

# Test en Validatie van HeatMatrix technologie voor de (grof) keramische industrie

*((straat)baksteen, keramische dakpan en tegelproductie)*

*TEEI216113*

*25 juli 2016 – 30 september 2017*

penvoerder: HeatMatrix Group BV  
medeaanvragers: Rodruza BV, Steenfabriek Engels Oeffelt BV

<b>Note</b>	<b>Revision</b>	<b>Date</b>	<b>Author</b>	<b>Approved</b>
HMG-100-2017	0	5-12-2017	Robert Sakko	Frank Tielens

## Samenvatting

In de grofkeramische industrie worden bakstenen, dakpannen en straatbakstenen geproduceerd voor de bouw van onder andere huizen en bestratingen. In de nederlandse fijnkeramische industrie worden o.a. wand- en vloertegels gemaakt. Na het drogen van de producten in de droogkamers of tunneldrogers worden de producten gebakken in de ovens. De ovens zijn in principe twee tegenstroom warmte wisselaars. In de koelzone worden de producten afgekoeld met omgevingslucht. Door het afkoelen van de producten komt in de koelzone warmte beschikbaar voor het droogproces. In de opwarmzone worden de koude ongebakken producten opgewarmd door de rookgassen. Deze rookgassen verlaten het proces met 100 tot 200 °C. Gezien het corrosieve en vervuilend karakter van de rookgassen is het tot op de dag van vandaag beperkt mogelijk om de restwarmte hieruit terug te winnen.

Tijdens dit onderzoek is de inzet van een polymeren HeatMatrix warmte wisselaar in rookgassen van baksteenfabrieken onderzocht. Er is daartoe een kleinschalige testopstelling geplaatst bij 2 baksteenfabrieken; Rodruza in Rossum en Engels Baksteen in Oeffelt. Het doel van het project was om de inzetbaarheid van HeatMatrix technologie te testen en te valideren in baksteenfabrieken. Het project kan een doorbraak creëren op gebied van energie-efficiency binnen de (grof) keramische industrie.

Gedurende het onderzoek is specifiek gekeken naar onderstaande technische knelpunten:

- 1) Thermische en hydraulische performance van de wisselaar
- 2) Corrosiebestendigheid wisselaar en bestaande systeem
- 3) Vervuilingssnelheid
- 4) Reinigbaarheid, reinigingsfrequentie, waswater consumptie
- 5) Condensaat productie

De conclusie van de tests bij zowel Rodruza als Engels Baksteen is dat de HeatMatrix technologie succesvol kan worden ingezet voor het terugwinnen van restwarmte uit de complexe rookgasstromen die aanwezig zijn bij de productie van bakstenen. Corrosie treedt niet op en vervuiling is goed te beheersen met een adequaat reinigingsinterval door met water te sproeien. Integratie van warmteterugwinning binnen een baksteenfabriek lijkt mogelijk te zijn met een generieke aanpak voor de verschillende capaciteiten van de benodigde installaties.

Het Technisch Centrum voor de Keramische Industrie (TCKI) was als onafhankelijk instituut nauw betrokken bij de uitvoering van het onderzoek en heeft alle metingen verzorgt.

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

## 1. Inleiding

In de grofkeramische industrie worden bakstenen, dakpannen en straatbakstenen geproduceerd voor de bouw van onder andere huizen en bestratingen. In de nederlandse fijnkeramische industrie worden o.a. wand- en vloertegels gemaakt. Na het drogen van de producten in de droogkamers of tunneldrogers worden de producten gebakken in de ovens. De ovens zijn in principe twee tegenstroom warmte wisselaars. In de koelzone worden de producten afgekoeld met omgevingslucht. Door het afkoelen van de producten komt in de koelzone warmte beschikbaar voor het droogproces. In de opwarmzone worden de koude ongebakken producten opgewarmd door de rookgassen.

De klei waarmee de bakstenen geproduceerd wordt, bevat sporen zwavel, chloor en fluoride dat vrijkomt tijdens het bakproces. Wanneer de rookgassen uit de bakoven afgekoeld worden condenseren deze componenten en vormen een zeer corrosief mengsel.

Gezien het corrosieve en vervuilend karakter van de rookgassen die vrijkomen bij de productie van bakstenen is het tot op de dag van vandaag beperkt mogelijk geleden om de restwarmte hieruit terug te winnen. Deze rookgassen worden daarom op hoge temperatuur afgeblazen via de schoorsteen. Typische rookgastemperatuur van een baksteenoven is rond de 100 – 200°C. Veel energie gaat hiermee verloren.

Tijdens dit onderzoek is de inzet van een polymeren HeatMatrix warmte wisselaar in corrosieve en vervuilende rookgassen van baksteenfabrieken onderzocht. Er is daartoe een kleinschalige testopstelling geplaatst bij 2 baksteenfabrieken; Rodruza in Rossum en Engels Baksteen in Oeffelt. Er is onderzocht onder welke condities en op welke wijze er restwarmte teruggewonnen kan worden van het corrosieve rookgas. Er is daarbij gekeken naar materiaaleigenschappen van de HeatMatrix warmtewisselaar in relatie tot de optredende procescondities. De ontwikkelde oplossing vormt de basis voor het ontwerp van een grootschalige installatie in een baksteenfabriek. De energie die uit de rookgassen wordt teruggewonnen kan in de toekomst worden ingezet in het droogproces of voorwarmer. De inzet van deze energie is afhankelijk van de energie- en massabalans binnen het bedrijf. Het aardgasverbruik in o.a. het droogproces zal daardoor dalen evenals de CO<sub>2</sub> emissie. Tijdens de testfase is de verwarmde lucht naar buiten afgelaten.

De HeatMatrix technologie maakt het voor de baksteen industrie mogelijk om restwarmte terug te winnen uit rookgassen waar dat tot nog toe beperkt mogelijk was. In het verleden zijn al pogingen ondernomen met conventionele warmtewisselaars. Deze zijn echter niet succesvol gebleken vanwege vervuiling en materiaalaantasting. Voor de grofkeramische industrie is hergebruik van restwarmte uit de schoorsteen een interessante maatregel, om energie te besparen.

Dit rapport doet verslag van de bevindingen tijdens de demonstratieprojecten bij Rodruza BV en Engels Baksteen BV.

## **2. Doelstelling**

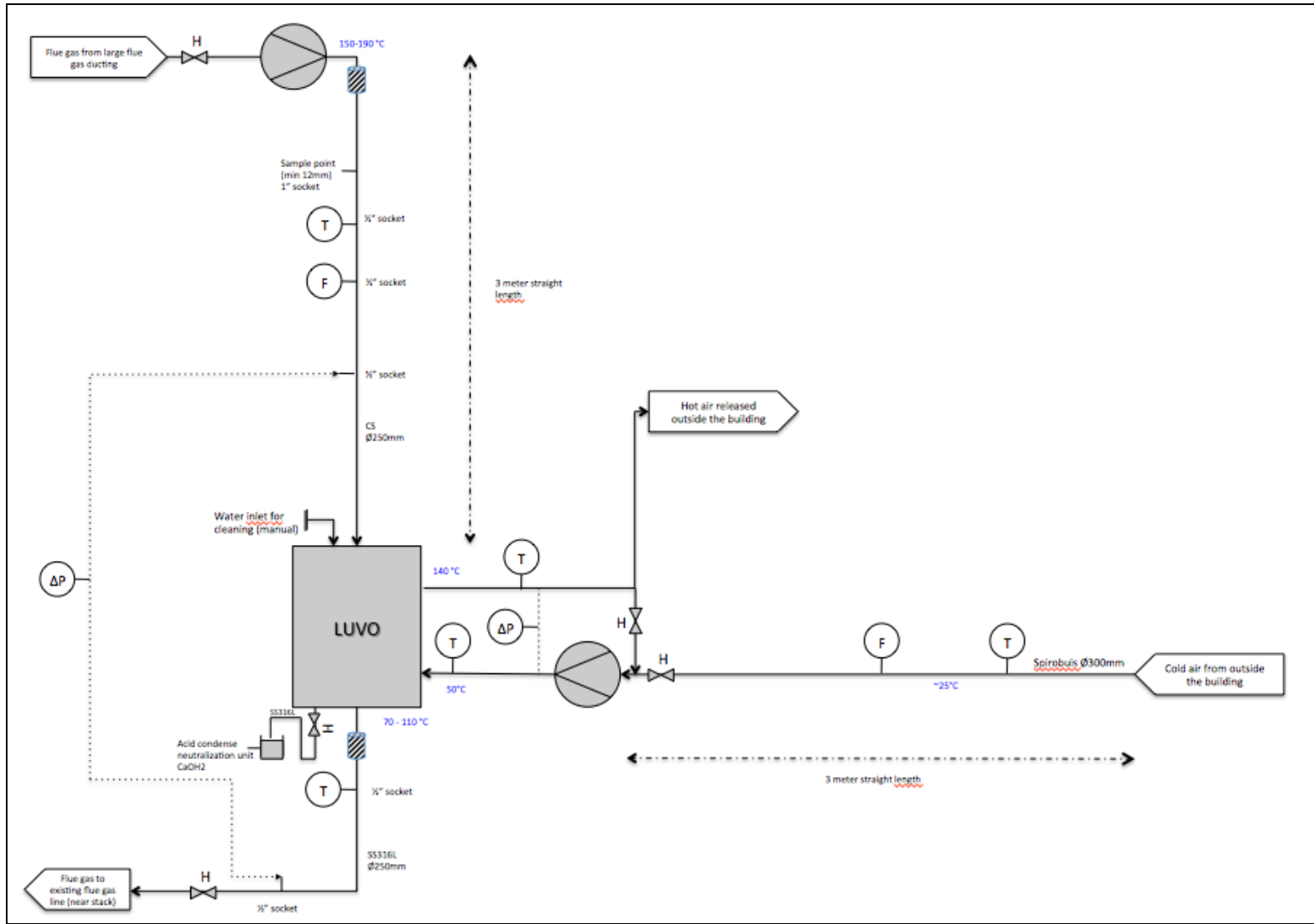
Het doel van het beoogde project is om de inzetbaarheid van HeatMatrix technologie te testen en te valideren voor gebruik binnen het productieproces van 2 baksteen producenten in Nederland. Dit is gedaan door op beide locaties een kleinschalige test installatie te plaatsen. De kennis en ervaring die met deze tests is opgedaan kan zinvol worden ingezet bij Rodruza, Engels Baksteen en mogelijk vele andere baksteenfabrieken in Nederland en daarbuiten.

De uitkomsten uit het validatieproject laten goede technische resultaten zien van de HeatMatrix technologie. De inzet van de vrijkomende energie uit de rookgassen dient per bedrijf onderzocht te worden op de praktijksituatie.

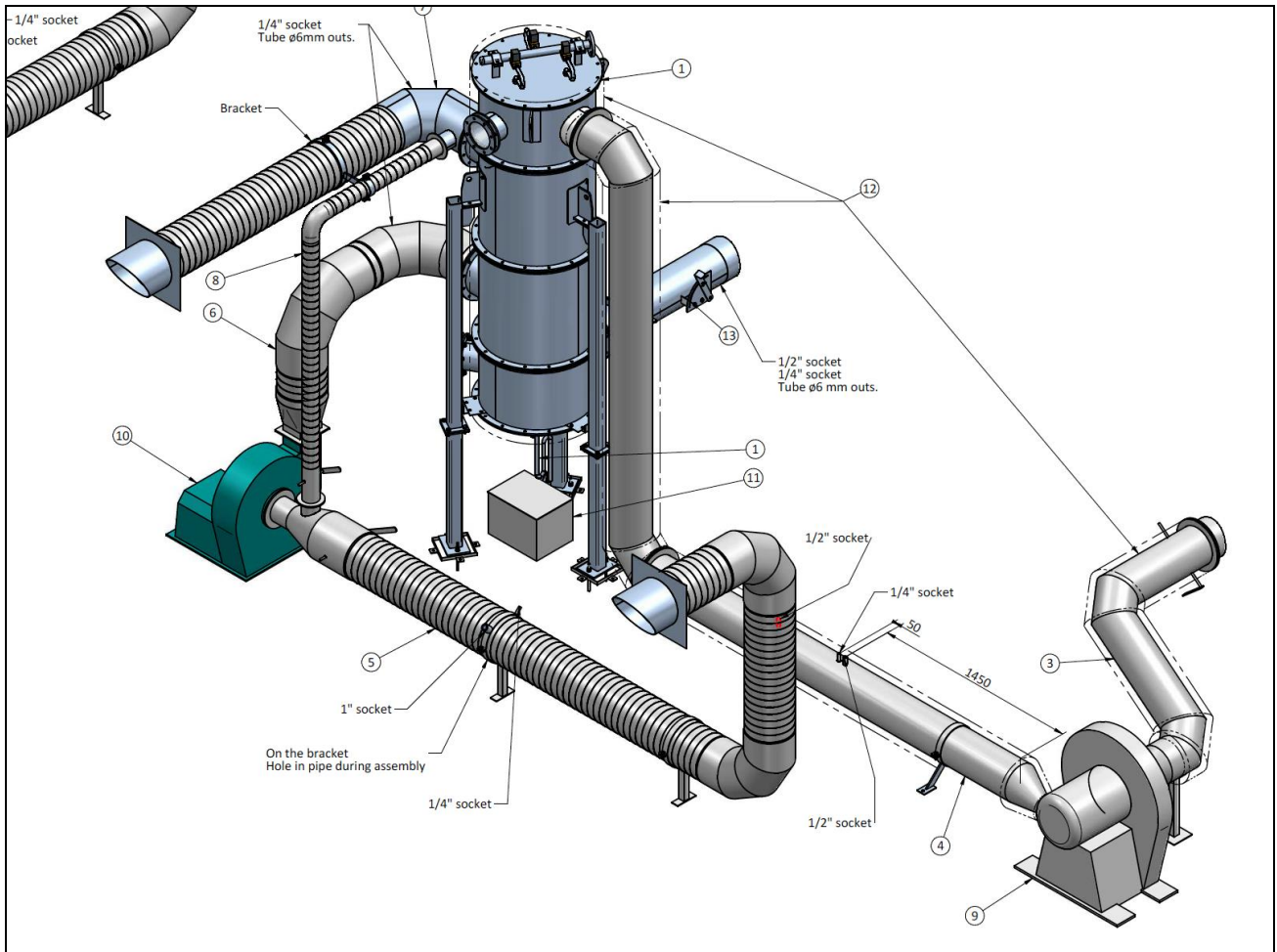
TCKI was als onafhankelijk instituut nauw betrokken bij de uitvoering van het onderzoek.

### **3. Werkwijze**

HeatMatrix heeft een testinstallatie ontworpen en gebouwd voor het terugwinnen van restwarmte uit de schoorsteen. De installatie staat parallel aan de hoofdinstallatie en kan het bestaande proces op geen enkele wijze beïnvloeden. Een rookgashoeveelheid van 700 - 900 kg/hr gaat door de testopstelling. Dit is ca. 20-25x minder dan in de definitieve situatie. Met een aparte rookgasventilator wordt het rookgas aangezogen uit het hoofdkanaal en door de HeatMatrix warmtewisselaar geleid. Na koeling van het rookgas wordt het weer bijgemengd in het hoofdrookgaskanaal. Met een aparte ventilator wordt buitenlucht aangezogen en door de wisselaar geleid. De verwarmde lucht wordt naar buiten afgelaten. In de toekomstige situatie zal de warme lucht naar de droger of voorwarmer geleid worden. In onderstaande figuren is een processchema, lay-out en foto van de installatie weergegeven.



Figuur 3.1: Processchema



Figuur 3.2: Lay-out



Foto 3.1: Testopstelling bij Rodruza.

Door TCKI zijn van alle in- en uitgaande stromen de temperature gemeten, de drukval over de lucht- en rookgaszijde en het lucht- en rookgasdebiet. Deze gegevens zijn continu gemeten gedurende de tests.

Bij Rodruza is er getest in de periode van augustus 2016 tot en met december 2016. Bij Engels Baksteen is er getest in de periode van mei 2017 tot en met oktober 2017

Tijdens het onderzoek is de installatie zowel bij Rodruza als Engels Baksteen onder verschillende condities getest. In het geval van Rodruza is rookgas rechtstreeks uit de oven onttrokken. Na het uitvoeren van de testen is bij Rodruza een rookgasreiniger geplaatst. In het geval van Engels Baksteen is gereinigd rookgas (fluor verwijderd) naar de test opstelling geleid. Gedurende het onderzoek is specifiek gekeken naar onderstaande punten:

- 1) Thermische en hydraulische performance van de wisselaar
- 2) Corrosiebestendigheid wisselaar en bestaande systeem
- 3) Vervuilingssnelheid
- 4) Reinigbaarheid, reinigingsfrequentie, waswater consumptie
- 5) Condensaat productie

Afvalwater productie door condensatie en reiniging zijn cruciaal aangezien baksteenfabrieken over het algemeen de beschikking hebben over een afvalwaterzuivering die echter niet geschikt zijn om rookgascomponenten te zuiveren. Minimalisatie van rookgas spoelafvalwater is daarmee kritisch.

De rol van de verschillende partijen staat hieronder beschreven: Bakstenen fabrieken Rodruza en Engels faciliteren de duurttest en leveren ondersteuning aan het project door mankracht ter plaatse. TCKI heeft de temperaturen, debieten en drukval rondom de testopstelling gemeten.

## **4. Resultaten**

### *4.1 Project resultaat*

Zoals omschreven in het vorige hoofdstuk zijn er verschillende aspecten onderzocht van de HeatMatrix technologie ingezet in baksteenfabrieken. Hieronder wordt voor elk onderzocht aspect de resultaten weergegeven.

#### 1) Thermische en hydraulische performance

Tijdens het onderzoek is gekeken naar de efficiency van HeatMatrix warmtewisselaar. Er is daarbij gekeken naar de hoeveelheid energie die wordt teruggewonnen en de drukval en daarmee ventilator energie die daarvoor benodigd is. In onderstaande tabel staat voor twee momenten de berekende en de gemeten thermische en hydraulische performance weergegeven. Dit is in de situatie dat de wisselaar schoon is. De berekende en gemeten waarden voor zowel de temperaturen als de drukvallen komen goed overeen. De berekende waarden zijn aan de conservatieve kant. De teruggewonnen energiestroom van de testopstelling bedraagt 20 tot 25 kW. Dit komt overeen met het jaarlijkse energieverbruik van ca. 12 huishoudens. De totale benodigde elektrische energie voor de rookgas- en luchtventilator bedraagt 0,9 kW. Het elektrische energieverbruik van de ventilatoren bedraagt daarmee <5% van de hoeveelheid thermische energie die wordt teruggewonnen in het geval van de



pilotopstelling.

	Measured 23/8	Calc 23/8	Measured 18/10	Calc 18/10
Flue gas flow [kg/hr]	980	980	900	900
Air flow [kg/hr]	1420	1420	900	900
DP flue gas [Pa]	600	620	550	530
DP air [Pa]	1800	2040	730	920
T_FG in [°C]	176	176	164	164
T_FG out [°C]	90	96,5	93	97
T_air in [°C]	44	44	36	36
T_air out [°C]	106	104	112	109
Duty FG side [kW]	25,8	23,8	19,5	18,4

Tabel 4.1: Metingen in augustus en oktober 2016 bij Rodruza (de metingen zijn uitgevoerd aan de rookgas in/uitlaat en luchtin/uitlaat van de wisselaar, zie fig 3.1)

## 2) Corrosiebestandheid wisselaar en bestaande systeem

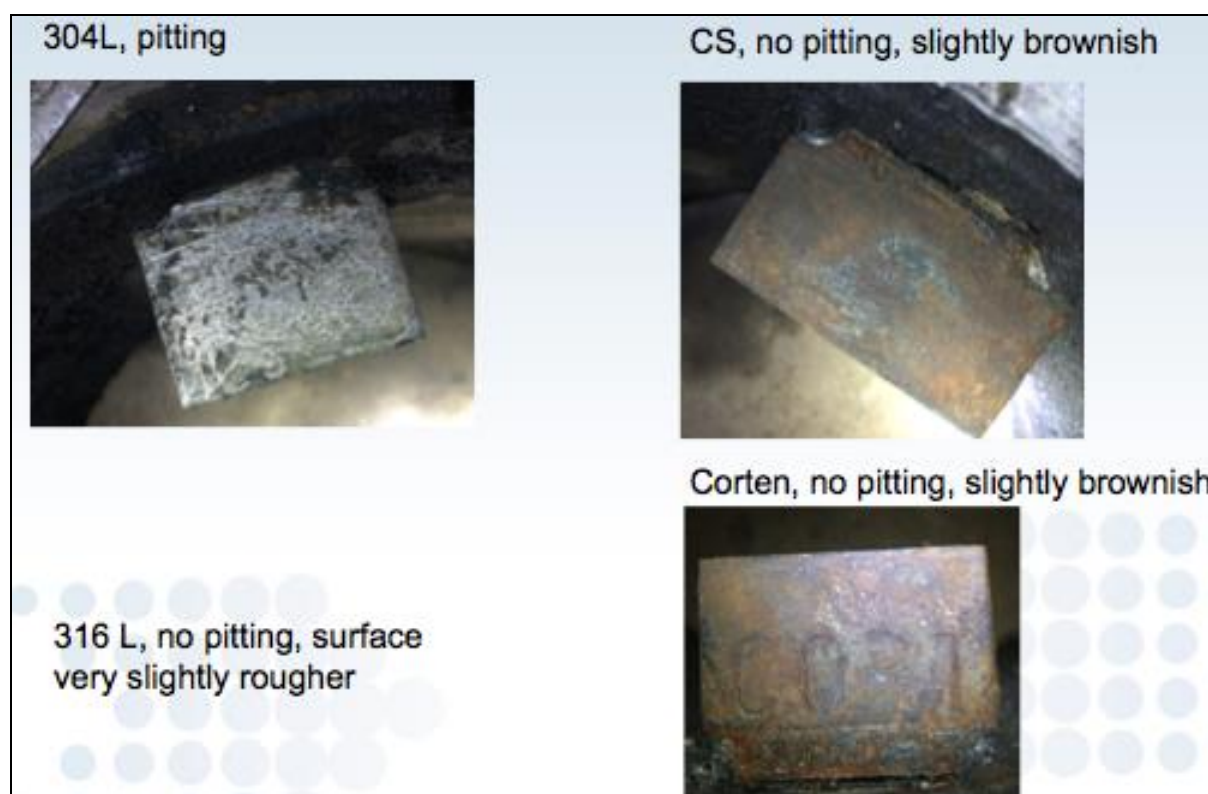
Aan de warmtewisselaar zelf zijn geen aantastingsproblemen geconstateerd. Het HeatMatrix systeem was nog niet eerder ingezet in een rookgas dat naast zwavel ook chloride en fluoride bevat. De geselecteerde materialen en het ontwerp van de wisselaar hebben goed gefunctioneerd tijdens de test.

Om vast te stellen of het gekoelde rookgas corrosieproblemen geeft stroomafwaards van de HeatMatrix warmtewisselaar zijn corrosietests uitgevoerd. Direct in de uittrede van de warmtewisselaar zijn volgende materialen blootgesteld aan het gekoelde rookgas:

- ✓ Koolstofstaal
- ✓ Corten staal
- ✓ Roestvaststaal 304L
- ✓ Roestvaststaal 316L

De meeste kanalen en schoorstenen in steenfabrieken zijn uitgevoerd in standaard koolstofstaal of Corten. Uit de corrosietests bij Rodruza is gebleken dat alleen roestvaststaal 304L lichte pitting vertoont. Koolstofstaal en Cortenstaal zijn alleen verkleurd maar vertonen geen pitting. Roestvaststaal 316L laat een iets veranderde oppervlakte structuur zien maar geen pitting of scheurvorming. De corrosietest zijn bij de steenfabriek van Rodruza uitgevoerd waarbij het rookgas nog niet gereinigd is. Dit zijn de meest conservatieve omstandigheden. Op basis van deze test kan geconcludeerd worden dat er geen risico bestaat op snelle aantasting van het bestaande kanaalwerk en schoorsteen na de HeatMatrix warmtewisselaar bij de gegeven rookgassamenstelling en ingestelde rookgastemperatuur na de warmtewisselaar

Bij de tests bij Engels Baksteen zijn de corrosietests herhaald. Toen is er wel enige aantasting van het Corten en koolstofstaal geconstateerd. Het rookgas bij Engels baksteen is eerst gereinigd waardoor zowel fluorides als zwavelzuurgehalte lager is dan in het geval van Rodruza. De aantasting lijkt dan ook veroorzaakt door de aanwezigheid van water tijdens het wassen in combinatie met de chlorides die in het roogas aanwezig zijn. Voor de grote schaal toepassing wordt geadviseerd om niet tijdens bedrijf te reinigen maar het rookgas kortstondig om de wisselaar heen te leiden. Alternatief is dat het eerst deel (ca 1 – 2m) van het kanaalwerk na de wisselaar wordt uitgevoerd in roestvrijstaal 316L en wasvloeistof op afschot terug te laten lopen in de wisselaar.



*Figuur 4.1: Foto's van verschillende toegepaste materialen Corrosiecoupons in gekoelde rookgas bij Rodruza na blootstellingsduur van 110 dagen.*

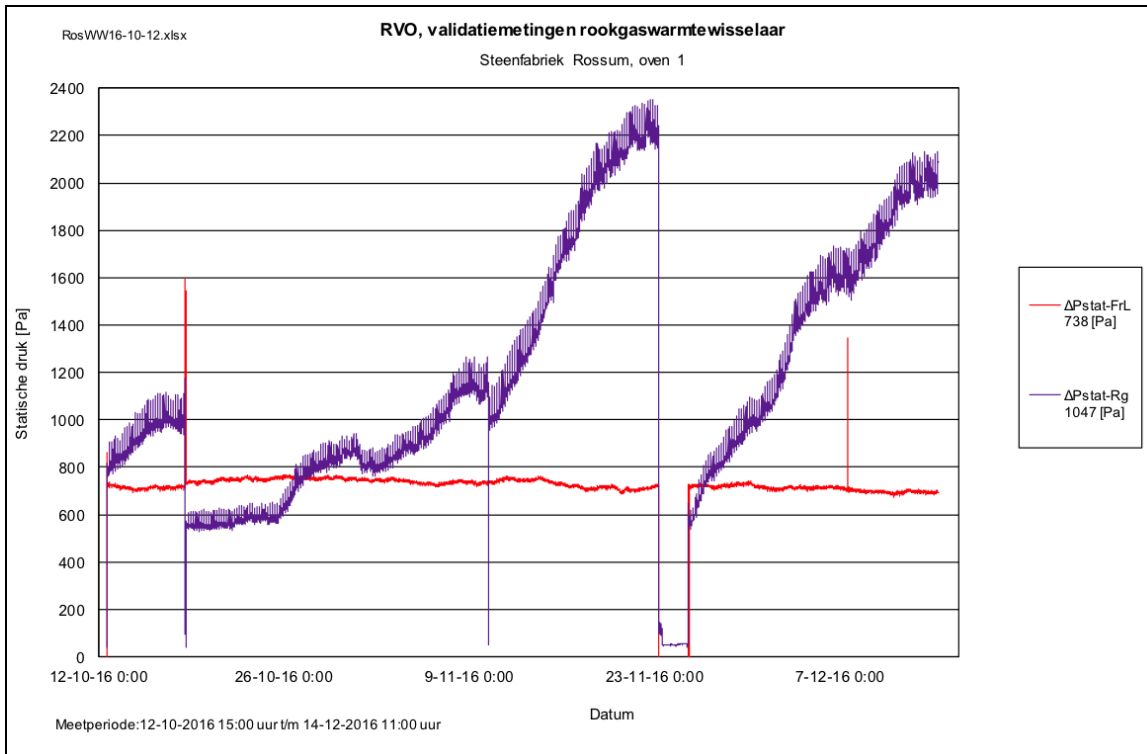
### 3) Vervuilingssnelheid

Zowel bij Rodruza als Engels Baksteen is vervuiling geconstateerd aan de rookgaszijde van de warmtewisselaar. De luchtzijde is en blijft schoon. Dit blijkt uit het feit dat de drukval onveranderd blijft alsook uit een visuele inspectie. De vervuiling aan de rookgaszijde blijkt in eerste instantie uit toename van de drukval. Visuele inspectie bevestigt de vervuiling. De onderstaande figuur toont in paars de toename van de drukval aan de rookgaszijde. De getoonde curves zijn ten tijde van de test bij Rodruza. Op dat moment werd er nog geen reiniging uitgevoerd tijdens operatie. Voor het reinigen is in dit geval op 23 november 2016 de installatie gestopt en handmatig gereinigd. Na het reinigen is de drukval weer terug naar ca. 600 Pa, zie figuur 4.2

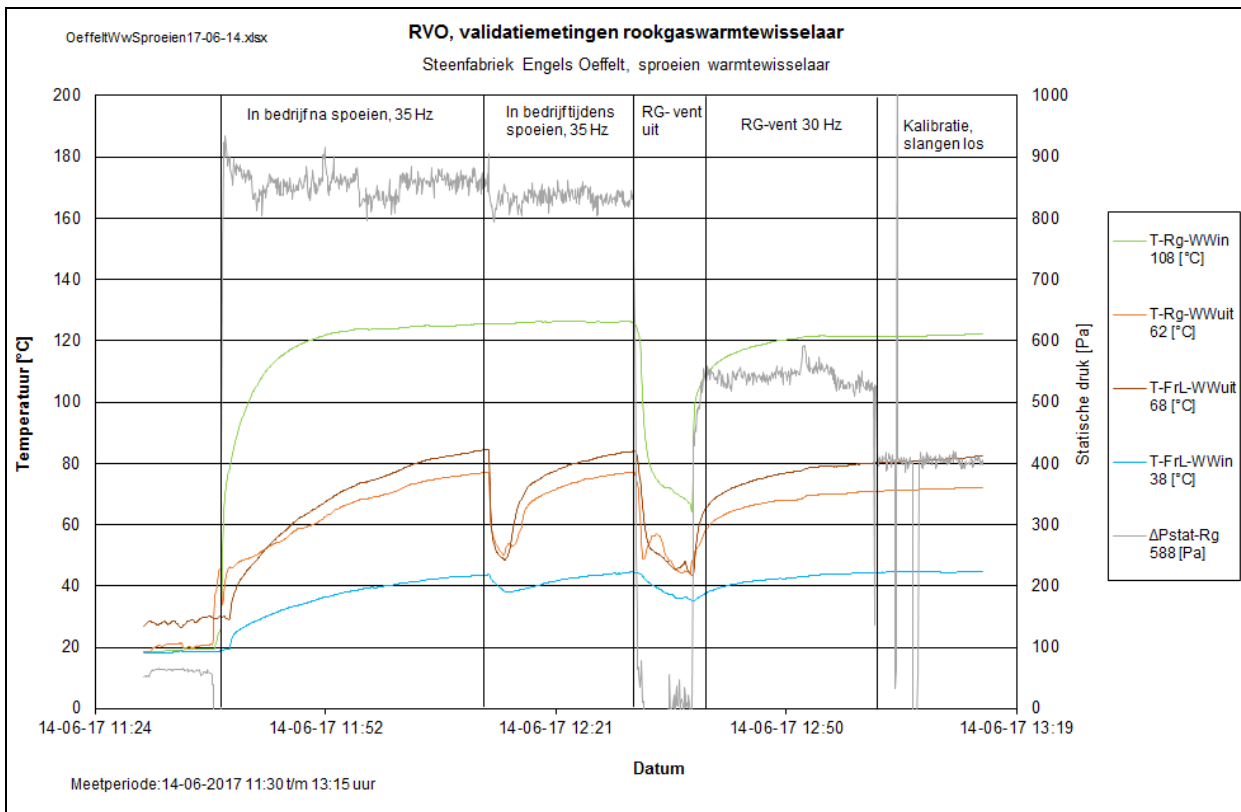
De vervuiling bij Engels als Rodruza is zwart. Waarschijnlijk ten gevolge van de regelmatig optredende reducerende omstandigheden in de steenovens die roetvorming kunnen veroorzaken. Tevens is stof en/of zout aanwezig afkomstig uit de oven zelf en afkomstig van de rookgasreiniging in geval van Engels Baksteen.

Tijdens de test bij Engels is er gedurende operatie gereinigd. De rookgas- en luchtstroom zijn niet gestopt. Tijdens bedrijf wordt er gedurende enkele minuten water gesproeid via de spray nozzle boven de bundel. Met deze in-line reiniging kan excessieve toename van vervuiling en daarmee drukval voorkomen worden. In de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op de reinigingsmethodiek, frequentie en waswater verbruik.

Figuur 4.3 toont de in-line reiniging op 14 juni 2017 bij Engels Baksteen. Tijdens het reinigen daalt de rookgasuitlaat temperatuur en de luchtuitlaat temperatuur. Binnen enkele minuten stijgen deze terug tot de waardes voor het reinigen. De drukval is door het reinigen gedaald van ca. 850 Pa naar 400 Pa (de kalibratieslangen van de drukvalmetingen zijn gereinigd voordat de waarde werd gemeten). Visueel is na het in-line reinigen vastgesteld dat de bundel rookgaszijdig weer schoon was. Tijdens het reinigen is het effect op de drukval korststondig zeer beperkt. Met andere woorden het spoelwater vormt in de tijd geen blokkade voor het rookgas.



Figuur 4.2: Vervuilingcurves aan rookgaszijde tijdens Rodruza test (zonder in-line reinigen)



Figuur 4.3: In-line reinigen op 14 juni 2017 tijdens test bij Engels Baksteen

#### 4) Reinigbaarheid, reinigingsfrequentie, waswater consumptie

Zowel tijdens de test bij Rodruza alsook tijdens de test bij Engels Baksteen is vastgesteld dat de optredende vervuiling eenvoudig te reinigen is met koud water. Bij Rodruza zijn er drie emmers water (ca. 25 liter) over de bundel gegoten om de bundel te reinigen. Tijdens het in-line reinigen bij de test met Engels is er eveneens ca. 25 liter waswater opgevangen per reinigingscyclus. De onderstaande foto's tonen de vervuiling aan boven- en onderzijde bundel voorafgaand, tijdens en na reinigen.



Foto 4.2: Vervuiling bovenzijde bundel.

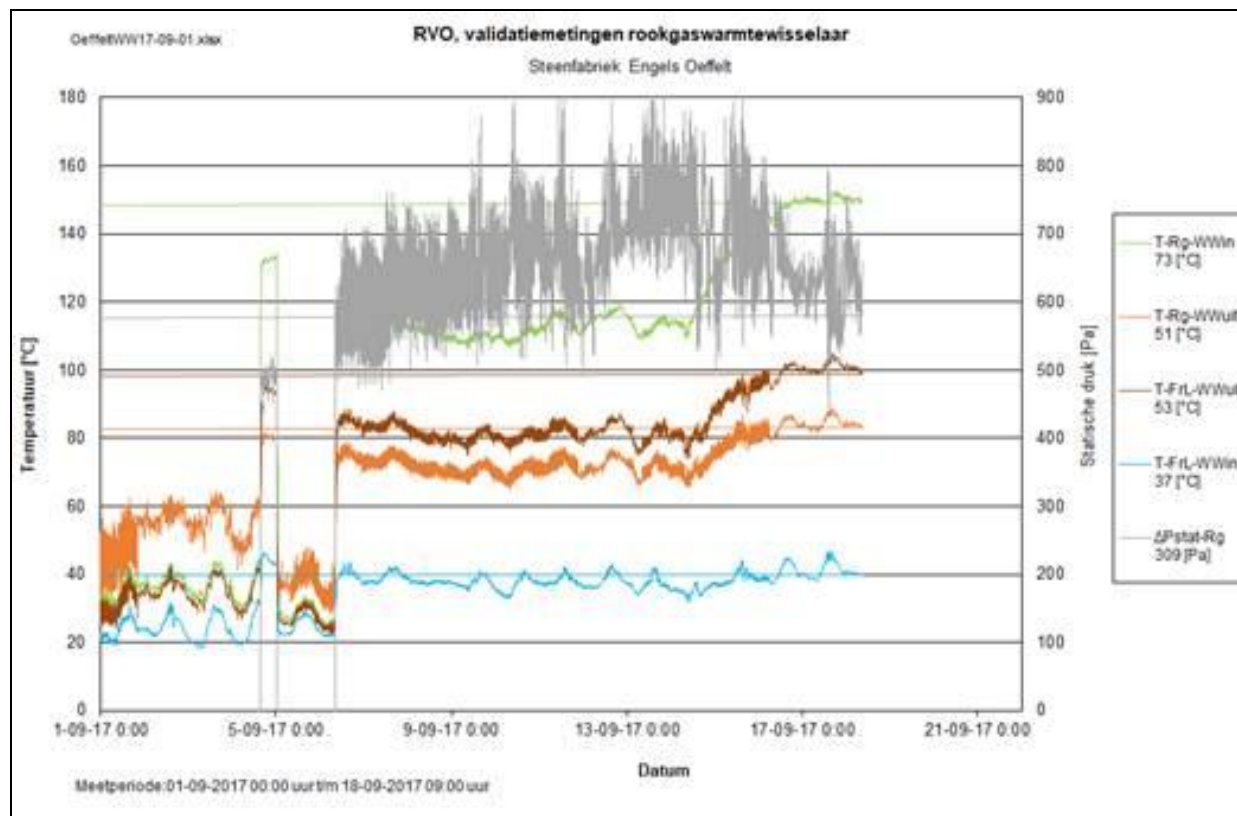


Foto 4.3: Vervuiling onderzijde bundel.

Tijdens de tests bij Engels is geconstateerd dat in een periode van ca. 2 weken de drukval toeneemt van ca. 400 Pa (24/8/2017) naar 650 Pa (18/9/2017). De grijze lijn in onderstaande figuur toont de drukvaltoename aan rookgaszijde (van 1/9 tot ca. 8/9 stond de opstelling niet in bedrijf). Door 2x1 minuut te spoelen kan de wisselaar weer schoongespoeld worden. De capaciteit van de sproein nozzle is een functie van de voordruk, capaciteit wordt ingeschat op ca. 10 l/min.

Voor toekomstige warmtewisselaarontwerpen kan daarom aangehouden worden dat er ca. iedere 2 weken gedurende 2 minuten gespoeld moet worden bij vergelijkbare

omstandigheden. Dit levert een afvalwater productie op van 20-25 l/wasbeurt/kunststof bundel. Er is geen detergent, zuur of alkalisch middel nodig om de vervuiling af te spoelen. Het kunststof oppervlak zorgt er voor dat er geen hechting is van vuil. Het vuile waswater dient in de definitieve opstelling opgevangen en afgevoerd te worden.



Figuur 4.4: Meetdata test bij Rodruza

#### 4) Condensaat productie

Condensaatvorming tijdens normaal bedrijf door het condenseren van rookgassen dient voorkomen te worden om de hoeveelheid afvalwater te minimaliseren. Gedurende de test bij zowel Rodruza als Engels Baksteen is er geen condensaatvorming opgetreden bij een luchtinlaat temperatuur van ca. 40°C. Een deel van de voorverwarmde lucht werd teruggevoerd teneinde de luchtinlaattemperatuur iets te verhogen ten opzichte van ambient condities.

Tijdens de test bij Rodruza is er onderzocht bij welke temperatuur er wel condensatie zal optreden. Er is gebleken dat dit pas optreedt bij een wandtemperatuur van 38°C. De wandtemperatuur is het gemiddelde van de luchtinlaattemperatuur en de gekoelde rookgasuitlaattemperatuur. De geconstateerde condensatietemperatuur komt overeen met het verwachte waterdauwpunt van het rookgas. Zie tabel 4.1 voor overzicht

In de definitieve installatie is een eenvoudige temperatuurregeling en mogelijk controle van het drukverschil over de warmtewisselaar voldoende om condensaatvorming te voorkomen. Het gemiddelde van de rookgasuitlaattemperatuur en de luchtinlaat temperatuur dient minimaal 5°C boven het waterdauwpunt te liggen.

Tabel 4.2: Testen t.b.v het (zuur)dauwpunt

Measurement	Flows				Temperatures				Condensate	remarks
	Air ΔP [mbar]	Air flow estimated [kg/h]	Flue gas ΔP [mbar]	Flue gas flow estimated [kg/h]	Air Tin [°C]	Flue gas Tin [°C]	Flue gas Tout [°C]	Average wall temperature[°C]		
1	13	1200	3,7	930	30	167	70	<b>50</b>	no	
2	13	1200	3	850	30	167	66	<b>48</b>	no	
3	13	1200	2,4	780	29	165,6	62,3	<b>45,7</b>	no	
4	13	1200	1,8	730	27	163	58	<b>42,5</b>	no	
5	13	1200	1,5	690	26	160	56	<b>41</b>	no	
6	13	1200	1,3	650	25	167	56	<b>40,5</b>	no	possibly condensate. Hard to see through glass opened sight glass to confirm condensate
7	13	1200	1,4	650	26	150	50	<b>38</b>	yes	

#### *4.2 Mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten*

De opgedane kennis in de steenfabrieken kan ingezet worden voor andere industriële segmenten die ook te maken hebben met vervuilende rookgas- of luchtstromen. Dit al onder andere plaatsvinden in industrietakken die te maken hebben met droogprocessen. Het te drogen materiaal is over het algemeen in de vorm van stof of poeder en zal voor een klein deel meegesleurd worden met de vochtige drooglucht. De omstandigheden zijn vergelijkbaar met hetgeen plaatsvindt in de baksteenfabrieken.

Als vervolgactiviteit zal actief in dit marktsegment verder onderzocht worden in hoeverre vervuiling en corrosie door het aanwezige vocht een belemmering is voor warmteterugwinning.



## 5. Discussie

### 1) Thermische en hydraulische performance van de wisselaar

Uit de tests is gebleken dat de thermische en hydraulische prestaties van de HeatMatrix wisselaar overeenkomen met de theoretische waarden. Minder dan 5% van de thermische energiebesparing is noodzakelijk voor de elektrische energie voor de ventilatoren.

Zelfs onder vervuilde condities blijft de thermische performance van de wisselaar op peil. Dit komt ten gevolge van de toename van de gassnelheden waardoor de warmteoverdrachtscoëfficiënt toeneemt. De drukval neemt natuurlijk wel toe ten gevolge van de vervuiling.

### 2) Corrosiebestandheid wisselaar en bestaande systeem

De tests hebben aangetoond dat de Heatmatrix technologie voldoende robuust is voor de optredende omstandigheden bij het koelen van rookgassen van baksteenfabrieken. De zuren en vervuiling hebben geen nadelig effect op de integriteit van de Heatmatrix wisselaar. Bij elkaar is er een klein jaar getest zonder dat er corrosie optreedt.

Uit de corrosietests downstream de Heatmatrix wisselaar is gebleken dat er nauwelijks corrosie optreedt in geval van koolstof staal. Zeker voor steenfabrieken waar rookgasreiniging wordt uitgevoerd zal naast fluor ook SO<sub>3</sub> verwijderd worden waardoor het risico op de aanwezigheid van zwavelzuur in het kanaalwerk na de HeatMatrix wisselaar en de schoorsteen nihil wordt. Tevens wordt eventueel gevormd condensaat in de bodem van de Heatmatrix wisselaar afgevoerd. Tijdens het in-line wassen komt er mogelijk wat wasvloeistof in het kanaalwerk na de wisselaar. Daarom verdient het aanbeveling om het eerste stuk kanaalwerk na de wisselaar uit te voeren in roestvaststaal 316L of om het rookgas om de wisselaar te leiden als er gewassen wordt met water.

Bestaande schoorstenen uitgevoerd in koolstofstaal kunnen op basis van de corrosietests worden toegepast. Periodieke controle blijft noodzakelijk, zeker bij koudebruggen.

### 3) Vervuilingssnelheid

Uit beide tests is gebleken dat de rookgasstromen de nodige vervuiling bevatten waardoor binnen enkele weken de warmtewisselaar vervuult. Op basis van de tests bij Engels is geconstateerd dat na ca. 2 weken de drukval met ca. 2 mbar (200 Pa) toeneemt. Regelmatig reinigen is dus noodzakelijk om de drukval en daarmee electriciteitsconsumptie niet excessief te laten toenemen. De mate van vervuiling en vervuilingssnelheid is niet te sturen en een gevolg van de procesvoering. Er is geen duidelijk verschil waargenomen tussen de structuur, snelheid en type vervuiling bij Engels en Rodruza.

### 4) Reinigbaarheid, reinigingsfrequentie, waswater consumptie

De reinigbaarheid van de HeatMatrix technologie is zowel bij de test bij Engels Baksteen als Rodruza uitstekend gebleken. Door water langs de rookgaszijde van de kunststof bundel te spoelen is het systeem schoon te maken. Er is geen hoge druk of chemisch reinigingsmiddel noodzakelijk om de bundel weer schoon te krijgen. De reiniging kan uitgevoerd worden in twee minuten.

Met name het feit dat een kunststof oppervlak glad is zorgt voor goede reiniging. Het

vuil 'hecht' niet goed aan kunststof.

De benodigde hoeveelheid waswater en daarmee afvalwaterproductie ligt tussen de 20 en 25 liter per wasbeurt per bundel. Afhankelijk van het aantal bundels in de definitieve opstelling zal er dus een veelvoud van de waswaterbehoefte zijn. Op basis van de test bij Engels is vastgesteld dat een reinigingsfrequentie van iedere 2 weken noodzakelijk is om de drukvaltoename niet meer dan 200 Pa te laten zijn. Uiteindelijk vertaald zich dat in een waswaterconsumptie/afvalwaterproductie van ca. 600 liter/bundel/jaar.

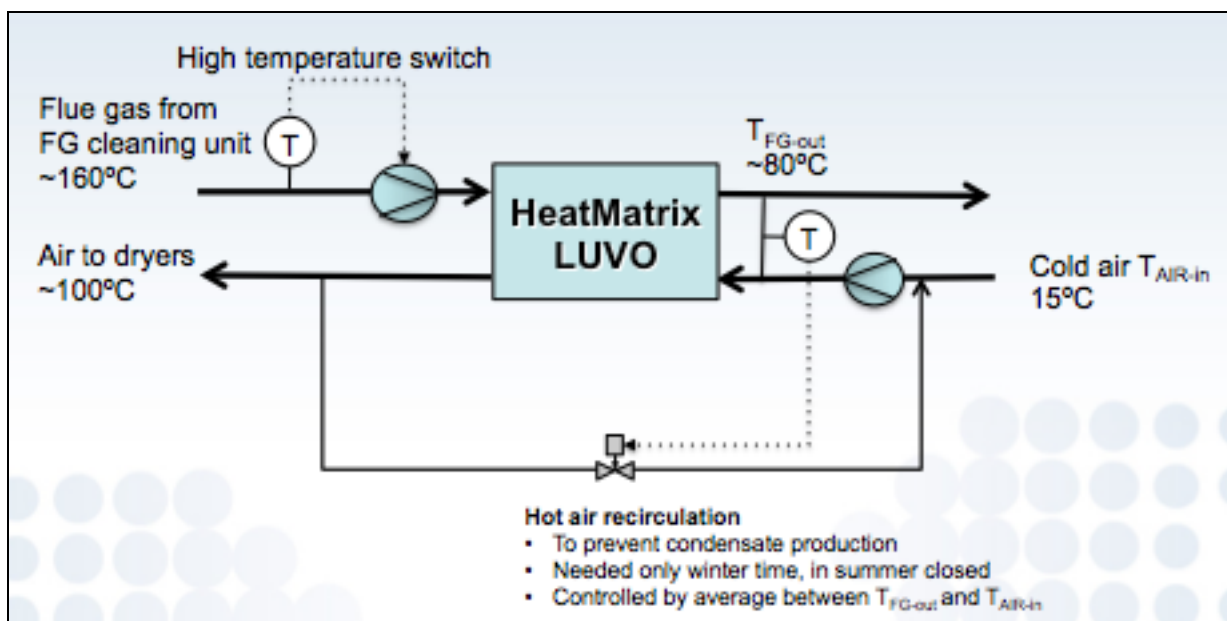
### 5) Condensaat productie

Er is gebleken dat er geen condensaatvorming optreedt tijdens normaal bedrijf met een luchtinlaattemperatuur van ca. 40°C. Uit uitgebreidere tests tijdens de testopstelling bij Rodruza is gebleken dat pas condensatie optreedt als de wandtemperatuur van de kunststof wisselaar beneden het waterdauwpunt van het rookgas optreedt. Het gemiddelde van de rookgastemperatuur aan de uittrede en de koude luchttemperatuur aan de intrede dient hoger te zijn dan het water dauwpunt. Met een lagere luchtinlaattemperatuur kan er meer restwarmte worden teruggewonnen en zal de energiebesparing groter worden.

## 6. Conclusie en aanbevelingen

De conclusie van de tests bij zowel Rodruza als Engels Baksteen is dat de HeatMatrix technologie succesvol kan worden ingezet voor het terugwinnen van restwarmte uit de complexe rookgasstromen die aanwezig zijn bij de productie van bakstenen.

Het by-pass ontwerp (zie Hot air recirculation in figuur 6.1) van de opstelling is succesvol gebleken. Ook voor de definitieve opstelling wordt geadviseerd om het warmteterugwinstsysteem op analoge wijze uit te voeren. De extra rookgasventilator en luchtventilator zorgen er voor dat de het warmteterugwinstsysteem geheel zelfstandig functioneert en geen (drukval, betrouwbaarheid) effect heeft op de bestaande installatie. Tevens kan de capaciteit van het warmteterugwinstsysteem zo groot ontworpen als noodzakelijk is aan de warmte vragende kant.



Figuur 6.1 Flowschema testopstelling met by-pass

Met behulp van een temperatuurregeling kan condensaatvorming voorkomen worden. Middels een automatische reinigingscyclus kan de drukval toename ten gevolge van vervuiling goed gecontroleerd worden. Gezien de relatief beperkte waswaterconsumptie kan het afvalwater worden opgevangen in standaard isocontainers en op deze wijze worden afgevoerd voor afvalwaterbehandeling. Een jaarlijkse waterconsumptie van ca. 600 liter/bundel wordt verwacht. De rookgascapaciteit van 1 bundel bedraagt ca. 750 kg/hr.

De terugverdientijd wordt uiteindelijk bepaald door de hoogte van de investering, de teruggewonnen hoeveelheid thermische energie in combinatie met benuttingsgraad, benodigde elektrische energie voor de ventilatoren en de kosten voor afvalwaterbehandeling.

Het verdient aanbeveling om als eerstvolgende stap in detail de investeringskosten en energiebesparingskosten voor een full scale opstelling te bepalen. Wat eerste verkennende berekeningen laten een terugverdientijd zien van orde grootte 5 jaar. Dit is echter sterk afhankelijk van afstanden van de droogsectie in de fabriek en de benuttingsgraad van restwarmte in de droogsectie. De terugverdientijd zal van fabriek tot fabriek verschillen.

Daarnaast verdient het aanbeveling een standaardopstelling voor de bakstenen fabrieken te ontwikkelen teneinde lokale installatiekosten tot een minimum te beperken.

## 7. Uitvoering van het project

### De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost

Tijdens het project zijn er geen organisatorische problemen opgetreden. Er zijn enkele kleinere technische problemen geweest met de betrouwbaarheid van de ingezette ventilatoren. Door het gebruik van een frequentieregelaar en de modificatie van de overbrenging van de aandrijving van de rookgasventilator zijn deze problemen opgelost.

### Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Er zijn inhoudelijk geen wijzigingen geweest ten opzicht van het originele projectplan. Het enige dat is gewijzigd is de planning. De verlenging van het project is met name het gevolg van het moeten verhuizen van de installatie van Rodruza naar Engels Baksteen in verband met de beschikbaarheid van de aannemer. De hieronder beschreven projectaanpak was het originele plan en is ook daadwerkelijk zo uitgevoerd.

#### Fase I – Algemeen

- Opstellen van basis ontwerp

#### Fase II bij baksteenfabriek Rodruza

- Detail engineering
- Bestellen van materiaal / equipment en montage werkzaamheden
- Installatie activiteiten
- Start-up
- Test fase

#### Fase III bij baksteenfabriek Engels

- Detail engineering
- Bestellen van materiaal / equipment en montage werkzaamheden
- Installatieactiviteiten
- Start-up
- Test fase

Eindrapportage.

### Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.

In tabel 7.1 is een overzicht gegeven van de gebudgetteerde versus de werkelijke gemaakte kosten. Uit het overzicht blijkt dat met name het aantal uren aan de lage kant was ingeschat. In de praktijk bleek er significant meer tijd benodigd was voor de uitvoering van het project. De tijd is besteed aan projectvoorbereiding, besprekingen, regelmatige bezoeken aan de beide test locaties, begeleiden constructiewerkzaamheden, troubleshooting.

			EAP subsidie aanvraag	Actuele kosten
HeatMatrix (out of pocket)	3D Layout drawing	€ 750	€ 11.000	
	Test LUVO	€ 6.000		€ 6.000
	PFA Lining	€ 3.000		
	Testing PTFE foil / castable coating	€ 500		
	Transport van LUVO	€ 750		
HeatMatrix (Bos Nieuwerkerk)	Montage en aansluiten (incl. kanalen) - Rodruza	€ 13.500	€ 19.500	€ 4.905
	Montage en aansluiten (incl. kanalen) - Engels	€ 6.000		€ 7.789
HeatMatrix (eigen uren)	Robert (190 * €60)	€ 11.400	€ 27.000	€ 99.060
	Pekka (190 * €60)	€ 11.400		
	Paul (70 * € 60)	€ 4.200		
Rodruza			€ 5.080	
Engels			€ 5.080	
Totaal			€ 67.660	€ 117.754

Tabel 7.1: Begrote versus werkelijk gemaakte kosten

### Toelichting wijze van kennisverspreiding

TCKI is betrokken bij het project. Vrijwel alle grof- en fijnmeramische bedrijven in Nederland en België zijn aangesloten bij Stichting TCKI, die de kennis kan verspreiden. Tevens is de baksteensector in België en Duitsland goed georganiseerd en zijn de banden met Nederland sterk. Daarnaast is de brancheorganisatie voor de keramische industrie (KNB) gelieerd aan Cerame-Unie, Europese koepelorganisatie voor de keramische industrie.

De resultaten van het project zijn/worden gedeeld met de sector zelf. Samen met TCKI zullen enkele publicaties verzorgd worden. De IP blijft eigendom van Heatmatrix.

Bij de HeatMatrix testopstelling zijn en worden andere geïnteresseerde partijen uit de Ceramische industrie rondgeleid.

### Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden

Op initiatie van de Topsector Energie is er film gemaakt over HeatMatrix waarin specifiek het EAP programma wordt gehighlight. De film gaat specifiek over de bakstenen industrie maar laat tevens de mogelijkheden in andere industrieën zien. Via bijgevoegde link kan de film worden bekeken.

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=4&v=tQgs808yvDQ](https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=tQgs808yvDQ)

Tevens zijn er artikelen geschreven over dit project specifiek. Via zowel TKI als ISPT is er aandacht besteed aan het onderzoek.

<https://topsectorenergie.nl/nieuws/aanzienlijk-minder-warmteverlies-de-industrie-dankzij-heatmatrix>

HeatMatrix en TCKI zullen de resultaten van dit project verspreiden. Op de Ceramic Industry beurs in München in 2018 (Ceramitec) zal het project/de technologie door HeatMatrix gepresenteerd worden aan de Europese industrie.

Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling (duurzame energiehuishouding, versterking van de kennispositie) □ Spinoff binnen en buiten de sector

Geen of beperkter gebruik van energie is de meest eenvoudige vorm van verduurzaming. Dit project helpt de TKI Energie en Industrie binnen de Topsector Energie om het energieverbruik binnen de baksteen, keramische dakpan en keramische tegelindustrie terug te dringen.

Het project sluit aan bij de programmaliijnen 1 en 3, gericht op verbetering van industriële efficiency;

- HeatMatrix technologie maakt hergebruik van restwarmte op brede schaal mogelijk (onderdeel van programmaliijn 1, 'Nieuwe generatie warmtegebruik systemen')
- HeatMatrix technologie resulteert in droogprocessen met ruwweg 20 % minder energieverbruik (onderdeel van programmaliijn 3, 'Betrouwbare, rendabele, energiezuinige droog- & ontwateringsprocessen').

Dit project heeft de kennispositie van Nederland verder versterkt. Door de netwerkaanpak van het project met meerdere eindgebruikers, koepelorganisatie en leverancier is een diepgaande kennis en ervaring opgedaan die niet alleen binnen Nederland maar ook daarbuiten relevant is. De oplossing is uniek en is universeel toepasbaar op steenfabrieken wereldwijd. Dit project verbeterd uiteindelijk de exportpositie van Nederland. Eerste baksteenproducent vanuit België heeft al interesse getoond en heeft de testopstelling bezocht.