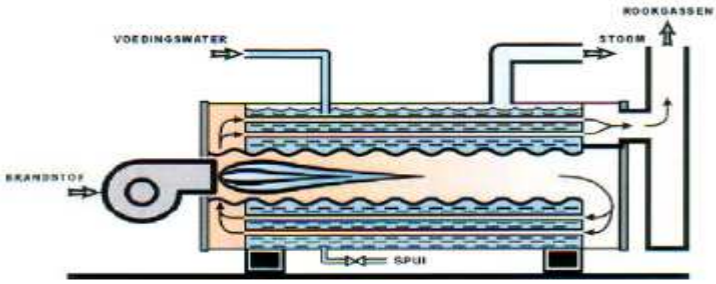
vlampijp bevinden, zodat zowel vuurhaard als vlampijpen in alle omstandigheden gekoeld blijven. Het onderste gedeelte van de ketelromp vormt de stookruimte, en bovenaan deze ruimte wordt de stoom afgenomen. De toegang tot stoom- en waterzijde van de ketel wordt verleend door toezichtgaten aan onder- en bovenkant.

De regeling van de ketel bestaat erin, hem op een constante vooraf ingestelde druk te houden. Dit op constante druk houden gebeurt automatisch door een pressiostaat die de brander beveelt.

Het is voor alle moderne stoomketels van groot belang gevoed te worden met water van 0 graden hardheid. Voeden met hard water geeft ketelsteen als gevolg, dat niet alleen een hinder, maar ook een ernstig gevaar betekent voor de ketel. Ketelsteen zal het rendement van de ketel doen dalen. Maar erger is het feit dat ketelsteen een isolerende laag vormt tussen de vuurhaard en het ketelwater dat normaal fungeert als een hoogst doeltreffend koelmiddel. Door de isolerende ketelsteenslag wordt de vuurhaard nu minder goed afgekoeld, waardoor zijn temperatuur oploopt. Een nadeel van onthard water is dat het zuur is, en dus heeft het de neiging de metalen wanden langzaam aan te tasten. Dit kan verhinderd worden door een bepaalde scheikundige producten aan het water toe te voegen (additieven).

Figuur 7: Ketel 4

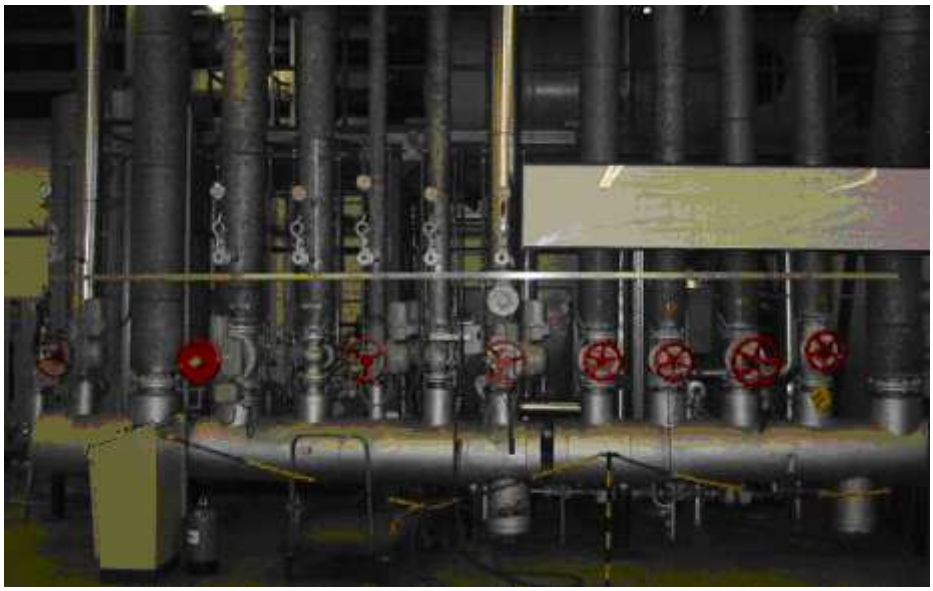
Ketel 4 is van het merk Wanson. Deze levert stoom van dezelfde werkdruk (8 bar), maar heeft een kleiner debiet, namelijk 4 ton/uur.



Figuur 8: Principeschema van een ketel

3.2 Collector

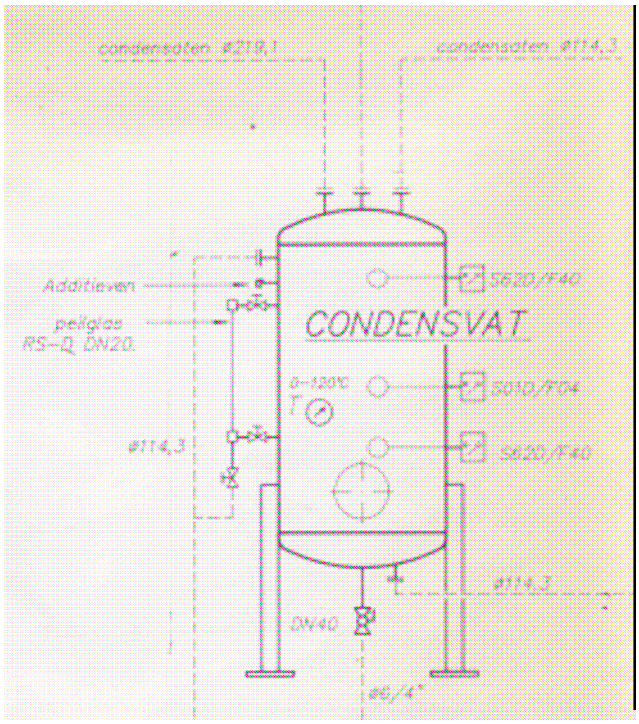
In de collector wordt de stoom verzameld die in de verschillende ketels wordt opgewekt, hierna zal deze stoom worden verdeeld naar de verschillende verbruikers binnen de fabriek.



Figuur 9: Collector

3.3 Condensaatvat

In het condensaatvat komt al het condensaat terug dat door de verschillende verbruikers werd gevormd door uit de toegevoerde stoom warmte te onttrekken. Het condensaatvat heeft een capaciteit van 3265 l en het terugkomende condensaat heeft een temperatuur van 40-60 graden Celsius. Al het condensaat dat terugkomt wordt gemengd met stadswater zodat er voldoende water aanwezig is dat men kan omvormen tot stoom.



Figuur 10: Condensaatvat

Figuur 11: Condensaatvat

3.3 Ontgasser en Voorraadtank

Het condensaat uit de condensaattank wordt naar de ontgasser geleid. Hierin zal dit verneveld worden, zodat er zo veel mogelijk zuurstof verdwijnt. De vernevelde stof zal langs de wand van de ontgasser naar beneden glijden en terechtkomen in de voorraadtank. Hier wordt het water al opgewarmd tot een temperatuur van ongeveer 103 graden Celsius onder een druk van 0,3 bar. Het volume van de voorraadtank is 5654 l. Vanuit de voorraadtank zal het water terug richting ketels worden gestuurd, waar het omgezet zal worden naar stoom.