

Energiebesparing in Stoomnetwerken

Energiebesparing in Stoomnetwerken

Tweede uitgave

K. Remans, D. Maes, E. Hooyberghs en K. Vrancken



ACADEMIA PRESS



<http://www.emis.vito.be>

© Academia Press – Gent
Eekhout 2
9000 Gent

Deze uitgave kwam tot stand in het kader van het project 'Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken en bijhorend Energie en Milieu Informatie Systeem' (BBT/EMIS) van het Vlaams Gewest.

BBT/EMIS wordt begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse minister van Leefmilieu, Energie, Natuur en Openbare werken, het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE), het departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI) en IWT, OVAM, VLM, VMM, ZG en de betrokken bedrijfstakorganisaties.

Hoewel al het mogelijke gedaan is om de accuraatheid van de studie te waarborgen, kunnen noch de auteurs, noch Vito, noch het Vlaams Gewest aansprakelijk gesteld worden voor eventuele nadelige gevolgen bij het gebruik van deze studie. Specifieke vermeldingen van procédés, merknamen, enz. moeten steeds beschouwd worden als voorbeelden en betekenen geen beoordeling of engagement.

De gegevens uit deze studie zijn geactualiseerd tot november 2007.

De uitgaven van Academia Press worden verdeeld door:

Wetenschappelijke Boekhandel J. STORY-SCIENTIA BVBA
Sint-Kwintensberg 87
9000 Gent
Tel. (09) 225 57 57 - Fax (09) 233 14 09

Voor Nederland:

Ef & Ef
Eind 36
6017 BH Thorn
Tel. 0475 561501 - Fax 0475 56 16 60

K. Remans, D. Maes, E. Hooyberghs en K. Vrancken
Energiebesparing in Stoomnetwerken
Gent, Academia Press, 2008, ix + 65 pp.

Opmaak: proress.be

ISBN: 978 90 382 1238 8
Wettelijk Depot: D/2008/4804/54
Bestelnummer U 1088
NUR 973

Voor verdere informatie, kan u terecht bij:

BBT-kenniscentrum
VITO
Boeretang 200
B-2400 MOL
Tel. 014/33 58 68
Fax 014/32 11 85
e-mail: bbt@vito.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

TEN GELEIDE

In opdracht van de Vlaamse Regering is bij VITO, de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, in 1995 een Vlaams kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken opgericht. Dit BBT-kenniscentrum, heeft als taak informatie te verspreiden over milieuvriendelijke technieken in bedrijven. Doelgroepen voor deze informatie zijn milieuverantwoordelijken in bedrijven en de overheid. De uitgave van dit boek kadert binnen deze opdracht. Het BBT-kenniscentrum wordt, samen met het zusterproject EMIS (<http://www.emis.vito.be>) begeleid door een stuurgroep van het Vlaams Gewest met vertegenwoordigers van de Vlaamse minister van Leefmilieu en Energie, de administraties Leefmilieu (Aminal), Economie (ANRE) en Wetenschapsbeleid (AWI) en de instellingen IWT, OVAM, VLM en VMM.

Milieuvriendelijke technieken zijn erop gericht de milieuschade die bedrijven veroorzaken te beperken. Het kunnen technieken zijn om afvalwater en afgassen te zuiveren, afval te verwerken of bodemvervuiling op te ruimen. Veel vaker betreft het echter preventieve maatregelen die de uitstoot van vervuilende stoffen voorkomen en het energie- en grondstoffenverbruik reduceren. Indien dergelijke technieken, in vergelijking met alle gelijkaardige technieken, het best scoren op milieugebied én indien ze bovendien betaalbaar blijken, spreken we over Beste Beschikbare Technieken of BBT.

Milieunormen die aan bedrijven worden opgelegd, zijn in belangrijke mate gebaseerd op de BBT. Zo zijn de Vlaamse sectorale normen vaak een weergave van de mate van milieubescherming die met de BBT haalbaar is. Het bepalen van de BBT is daarom niet alleen nuttig als informatiebron voor bedrijven, maar ook als referentie waarvan de overheid nieuwe milieunormen kan afleiden. In bepaalde gevallen verleent de Vlaamse overheid ook subsidies aan bedrijven als deze investeren in de BBT.

Het BBT-kenniscentrum werkt BBT-studies uit per bedrijfstak of per groep van gelijkaardige activiteiten. Deze studies beschrijven de BBT en geven achtergrondinformatie. De achtergrondinformatie laat milieu-ambtenaren toe de dagelijkse bedrijfspraktijk beter aan te voelen en geeft bedrijfsverantwoordelijken aan wat de wetenschappelijke basis is voor de verschillende milieuvorwaarden. De BBT worden getoetst aan de vergunningsnormen en de regels inzake ecologiepremie die in Vlaanderen van kracht zijn. Daarnaast levert het BBT-Kenniscentrum input in het opstellen van de Europese BBT-studies: BAT Reference Documents of BREFs. Deze kunnen zowel sectorspecifiek als thematisch zijn.

BBT-studies zijn het resultaat van een intensieve zoektocht in de literatuur, bezoeken aan bedrijven, samenwerking met sectorexperts, het bevragen van leveranciers, uitgebreide contacten met bedrijfsverantwoordelijken en ambtenaren, etc. Het spreekt voor zich dat de BBT overeenkomen met een momentopname en dat niet alle BBT -nu en in de toekomst- in de BBT-studies opgenomen kunnen zijn.

LEESWIJZER

Hoofdstuk 1 Inleiding

licht eerst het begrip “Beste Beschikbare Technieken” toe en de invulling ervan in Vlaanderen en schetst vervolgens het algemene kader van voorliggende BBT-studie. Ondermeer het voornemen, de hoofddoelstellingen en de werkwijze van deze BBT-studie worden hierbij verduidelijkt.

Hoofdstuk 2 Gebruik van stoom in de industrie

geeft inleidende begrippen en aannames aan die in deze studie gebruikt werden.

Hoofdstuk 3 Bepaling van de stoomkost

geeft een kader voor de bepaling van kostprijzen voor stoom.

Hoofdstuk 4 Beschikbare energiebesparende technieken

licht de verschillende energiebesparende technieken stelselmatig toe

Hoofdstuk 5 Premies en steunmaatregelen

geeft indicaties over steunmaatregelen en subsidies in dit verband.

INHOUDSTAFEL

TEN GELEIDE	I
LEESWIJZER	III
SAMENVATTING	VII
ABSTRACT	IX
Hoofdstuk 1. INLEIDING	I
<i>1.1. De studie ‘Energiebesparing in Stoomnetwerken’</i>	I
1.1.1. Doelstellingen van de studie	I
1.1.2. Inhoud van de studie	I
1.1.3. Begeleiding en werkwijze	I
Hoofdstuk 2. GEBRUIK VAN STOOM IN DE INDUSTRIE	3
<i>2.1. Inleiding: Warmte-inhoud van brandstoffen en rendementen</i>	3
<i>2.2. Gebruik van stoom in de industrie</i>	4
2.2.1. Stoom?	4
2.2.2. Stoomdrukken	5
2.2.3. Andere aspecten van een stoomnetwerk	6
Hoofdstuk 3. BEPALING VAN DE STOOMKOST	7
<i>3.1. De echte kost van stoomproductie</i>	7
<i>3.2. Het berekenen van de stoomkost</i>	8
<i>3.3. Vereenvoudigde modellering van het stoomnetwerk</i>	10
<i>3.4. Marginale kost voor stoomproductie</i>	10
<i>3.5. Uitgewerkt voorbeeld</i>	11
<i>3.6. Conclusies</i>	16
Hoofdstuk 4. BESCHIKBARE ENERGIEBESPARENDE TECHNIEKEN ...	17
<i>4.1. Inleiding</i>	17
Technische fiche 1. Economiser voor voorverwarming van voedingswater.	18
Technische fiche 2. Luchtvoorverwarmer	20
Technische fiche 3. Regelmatige verwijdering van aanslag op de waterzijdige kant van de productieketels	23
Technische fiche 4. Minimaliseren van de ketelspui	25
Technische fiche 5. Warmterecuperatie uit de spuiverliezen	28
Technische fiche 6. Verliezen door intermitterend gebruik van de ketel minimaliseren	30

Technische fiche 7.	Hoge druk stoomketels en tegendrukturbines voor productie van elektriciteit of voor roterende installaties	32
Technische fiche 8.	Een controle- en reparatieprogramma voor condenspotten	34
Technische fiche 9.	Isolatie van stoomleidingen en condensaat-retourleidingen	37
Technische fiche 10.	Verwijderbare isolerende schalen op kranen en kleppen	39
Technische fiche 11.	Opvang van condensaat en hergebruik in het ketelhuis	41
Technische fiche 12.	Hergebruik van naverdampingsstoom of flashstoom . .	43
Technische fiche 13.	Gebruik van flash stoom op de site zelf of condensaatrecuperatie op onderdruk	46
Hoofdstuk 5.	PREMIES EN STEUNMAATREGELEN	49
5.1.	<i>Inleiding</i>	49
5.2.	<i>Aanbevelingen voor ecologiepremie</i>	49
5.2.1.	<i>Inleiding</i>	49
5.2.2.	<i>Toetsing van de milieuvriendelijke technieken voor energiebesparing in stoomnetwerken aan de criteria voor ecologiepremie</i>	51
5.3.	<i>Verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen</i>	52
	BIBLIOGRAFIE	55
	LIJST DER AFKORTINGEN	57
	BIJLAGEN	59
	OVERZICHT VAN DE BIJLAGEN	60
Bijlage 1.	MEDEWERKERS BBT-STUDIE	61
Bijlage 2.	BEKNOPTE STOOMTABEL	65

SAMENVATTING

Het BBT-kenniscentrum, opgericht in opdracht van de Vlaamse Regering bij VITO, heeft tot taak het inventariseren, verwerken en verspreiden van informatie rond milieuvriendelijke technieken. Tevens moet het centrum de Vlaamse overheid adviseren bij het concreet maken van het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT).

Deze studie door het BBT-kenniscentrum behandelt technieken voor energiebesparing binnen stoomnetwerken.

De opportuniteit voor deze studie werd gegeven door de BREF-studie 'Energy Efficiency' op Europees niveau.

Als lid van de Technical Working Group (TWG) levert VITO technische input voor deze BREF. In overleg met de andere Europese partners werd afgesproken dat VITO informatie zou aanleveren over energiebesparing binnen stoomnetwerken. Deze informatie is eveneens waardevol voor de Vlaamse industrie. Daarom werd beslist dit onderdeel in het Nederlands apart uitgebreid ter beschikking te stellen.

Deze studie is dus geen BBT-studie in de strikte zin van het woord. Gegevens uit deze studie werden aangeleverd als basismateriaal voor de Europese BREF.

Als inleiding voor de studie van energiebesparing bij stoomnetwerken geeft hoofdstuk 2 algemene begrippen en aannames die bij deze studie gebruikt worden.

Hoofdstuk 3 geeft een kader waarmee de kostprijs voor stoom kan worden bepaald.

In het vierde hoofdstuk worden de verschillende mogelijke energiebesparende technieken stelselmatig voorgesteld.

Het laatste hoofdstuk geeft bondig meer informatie over premies, subsidies en steunmaatregelen waarop bedrijven aanspraak kunnen maken bij de implementatie van de voorgestelde technieken.

Het huidige document is een herziening van de eerste versie die werd gepubliceerd in november 2006. In vergelijking met de eerste versie werden verschillende verbeteringen aangebracht, zowel in de inleidende hoofdstukken als in de bespreking van de beschikbare technieken.

ABSTRACT

The Centre for Best Available Techniques (BAT) is founded by the Flemish Government, and is hosted by VITO. The BAT centre collects, evaluates and distributes information on environment friendly techniques. Moreover, it advises the Flemish authorities on how to translate this information into its environmental policy. Central in this translation is the concept “BAT” (Best Available Techniques). BAT corresponds to the techniques with the best environmental performance that can be introduced at a reasonable cost.

This study discusses techniques for saving energy within steam systems. The opportunity for this study was provided by the BREF study “Energy Efficiency” at European level. BREF is an acronym of Best Available Techniques Reference document, which is a document established at European level in the framework of the development of the IPPC Directive.

As a member of the Technical Working Group (TWG) VITO provides technical input for this BREF. In consultation with other European partners it was decided that VITO would provide information regarding energy efficiency within steam systems. This information is also valuable for the Flemish industry. That is why it was decided to make this component available separately in Dutch. This study thus is not a BBT study strictu sensu. Data from this study have been submitted as input to the BREF.

Chapter 2 serves as an introduction to the study of energy efficiency in steam systems and provides more information about general notions and assumptions used in this study. Chapter 3 establishes the framework through which the cost of steam can be determined. The fourth chapter provides a systematic presentation of the different energy saving techniques. The last chapter provides a brief overview of all information available regarding premiums, subsidies and support measures that companies can apply for when implementing the techniques proposed.

The current document is the revision of a first version that was published in November 2006. Compared to that version several corrections have been made, both in the introductory chapters and in the discussion of the available techniques.

Hoofdstuk 1 **INLEIDING**

1.1. De studie ‘Energiebesparing in Stoomnetwerken’

1.1.1. Doelstellingen van de studie

Deze studie behandelt technieken voor energiebesparing binnen stoomnetwerken.

De opportuniteit voor deze studie werd gegeven door de BREF-studie ‘Energy Efficiency’ op Europees niveau. BREF staat voor Best Available Techniques Reference document. Dit is een document dat wordt samengesteld op Europees niveau in het kader van de uitwerking van de IPPC-richtlijn.

De BREF Energy Efficiency wil een algemeen document vormen voor alle sectoren om energie-efficiëntie binnen het IPPC-kader te brengen. Deze tekst zal ook geïmplementeerd worden in de IPPC-bedrijven in Vlaanderen.

Als lid van de Technical Working Group (TWG) levert VITO technische input voor deze BREF. In overleg met de andere Europese partners werd afgesproken dat VITO informatie zou aanleveren over energiebesparing binnen stoomnetwerken. Deze informatie is eveneens waardevol voor de Vlaamse industrie. Daarom werd beslist dit onderdeel in het Nederlands apart uitgebreid ter beschikking te stellen.

Deze studie is dus geen BBT-studie in de strikte zin van het woord. Gegevens uit deze studie zullen later wel aangeleverd worden als basismateriaal voor de Europese BREF.

1.1.2. Inhoud van de studie

Als inleiding voor de studie van energiebesparing bij stoomnetwerken geeft hoofdstuk 2 algemene begrippen en aannames die bij deze studie gebruikt worden.

Hoofdstuk 3 geeft een kader waarbinnen de kostprijs voor stoom kan worden bepaald.

In het vierde hoofdstuk worden de verschillende mogelijke technieken stelselmatig voorgesteld.

Het laatste hoofdstuk geeft bondig meer informatie over premies, subsidies en steunmaatregelen waarop bedrijven aanspraak kunnen maken bij de implementatie van de voorgestelde technieken.

1.1.3. Begeleiding en werkwijze

Voor de wetenschappelijke begeleiding van de studie werd een begeleidingscomité samengesteld met vertegenwoordigers van industrie en overheid. Dit comité kwam 1 keer bijeen om de studie inhoudelijk te sturen. Bij het opstellen van de tekst was er regelmatig overleg met verschillende leden van het begeleidingscomité en externe deskundigen. De namen van de leden van dit comité en van de verschillende externe deskundigen die aan deze studie hebben meegewerkt, zijn opgenomen in bijlage 1.

De auteurs hebben voor zover mogelijk rekening gehouden met de opmerkingen van het begeleidingscomité.

Op basis van aanvullende opmerkingen en verdere evoluties in de sector na publicatie van de eerste versie van deze studie, werd beslist het document te herzien. De huidige herziene versie werd in november/december 2007 opnieuw voorgelegd ter commentaar aan het begeleidingscomité, en door hen goedgekeurd.

Hoofdstuk 2**GEBRUIK VAN STOOM IN DE INDUSTRIE**

In dit hoofdstuk worden algemene gegevens over een stoomnetwerk duidelijker bepaald. Het hoofdstuk bevat algemene informatie voor de bepaling van eigenschappen van brandstoffen en kostprijzen voor stoomproductie en -gebruik.

2.1. Inleiding: Warmte-inhoud van brandstoffen en rendementen

Verskillende brandstoffen hebben een verschillende warmte-inhoud. Deze warmte-inhoud wordt uitgedrukt door de bovenste verbrandingswaarde of de onderste verbrandingswaarde. Het verschil tussen de twee waarden is de hoeveelheid van de afgegeven warmte die onder latente vorm in de verbrandingsgassen aanwezig is, en niet als voelbare warmte. Door condensatie van de waterdamp in de rookgassen kan men dan ook dit latente deel van de vrijgekomen energie aanspreken.

Het verschil tussen de hogere en lagere verbrandingswaarde van deze brandstoffen staat weer-gegeven in onderstaande tabel:

Tabel 1: Verschillen tussen hoge en lage verbrandingswaardes van brandstoffen

Brandstof	HVV (MJ/kg)	LVW (MJ/kg)	Vershil
Steenkool ¹	34,1	33,3	2,4%
CO	10,9	10,9	0,0%
Methaan	55,5	50,1	10,8%
Aardgas ²	42,5	38,1	11,5%
Aardgas ³	37,2	33,5	11,0%
Propaan	48,9	45,8	6,8%
Benzine	46,7	42,5	9,9%
Diesel	45,9	43	6,7%
Waterstof	141,9	120,1	18,2%

1. Antraciet, gemiddelde waarde
2. Aardgas met hoge energie-inhoud
3. Aardgas met lage energie-inhoud

Het rendement van ketels en installaties wordt gegeven ten opzichte van deze verbrandingswaardes. Ook de prijzen voor de brandstof wordt soms uitgedrukt in €/MJ of €/MWh.

Bij de uitgewerkte voorbeelden is er telkens van uit gegaan dat de prijs geraamd is ten opzichte van de lagere verbrandingswaarde. Ook de vermelde rendementen in deze studie zijn telkens ten opzichte van de lagere verbrandingswaarde.

In de praktijk is het vooral voor aardgas mogelijk dat facturen opgesteld zijn met een prijs per kWh, gerekend met de hogere verbrandingswaarde. In andere gevallen kan het aardgas eveneens gefactureerd worden per Nm³. Andere brandstoffen worden vaak gefactureerd per liter of per ton. In elk geval is een correcte omrekening naar de correcte eenheid noodzakelijk.

Voor ketels worden vaak verschillende rendementen opgegeven. Elk rendement is een weergave van de verliezen die bij de warmteproductie optreden. Ter hoogte van de ketel treden verschillende types verliezen op bij warmteproductie en bij stoomproductie in het bijzonder:

- Rookgasverliezen: De rookgassen die de ketel verlaten bezitten een bepaalde thermische en chemische energie die verloren gaat. De chemische verliezen zijn vervat in stoffen die door onvolledige verbranding met de rook verdwijnen. De thermische verliezen worden bepaald door de warmte-inhoud van de rookgassen. Hoe hoger de temperatuur van de rookgassen, hoe groter ook deze verliezen. Deze kunnen gerecupereerd worden in een economiser (die de rookgassen verder afkoelt) of nog verder in een rookgascondensator (die de rookgassen tot onder het dauwpunt afkoelt.)
- Stralingsverliezen: Indien isolatie ontbreekt op warme oppervlakken van de ketel, kan warmte worden afgestraald aan de omgeving.
- Stilstandsverliezen: combinatie van verschillende types verliezen waardoor een ketel in stilstand een deel van de opgeslagen warmte kan verliezen.
- Ventilatieverliezen: Indien de luchttoevoer naar de ketel onvoldoende afgesloten wordt tijdens stilstand, kan er luchtdoorstroming optreden van de ketel door aantrek van de schoorsteen. Deze luchtdoorstroming brengt lucht op omgevingstemperatuur binnen, de lucht neemt warmte binnen in de ketel op en transporteert deze naar buiten door de schoorsteen.
- In de praktijk worden deze verliezen eenvoudig vermeden door het plaatsen van een luchtklep. Deze verhindert de luchtdoorstroming bij stilstand.
- ...

De verschillende rendementen nemen dan enkele of meerdere van deze verliezen op.

Courant worden de volgende rendementen gebruikt:

- Rookgaszijdig rendement: dit rendement wordt bepaald door meting van de rookgasamenstelling en de rookgastemperatuur, en bepaalt enkel de rookgasverliezen.
- Seizoensrendement of seizoensgemiddeld productierendement: dit rendement neemt alle verliezen ter hoogte van de ketel op, gerekend op de productie gedurende een geheel jaar.

2.2. Gebruik van stoom in de industrie

2.2.1. Stoom?

Wanneer men een verwarmingssysteem gaat installeren, heeft men de keuze tussen verschillende energiedragers: stoom, water en thermische olie.

Als de nodige temperatuur niet boven de 100°C uitstijgt, dan is water voldoende, en is de keuze snel gemaakt. Voor temperaturen die de 100°C overstijgen, kan men nog altijd met water onder druk werken. Deze druk moet kookverschijnselen vermijden. Dit is in de praktijk zelfs mogelijk tot een temperatuur boven de 150°C. Het is echter duidelijk dat hoe hoger de temperatuur is, hoe hoger de noodzakelijke druk wordt om koken te vermijden. Samen met de druk worden dan ook de investeringen voor leidingen en zwaardere pompen eveneens hoger.

Olie heeft een nog hoger kookpunt dan water. Thermische oliën zijn daarbij ontworpen voor een hoger kookpunt en een lange levensduur. Olie heeft een lagere energie-inhoud maar kan eenvoudiger hogere temperaturen aan dan water onder druk.

Bij het gebruik van stoom kiest men resoluut om het kookpunt te overschrijden.

De overgang van vloeibare naar gasvormige toestand vereist een grote hoeveelheid energie, die in latente vorm aanwezig is. Dit maakt het mogelijk om bij gebruik van stoom een grote warmteoverdracht op een kleine oppervlakte te verwezenlijken:

- Water: 4.000 W/m²K
- Olie: 1.500 W/m²K
- Stoom: > 10.000 W/m²K

2.2.2. Stoomdrukken

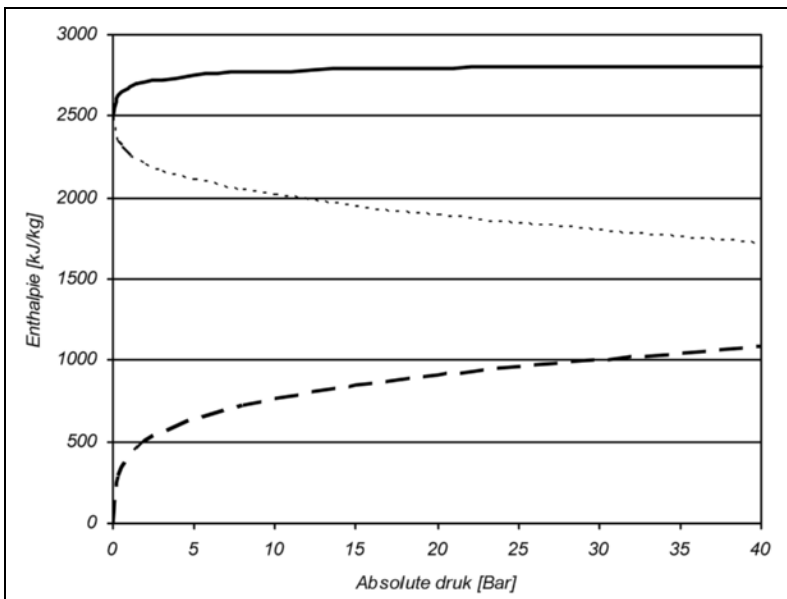
In het coëxistentiegebied is de druk van stoom rechtstreeks gerelateerd aan de temperatuur. De temperatuur kan daardoor eenvoudig aangepast worden door de druk te wijzigen. Het werken op hoge of lage druk heeft verschillende effecten op de installatie.

Bij een hogere druk zijn de volgende voordelen mogelijk:

- De stoom heeft een hogere temperatuur
- Het volume is kleiner en daarom zijn minder grote verdelingsbuizen nodig.
- Men kan verdelen op hoge druk en de stoom ontspannen net voor de toepassing. Hierdoor wordt de stoom droger en is er een hogere bedrijfszekerheid.
- Een hogere druk zorgt voor een stabiel kookproces in de ketel.
- ...

Bij lagere druk heeft men dan onder andere de volgende voordelen:

- Er zijn minder energieverliezen bij de ketel en in de verdeling
- De hoeveelheid resterende energie in het condensaat is relatief kleiner. (zie Figuur 1)
- Lekverliezen in het leidingennet zijn kleiner.
- ...



Figuur 1: Verdeling van de energie-inhoud van stoom in het voelbare en latente gedeelte afhankelijk van de absolute druk.

De stoomdruk waarop de installatie werkt moet dus goed overwogen worden om een optimalisatie tussen bedrijfszekerheid en energiebesparing te realiseren.

2.2.3. Andere aspecten van een stoomnetwerk

Deze brochure gaat in op de energiebesparing bij stoomnetwerken. Werken met stoom heeft veel meer aspecten dan energieverbruik alleen.

Gezien de hoge temperaturen en drukken is veiligheid een heel belangrijk aspect van stoominstallaties.

Daarnaast wordt een stoomnetwerk vaak heel zwaar belast door mogelijke waterslagen of diverse vormen van corrosie. Waterslagen kunnen bijvoorbeeld veroorzaakt worden door plaatselijke onderbrekingen in isolatie, of door elementen van het stoomleidingsnetwerk die in contact staan met de lucht. Hoe meer elementen in direct contact staan met de omgeving, hoe meer kans om waterslagen te creëren.

Soms zijn deze situaties door de opbouw van de installatie onvermijdelijk. Daardoor is de bedrijfszekerheid en de levensduur van verschillende onderdelen sterk afhankelijk van het ontwerp en de opbouw van de installatie.

Deze brochure geeft aan welke aanpassingen mogelijk zijn in verschillende netwerken om deze energie-efficiënter te maken. Het is echter noodzakelijk om bij elke mogelijke aanpassing alle aspecten grondig te bestuderen, vooraleer deze aanpassing door te voeren.

Deze uitgave heeft als bedoeling om een leidraad te vormen voor de verantwoordelijke van een stoomnetwerk. Aan de hand van de methodes uitgelegd in deze uitgave, kan de verantwoordelijke de specifieke situatie in zijn eigen netwerk nagaan. Daarna is het mogelijk om de verschillende potentiële interventies energetisch en economisch te evalueren.

Dit laat een verantwoordelijke toe om prioriteiten vast te leggen voor het beheer van het netwerk. Voor elke gekozen interventie kan dan de discussie starten met studie bureaus en gespecialiseerde toeleveringsbedrijven om een gedetailleerder idee te krijgen van de haalbaarheid van de maatregel. Dit is zeker belangrijk omdat ook in een ontwerpfase de invloed van de maatregel op veiligheid, levensduur of betrouwbaarheid van de installatie zeker zo belangrijk is als de invloed op energieverbruik.

Aangezien elke situatie specifiek is, moet een detailstudie gebeuren in samenspraak met gespecialiseerde bedrijven.

Het doel van deze brochure in dit proces is vooral om een eerste afschatting mogelijk te maken van de besparingspotentiëlen en om eenvoudiger prioriteiten te kunnen vastleggen.

Hoofdstuk 3

BEPALING VAN DE STOOMKOST

De kost van stoom is een belangrijke parameter voor de bepaling van de haalbaarheid van ingrepen in een stoomnetwerk. Dit hoofdstuk bespreekt verschillende technieken om de kostprijs van stoom correct te bepalen voor verschillende doeleinden.

Er zijn verschillende redenen waarom het belangrijk is om de correcte kost van stoom te kennen. De voordelen van een correcte bepaling van de kostprijs zijn legio:

- Om de juiste economische analyse te maken van efficiëntieverbeteringen of capaciteitsverhogingen. Zonder de juiste kost worden sommige slechtere projecten misschien aanvaard, en kunnen goede afgekeurd worden.
- De kostprijs is een belangrijke basis voor optimalisering van de stoomopwekking.
- Het is noodzakelijk voor de juiste analyse van warmtekrachtkoppeling.
- De vergelijking van kostprijzen tussen verschillende sites kan problemen aan het licht brengen.

Stoom wordt in de industrie bijzonder veel gebruikt in tal van toepassingen. Het wordt ingezet voor procesverwarming, krachtopwekking, elektriciteitsopwekking of ruimteverwarming. In de industriële omgeving telt procesverwarming voor meer dan 60% van het energieverbruik. Dit is dus ook een groot deel van de controleerbare kosten. Procesverwarming is één van de belangrijke activiteiten, waar zorgvuldig beheer de werkingskosten kan verminderen en dus de winsten kan verhogen.

3.1. De echte kost van stoomproductie

Om de juiste kost van stoom te kunnen bepalen, zijn er gedetailleerde gegevens nodig over de stoom die besproken wordt. De kost wordt bepaald voor welk gebruik? Op welk punt in het stoomnetwerk, op welke druk? Afkomstig van welke ketel? Op welke kwaliteit?

Als we beschikken over gemiddelde kosten, bevatten deze enkel de vaste of ook de variabele kosten? En uiteindelijk is er het onderscheid tussen de kosten voor productie en de kost voor verbruik.

Als een installatie bestaat uit één enkele ketel, die één enkele brandstof gebruikt en één enkel stoomdrukkniveau levert, dan is de bepaling relatief eenvoudig. Maar in vele gevallen is het echter een stoomnetwerk dat voorzien wordt uit verschillende ketels uit verschillende brandstoffen, en stoom levert op verschillende drukken. Daarnaast kan de overgang tussen verschillende drukken gebeuren door drukreducerventielen of door turbines. In dit geval is de bepaling van de juiste kost veel complexer. Verschillende methodes zijn mogelijk om in dergelijke systemen de correcte kost te bepalen.

De gekende kost in veel bedrijven, is de gemiddelde opwekkingskost voor een bepaald constant verbruik. De verdere gerelateerde kosten, zoals brandstof, elektriciteit, chemische additieven, arbeid, onderhoud, afschrijving, rente en administratieve overhead, worden dan gedeeld door de totale hoeveelheid geproduceerde stoom. Dit kan een eenvoudige en waardevolle financiële maatstaf zijn, maar het is niet bijzonder bruikbaar om het stoomnetwerk te beheren of om kosten te minimaliseren. Daarvoor is er een betere methode nodig.

Een methode die in deze tekst voorgesteld wordt, maakt gebruik van netwerkmodellering.

Vooreerst zijn er twee verschillende kosten die in aanmerking komen. Indien een ketel een werkingskost heeft van K_k per uur, en het proces vereist een hoeveelheid van q ton/uur stoom. Om deze hoeveelheid op te leveren, wordt er $(1 + x)q$ gegenereerd. x varieert tussen de 5% en de 20%. Dus zijn er al twee verschillende kosten voor stoom:

- de opwekkingskost: K_G (€/ton) = $K_k/(1 + x)q$
- de verbruikskost: K_v (€/uur) = K_k/q

De opwekkingskost is degene die gebruikt wordt indien we het opwekkingsstelsel efficiënter willen maken.

De verbruikskost daarentegen is interessant indien we de opbrengst van energiebesparing willen bepalen.

3.2. Het berekenen van de stoomkost

Vooreerst moet de kost voor de opwekking van de stoom in de ketel bepaald worden. Deze is de som van verschillende deelkosten:

1. K_F Brandstof
2. K_W watertoevoer
3. K_{vWB} Voedingswaterbehandeling, (incl. ontkalker, zuivering...)
4. K_p Pompkosten voor het voedingswater
5. K_v Ventilator voor de verbrandingslucht
6. K_R Kosten voor afvoer van vervuild water
7. K_A Kosten voor de afvoer van assen
8. K_E Kosten voor beheer en controle van emissies (incl. toevoegproducten)
9. K_M Materialen en arbeid voor onderhoud

De totale kost voor stoom is K_G en is de som van alle hierboven vermelde kosten, uitgedrukt in €/ton.

Hiervan is de brandstofkost vaak de grootste bijdrage. Deze is:

$$K_F = \alpha_F \times \frac{(H_S - h_w)}{\eta_p}$$

Hierbij zijn:

- α_F = de brandstofkost (€/MJ, onderste verbrandingswaarde, zie 2.1)
- H_S = de enthalpie van de geleverde stoom (MJ/ton)
- h_w = de enthalpie van het voedingswater voor de ketel (MJ/ton)
- η_p = het jaargemiddelde productierendement van de ketel (%)

Het jaargemiddelde productierendement van de ketel kan bepaald worden door een meting van het rookgaszijdig rendement, de stilstandsverliezen en de jaarbelasting van de ketel.

Het rendement is sterk afhankelijk van de stoomdruk waarop de stoom geleverd wordt. Dit is omdat bij een hogere druk eveneens een hogere temperatuur moet bereikt worden, en er dus grotere verliezen via de rookgassen kunnen optreden.

Het totaal rendement ligt typisch rond de 85% voor productie met gas, als de luchtratio's optimaal zijn. Dit rendement kan veel lager zijn voor andere types van brandstoffen, o.a. omdat door vervuiling van de warmtewisselaars de rookgasverliezen met de tijd kunnen stijgen.

Er zijn verschillende mogelijkheden om het ketelwater voor te verwarmen. Dit kan met kruising met het afvalwater of via een economiser. Dit geeft een interessante verhoging van de productie-efficiëntie.

Voor een correcte berekening, zouden alle kosten afzonderlijk moeten begroot worden voor de specifieke condities op de site. Voor een algemene aanname, kan men zeggen dat de andere kosten, buiten de brandstofkost ongeveer een surplus van 10% geven, ofwel:

$$K_G = 1,1 \times K_F$$

Voor kleinere installaties, of voor installaties die gebaseerd zijn op andere brandstoffen, zoals steenkool of biomassa, kan dit percentage veel hoger zijn.

Een opmerking is nodig betreffende onderhoudskosten. Vaak kunnen onderhoudskosten als vaste kosten aanzien worden. Maar indien in een installatie verschillende stoomketels voorzien zijn, en een mogelijkheid is om één of meerdere stoomketels stil te leggen bij een lagere stoomvraag, dan is het toch raadzamer om de onderhoudskosten als variabele kosten mee te rekenen.

Daarnaast is de jaarlijkse onderhoudskost eveneens sterk afhankelijk van het type ketel en het ontwerp van de ketel. Sommige types van oudere ketels vragen bij onderhoud een belangrijke inspanning. Bij ontwerp van nieuwe ketels wordt de grootte van de interventie voor onderhoud zoveel mogelijk beperkt. Daardoor vermindert ook de interventietijd en de kostprijs van het onderhoud. In deze eerste benadering wordt hierop niet ingegaan.

De tweede stap is dan de bepaling van de kost voor stoom op lagere drukkiveaus. Hoe de kost van stoom op hoge druk die van stoom op lage druk bepaalt, hangt ervan af op welke wijze deze stoomdruk is verminderd.

Indien de stoomdruk werd verminderd door een drukreducerventiel, dan heeft de stoom op lage druk theoretisch dezelfde enthalpie als die van de stoom op hoge druk waarvan afkomstig is. Deze stoom is dus oververhit. Vaak wordt gebruik gemaakt van condensaat om deze stoom af te koelen tot de verzadigingstemperatuur op lage druk.

In dat geval wordt de kost van de stoom berekend op de volgende manier:

$$K_L = K_H \frac{H_{SL} - h_w}{H_{SH} - h_w}$$

Waarbij:

- K_L = de kost van de stoom op lage druk (€/ton)
- K_H = de kost van de stoom op hoge druk (€/ton)
- H_{SL} = de enthalpie van de stoom op lage druk (MJ/kg)
- H_{SH} = de enthalpie van de stoom op hoge druk (MJ/kg)
- h_w = de enthalpie van het ketelvoedingswater (MJ/kg)

Het produceren van stoom op lage druk door een drukreducerventiel is niet efficiënt. Voor stoomdebieten hoger dan 22 ton/h, is het vaak economisch om een tegendrukturbine te installeren. Wanneer dan de stoom op lage druk geproduceerd wordt door deze turbine, kan de kost berekend worden als volgt:

$$K_L = K_H - \eta_{\text{Turb}} \eta_{\text{gen}} K_{\text{el}} (H_{SH} - H_{SL}^*)$$

Hierbij zijn dan:

- K_L = de kost van de stoom op lage druk (€/ton)
- K_H = de kost van de stoom op hoge druk (€/ton)
- K_{el} = de kost van elektriciteit (€/MJ)
- H_{SL}^* = de enthalpie van de stoom op lage druk na isentropische expansie van de stoom op hoge druk (MJ/kg)
- H_{SH} = de enthalpie van de stoom op hoge druk (MJ/kg)
- η_{turb} = de isentropische efficiëntie van de turbine
- η_{gen} = het rendement van de generator

Deze twee formules geven al een zekere benadering, maar een meer correcte analyse kan gebeuren door een vereenvoudigde modellering van het netwerk. Het probleem is vaak een correcte kost voor de stoom op lage druk te bepalen. Deze kost is afhankelijk van de afgelegde weg en van het aftappunt.

3.3. Vereenvoudigde modellering van het stoomnetwerk

Een simulatie is een wiskundige voorstelling van een fysisch proces. Deze moet rekening houden met alle verbanden, aannames en limieten; Het model moet de massa- en energiebalansen voorstellen die de verschillende onderdelen van het netwerk met elkaar verbinden. Deze onderdelen zijn bijvoorbeeld de ketels, de turbines, de ontluchters, de flash stoom opvang, de stoomverliezen, de economisers, oververhitters, warmtewisselaars en stoomverbruikers...

Het model brengt de belangrijke debieten in rekening van en naar elk onderdeel, en ook voor de stoominstallatie in zijn geheel.

Bij netwerken waarbij de werkingscondities en de stoomproducties redelijk constant zijn, kan het volstaan om dit netwerk één maal door te rekenen. Bij meer complexe netwerken, loont het de moeite om het geheel verschillende keren per week of zelfs per dag door te rekenen.

3.4. Marginale kost voor stoomproductie

Modellen kunnen van elkaar verschillen in de graad van detail. Modellen die te eenvoudig zijn kunnen vaak niet de meest interessante opties duidelijk maken, terwijl te moeilijke modellen nodeloos ingewikkeld en duur kunnen zijn. Het model moet altijd een manier zijn om het nemen van concrete beslissingen te ondersteunen.

Voor de suikerraffinaderij uit het volgende voorbeeld, zijn er zeven verschillende ketels, vier drukniveaus, en drie turbogeneratoren. Deze installatie is dus al redelijk complex, toch is een gedetailleerde analyse mogelijk met een vereenvoudigde benadering. Uit deze benadering kan dan de kost bepaald worden. De gemiddelde productiekost voor stoom kan eenvoudig bepaald worden. De verbruikskost op de verschillende punten is daarentegen een stuk moeilijker.

Omdat de bepaling van verbruikskost ook niet eenduidig is, moet een eerste onderscheid gemaakt worden. Er is namelijk een verschil tussen gemiddelde kosten en marginale kosten.

De definities zijn:

$$\text{Gemiddelde kost} = \frac{\text{Totale kost}}{\text{Totale hoeveelheid stoom}} = \frac{K_0}{S}$$

$$\text{Marginale kost} = \frac{\text{Marginale productiekost}}{\text{Marginale hoeveelheid stoomverbruik}} = \frac{\Delta K_0}{\Delta S}$$

Om de exacte besparing te kennen bij toepassing van een energiebesparende maatregel, is het de marginale kost die bepaald moet worden. Dit is de kost die men moet betalen bij een verhoging van stoomverbruik of een kost die men uitspaart door verhoging van energie-efficiëntie.

Hierbij moet vermeld worden dat deze marginale kost nog niet alle effecten in beschouwing neemt. De marginale kost zoals hierboven uitgewerkt is een redelijk gedetailleerd werkmiddel. Maar effecten zoals afschrijving van de installaties is in deze niet meegenomen. Normaalgezien kan de berekening die volgt verfijnd worden door ook het effect van investering en afschrijving mee te nemen. Dit effect is niet beschouwd indien men eenvoudig de kost bepaalt aan de hand van de kost voor de brandstof met een standaard surplus van 10% zoals in § 3.2.

Om de marginale kost te bepalen moet eerst een volledig model van het systeem worden opgesteld. Dit model houdt rekening met werkingsparameters zoals: terugvoer van condensaat, ketelspui, verliezen en stoompluimen, brandstofmix, temperaturen en drukken, profiel van de stoomvraag,...

Om de marginale kost te kunnen bepalen, moet men berekenen hoeveel de totale werkingskost verandert bij stijging van de stoomvraag. Deze stijging kan stapsgewijs berekend worden en daarmee wordt de marginale kost opgesteld.

Het model moet daarom wel de regeling van de installatie in rekening brengen bij fluctuerende stoomvragen. Belangrijke informatie is bijvoorbeeld of stoom door een drukreduceerventiel of door een turbine wordt geleid, of nog welke ketel er in- of uitgeschakeld wordt, of welke ketelrendementen van toepassing zijn voor welke werkingscondities.

Om deze aanpak te verduidelijken, wordt er een fictief voorbeeld uitgewerkt.

3.5. Uitgewerkt voorbeeld

Indien we weer de suikerfabriek bekijken zoals die voorgesteld wordt in Figuur 2, kunnen we de marginale kost bepalen voor de stoom op lage druk, namelijk 1 barg. De nodige aannames hiervoor worden vermeld in de volgende tabellen:

Aannames voor de berekeningen

Stoomvraag voor proces		
50 Barg		0,4 ton/h
25 Barg		8,3 ton/h
10 Barg		7,5 ton/h
1 Barg		116,2 ton/h

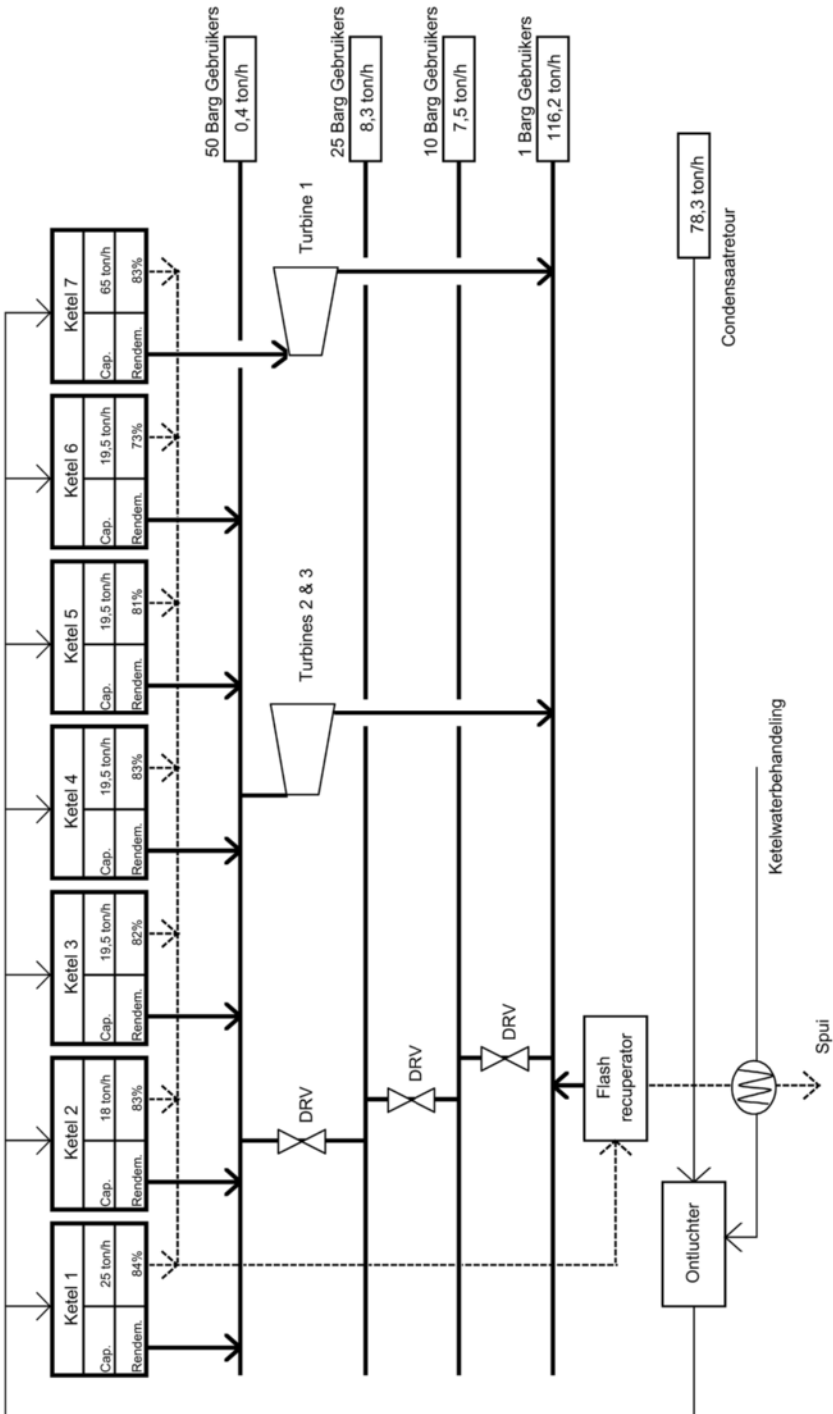
Stoomverliezen			
50 Barg	0,6 ton/h	Verliezen en roetblazen	
12 Barg	12,1 ton/h	Ontgasser	
12 Barg	-3,2 ton/h	Flash Recuperatie van Ketelspui	
Totaal		141,9 ton/h	

Kostbegrotingen	
Gas	5 € / MJ
Stookolie	5,2 € / MJ
Elektriciteit	11 € / MWh
Water (+ behandeling)	1,2 € / kl
Spui	0,08 € / kl

Ketels en regeling						
Ketel	Ketel 1	Ketel 2	Ketel 3	Ketel 4	Ketel 5	Ketel 6
Minimum last	30%	30%	30%	30%	50%	50%
Preferentieel	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Maximum	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Brandstof	Gas	Gas	Gas	Gas	Olie	Olie

Ketel 7 werkt onafhankelijk en is onmiddellijk aangesloten op Turbine 1

Turbines		
	Turb 2	Turb 3
Minimum	10	25 ton/h
Maximum	30	60 ton/h
Isentr. Rendement	73%	75%



Figuur 2: Schematische voorstelling van de installatie in een suikerraffinaderij

Tabel 2: Berekening van de marginale kost stoom op 1 barg

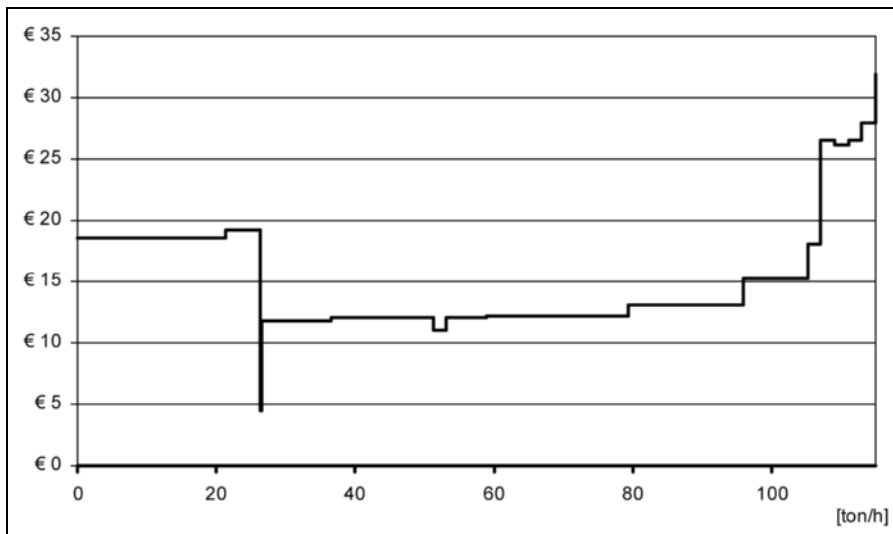
Stoomvraag [Ton/h]	Stoomlevering [ton/h]					Turbine 2		Turbine 3		Spui Debiet [Ton/h]	vers water debiet [Ton/h]	Totaal		Marginale kost per bijkomende ton/h €
	Ketel 1 [Ton/h]	Ketel 2 [Ton/h]	Ketel 3 [Ton/h]	Ketel 4 [Ton/h]	Ketel 5 [Ton/h]	Ketel 6 [Ton/h]	Debiet [Ton/h]	Winst €/h	Debiet [Ton/h]			Winst €/h	€/h	
16.2						16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	301.5	18.6	
21.3						16.6	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5	398.5	19.2	
26.2		5.4				16.6	0.0	74.3	0.0	0.2	5.0	420.5	4.4	
26.7		0.0			10.0	16.2	10.0	77.7	0.0	0.2	5.2	425.8	11.8	
36.6					16.6	16.6	17.0	151.2	0.0	0.3	10.2	544.6	12.0	
42.4		5.4			16.6	16.6	22.4	194.7	0.0	0.4	13.1	614.9	12.0	
46.2		13.1			16.6	16.6	30.0	223.0	0.0	0.5	15.0	660.5	12.0	
51.2		15.3			16.6	16.6	30.0	74.3	0.0	0.5	17.5	716.4	11.0	
53.1		16.1			16.6	18.5	30.0	88.6	0.0	0.6	18.5	738.5	12.0	
59.0		15.3	5.9		16.6	16.6	13.1	132.1	25.0	0.6	21.4	810.1	12.2	
69.7		15.3	16.6		16.6	16.6	23.8	211.8	25.0	0.8	26.8	941.3	12.2	
79.5		15.3	16.6	5.9	16.6	16.6	30.0	223.0	25.0	0.9	31.6	1068.7	13.1	
86.3		15.3	16.6	16.6	16.6	16.6	30.0	223.0	35.4	1.1	35.0	1157.7	13.0	
96.0	7.5	15.3	16.6	16.6	16.6	16.6	30.0	223.0	42.9	1.2	39.9	1306.2	15.2	
102.9	21.3	15.3	16.6	16.6	16.6	16.6	30.0	223.0	56.7	1.3	43.3	1410.2	15.2	
105.4	21.3	15.3	16.6	16.6	16.6	18.5	30.0	223.0	60.0	1.3	44.6	1455.6	18.1	
106.2	21.3	15.3	16.6	16.6	18.0	18.5	30.0	223.0	60.0	1.4	45.0	1471.0	18.1	
107.2	21.3	15.3	16.6	16.6	18.5	18.5	30.0	223.0	60.0	1.4	45.5	1496.1	26.5	
109.1	21.3	17.1	16.6	16.6	18.5	18.5	30.0	223.0	60.0	1.4	46.5	1547.1	26.1	
111.1	23.8	17.1	16.6	16.6	18.5	18.5	30.0	223.0	60.0	1.4	47.4	1598.9	26.5	
113.0	23.8	17.1	18.5	16.6	18.5	18.5	30.0	223.0	60.0	1.5	48.4	1653.5	28.0	
115.0	23.8	17.1	18.5	18.5	18.5	18.5	30.0	223.0	60.0	1.5	49.4	1715.8	31.9	

Om dit te berekenen worden een paar aannames gemaakt. Vooreerst worden ketel 7 en turbine 1 verondersteld niet te werken. Verder wordt een spui van 3% en een condensaatretour van 50% voor het gebruik op 1 barg aangenomen. Het effect van flash stoom recuperatie uit de spui verliezen wordt hier niet meegerekend.

De marginale kost voor stoomproductie hangt sterk af van de regeling van de installatie. Hier wordt aangenomen dat bij stijgende stoomvraag steeds de goedkoopste ketel wordt ingeschakeld, en dan bij verder stijgende stoomvraag de belasting voor de ketel wordt opgevoerd tot 85%. Pas dan wordt een volgende ketel ingeschakeld. Zolang de belasting te laag is voor de turbines, wordt de drukverlaging met een drukreducerventiel bewerkstelligd. Vanaf het moment dat meer dan 10 ton/h stoom op lage druk wordt gevraagd, kan de turbine ingeschakeld worden.

De ketels hebben verschillende rendementen voor verschillende belastingsgraden. Gemiddeld genomen is het rendement bij vollast zo'n 3% lager dan dat bij deellast.

Het resultaat van de analyse wordt getoond in Tabel 2. Deze berekening is een vereenvoudiging, maar geeft al interessante en bruikbare resultaten. Het verloop van deze marginale kosten wordt voorgesteld in Figuur 3.



Figuur 3: Marginale kost voor productie van stoom op 1 barg

Omdat steeds de goedkoopste ketel eerst wordt ingeschakeld vertoont de marginale kost een stijgend verloop, behalve bij het inschakelen van de turbines. Als de eerste turbine ingeschakeld wordt (bij 26.2 ton/h) valt de marginale kost per ton omlaag. Wanneer ten slotte de twee turbines hun maximaal debiet bereikt hebben (bij 106.2 ton/h) stijgt de marginale kost terug.

Als de stoomvraag de mogelijke limiet van de installatie bereikt, dan worden de ketels naar hun maximum vermogen gedreven en hebben ze ook daarmee gepaard een slechter productierendement. Hierdoor zijn de kosten voor de laatste verhogingen in stoomproductie bijzonder veel groter.

Bij deze informatie kan het standaard werkingsgebied van de installatie gezet worden. Indien de stoomvraag vaak pieken bereikt waarbij de capaciteit van de turbines overschreden wordt, kan

het economisch heel rendabel zijn om deze pieken proberen te vermijden. Het is duidelijk dat deze informatie alleen al een goed beeld kan verschaffen over de kwaliteit van de regeling van een installatie. Bij overweging van een verhoging van energie-efficiëntie heeft men ook meteen gedetailleerde informatie over de economische effecten van de ingreep. Men moet dus zichtbaar rekening houden met het correct effect van de ingreep op de stoomvraag. De bepaling van de marginale stoomkost kan evenzeer worden gemaakt voor de stoomverbruiken op andere druk-niveaus.

3.6. Concluesies

De correcte bepaling van de kost van stoom is een belangrijk onderdeel van de evaluatie van een stoomnetwerk. Elke aanpassing of verandering in het netwerk of de installatie moet geëvalueerd worden met een correct zicht op de juiste prijs voor stoom op een bepaalde plaats in het netwerk. De kost voor stoom is bijzonder afhankelijk van het pad dat de stoom door het netwerk heeft afgelegd, en van het type evaluatie waarvoor men de stoomkost wil bepalen.

Eenvoudige simulaties kunnen relatief goed toepasbaar zijn en kunnen dus ook een betrouwbaar en praktisch werkmiddel zijn om de efficiëntie in een stoominstallatie te verbeteren. De methode om de stoomkost te bepalen heeft een grote invloed op de uiteindelijke beslissing.

Indien een te eenvoudige methode wordt gehanteerd, kunnen weinig economische projecten worden aanvaard en kunnen interessante projecten worden verworpen. Het is daarom aan te raden dat beheerders van stoomnetwerken inzicht verwerven in correcte methodes voor de bepaling van stoomkosten, methodes die rekening houden met alle verschillende variabelen van belang.

Uiteindelijk is een inzicht van belang in de betrouwbaarheid en de beperkingen van de gevolgde methodes ter bepaling van stoomkosten. Hoe gedetailleerder de methode, hoe meer effecten meegenomen kunnen worden.

Maar elke simulatie blijft een benadering. Voor enkele aspecten is een heel grondige analyse noodzakelijk, zoals het inrekenen van afschrijving en investeringen.

Hoofdstuk 4**BESCHIKBARE ENERGIEBESPARENDE
TECHNIEKEN****4.1. Inleiding**

De verschillende energiebesparende technieken voor een stoomnetwerk worden telkens voorgesteld in een technische fiche.

In de technische fiches wordt volgende informatie weergegeven:

- Beschrijving maatregel:
 - Proces/deelproces, waarop de beschikbare milieuvriendelijke techniek betrekking heeft;
 - Beschrijving van de techniek;
- Verbetering in energie-efficiëntie: de energiebesparing die de techniek oplevert;
- Andere effecten: effecten die de toepassing van deze techniek heeft op andere media, vooral cross-media effecten, in het bijzonder effecten op afvalproductie of waterverbruik.
- Operationele aspecten: gegevens en effecten bij een praktisch voorbeeld van een toepassing van deze techniek.
- Economische indicatoren: de economische haalbaarheid van de interventies moet geval per geval bekeken worden. Zeker indien men aanpassingen aan bestaande installaties beschouwt is een precieze indicator voor de rendabiliteit vooraf vaak niet beschikbaar.

Indien voor bepaalde punten geen informatie beschikbaar is, bijvoorbeeld voor de overige aspecten of aanvullende informatie, dan zijn deze weggelaten.

Overzicht van de technische fiches

Technische Fiche 1.	Economiser voor voorverwarming van voedingswater	18
Technische Fiche 2.	Luchtvoorverwarmer	20
Technische Fiche 3.	Regelmatige verwijdering van aanslag op de waterzijdige kant van de productieketels	23
Technische Fiche 4.	Minimaliseren van de ketelspui	25
Technische Fiche 5.	Warmterecuperatie uit de spui verliezen.	28
Technische Fiche 6.	Verliezen door intermitterend gebruik van de ketel minimaliseren.	30
Technische Fiche 7.	Hoge druk stoomketels en tegendrukturbines voor productie van elektriciteit of voor roterende installaties	32
Technische Fiche 8.	Een controle- en reparatieprogramma voor condenspotten	34
Technische Fiche 9.	Isolatie van stoomleidingen en condensaat-retourleidingen	37
Technische Fiche 10.	Verwijderbare isolerende schalen op kranen en kleppen.	39
Technische Fiche 11.	Opvang van condensaat en hergebruik in het ketelhuis.	41
Technische Fiche 12.	Hergebruik van flash stoom.	43
Technische Fiche 13.	Gebruik van flash stoom op de site zelf of door condensaatrecuperatie op onderdruk	46

TECHNISCHE FICHE 1

Economiser voor voorverwarming van voedingswater

Beschrijving

Een economiser is een extra warmtewisselaar die voor voorverwarming van het voedingswater van de stoomketel zorgt. Deze wisselaar wordt in de uitgang van de rookgassen geplaatst. Het water dat de ontgasser verlaat heeft gewoonlijk een temperatuur van ongeveer 105°C. Het water in de ketel op hogere druk bevindt zich op hogere temperatuur, zodat door voorverwarming nog een grote energierecuperatie mogelijk is.

Economisers kunnen tot corrosie leiden wanneer de aanvoer onder de condensatietemperatuur van de rookgassen ligt. Dit gebeurt vooral onder invloed van het zwavelgehalte in de brandstof. Voor ketels op stookolie of vaste brandstoffen zal corrosie dus gemakkelijker voorkomen dan voor aardgasgestookte ketels. In deze specifieke situaties moet zeker een gedeelte van de economiser als vervangbaar worden ontworpen.

Verbetering in energie-efficiëntie

De energiewinst die een economiser kan realiseren, hangt af van de gebruiksduur, de rookgas-temperatuur zonder economiser, het ontwerp van de economiser en in grote mate van de stoomdruk. In het algemeen wordt gesteld dat een economiser het ketelrendement met 4% kan verhogen.

De watertoevoer naar de economiser moet dan wel modulerend uitgevoerd worden, om de economiser continu te benutten.

De rookgassen kunnen nog verder afgekoeld worden door een rookgascondensor te plaatsen na de economiser. Deze rookgascondensor koelt de rookgassen tot onder het dauwpunt. Hierbij wordt dus condens gevormd en treedt er ook bij gasgestookte ketels corrosie op. Een juiste materiaalkeuze is dan nodig.

Deze rookgascondensor moet ook door de rookgassen van boven naar beneden doorstroomd worden om de afvoer van condensaat te vergemakkelijken. Anders kan het condens de rookgasafvoer blokkeren.

Deze rookgascondensor kan dan het verse water voorverwarmen vooraleer het naar de ontgasser gaat.

Andere effecten

Geen specifieke andere aspecten

Operationele gegevens

Een economiser wordt overwogen bij een gasgestookte ketel met een productie van 5 ton/h stoom op 20 barg.

De ketel produceert de stoom met een rendement van 80% gedurende 6500 uur per jaar. Het gas wordt aangekocht aan een prijs van 5 €/GJ.

De economiser wordt gebruikt om het verse ketelwater voor te verwarmen vooraleer het naar de ketel wordt gevoerd. De helft van het condensaat wordt gerecupereerd, de andere helft wordt voorzien met vers water. Hierdoor kan de economiser een verbetering van 4,5% leveren. Het huidige verbruik van de ketel is:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times (2798,2 - 251,2) \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 517.359 \text{ €/jaar}$$

Met de installatie van de economiser wordt de jaarlijkse werkingskost verminderd tot:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times (2798,2 - 251,2) \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,845 \times 1000} = 489.808 \text{ €/jaar}$$

De opbrengst is dus 27.551 €/jaar

Economische indicatoren

De installatie van een economiser kan interessant zijn vanaf een rookgastemperatuur van 180°C, dus de rentabiliteit wordt groter bij hogere stoomdruk. Ook bij hogere stoomproductie wordt dit steeds interessanter.

TECHNISCHE FICHE 2

Luchtvoorverwarmer

Beschrijving

Naast een economiser kan ook een luchtvoorverwarmer voorzien worden. Deze luchtvoorverwarmer (LUVO) verwarmt de lucht die naar de brander gaat. Hierdoor kunnen de rookgassen nog veel verder afgekoeld worden, aangezien de lucht vaak op de buitentemperatuur is. Door een hogere luchttemperatuur wordt de verbranding verbeterd, en stijgt het algemeen rendement van de ketel. In het algemeen stijgt het ketelrendement van 1% wanneer de rookgassen 20 °C dieper afgekoeld worden.

Andere voordelen van een LUVO kunnen zijn:

- De warme lucht kan gebruikt worden voor de droging van brandstof. Dit is vooral van toepassing voor steenkool of organische brandstof.
- Bij inrekenen van de LUVO in het ontwerp, kan een kleinere ketel voorzien worden.

Daarentegen zijn er ook praktische nadelen aan een LUVO verbonden die de installatie vaak in de weg staan:

- De LUVO is een lucht-lucht warmtewisselaar, en neemt daardoor heel veel plaats in. De warmteuitwisseling is ook niet zo efficiënt als bij een lucht-water warmtewisselaar.
- Door een hogere drukval voor de rookgassen moet de ventilator van de brander een hogere druk leveren.
- De brander moet toelaten dat er met voorverwarmde lucht gevoed wordt. Verwarmde lucht neemt namelijk een groter volume in en biedt extra uitdagingen naar de vlamstabiliteit toe. Bij opstart moeten de branders immers ook koude lucht kunnen verwerken.
- Bij branders op stookolie moet voor de LUVO ook een extra jaarlijkse onderhoudskost in rekening worden gebracht.

Een minder efficiënte, maar veel eenvoudiger manier van voorverwarmen kan gebeuren door de luchtinname van de brander te plaatsen aan het plafond van het ketelhuis. Op deze plaats is de lucht vaak 10 à 20°C warmer dan de buitentemperatuur. In dit geval kunnen dus een deel van de verliezen gerecupereerd worden. Eventueel kan er ook een tweede mantel rondom de ketel en de schouw getrokken worden waardoor de verbrandingslucht wordt aangezogen.

Verbetering in energie-efficiëntie

In de praktijk kan een LUVO het rendement met 2 tot 4% verhogen.

Andere effecten

Geen specifieke andere aspecten

Operationele gegevens

Het voeden van de brander met verwarmde lucht heeft een invloed op de rookgasverliezen in de ketel.

Het percentage rookgasverliezen wordt in de meeste gevallen bepaald door de formule van Siegert:

$$W_R = k \cdot \frac{t_R - t_o}{\%CO_2}$$

Hierbij zijn:

W_R = De rookgasverliezen, in % van de stookwaarde [%]

k = De coëfficiënt van Siegert [-]

t_R = De gemeten rookgastemperatuur [°C]

t_o = De luchtintredetemperatuur

$\% CO_2$ = Het gemeten CO_2 gehalte in de droge rookgassen (volumepercenten)

De coëfficiënt van Siegert is afhankelijk van de rookgastemperatuur, het CO_2 -gehalte en het type brandstof.

De verschillende waardes staan in Tabel 3.

Tabel 3: Berekening van Coëfficiënten van Siegert voor verschillende types brandstof

Type brandstof	Coëfficiënt van Siegert
Antraciet	$0.6459 + 0.0000220 \times t_R + 0.00473 \times CO_2$
Zware Stookolie	$0.5374 + 0.0000181 \times t_R + 0.00717 \times CO_2$
Gasolie	$0.5076 + 0.0000171 \times t_R + 0.00774 \times CO_2$
Aardgas (L)	$0.385 + 0.00870 \times CO_2$
Aardgas (H)	$0.390 + 0.00860 \times CO_2$

Het volgende voorbeeld wordt beschouwd:

Een stoomketel op hoogwaardig aardgas heeft als rookgasgegevens: $t_R = 240$ °C en $CO_2 = 9.8\%$

De luchttoevoer wordt gewijzigd en de warmere lucht aan het plafond van het ketelhuis wordt ingenomen. Voordien werd de lucht op de buitentemperatuur ingenomen.

De jaargemiddelde buitentemperatuur is 10°C, terwijl jaargemiddeld de temperatuur aan het plafond van het ketelhuis 30°C is.

De Siegertcoëfficiënt voor dit geval is: $0.390 + 0.00860 \times 9,8 = 0.4743$

Voor de ingreep was het rookgasverlies:

$$W_R = 0.4743 \cdot \frac{240 - 10}{9,8} = 11.1\%$$

Na de ingreep wordt dit:

$$W_R = 0.4743 \cdot \frac{240 - 30}{9,8} = 10.2\%$$

Dit betekent een rendementsverhoging van 0.9%. Voor een relatief eenvoudige ingreep kan dit heel rendabel zijn.

Hierbij hernemen we het voorbeeld uit de eerste technische fiche.

Een luchtvoorverwarmer wordt overwogen bij een gasgestookte ketel met een productie van 5 ton/h stoom op 20 barg.

De ketel produceert de stoom met een rendement van 80% gedurende 6500 uur per jaar.

De luchtvoorverwarmer kan het rendement verbeteren met 3% (aanname).

Het gas wordt aangekocht aan een prijs van 5 €/GJ.

Het huidige verbruik van de ketel is:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times (2798,2 - 251,2) \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 517.359 \text{ €/jaar}$$

Met de installatie van de luchtvoorverwarmer wordt de jaarlijkse werkingskost verminderd tot:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times (2798,2 - 251,2) \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,83 \times 1000} = 498.660 \text{ €/jaar}$$

De opbrengst is dus 18.700 €/jaar

Economische indicatoren

De installatie van een luchtvoorverwarmer is vooral interessant bij een nieuwe ketel. De verandering van de luchttoevoer of de installatie van de LUVVO ondervindt vaak beperkingen omwille van technische redenen of brandveiligheid. De inpassing van een LUVVO bij een bestaande ketel is vaak te complex en heeft een beperkte rendabiliteit.

TECHNISCHE FICHE 3

Regelmatische verwijdering van aanslag op de waterzijdige kant van de productieketels

Beschrijving

Zowel bij de productieketel als in warmtewisselaars kan er een aanslaglaag gevormd worden op de warmtewisselende oppervlakken.

Op het niveau van de ketel, kan een regelmatische verwijdering van deze aanslaglaag zelfs bij kleine ketels een grote energiebesparing teweeg brengen. Deze aanslag wordt gevormd door neerslag van opgeloste stoffen in het ketelwater bij verdamping. De aanslag heeft typisch een warmteweerstand die verschillende ordegroottes verschilt van die van het staal. Kleine aanslaglagen kunnen zo al een sterke weerstand tegen de warmteoverdracht vormen.

Aanslag vergroot ook de temperatuur in de warmtewisselaar, het kan bij ketels tot breuk leiden door oververhitting van de stalen buizen.

Er zijn verschillende mogelijkheden om aanslag tegen te gaan:

- De aanslag kan verwijderd worden bij het onderhoud, en dit kan zowel door mechanische verwijdering als door een behandeling met zuren.
- Indien de aanslag te snel vormt, moet de behandeling van het ketelwater opnieuw bekeken worden. Hier kan men nakijken of een betere zuivering of een extra toevoeging van additieven niet zinvol is.
- Indien de druk verminderd wordt, vermindert eveneens de temperatuur en dit gaat de vorming van aanslag tegen. Dit is eveneens een reden om de stoomdruk zo laag mogelijk te houden.

De belangrijkste actie in dit verband is echter het vermijden van aanslaglagen in de eerste plaats. Bij een correcte behandeling van het ketelwater wordt de opbouw van aanslaglaag effectief vermeden. Een volledige voorbehandeling van het water dat dus alle opgeloste zouten verwijderd, kan heel veel problemen vermijden.

Daarnaast wordt bij een grondige waterzuivering ook de hoeveelheid spuiwater vermindert, wat serieuze energiewinsten kan opleveren. (zie technische fiche 4)

Een volledige behandeling kan dus op het eerste gezicht duurder lijken. Indien men de voordelen meerekent, zoals een hoger gemiddeld rendement, minder werk bij het onderhoud, een hogere betrouwbaarheid van de installatie,... dan kan zo'n installatie duidelijk veel besparen. Vooral de verwijdering van alle aanwezige kalk in het water is prioritair. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar. Een techniek als omgekeerde osmose wordt in dit verband vaak toegepast.

Verbetering in energie-efficiëntie

De volgende tabel geeft het verlies in warmteoverdracht bij vorming van een aanslaglaag op het warmtewisselend oppervlak:

Laagdikte [mm]	Vershil in Warmteoverdracht ¹ [%]
0,1	1,0%
0,3	2,9%
0,5	4,7%
1	9,0%

1. Deze waarden werden bepaald voor warmteoverdracht in een ketel met stalen buizen. Hierbij wordt de warmteoverdracht bekeken van in de rookgassen tot in het ketelwater.

Door verwijdering van aanslag kan op eenvoudige wijze op het energieverbruik en op de jaarlijkse werkingskosten bespaard worden.

Andere effecten

Door een aanpassing van de ketelwaterbehandeling kan het gebruik van chemicaliën verhogen. Het is daarom beter om aanslag te bestrijden door een betere waterbehandeling van het vers ketelwater. Zowel milieutechnisch als operationeel (zeker voor stoomketels op hogere druk) is verhoogd gebruik van zuren en chemicaliën af te raden.

Operationele gegevens

Een stoomketel heeft een verbruik van 304.000 Nm³ aardgas per jaar, en een gemiddelde jaarlijkse belasting heeft van 8000 uur. Indien men een toelaat dat er zich een aanslag vormt op het warmtewisselend oppervlak van 0,3 mm, dan wordt de warmteoverdracht met 2,9% vermindert.

De toegenomen werkingskost per jaar ten opzichte van de initiële situatie is dan:

$$\text{Toename: } 304.000 \text{ Nm}^3/\text{jaar} \times 2,9\% \times \text{€}/\text{Nm}^3 = 1.322 \text{ € per jaar}$$

Economische indicatoren

De noodzaak voor verwijdering kan eenvoudig visueel gedaan worden bij onderhoud. Als een algemene regel kan men stellen dat voor toestellen op hoge druk (50 bar) een onderhoud om de paar maanden effectief kan zijn. Voor toestellen op lage druk (2 bar) is een jaarlijks onderhoud aan te raden.

Het opvolgen van de rookgastemperatuur kan hierbij een indicator zijn. Indien de rookgastemperatuur langdurig hoger is dan normaal, is het mogelijk dat er zich aanslag gevormd heeft.

TECHNISCHE FICHE 4

Minimaliseren van de ketelspui

Beschrijving

Energieverliezen kunnen substantieel verminderd worden door de ketelspui te minimaliseren. De temperatuur van de ketelspui is direct gerelateerd met die van de stoom die in de ketel wordt gegenereerd. Minimaliseren van de ketelspui vermindert eveneens de waterzuivering voor vers keteltoevoerwater en kosten voor de afvoer van ketelspui.

Wanneer het water in de ketel verdampt voor de productie van stoom, blijven de opgeloste vaste stoffen in het water achter. Hierdoor verhoogt de concentratie van opgeloste stoffen in de ketel. Dit kan leiden tot aanslag op de warmtewisselende oppervlakken. Bij hogere concentraties leidt dit eveneens tot schuimvorming van het ketelwater en inbreng van water in het stoomnetwerk. Om de concentratie van vaste bestanddelen te verminderen, wordt het bodemwater periodisch afgelaten. Het aflaten van bodemketelspui wordt vaak periodisch en manueel gedaan, hierbij worden de vaste bestanddelen die zich op de bodem van de ketel hebben verzameld afgelaten. Oppervlaktespui moet dan de concentratie van de opgeloste zouten onder controle houden (TDS = Total Dissolved Solids). Oppervlaktespui is vaker een continu proces.

Te weinig ketel aflaten van de ketel zal voor degradatie van de installatie leiden. Teveel aflaten, zal tot energieverspilling leiden.

Het is vaak interessant om de spui frequentie gedetailleerd te bepalen. De optimale spui frequentie wordt bepaald door de toevoerdebieten van vers ketelwater, het type ketel en de concentratie van opgeloste stoffen in het vers ketelwater. Spuiaandelen van 4 tot 8% van de geleverde stoomdebieten zijn courant, maar dit kan soms tot 10% gaan indien vers ketelwater sterke concentraties van opgeloste stoffen bevat. Het installeren van automatische spuistystemen kan ook overwogen worden. Dit kan tot een optimalisatie tussen bedrijfszekerheid en energieverlies leiden.

Vermindering van de hoeveelheid spui

Om de nodige hoeveelheid spui te verminderen zijn er verschillende mogelijkheden. Een eerste is de recuperatie van condensaat. Dit condensaat is al gezuiverd en bevat dus geen onzuiverheden die in de ketel ingedikt worden. Als al de helft van het condensaat kan gerecupereerd worden, kan ook de spui met 50% verminderd worden.

Een voorbehandeling van het water kan eveneens de spui terugdringen. Waar bij rechtstreekse voeding van de ketel 7% of 8% spui mogelijk zijn, kan bij waterbehandeling dit teruggedrongen worden tot 3% of minder.

Verbetering in energie-efficiëntie

De hoeveelheid energie is afhankelijk van de keteldruk. De energie-inhoud van de spui wordt gegeven in onderstaande tabel. Dit geeft meteen aan welke energiewinst men kan maken door het verlagen van de spui frequentie.

Energie aanwezig in spuiwater, in MJ per ton geproduceerde stoom					
Spuifrequentie % van keteltoevoer	Werkdruk van de ketel				
	2 barg	5 barg	10 barg	20 barg	50 barg
1%	4,8	5,9	7,0	8,4	10,8
2%	9,6	11,7	14,0	16,7	21,5
4%	19,1	23,5	27,9	33,5	43,1
6%	28,7	35,2	41,9	50,2	64,6
8%	38,3	47,0	55,8	66,9	86,1
10%	47,8	58,7	69,8	83,6	107,7

Andere effecten

Indien de hoeveelheid spui wordt verminderd, verlaagt ook noodzakelijke hoeveelheid vers ketelwater. De hoeveelheid afvalwater wordt ook beperkt indien de spuifrequentie wordt teruggebracht.

Operationele gegevens

Een automatisch spuisysteem wordt aangebracht op een vlampijpketel die stoom levert op 25 bar gedurende 5500 uur per jaar. Het spuisysteem vermindert het spuiandaal van 8% tot 6%. De ketel levert 25 ton stoom per uur, met een productierendement van 82%. De gasprijs is 5 €/GJ.

Het ketelwater wordt toegeleverd op 20°C, en kost zuivering inbegrepen 1.3 € per ton. De prijs voor lozing van afvalwater is 0.1 € per ton.

We veronderstellen dat er geen condensaat terugkomt. Alle stoom wordt dus rechtstreeks met vers water aangemaakt, of de toevoer van vers water is 25 ton/h plus het spuidebiet.

De spui dient enkel bepaald te worden op het debiet van vers water, daar eventueel retourcondensaat geen zouten bevat. De geleidbaarheid van het suppletiewater is 170 µS/cm. Dit is een indicatie van de hoeveelheid opgeloste zouten in het water. Het ketelwater wordt normaal op 3000 µS/cm tot 4000 µS/cm geleidbaarheid afgesteld.

Het correcte spuidebiet?

Het spuidebiet (S) wordt dan als volgt berekend:

Hoeveelheid zouten ingang ketel = hoeveelheid zouten uitgaand.

De hoeveelheid zouten aan de ingang van de ketel is het toevoerdebiet × de concentratie:

$$(25 \text{ ton/h} + S) \times 170$$

De zouten verlaten de ketel enkel via de spui, want de stoom die de ketel verlaat bevat geen opgeloste bestanddelen. De hoeveelheid uitgaande zouten is dus:

$$S \times 3000$$

Daardoor is:

$$(25 \text{ ton/h} + S) \times 170 = S \times 3000$$

Het spuidebiet is dus 1,5 Ton/h of 6%

Winst door spuicontrol

De hoeveelheid vers ketelwater is eerst: $25000 \text{ kg/h} * (1 + 0,08) = 27000 \text{ l/h}$

Na installatie van de spuicontrol wordt dit: $25000 \text{ kg/h} * (1 + 0,06) = 26500 \text{ l/h}$, het verschil is 500 l/h

De enthalpie van het ketelwater op 25 barg is: 972,1 kJ/kg

De enthalpie van het voedingswater op 20°C bij atmosferische druk is: 83,9 kJ/kg

Het verschil hiertussen is dus 888,2 kJ.kg

Hierdoor wordt de besparing op de brandstofkosten:

$$\frac{500 \text{ l/h} \times 5500 \text{ h} \times 888,2 \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,82 \times 1000000} = 14894 \text{ €/jaar}$$

Verder wordt er ook bespaard op de zuiverings- en spuikosten.

De hoeveelheid uitgespaard water bedraagt:

$$500 \text{ l/h} \times 5500 \text{ h/jaar} = 2750 \text{ ton/jaar.}$$

Dit vertegenwoordigt een vermeden kost van 3850 € per jaar

De installatie levert dus een jaarlijkse winst van 18744 € op.

Economische indicatoren

TECHNISCHE FICHE 5

Warmterecuperatie uit de spui verliezen

Beschrijving

Warmte kan uit de spui verliezen teruggewonnen worden door de spui verliezen via een warmtewisselaar in verbinding met het ketelvoedingswater te zetten. Elke ketel met continue spui en met een spui frequentie van ongeveer 5% of meer, is een goede kandidaat om deze aanbeveling in overweging te nemen. Hoe hoger de stoomdruk, hoe hoger de energiewinsten.

Deze energierugwinning kan gebeuren door een kruising met het voedingswater. Indien het spuiwater eerst in een flash-tank op lagere druk wordt gebracht, dan wordt er ook stoom op lagere druk gevormd. Deze flash stoom kan rechtstreeks naar de ontgasser geleid worden en kan zo gemend worden met het verse ketelwater. In deze flash stoom zijn er immers geen opgeloste zouten aanwezig en de stoom vertegenwoordigt een groot deel van de energie die in de spui zit.

Verbetering in energie-efficiëntie

De mogelijke energiewinst uit de recuperatie van warmte uit spui wordt gegeven in de volgende tabel:

Gerecupereerde energie uit spui verliezen, in MJ/h ¹					
Spui frequentie % van keteldebiet	Werkdruk van de ketel				
	2 barg	5 barg	10 barg	20 barg	50 barg
1%	42	52	61	74	95
2%	84	103	123	147	190
4%	168	207	246	294	379
6%	252	310	368	442	569
8%	337	413	491	589	758
10%	421	516	614	736	948

- Deze hoeveelheden zijn bepaald met een keteldebiet van 10 ton/h, een gemiddelde aanvoertemperatuur van het vers ketelwater = 20°C, en een recuperatierendement van 88%.

Andere effecten

Door verlagen van de spuiwatertemperatuur, voldoet men ook eenvoudiger aan milieureglementering, die voorschrijft dat afvalstoffen onder een bepaalde temperatuur geloosd moeten worden.

Operationele gegevens

Een warmtewisselaar met een rendement van 88% wordt geïnstalleerd tussen de spuileiding van een ketel en de toevoer van vers ketelwater. De ketel werkt jaarlijks 7600 uur op een druk van 10 barg en heeft een rendement van 82%. De ketel heeft een spui frequentie van 6% en werkt op aardgas met een prijs van 4 €/GJ.

De toevoer van vers ketelwater gebeurt met een debiet van 5,3 ton/uur. Er is geen condensaat-recuperatie.

Bij een toevoer van 10 ton/h vers ketelwater, heeft men bij 6% spui frequentie een energiewinst van 368 MJ/h (zie tabel). Hier heeft men een toevoer van vers ketelwater van 5.3 ton/uur.

Dit geeft een energiewinst van $5.3 / 10 \times 368 = 195 \text{ MJ/h}$

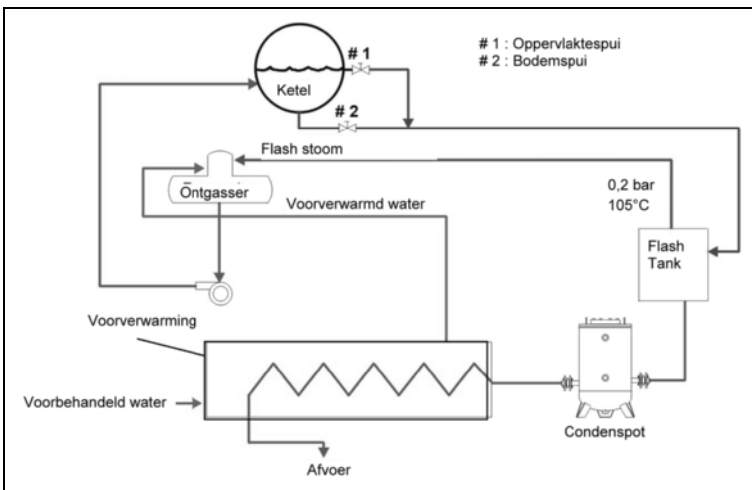
Dit geeft aanleiding tot de volgende besparing:

$$\frac{7600 \text{ uur} \times 195 \text{ MJ/h} \times 4 \text{ €/GJ}}{1000 \times 0.82} = 7229 \text{ €/jaar}$$

Economische indicatoren

De opbrengst van een dergelijk project kan vaak terugverdiend worden binnen enkele jaren.

Een schema van de ketel, en de interactie tussen de spui en de watertoevoer wordt gegeven in de volgende figuur.



Figuur 4: Voorbeeldschema van toe- en afvoerleidingen voor de stoomketel

TECHNISCHE FICHE 6

Verliezen door intermitterend gebruik van de ketel minimaliseren

Beschrijving:

Verliezen bij intermitterend gebruik treden op elke keer als een ketel uitgeschakeld wordt voor een korte periode. De cyclus kent dan een brandtijd, een naspoeperiode, een stilstandsperiode en een voorspoelperiode, en terug een brandtijd. Een deel van deze verliezen tijdens de spoelperiodes en de stilstandsperiodes kunnen gering zijn bij moderne goed geïsoleerde ketels, maar ze kunnen hoog oplopen bij oudere ketels met slechtere isolatie. Bij grotere ketels wegen de spoelverliezen zwaarder door dan de stilstandsverliezen.

Verliezen door intermitterend gebruik van de stoomketels worden in de hand gewerkt indien de ketels heel snel de benodigde vermogens kunnen opwekken. Dit is het geval indien het geïnstalleerde vermogen van de ketel een heel stuk groter is dan wat in feite vereist wordt. De stoomvraag voor het proces kan veranderen gedurende de tijd. Het is eveneens mogelijk dat door energiebesparende maatregelen de totale stoomvraag werd gereduceerd. Anderzijds komt het ook voor dat ketels voorzien werden met een extra vermogen, met het oog op een latere uitbreiding die dan niet werd gerealiseerd.

Intermitterend gebruik kan in de eerste plaats vermeden worden door een juiste afstemming van het geïnstalleerde vermogen op de energievraag. Indien het vermogen van de ketel goed afgestemd is op de stoomvraag zal de ketel minder vaak aan- en afslaan.

Intermitterend gebruik kan ook vermeden worden door installatie van verschillende ketels met een kleiner vermogen in de plaats van één ketel met groot vermogen. Hierdoor wordt niet alleen de flexibiliteit maar ook de bedrijfszekerheid opgedreven. Dit gaat ten koste van een iets lager rendement voor elk van de kleinere ketels.

Een automatische controle van de productierendementen en van de incrementele kosten voor stoomproductie voor elke ketel, kan een ketelbeheersysteem aansturen. Hierdoor worden telkens de extra stoomvragen geleverd door de ketel met de laagste incrementele kost.

Verbetering in energie-efficiëntie

Verskillende aspecten kunnen een goede energie-efficiëntie tegemoet komen.

Eerst zijn er mogelijkheden bij het ontwerp van de ketel om verliezen door intermitterend gebruik tegen te gaan. Als een ketel goed geïsoleerd is en uitgerust is met een luchtklep, is het verlies al geminimaliseerd. Moderne en goed geïsoleerde ketels kunnen hun temperatuur gedurende lange tijd bewaren.

In deze gevallen kan de energie-efficiëntie nog verbeterd worden door ketels die een modulerende werking toestaan. Een modulerende werking betekent dat de brander van de ketel het vermogen van de afgegeven warmte kan wijzigen.

De brander varieert continu het geleverde vermogen in functie van de stoomvraag. De ketel heeft dan meer werkingsuren, maar werkt gemiddeld op een lager vermogen.

De warmtewisselaar die de warmte van de rookgassen moet afgeven aan het ketelwater, blijft daarentegen gedimensioneerd op het maximale vermogen van de ketel, zodat bij een werking op deellast de warmtewisselaar groter is dan strikt noodzakelijk.

De warmte-uitwisseling is dan ook effectiever.

Goed geïsoleerde modulerende ketels staan dus toe om enkele procentpunten winst te maken bij een werking op deellast.

Daarentegen, indien de ketel slecht geïsoleerd is of niet wordt afgesloten door een luchtklep, dan zijn de verliezen bij deellast bijzonder groot.

Verbeteringen zijn mogelijk door ketelisolatie of ketelvervanging. Het op temperatuur houden van een slecht geïsoleerde ketel op stand-by, kan gedurende het gehele jaar continu een hoeveelheid energie kosten die overeenkomt met ongeveer 8% van het totale vermogen van deze ketel. Het stand-by houden moet indien mogelijk vermeden worden, maar hier moet een afweging tussen bedrijfszekerheid en energiebesparing worden gemaakt.

Eventueel kan een ketel die stand-by moet blijven ook op temperatuur gehouden worden door hem met voedingswater uit de ontgasser continu te doorstromen. De brander van de stand-by-ketel hoeft dan niet te werken om hem warm te houden zodat de rookgasverliezen en spoelverliezen van de standby-ketel vermeden worden. Dit is een zinvolle optie indien de standby-ketel goed geïsoleerd is en de luchtklep van de brander zeer goed afsluit.

Indien in een ketelhuis meerdere ketels in één netwerk staan, kunnen enkele ketels in stand-by op temperatuur worden gehouden door hen te verbinden met de actieve ketels. Ketelwater uit de actieve ketels – op de gewenste temperatuur – wordt dan gecirculeerd door de ketels die in stand-by staan. Op deze manier zijn de stand-by ketels volledig afgesloten en blijven ze toch op temperatuur, zodat ze indien gewenst heel snel kunnen opstarten.

Andere effecten

Operationele gegevens

Economische indicatoren

TECHNISCHE FICHE 7

Hoge druk stoomketels en tegendrukturbines voor productie van elektriciteit of voor roterende installaties

Beschrijving

Indien een stoomketel vervangen moet worden, kan eveneens gekeken worden of de installatie van een ketel die stoom levert op een hogere druk en een turbine veel rendabeler kan zijn.

Een turbine kan vaak genoeg elektriciteit of mechanische kracht leveren om de kost voor een ketel op hogere druk en de turbine te verantwoorden.

De turbine verbruikt op zich geen stoom. De stoom wordt wel op een hogere druk gebracht en oververhit. De turbine vermindert de energie-inhoud en levert de stoom op een lagere druk.

De turbine kan gecombineerd worden met een generator en zo goedkoop en on-site elektriciteit leveren. Anderzijds kan de mechanische energie van de turbine gebruikt worden om machines aan te drijven. In de praktijk kan de winst hieruit de noodzakelijke extra investering binnen de twee jaar terugverdienen.

Verbetering in energie-efficiëntie

Een turbine heeft gewoonlijk een isentropisch rendement tussen 50% en 85%. Daarnaast levert de turbine ook stoom op lagere druk die eveneens nog bruikbaar is voor de productieprocessen. Het resulterende productierendement voor elektriciteit is vaak hoger dan in aparte elektriciteitscentrales.

Andere effecten

Deze installatie heeft zwaardere pompen nodig, door de hogere druk in de leidingen, en eveneens een zwaardere ketel voor hogere druk met een groter vermogen. Deze installatie moet eveneens voor oververhitting kunnen zorgen.

Geen specifieke effecten op andere media

Operationele gegevens

Een chemisch bedrijf gebruikt momenteel een ketel voor de productie van 25 ton/h stoom op 15 barg. De ketel werkt gedurende 6500 uur per jaar. Momenteel heeft de ketel een jaargemiddeld productierendement van 74%.

Aangezien deze ketel vervangen moet worden, worden twee opties overwogen. Enerzijds kan een nieuwe ketel met een rendement van 80% geïnstalleerd worden. Anderzijds kan ook een nieuwe ketel met een zelfde productierendement, maar op hogere druk verbonden worden met een turbine. De turbine levert dan elektriciteit via een generator met 97% efficiëntie.

Het bedrijf koopt momenteel zijn elektriciteit aan 50 €/MWh, en de brandstof wordt gekocht aan 3,8 €/GJ.

Het condensaat wordt aan de ketel teruggevoerd aan gemiddeld 80°C.

a) De huidige werkingskost

De stoom wordt geleverd op 15 barg en het condensaat komt terug op 80°C. Het enthalpieverschil is daardoor:

$$2794 \text{ kJ/kg} - 335 \text{ kJ/kg} = 2459 \text{ kJ/kg}$$

De huidige ketel kost jaarlijks:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times 2459 \text{ kJ/kg} \times 25 \text{ t/h} \times 3,8 \text{ €/GJ}}{0,74 \times 1000} = 2.051.836 \text{ €/jaar}$$

b) Werkingskost met de nieuwe ketel:

De nieuwe ketel heeft een rendement van 80% in plaats van 74% en daardoor is de werkingskost:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times 2459 \text{ kJ/kg} \times 25 \text{ t/h} \times 3,8 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 1.898.041 \text{ €/jaar}$$

Dit is een verschil van 153.795 €/jaar

c) De werkingskost van de nieuwe ketel met de turbine:

De nieuwe turbine zal stoom verbruik p een druk van 40 barg, en met een oververhitting tot 320°C.

Op dit punt is de enthalpie: 3017.5 kJ/kg.

Het condensaat keert terug op 80°C, of met een enthalpie van 335 kJ/kg

Dus de werkingskost van de nieuwe ketel is:

$$\frac{6500 \text{ h/jaar} \times (3017,5 - 335) \text{ kJ/kg} \times 25 \text{ t/h} \times 3,8 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 2.070.555 \text{ €/jaar,}$$

of een meerkost van 172.514 €/jaar ten opzicht van de eerste optie

d) De winst door elektriciteitsproductie met de turbine

Bij een ideale ontspanning geeft een ontspanning tot op 15 barg een resterende enthalpie van 2802 kJ/kg.

De turbine heeft een isentropisch rendement van 70%, dus is het enthalpieverschil:

$$(3017,5 - 2802) \times 0,70 = 150,9 \text{ kJ/kg.}$$

De hoeveelheid geproduceerde elektriciteit is:

$$6500 \text{ h/jaar} \times 150,9 \text{ kJ/kg} \times 25 \text{ t/h} \times 0,97 = 25.280 \text{ GJ/jaar} = 7.022 \text{ MWh/jaar.}$$

De winst hierdoor is:

$$7.022 \text{ MWh/jaar} \times 50 \text{ €/MWh} = 351.106 \text{ €/jaar}$$

Dit compenseert de meerkost voor de tweede optie ruimschoots maar moet verder afgewogen tegen de meerinvestering van de grotere ketel met oververhitter en de stoomturbine.

Economische indicatoren

De installatie van een turbine kan overwogen worden voor continue stoomvragen vanaf 3 ton/h, waarbij de mogelijke drukvermindering over de turbine meer dan 10 bar bedraagt.

TECHNISCHE FICHE 8

Een controle- en reparatieprogramma voor condenspotten

Beschrijving

In stoominstallaties waar de condenspotten gedurende drie tot vijf jaar niet meer werden geïnspecteerd, zullen vaak tot 30% van de condenspotten defect zijn, en zullen ze dus stoom doorlaten.

In installaties met een regelmatig controleprogramma, zouden defecte condenspotten niet meer dan 5% van het totaal mogen uitmaken.

Doorslaande condenspotten verliezen veel stoom. Hiermee gaat er eveneens een groot energieverlies gepaard. Door een goed onderhoud kunnen op dit punt efficiënt verliezen teruggebracht worden.

Er zijn veel verschillende types condenspotten en elk type heeft zijn eigen kenmerken en randvoorwaarden. In bepaalde omstandigheden kan het gebruik van orifice venturi condenspotten leiden tot energiebesparing, aangezien ze geen bewegende delen bevatten en niet kunnen doorslaan. Om te controleren of een condenspot al dan niet stoom doorlaat zijn specifieke methodes mogelijk. De controles gebeuren vaak jaarlijks op basis van de sonore, visuele, elektrische of thermische waarnemingen.

Een automatisch controlemechanisme kan geïnstalleerd worden op elk type condenspot. Dit is vooral interessant bij condenspotten die op hoge werkingsdrukken werken. Indien deze condenspotten doorslaan, zijn de verliezen al gauw enorm. Anderzijds zijn er ook kritische condenspotten. Dit zijn condenspotten die bij blokkeren grote schade aan de installaties en aan de productie kunnen brengen. Ook hier kan een automatische condenspotcontrole nuttig zijn.

Voor condenspotten die op hogere werkingsdrukken opereren, is een extra optie mogelijk. Hier kan een regelklep gemonteerd worden op de condensataafvoerleiding stroomopwaarts van de condenspot. Deze regelklep wordt automatisch geregeld a.d.h.v. de temperatuur van de installatie waarop de condenspot zit. De drukval is daardoor het grootst over de regelklep en de condenspot heeft een lagere druk te verwerken.

Verbetering in energie-efficiëntie

Een controle van de staat van de condenspotten kan grote stoomverliezen aan het licht brengen. Bij elke stoominstallatie is een jaarlijkse controle van alle condenspotten noodzakelijk.

Andere effecten

Operationele gegevens

Een jaarlijkse survey van de condenspotten beoordeelt elke condenspot op hun werking. De verschillende mogelijke categorieën zijn opgenomen in Tabel 4.

Tabel 4: Verschillende werkingstoestanden van condenspotten

	Beschrijving	Definitie
OK	In orde	Werkt correct
DS	Doorslag	Deze condenspot slaat door, met maximaal stoomverlies. Moet vervangen worden.
LK	Lekt	Deze condenspot laat stoom door lekken. Moet hersteld of vervangen worden
SC	Snelle cyclus	De thermodynamische condenspot schakelt te snel. Moet hersteld of vervangen worden.
VS	Vast	De condenspot is gesloten en laat geen condensaat meer door. Te vervangen
OL	Ondergelopen	Deze condenspot kan de condensaatstroom niet aan. Te vervangen door een pot van aangepaste grootte.
BW	Buiten werking	Deze lijn is buiten werking.
NG	Niet getest	De condenspot is niet bereikbaar en dus niet getest.

Voor een condenspot kan de hoeveelheid verloren stoom geschat worden op de volgende manier:

$$L_{t,y} = \frac{1}{150} \cdot FT_{t,y} \cdot FS_{t,y} \cdot CV_{t,y} \cdot h_{t,y} \cdot \sqrt{P_{in,t}^2 - P_{uit,t}^2}$$

- $L_{t,y}$ is de hoeveelheid stoom die de condenspot t verliest in periode y [ton]
- $FT_{t,y}$ is de werkingsfactor van condenspot t gedurende periode y
- $FS_{t,y}$ is de belastingsfactor van condenspot t gedurende periode y
- $CV_{t,y}$ is de stroomcoëfficiënt van condenspot t gedurende periode y
- $h_{t,y}$ is het aantal werkuren van condenspot t gedurende de periode y
- $P_{in,t}$ is de ingangsdruk van condenspot t [atm]
- $P_{uit,t}$ is de uitgangsdruk van condenspot t [atm]

De werkingsfactor $FT_{y,s}$ volgt uit Tabel 5.

Tabel 5: Werkingsfactoren voor stoomverlies bij condenspotten

	Type	FT
DS	Doorslag	1
LK	Lekt	0,25
SC	Snelle cyclus	0,20

De belastingsfactor neemt de interactie tussen stoom en condensaat in rekening. Hoe meer condensaat door de condenspot stroomt, hoe minder plaats over is om stoom door te laten. De hoeveelheid condensaat is afhankelijk van de toepassing.

Tabel 6: Belastingsfactor voor stoomverliezen

Toepassing	Belastingsfactor
Standaard procestoepassing	0.9
Druppelleiding en Tracing	1.4
Weinig afvoer	2.1

Uiteindelijk bepaalt ook de grootte van de leiding de stoomverliezen. De grootte van de leiding wordt in rekening gebracht door de stroomcoëfficiënt.

Hiervoor geldt:

$$CV = 3,43 D^2$$

waarbij D = de straal van de opening [cm]

Neem het geval van een lekkende condenspot met de volgende gegevens:

- $FT_{t,y} = 0.25$
- $FS_{t,y} = 0.9$ want de doorgelaten hoeveelheid condens is veel, maar correct in vergelijking met de capaciteit van de condenspot.
- $CV_{t,y} = 7.72$
- $D = 1.5$ cm
- $h_{t,y} = 6000$ uur per jaar
- $P_{in,t} = 16$ atm
- $P_{uit,t} = 1$ atm

De condenspot verliest dus per jaar 1.110 ton stoom per jaar.

Indien dit gebeurt in een bedrijf waar de stoom een kost heeft van 15 €/ton, dan komt de uiteindelijke verliespost overeen met: 16.650 € per jaar.

Indien de condenspot niet zomaar lekt, maar volledig doorslaat, lopen de kosten op tot 66.570 € per jaar.

Deze verliezen verantwoorden al snel het opzetten van een doeltreffend beheers- en controle-systeem voor alle condenspotten in een bedrijf.

Economische indicatoren

Bij elke stoominstallatie is een programma voor het opsporen van doorslaande condenspotten en het bepalen van te vervangen condenspotten noodzakelijk. Condenspotten hebben vaak slechts een redelijk korte levensduur. De kosten voor vervanging zijn ook vaak veel kleiner dan de verliezen door slechte werking.

TECHNISCHE FICHE 9

Isolatie van stoomleidingen en condensaat-retourleidingen

Beschrijving

Niet-geïsoleerde buizen en leidingen zijn een constante bron van verliezen. Deze bron kan daarbij op redelijk eenvoudige wijze verwijderd worden. Het isoleren van alle warme oppervlaktes is in de meeste gevallen een heel eenvoudige maatregel. Daarnaast is ook plaatselijke schade aan isolatie een eenvoudig te verhelpen probleem. Isolatie kan weggehaald zijn tijdens onderhoud of reparaties. Ook verwijderbare isolatiekappen voor ventielen of andere installaties zijn soms niet aanwezig.

Vochtige of beschadigde isolatie dient te worden vervangen. De oorzaak van vochtige isolatie zijn vaak lekkende buizen of ventielen. Samen met het vervangen van de isolatie kunnen de lekken gedicht worden.

Verbetering in energie-efficiëntie

Isolatie van leidingen geeft een aanzienlijke energiebesparing. Een indicatie van deze besparing wordt gegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Warmteverliezen per lopende meter leiding in functie van de fluidumtemperatuur en isolatiedikte

Warmteverliezen per lopende meter leiding [W/m]									
Leiding-diameter	100 °C			150 °C			200 °C		
	50 mm	125 mm	300 mm	50 mm	125 mm	300 mm	50 mm	125 mm	300 mm
Isolatiedikte									
0 mm	249	516	1074	480	1000	2091	769	1615	3401
20 mm	45	101	231	72	164	376	100	227	520
40 mm	26	54	120	42	88	195	58	122	270
80 mm	16	30	64	26	49	103	35	68	143
120 mm	12	22	45	20	36	73	28	50	101
160 mm	10	18	35	17	30	57	24	41	79
200 mm	9	16	29	15	26	48	21	35	66
240 mm	9	14	26	14	23	42	19	32	58
300 mm	8	12	22	13	20	35	17	28	49

Andere effecten

Een vermindering van energieverlies door betere isolatie brengt eveneens een vermindering van waterverbruik met zich mee, en ook de daarbij horende besparingen op waterbehandeling.

Operationele gegevens

Een audit in een bedrijf brengt de volgende mankementen in de isolatie aan het licht:

- Stoomleiding op 4 barg, DN 125, niet geïsoleerd over een lengte van 5.5 m
- Condensaatleidingen van DN 50, niet geïsoleerd over een lengte van totaal 53,2 m

De energieverliezen in dit geval zijn:

- Stoomleiding: $1000 \text{ W/m} \times 5,5 \text{ m} = 5,5 \text{ kW}$
- Condensaatleiding: $249 \text{ W/m} \times 53,2 \text{ m} = 13,2 \text{ kW}$

Bij isolatie met 160 mm voor de stoomleiding en 40 mm voor de condensleiding, wordt dit teruggebracht tot:

- Stoomleiding: $30 \text{ W/m} \times 5,5 \text{ m} = 0,165 \text{ kW}$
- Condensaatleiding: $42 \text{ W/m} \times 53,2 \text{ m} = 2,23 \text{ kW}$

Indien de stoomproductie gebeurt gedurende 6500 uur/jaar met een rendement van 81% en de brandstof 3,7€/GJ kost, dan geeft dit de volgende winst:

$$\frac{((13,2 + 5,5) - (0,165 + 2,23)) \text{ kW} \times 6500 \text{ h/jaar} \times 3,6 \times 3,7 \text{ €/GJ}}{0,81 \times 1000} = 1.743 \text{ €/jaar}$$

Economische indicatoren

In de praktijk kan men zeggen dat ongeveer voor elk oppervlak dat meer dan 50°C heeft, isolatie economisch rendabel is.

TECHNISCHE FICHE 10

Verwijderbare isolerende schalen op kranen en kleppen

Beschrijving

De isolatie van verschillende onderdelen in een installatie is vaak heel verscheiden. Bij een moderne ketel is de ketel zelf normaalgezien goed geïsoleerd. Aan de kranen, flensen, fittingen of andere aansluitingen is vaak minder zorg besteed.

Herbruikbare en verwijderbare isolerende schalen zijn beschikbaar voor ongeveer elk mogelijk emitterend oppervlak.

Hierbij moet wel opgepast worden bij isolatie van condenspotten. Verschillende types condenspotten kunnen enkel correct werken indien beperkte hoeveelheden stoom kunnen condenseren, of indien een bepaalde hoeveelheid warmte kan worden afgestaan. (vb. sommige thermostatische en thermodynamische condenspotten)

Indien deze condenspotten teveel geïsoleerd worden, kan dit hun goede werking in het gedrang brengen. Een goed overleg met de constructeur is daarom noodzakelijk.

Verbetering in energie-efficiëntie

De efficiëntie van deze toepassing is natuurlijk afhankelijk van de specifieke toepassing. Maar het warmteverlies van punctuele onderbrekingen in de isolatie wordt vaak onderschat. Zo vertegenwoordigt bijvoorbeeld één paar flensen op een stoomleiding met stoom op 10 bar een energieverlies van ongeveer 350 Nm³ per jaar. Dit verantwoordt al in de meeste gevallen de aankoop van een isolerende schaal of beschermkap.

Andere effecten

Een goede plaatsing van isolerende kappen kan eveneens het afgestraald geluid van een installatie reduceren.

Operationele gegevens

Schatting van de energiewinst door isolatie [W] ¹						
Leiding- temperatuur	Grootte van de kraan [cm]					
	[°C]	8	10	15	20	25
93	495	592	885	1181	1404	1773
150	1064	1272	1905	2541	3019	3813
200	1835	2189	3285	4378	5202	6571
260	2843	3423	5092	6790	8062	10184
316	4147	4953	7426	9903	11761	14856

1. Energiewinst is geschat op basis van minstens 5 cm isolatie en een omgevingstemperatuur van 17°C.

Economische indicatoren

Er zijn verschillende rekenprogramma's beschikbaar voor de exacte bepaling van de energiewinsten die men met dergelijke schalen kan bereiken. De leverancier is vaak ook in staat om een gedetailleerde terugverdientijd te berekenen.

TECHNISCHE FICHE 11

Opvang van condensaat en hergebruik in het ketelhuis

Beschrijving

Het herwinnen van condensaat heeft een dubbel doel. Eerst wordt het water herwonnen. Dit water heeft een behandeling ondergaan, dus vertegenwoordigt het een kost. Daarnaast heeft het condensaat een hogere temperatuur en bevat het dus energie die herwonnen kan worden. Condensaat dat herwonnen wordt, moet evenmin geloosd worden zodat ook hierop bespaard wordt.

Typisch wordt het condensaat opgevangen op atmosferische druk. Het condensaat kan wel afkomstig zijn van stoom in apparaten op een veel hogere druk. Bij ontspanning van dit condensaat naar atmosferische druk ontstaat spontaan flash stoom. Deze kan eveneens herwonnen worden (zie fiche 12).

Verbetering in energie-efficiëntie

Bij een druk van 1 atmosfeer, heeft het condensaat een temperatuur van 100°C en een enthalpie van 419 kJ/kg. Indien ook de flash stoom of naverdampingsstoom gerecupereerd wordt, dan is de totale energie-inhoud hiervan afhankelijk van de werkdruk van de installatie. Het gedeelte energie dat via het condensaat de het stoomnet verlaat, wordt gegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Percentage van de totale energie aanwezig in het condensaat op atmosferische druk en de naverdampingsstoom¹

Abs. Druk [bar]	In condensaat op atmosferische druk	In condensaat + naverdampingsstoom
1	13,6%	13,6%
2	13,4%	16,7%
3	13,3%	18,7%
5	13,2%	21,5%
8	13,1%	24,3%
10	13,0%	25,8%
15	13,0%	28,7%
20	12,9%	30,9%
25	12,9%	32,8%
40	12,9%	37,4%

Het loont dus zeker de moeite om na te gaan of deze energie niet kan gerecupereerd worden door het condensaat op temperatuur te houden en dit terug als voedingswater in te zetten.

¹ Het voedingswater voor de installatie heeft vaak een jaargemiddelde temperatuur van ongeveer 15°C. Deze cijfers zijn dus berekend uitgaande van een situatie waarbij de toevoer van water aan de installatie gebeurt bij 15°C, of met een enthalpie van 63 kJ/kg

Andere effecten

Het hergebruik van condensaat heeft eveneens tot gevolg dat de kosten voor waterbehandeling en het eventuele gebruik van chemicaliën hiervoor met een groot stuk worden verminderd. De hoeveelheid te lozen water wordt eveneens sterk verminderd.

Operationele gegevens

Een ketel voedt een installatie die werkt met 10 t/h stoom op 10 barg, gedurende 5000 h/jaar. De ketel is gasgestookt, met een rendement van 80%, het gas kost 5 €/GJ. Het voedingswater wordt behandeld aan een prijs van 1.2 €/ton en heeft jaargemiddeld een temperatuur van 15°C.

Initieel is de werkingskost voor de energie dus:

$$\frac{5000 \text{ h/jaar} \times (2783 - 63) \text{ kJ/kg} \times 3,6 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 850.000 \text{ €/jaar}$$

Daarnaast is de kost voor de waterbehandeling:

$$5000 \text{ h/jaar} \times 10 \text{ t/h} \times 1,2 \text{ €/t} = 60.000 \text{ €/jaar}$$

Indien 40% van het condensaat zonder de naverdampingsstoom kan gerecupereerd worden, dan is de energie-inhoud van het condensaat 419 kJ/kg. Dit komt overeen met een besparing in de energiekost van:

$$\frac{0,4 \times 5000 \text{ h/jaar} \times (419 - 63) \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 44.500 \text{ €/jaar}$$

De besparing voor de waterbehandeling is:

$$0,4 \times 5000 \text{ h/jaar} \times 10 \text{ t/h} \times 1,2 \text{ €/t} = 24.000 \text{ €/jaar}$$

In het totaal dus een besparing van 68.500 €/jaar.

Een derde besparing is het effect op de spuis verliezen. Aangezien gerecupereerd condensaat geen zouten bevat, hoeft het niet meer gezuiverd te worden. Bij aanvoer in de ketel zorgt het evenmin voor een concentratieverhoging van de opgeloste zouten.

Daardoor kan de spuisfrequentie drastisch verminderd worden. Dit heeft een positief effect zowel op de energieverliezen als op de hoeveelheden afvalwater.

De totale winst is dus nog groter dan hier becijferd.

Economische indicatoren

Recuperatie van condensaat heeft veel voordelen, daarom moeten er al specifieke problemen zijn vooraleer condensaatrecuperatie niet meer rendabel is.

Dit kan zijn in enkele gevallen waarbij het opgevangen condensaat vervuild is, of indien het condensaat niet recupereerbaar is omdat het rechtstreeks in het productieproces wordt gebruikt.

In de andere gevallen moet recuperatie overwogen worden.

TECHNISCHE FICHE 12

Hergebruik van naverdampingsstoom of flashstoom

Beschrijving

Flash stoom wordt gevormd bij ontspannen van condensaat op een hoge druk. Eenmaal op een lagere druk vaporiseert een gedeelte van dit condensaat weer en vormt flash stoom.

Flash stoom bevat niet alleen een gedeelte van de massa en daarmee ook een gedeelte van het gezuiverde water dat best gerecupereerd wordt. De flash stoom bevat eveneens een groot deel van de beschikbare energie die nog in het condensaat aanwezig is.

Recuperatie van flash stoom is dus voordelig om de nodige hoeveelheid vers water te verminderen, maar het is vooral voordelig op energetisch vlak.

Het recupereren van flash stoom leidt tot veel grotere energiebesparingen dan enkel het opvangen van het vloeibare condensaat. Tabel 9 toont de relatieve hoeveelheid van de energie in het condensaat dat in de flash stoom zit. Vooral bij grotere drukken bevat de flash het grotere deel van de energie.

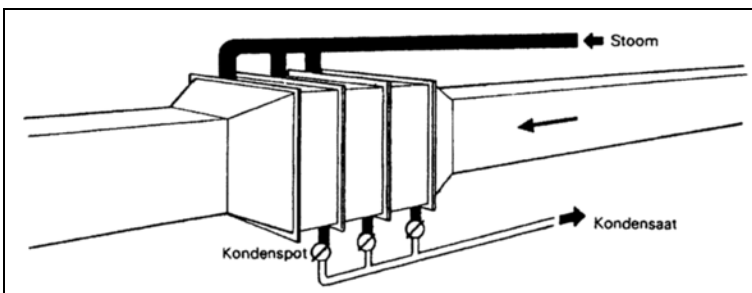
Flash stoom neemt wel een veel groter volume in dan condensaat. De retourleidingen moeten dit volume dan ook aankunnen. Dit moet kunnen gebeuren zonder drukverhoging in de retourleidingen. Dit kan anders de goede werking van condenspotten en installaties stroomopwaarts belemmeren.

In het ketelhuis kan deze flash stoom, net als het condensaat zelf, gebruikt worden voor verwarming van het verse ketelwater in de ontgasser. Andere mogelijkheden zijn het gebruik van de stoom voor luchtverwarming.

Buiten het ketelhuis kan de flash stoom eveneens gebruikt worden voor verwarming van onderdelen onder de 100°C. In de praktijk zijn geregeld stoomgebruikers actief op een druk van 1 bara. In deze leidingen kan de flash stoom dus geïnjecteerd worden.

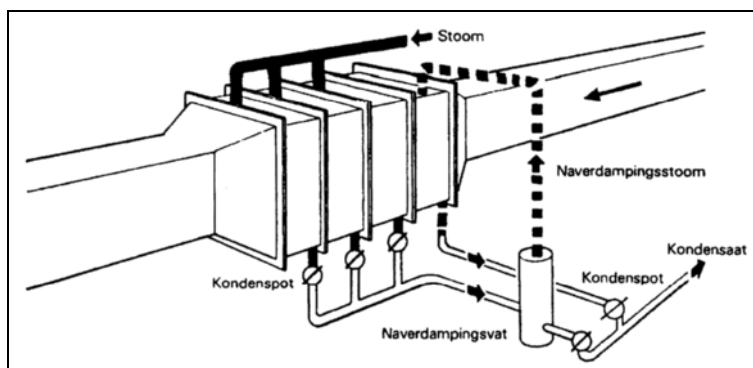
Bijvoorbeeld bij serieschakeling van verwarmingsbatterijen voor lucht, kan de flash stoom gebruikt worden voor voorverwarming van de lucht.

In het initiële geval is zijn er verwarmingsbatterijen aaneengeschaakeld voor een luchtverwarming, zoals getoond wordt in de volgende figuur.



Door de drukval over de condenspotten ontstaat er naverdampingsstoom in de retourleidingen voor de condens. Als deze leidingen op 1 bara staan, is de temperatuur hiervan 100°C. Dit is

vaak voldoende als voorverwarming. Daardoor kan één batterij worden afgekoppeld van de stoomleiding en gevoed worden door de flash stoom. Of kan een extra voorverwarmingsbatterij worden voorgekoppeld die gebruikt maakt van de flash stoom.



Verbetering in energie-efficiëntie

Bij een druk van 1 atmosfeer, heeft het condensaat een temperatuur van 100°C en een enthalpie van 419 kJ/kg. Indien ook de flash stoom of naverdampingsstoom gerecupereerd wordt, dan is de totale energie-inhoud hiervan afhankelijk van de werkdruk van de installatie. Het gedeelte energie dat via het condensaat de het stoomnet verlaat, wordt gegeven in Tabel 9.

Tabel 9: Percentage van de totale energie aanwezig in het condensaat op atmosferische druk en de naverdampingsstoom²

Abs. Druk [bar]	In condensaat op atmosferische druk	In condensaat + naverdampingsstoom	Relatief aandeel van de energie in de flash stoom
1	13,6%	13,6%	0,0%
2	13,4%	16,7%	19,9%
3	13,3%	18,7%	28,9%
5	13,2%	21,5%	38,6%
8	13,1%	24,3%	46,2%
10	13,0%	25,8%	49,4%
15	13,0%	28,7%	54,7%
20	12,9%	30,9%	58,2%
25	12,9%	32,8%	60,6%
40	12,9%	37,4%	65,4%

² Het voedingswater voor de installatie heeft vaak een jaargemiddelde temperatuur van ongeveer 15°C. Deze cijfers zijn dus berekend uitgaande van een situatie waarbij de toevoer van water aan de installatie gebeurt bij 15°C, of met een enthalpie van 63 kJ/kg

Andere effecten

Door recuperatie van de flash stoom wordt ook het waterverbruik verminderd. Dit heeft eveneens een positief effect op de nodige hoeveelheid spui en dus op de hoeveelheid te lozen afvalwater.

Operationele gegevens

Indien het voorbeeld van Technische Fiche 11 wordt hernomen:

In dezelfde installatie wordt nu het condensaat en de flash stoom gerecupereerd.

Indien 40% van het condensaat met de naverdampingsstoom kan gerecupereerd worden, dan is de energie-inhoud van het geheel 798 kJ/kg. Dit komt overeen met een besparing in de energiekost van:

$$\frac{0,4 \times 5000 \text{ h/jaar} \times (798 - 63) \text{ kJ/kg} \times 10 \text{ t/h} \times 5 \text{ €/GJ}}{0,80 \times 1000} = 91.875 \text{ €/jaar}$$

De winst is dus een heel stuk groter dan in het eerste geval.

Economische indicatoren

Voor hergebruik van flash stoom zijn er vaak veel meer mogelijkheden dan eerst gedacht. De uitwerking is niet altijd eenvoudig, maar de mogelijke winst kan deze aanpassingen rechtvaardigen.

TECHNISCHE FICHE 13

Gebruik van flash stoom op de site zelf of condensaatrecuperatie op onderdruk

Beschrijving

Deze aanbeveling is vooral een aanvulling op Technische Fiche 12. Hergebruik van flash stoom is in vele gevallen mogelijk. Vaak wordt deze ingezet voor verwarming van componenten onder de 100°C. Telkens waar stoom gebruikt wordt voor verwarming van componenten onder de 100°C, is het gebruik van flash stoom mogelijk.

Deze technische fiche gaat in op enkele meer praktische aspecten om in te grijpen in een bestaande installatie en daarmee het gebruik van flash stoom mogelijk te maken.

Een eerste goede mogelijkheid om flash stoom te verzamelen is op de condensleidingen zelf. Gedurende de levensduur van een installatie kunnen verschillende componenten extra ingeschakeld worden op dezelfde lijnen. Daardoor kan de condensretourleiding te krap worden voor de hoeveelheid te recupereren condens. In de meeste gevallen wordt deze condens op atmosferische druk gerecupereerd. Daardoor is het grootste gedeelte van de leiding gevuld met flash stoom. Bij verhoogde condensafvoer kan de druk in deze retourleidingen stijgen. Dit kan voor problemen zorgen stroomopwaarts en kan de werking van condenspotten en installaties belemmeren.

Men kan midden in de retourleiding de flash stoom afscheiden door een flash tank in te bouwen. De flash stoom wordt hierdoor afgetapt. Deze kan gebruikt worden ter plaatse bij voorverwarming of voor onderdelen onder de 100°C. Tezelfdertijd wordt de druk in de condensretourleiding terug genormaliseerd.

Bij aanpassingen in een bestaand netwerk, kan het interessant zijn om de mogelijkheid na te gaan om condensaat te recupereren op onderdruk. Hierdoor wordt er nog meer flash stoom gegenereerd. De temperatuur zakt dan ook onder de 100°C.

Bij gebruik van stoom bijvoorbeeld voor een verwarmingsbatterij onder de 100°C, is het mogelijk dat door de regeling de echte druk in de batterij onder de 1 atmosfeer daalt. Dit kan ervoor zorgen dat condensaat wordt aangezogen en de batterij vol condensaat komt te staan. Bij recuperatie van condensaat op onderdruk kan dit dus vermeden worden. De componenten die op deze lagere temperaturen werken, kunnen dan op een apart netwerk geschakeld worden. Wel moeten er extra pompen worden geplaatst om deze onderdruk te behouden en inlekkende lucht uit de leidingen te verwijderen.

Dit is niet altijd een optimale oplossing. Bij een nieuw netwerk is het beter om flash stoom af te tappen tot op de laagste druk die men nog kan gebruiken. Het overblijvende condensaat kan dan als heet water worden gevaloriseerd. Dit condensaat kan dan uiteindelijk op een grotere druk gerecupereerd worden dan 1 bara.

Een van de problemen bij gebruik van flash stoom op onderdruk is dat die een heel lage dichtheid heeft. Daardoor daalt ook de warmteoverdracht per m² contactoppervlak. De hoge warmteoverdracht is juist een reden om warmte te transporteren via stoom. Het gebruik van warm condensaat op hogere druk kan dan interessanter zijn.

Verbetering in energie-efficiëntie

De verbeteringen in energie-efficiëntie zijn hier mogelijk op twee vlakken:

- een mogelijk beter gebruik van verwarmingscomponenten die onder de 100 °C werken. In de praktijk kunnen deze immers onder water staan. Bij recuperatie op onderdruk wordt de capaciteit van deze componenten beter benut.
- een grotere energierecuperatie uit condensaatwarmte

De precieze verbeteringen hangen heel sterk af van de plaatselijke toepassing van deze techniek.

Hoofdstuk 5**PREMIES EN STEUNMAATREGELLEN****5.1. Inleiding**

Dit hoofdstuk geeft meer informatie over mogelijke steunmaatregelen waarop men kan rekenen voor het implementeren van energiebesparende maatregelen.

5.2. Aanbevelingen voor ecologiepremie**5.2.1. Inleiding**

Bedrijven die in Vlaanderen ecologische investeringen uitvoeren, kunnen hiervoor subsidies krijgen van de Vlaamse Overheid: de ecologiepremie. In deze paragraaf worden aanbevelingen gegeven om één of meerdere van de besproken milieuvriendelijke technologieën in aanmerking te laten komen voor deze investeringssteun.

a. Juridische basis

De ecologiepremie kadert binnen het Vlaams decreet betreffende het economisch ondersteuningsbeleid van 31 januari 2003. De bepalingen van dit decreet m.b.t. investeringssteun worden verder uitgewerkt via een Besluit van de Vlaamse regering. Op 16 mei 2007 heeft de Vlaamse regering de regelgeving voor de ecologiepremie grondig gewijzigd. De oude ecologiepremieregeling werd opgeheven en sinds 1 oktober 2007 is een nieuwe regeling volgens een zogenaamd call systeem van kracht.

b. Een nieuwe subsidie volgens een call-systeem

Call is het Engelse woord voor “oproep”. Een call-systeem betekent dus dat binnen een bepaalde periode een oproep tot projecten (subsidie-aanvragen voor technologieën die in aanmerking komen) wordt gedaan aan ondernemingen. Ondernemingen die een project (investering) wensen uit te voeren en hiervoor subsidie vragen, kunnen intekenen op de call. Aan het call-systeem is een gesloten enveloppe toegekend. Dit wil zeggen dat het budget per call vastligt.

Alle ingediende projecten worden per oproep gerangschikt volgens een bepaald scoresysteem en subsidie wordt toegekend aan de best gerangschikte projecten tot het volledig budget van de call opgebruikt is.

Projecten met de beste scores (performantiefactoren) krijgen in elk geval steun. Projecten met de laagste scores krijgen enkel steun indien de totaal aangevraagde subsidie lager is dan het voorziene budget.

c. Ecologiepremie en ecologie-investeringen

De ecologiepremie wordt toegekend aan ecologie-investeringen. Ecologie-investeringen zijn investeringen in nieuwe milieutechnologieën, energietechnologieën die leiden tot energiebesparing, evenals warmte-krachtkoppeling (WKK) en hernieuwbare energie (HE). De volledige info over de ecologiepremie is te vinden via volgende link:

- Ga naar volgende webpagina: <http://www.ondernemen.vlaanderen.be>

- Klik in het kader links op “financiering en steunmaatregelen”
- Klik op “steunmaatregelen”
- Klik op “Ecologiepremie”

d. *Limitatieve Technologieën Lijst (LTL) van ecologie-investeringen*

De investeringen die in aanmerking komen voor de ecologiepremie zijn opgenomen in een limitatieve technologieënlijst (LTL). Deze lijst is raadpleegbaar via bovenvermelde link.

Per technologie vermeldt de limitatieve technologieënlijst volgende gegevens:

- het nummer;
- de naam;
- de beschrijving;
- het technologietype;
- de performantiefactor;
- het meerkostpercentage;
- de essentiële componenten.

Elk van de hierboven vermelde gegevens wordt hieronder toegelicht:

- *het nummer van de technologie:*
Dit is de code in de webapplicatie. Technologieën worden in de webapplicatie gekozen door het ingeven van het betreffende nummer van de technologie;
- *de naam van de technologie:*
De naam is een eerste identificatie van de technologie;
- *de beschrijving van de technologie:*
De beschrijving geeft wat meer uitleg over de technologie, toepassingsmogelijkheden, beperkingen bij het aanvragen, ...;
- *het technologietype:*
Het technologietype geeft aan welk type technologie het is (milieutechnologie; energietechnologie met energiebesparing; warmtekrachtkoppeling of hernieuwbare energie);
- *de performantiefactor van de technologie:*
De performantiefactor geeft de score aan van de technologie. Projecten worden gerangschikt op basis van de performantiefactor van de technologie. Projecten met een hoge performantiefactor krijgen dus een hoge score en hebben meer kans om gunstig gerangschikt te worden. De performantiefactor wordt bepaald op basis van de mate waarin de technologie bijdraagt tot de milieudoelstellingen.
Technologieën met een belangrijke bijdrage tot de milieudoelstellingen of een belangrijk milieuvoordeel krijgen een hoge score;
- *het meerkostpercentage:*
De meerkost is een maat voor de extra kosten die een bedrijf heeft door te investeren in de milieuvriendelijke technologie. Deze meerkost is de extra investeringen, verminderd met de besparingen en bijkomende opbrengsten gedurende de eerste vijf jaar van de gebruiksduur. De meerkost wordt uitgedrukt als een percentage van de totale investeringskost (meerkostpercentage);

- *de essentiële componenten van een technologie:*
De essentiële componenten geven aan welke onderdelen precies voor steun in aanmerking komen. De aanvraag gebeurt door het opgeven van de kostprijs van de essentiële componenten, waarop de webapplicatie de steun berekent. Alle componenten zijn essentieel. Dit wil zeggen dat voor alle componenten een investeringsbedrag dient ingevuld te worden. Indien een essentiële component ontbreekt dan kan de technologie in principe niet aangevraagd worden.

e. Steunintensiteit

De steun wordt berekend op de meerkost en bedraagt 20% voor kleine en middelgrote ondernemingen en 10% voor grote ondernemingen.
De totale subsidie blijft beperkt tot 1,5 Mln euro per aanvraag.

5.2.2. Toetsing van de milieuvriendelijke technieken voor energiebesparing in stoomnetwerken aan de criteria voor ecologiepremie

Het BBT-kenniscentrum van VITO verleent ondersteuning aan het Vlaams Energieagentschap bij het opstellen van de limitatieve technologieënlijst. Conform de BBT-aanpak komt een technologie op de lijst als aan *alle* onderstaande voorwaarden is voldaan:

- de technologie heeft een duidelijk milieuvoordeel;
- dit milieuvoordeel is groter of minstens even groot als voor analoge technologieën;
- de technologie is het experimenteel stadium ontgroeid (toepassing in bedrijfstak op korte termijn is mogelijk) maar is (nog) geen standaardtechnologie in de bedrijfstak;
- de toepassing van de technologie is nog niet verplicht in Vlaanderen bv. om te voldoen aan VLAREM II;
- er gaat een betekenisvolle investeringskost mee gepaard;
- de investeringskost is groter dan die van een standaardinstallatie;
- de investering betaalt zich niet op korte termijn (binnen 5 jaar) terug door de gerealiseerde besparingen.

Als er Vlaamse normen van toepassing zijn dan wordt alleen subsidie toegekend indien met de technologie betere resultaten worden bereikt dan de Vlaamse norm.

Als er geen Vlaamse normen van toepassing zijn, hebben de technologieën op de lijst één van volgende doelstellingen:

- het overtreffen van de (bestaande) Europese normen;
- het bereiken van milieuvoordelen waarbij nog geen Europese normen zijn goedgekeurd.

In Tabel 10 worden de milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 getoetst aan bovenstaande criteria. Enkel de technieken met een significante investeringskost worden geëvalueerd. Een ✓ betekent dat aan betrokken criterium is voldaan. Een ✗ betekent dat aan betrokken criterium niet is voldaan. End-of-pipe technieken werden door het Ministerieel Besluit van 3 juni 2005 van de LTL geschrapt en zijn daarom niet opgenomen in Tabel 10.

Een technologie komt enkel in aanmerking voor de ecologiepremie indien aan alle criteria is voldaan. Zodra aan één van de criteria niet wordt voldaan, is de techniek niet noodzakelijk meer getoetst aan alle overblijvende criteria.

Tabel 10: Toetsing van milieuvriendelijke technieken aan criteria voor ecologiepremie

Technologie	Criteria						
	... heeft een duidelijk milieuvoordeel	... is bewezen maar nog geen standaardtechnologie	... is niet verplicht in Vlaanderen	... heeft een meerkost ten opzichte van de standaardtechnologie	... heeft een terugverdientijd < 5 j.	... voldoet aan de criteria voor ecologiepremie	... staat reeds op de LTL
Economiser voor voorverwarming van voedingswater	✓	✓	✓	✓	✗	✗	Nee ^a
Luchtvoorwarmer	✓		✓	✓	✓	✓	Ja
Warmterecuperatie uit de spuilverliezen	✓	✓	✓	✓	✗	✗	Nee
Hoge druk stoomketels en tegendrukturbines voor productie van elektriciteit of voor roterende installaties	✓	✓	✓		✓	✓	Ja ^b
Isolatie van stoomleidingen en condensaat-retourleidingen	✓	✗	✓	✗	✗	✗	Nee
Verwijderbare isolerende schalen op kranen en kleppen	✓	✓	✓	✓	✗	✗	Nee
Opvang van condensaat en hergebruik in het ketelhuis	✓	✗	✓	✗		✗	Nee
Hergebruik van flash stoom	✓	✓	✓	✓	✗ ^c	✗	Nee
Gebruik van flash stoom op de site zelf of door condensaatrecuperatie op onderdruk	✓	✓	✓	✓	✗ ^c	✗	Nee

- Een rookgascondensor, die in dezelfde Technische Fiche beschreven staat, voldoet wel aan alle criteria en staat op de LTL.
- Deze technologie staat op de LTL vermeld onder technologienummer 1194 "Warmte-kracht-koppelingsinstallatie (WKK-installatie) en trigeneratie."
- De terugverdientijd is sterk afhankelijk van de toepassing. Het is onmogelijk een algemene terugverdientijd te berekenen voor deze technologie. Daarom wordt niet aanbevolen deze technologie op te nemen in de LTL.

5.3. Verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen

Een bedrijf dat bij zijn oprichting of uitbreiding investeringen verricht, kan onder bepaalde voorwaarden genieten van een investeringsaftrek. Concreet betekent dit dat het bedrijf van de belastbare basis, een gedeelte van het bedrag van de investeringen uitgevoerd in de belastbare periode, kan aftrekken.

De maatregel is van toepassing voor handels-, nijverheids- en landbouwondernemingen alsook voor de vrije beroepen en andere winstgevendende activiteiten. Hij geldt niet voor ondernemingen die forfaitair worden getaxeed.

De investeringsaftrek kan slechts worden toegepast op een bedrijf waarvan de aandelen, die de meerderheid van de stemrechten vertegenwoordigen, voor meer dan de helft in handen zijn van een of meer natuurlijke personen.

De voorwaarde dat meer dan de helft van de aandelen in handen moet zijn van natuurlijke personen impliceert dat het bedrijf zelf een aantal natuurlijke personen moet identificeren die aandelen in handen hebben.

De investeringsaftrek wordt toegepast voor investeringen in materiële en niet-materiële activa die in nieuwe staat zijn aangeschaft of opgericht tijdens de belastbare periode, én die in België bestemd zijn voor de uitoefening van een beroepsactiviteit.

Wanneer het gebruik van het goed dat het voorwerp uitmaakt van de investering aan een derde wordt overgedragen (in geval van verhuring), wordt geen investeringsaftrek toegekend. De wet voorziet slechts één uitzondering: wanneer de gebruiker een natuurlijke persoon is die het gehuurde gebouw gebruikt voor beroepsdoeleinden in het kader van een zelfstandige activiteit. Het Hof van Cassatie heeft besloten dat de uitsluiting van de investeringsaftrek niet geldig is voor vaste activa die aan particulieren worden overgedragen met privé-doeleinden.

Er is geen investeringsaftrek mogelijk voor volgende investeringen:

- activa die niet uitsluitend worden aangewend voor de uitoefening van de beroepsactiviteit;
- investeringen die gefinancierd worden via tussenkomst van een coördinatiecentrum, met toekenning van de fictieve roerende voorheffing aan de geldschietter;
- gebouwen die zijn aangekocht met het oog op verkoop;
- niet afschrijfbaar activa, of activa die afschrijfbaar zijn in minder dan 3 jaar;
- bijhorende kosten wanneer zij niet worden afgeschreven tegelijkertijd met de immobilisaties waarop zij betrekking hebben;
- voertuigen en gemengde voertuigen.

Het afschrijfbaar bedrag bepaalt de berekeningsbasis voor de investeringsaftrek.

De aftrek voor energiebesparende investeringen

De wetgeving bepaalt dat de investeringen die recht geven op een fiscale aftrek betrekking moeten hebben op activa vermeld in de lijst van categorieën van bijlage II bij het Koninklijk besluit / CIR92 (koninklijk besluit tot uitvoering van 27/8/1993 van het Wetboek op de inkomstenbelastingen, versie 1992).

Voor investeringen die verricht zijn in de loop van de belastbare periode die overeenkomt met het aanslagjaar 2008, wordt 13,5% toegepast.

De activa moeten leiden tot een rationeler energiegebruik, een verbetering van industriële procédés op energiegebied, terugwinning van energie in de industrie,...

De investeringen moeten overeenstemmen met een van de volgende categorieën:

- beperking van energieverlies in bestaande gebouwen of in bestaande serres;
- beperking van energieverlies door isolatie van toestellen, leidingen, afsluiters en transportmantelbuizen die in gebruik zijn of het bedekken van warme of koude vloestofbaden die in gebruik zijn;
- beperking van energieverlies in bestaande ovens;
- beperking van energieverlies door ventilatie in bestaande gebouwen;
- terugwinnen van residuele warmte;

- gebruik van ontspanningsenergie die wordt vrijgegeven via bestaande productieprocedures of door de ontspanning van gecombineerde vloeistoffen voor het transport ervan;
- toestellen voor de gecombineerde productie van kracht en warmte;
- verbrandings-, verwarmings-, klimaatregelings- en verlichtingstoestellen;
- industriële productieprocedures;
- productie en gebruik van energie door chemische, thermo-chemische of biochemische conversie van biomassa en afval;
- energieproductie uit hernieuwbare energiebronnen;
- transport via spoorweg of scheepvaart.

De toekenning van de aftrek voor energiebesparende investeringen gebeurt enkel op voorlegging van een attest dat is uitgereikt door de Executieve van het Gewest waar de investering gerealiseerd is. De aanvraag moet worden ingediend door middel van een formulier dat kan bekomen worden op onderstaand adres voor het Vlaams Gewest:

Departement Economie, Werkgelegenheid, Binnenlandse Aangelegenheden en Landbouw
Administratie Economie
Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
North Plaza B, Koning Albert II-laan 7-9
1210 Brussel
Tel.: 02/ 553 46 00
Fax: 02/553 46 01
E-mail: ondergrond@vlaanderen.be en energie@vlaanderen.be
Websites: www.energiesparen.be en www.ondernemen.vlaanderen.be

BIBLIOGRAFIE

- CDM Executive Board, UNFCCC, Steam System efficiency improvements by replacing steam traps and returning condensate, Revision to approved baseline methodology AM0017, Baseline and Monitoring Methodologies, June 2005
- Distrigas N.V., Stoom en rechtstreekse aardgastoepassingen, Distrigas Gas Services, Linkebeek.
- D.E.B., De energiegids: Stoom: Algemene principes, Deeluitgave B-4, Brussel, november 1981
- D.E.B., De energiegids: Stoom: Stoomproductie, Deeluitgave B-6, Brussel, september 1982
- D.E.B., De energiegids: Stoom: Stoomdistributie, Deeluitgave B-8, Brussel, maart 1985
- Canadian Industry Program for Energy Conservation c/o Natural Resources Canada, Boilers and Heaters, Improving energy efficiency, Ottawa, 2004
- Industrial Technologies Program, U.S. Department of Energy, Improving Steam System Performance: A Sourcebook for industry, DOE/GO-102004-1868, October 2004
- Industrial Technologies Program, U.S. Department of Energy, A Best Practices Steam Technical Brief: How To Calculate The True Cost of Steam, DOE/GO-102003-1736, September 2003

LIJST DER AFKORTINGEN

AMINAL	Administratie voor Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
ANRE	Administratie voor Natuurlijke Rijkdommen en Energie
BAT	Best Available Techniques
BBT	Beste Beschikbare Technieken
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VMM	Vlaams Milieumaatschappij

BIJLAGEN

OVERZICHT VAN DE BIJLAGEN

Bijlage 1: Medewerkers BBT-studie	61
Bijlage 2: Beknopte stoomtabel	65

Bijlage 1**MEDEWERKERS BBT-STUDIE**

Deze studie werd gerealiseerd binnen het kader van de BREF Energy efficiency. Deze zal later ook vertaald worden naar een BBT-studie op Vlaams niveau.

De vertegenwoordigers in het begeleidingscomité voor de BREF worden hieronder vermeld.

Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken

Karl Vrancken
BBT-kenniscentrum
p/a Vito
Boeretang 200
2400 MOL
Tel. (014)33 58 68
Fax. (014)32 11 85
E-mail: bbt@vito.be

Contactpersonen federaties België

Mevrouw Kristin Aerts
Belgische Baksteenfederatie
Kartuizersstraat, 19 bus 19
1000 Brussel
Aerts@baksteen.be

De heer Marc Bailli
Cobelpa
Louizalaan 306
1050 BRUSSEL
m.bailli@cobelpa.be

Mevrouw Nadia Lapage
Fevia
Kunstlaan 43
1040 BRUSSEL
nl@fevia.be

De heer Bram Claeys
Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen
Tweekerkenstraat 47
1000 BRUSSEL
bram.claeys@bblv.be

Mevrouw An Van de Vel
Agoria Vlaanderen
Diamant gebouw
A. Reyerslaan 80
1030 BRUSSEL
an.vandevel@agoria.be

De heer Frank van Overmeire
Centexbel
Technologiepark 7
9052 ZWIJNAARDE
frank.vanovermeire@centexbel.be

De heer Guy Verkest
Distrigas Gas Services – Linkebeek
Nijverheidsstraat 10
1000 BRUSSEL
Guy.Verkest@distri.be

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de bedrijven in het begeleidingscomité voor deze studie.

Contactpersonen administraties/overheidsinstellingen

Mevrouw Myriam Rosier
VMM
A. Van De Maelestraat 96
9320 EREMBODEGEM
m.rosier@vmm.be

De heer Luk Umans
OVAM
Stationsstraat 110
2800 MECHELEN
luk.umans@ovam.be

De heer Hubert Van den Bergh
Verificatiebureau Benchmarking
Posthoflei 1, bus 5
2600 BERCHEM
Hubert.Van.den.Bergh@vbbv.be

De heer Tomas Wyns
AMINAL-cel lucht
Phoenixgebouw, 9e verdieping
Koning Albert II-laan 19
1000 BRUSSEL
tomas.wyns@lin.vlaanderen.be

De heer Paul Zeebroek
ANRE
Koning Albert-II-laan 7, 2e verd.
1210 BRUSSEL
paul.zeebroek@ewbl.vlaanderen.be

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de administraties en andere overheidsinstellingen in het begeleidingscomité voor deze studie.

Vertegenwoordigers uit de bedrijfswereld

De heer Lieven Stalmans
Borealis
Industrieweg 148
3583 BERINGEN
lieven.stalmans@borealisgroup.com

De heer Wim Wouters
Alken Maes
Waarloosveld 10
2550 KONTICH
wim.WOUTERS@alken-maes.com

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de bedrijven in het begeleidingscomité voor deze studie.

Experts

Stefaan De Ruyver,
Spirax-Sarco nv
Industriepark 5,
B-9052 ZWIJNAARDE
info@be.spiraxsarco.com

Paul Lamberts
Clayton nv
Rijksweg 30
2880 Bornem
paul.lamberts@clayton.be

Dino Schollaert
Rossen Ivanov
Patricia Provot
Armstrong International S.A.
Parc Industriel des Hauts-Sarts
2e avenue, 4
4040 Herstal
belgium.ds@armstrong.be

Lectoren

Johan Liekens
Johan Van Bael
VITO Energietechnologie
Boeretang 200
2400 Mol
Johan.liekens@vito.be
Johan.vanbael@vito.be

Het rapport werd aan bovenstaande personen voorgelegd ter kritisch nazicht.

Bijlage 2**BEKNOPTE STOOMTABEL**

Druk	Kook- temperatuur	Enthalpie			Soortelijk volume
		Voelbaar	Latent	Totaal	
[Bar a]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[m³/kg]
0,01	6,98	0,00	2501	2501	129
0,1	45,8	192	2392	2584	14,7
0,2	60,1	251	2358	2609	7,65
0,4	75,9	318	2318	2636	3,99
0,6	86,0	360	2293	2653	2,73
0,8	93,5	392	2273	2665	2,09
1,0	99,6	418	2257	2675	1,69
1,5	111,4	467	2226	2693	1,16
2,0	120,2	505	2202	2706	0,885
3,0	133,5	561	2163	2725	0,606
4,0	143,6	605	2133	2738	0,462
5,0	151,8	640	2107	2746	0,375
6,0	158,8	670	2086	2756	0,316
7,0	165,0	697	2065	2762	0,272
8,0	170,4	721	2047	2768	0,24
9,0	175,4	743	2030	2772	0,215
10,0	179,9	763	2015	2777	0,1943
12,0	188,0	798	1984	2783	0,1632
14,0	195,0	830	1958	2788	0,1407
16,0	201,4	859	1933	2792	0,1237
18,0	207,1	885	1910	2795	0,1103
20,0	212,4	908	1890	2798	0,0995
25,0	223,9	962	1839	2801	0,0799
30,0	233,8	1008	1794	2802	0,0666
40,0	250,3	1087	1713	2801	0,0498
60,0	264,0	1214	1571	2785	0,0324
80,0	295,0	1317	1441	2759	0,0235
100,0	311,0	1408	1317	2725	0,018
150,0	342,1	1610	1000	2611	0,0103
200,0	365,7	1827	585	2412	0,00588
221,2	374,15	2084	0	2084	0,00317