

# Verbranding van Biomassa

Marc Derks (wb1024736) en Marius de Groot (wb9284703)

## Samenvatting

Om het gebruik van huishoudelijke stoven in India te stimuleren zoekt men naar methoden om verpulverde biomassa te binden tot een brandstofblok. De gebruiksvriendelijkheid neemt toe doordat preparatie niet vlak voor gebruik hoeft plaats te vinden. Er mag geen afbreuk gedaan worden aan betrouwbaarheid en warmteafgifte. Dit onderzoek toont aan dat gebruik van bloem als binder de pyrolyse-eigenschappen zo'n systeem negatief beïnvloedt.

## 1. Inleiding

In ontwikkelingslanden vinden we één van de meest elementaire toepassingen van duurzame energie. Energie wordt gewonnen uit fijn verpulverde, losse biomassa m.b.v. kleine stoven. Het werkingsprincipe laat zich aan de hand van figuur 1 uitleggen. Een vuurhaard wordt op de bodem van het brandstofblok geïntroduceerd. De aan het blok toegevoerde warmte zorgt ervoor dat het omliggende biomateriaal wordt ontleed in gassen en niet vluchtige stoffen. Dit proces heet pyrolyse en breidt zich frontsgewijs uit. De gassen stijgen door natuurlijke convectie naar de top van het blok, waar ze gemengd met een overmaat lucht verbrand worden. De beperkte luchttoevoer op de bodem levert zuurstof voor verbranding om voldoende warmte te blijven leveren om de pyrolyse opgang te houden, nadat de vuurhaard op de bodem is gesmoord [1,2].

Bloem is in potentie een geschikte binder daar het een aanzienlijke verbrandingswarmte en een laag asgehalte heeft. Daarnaast is het goedkoop. Op basis van literatuur en observaties veronderstellen we dat door binding met bloem de reactiekinetiek (snelheid van de reacties) niet verandert, de permeabiliteit (doorlaatbaarheid voor gassen) afneemt en de warmtegeleiding toeneemt.

## 2. Methode

De permeabiliteit en warmtegeleiding zijn onderzocht met thermokoppels geplaatst in een horizontaal en een verticaal array (figuur 1). Hiermee wordt de temperatuurverloop tijdens een run bepaald en middels een datalogger weggeschreven. Gelijktijdig detecteert een balans de massa van de opstelling.

Uit de vergelijking tussen de experimenten met zuiver zaagsel en die met het mengsel (85% (massa) zaagsel en 15% bloem) moet blijken of deze eigenschappen veranderen. De permeabiliteit is bepalend voor de warmte overdracht door convectie in verticale richting, terwijl in de horizontale richting warmtegeleiding de bepalende factor is.

De reactiekinetiek is met een Thermo Gravimetric Analyser (TGA) onderzocht. Hiermee wordt in een geconditioneerde omgeving aan een kleine hoeveelheid materiaal een geforceerd temperatuur profiel opgelegd.

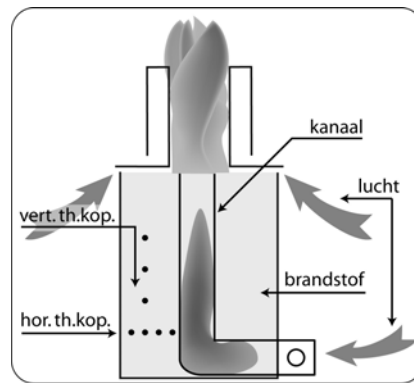
De massa wordt gemeten. Het verloop van de afgeleide van de massa is karakteristiek voor iedere stof. Indien er geen reactie tussen de componenten in een mengsel plaatsvindt is deze afgeleide te bepalen door de afzonderlijke curven gewogen te superponeren [5].

## 3. Resultaten

De karakteristieke temperatuurverloop in de stoven in horizontale en verticale richting is weergegeven in de figuren 2 en 3. De stof wordt geleidelijk van binnen naar buiten op. In verticale richting is de opwarming sneller.

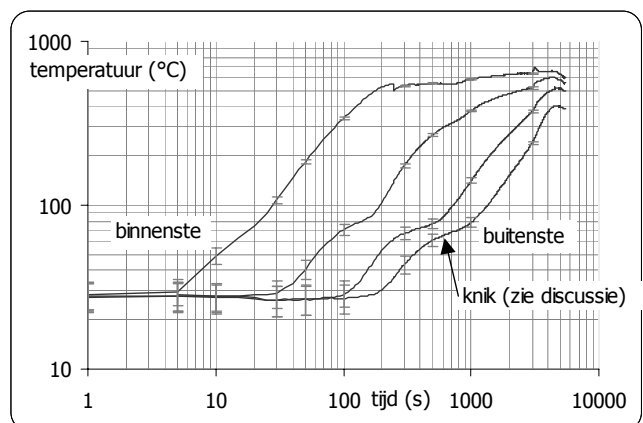
Stoven met mengsel tonen een verdichte horizontale distributie. Ze komen trager op gang, maar warmen daarna zo snel op dat de maximale temperatuur aan de buitenzijde eerder bereikt wordt. Verschillen in verticale zijn zijn verwaarloosbaar klein.

De gecombineerde meetfout van de sensors met datalogger bedraagt +/- 5.5°C. In figuur 3 is deze marge omwille van de leesbaarheid niet weergegeven. De stralingsverliezen van de thermokoppels zijn verwaarloosd.



Figuur 1: Stof

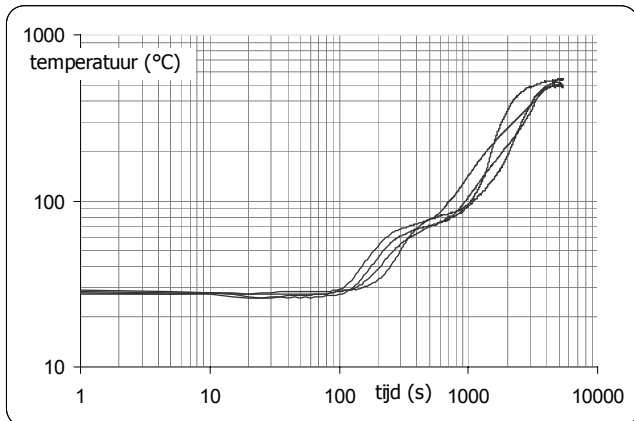
5.5°C. In figuur 3 is deze marge omwille van de leesbaarheid niet weergegeven. De stralingsverliezen van de thermokoppels zijn verwaarloosd.



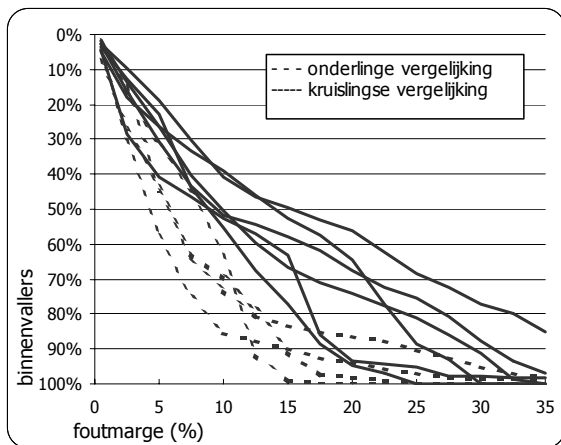
Figuur 2: Horizontaal temp. verloop, zonder binder

Toevallige verschillen in fysieke eigenschappen van de stof beïnvloeden de pyrolyse reactie. Gezien de beperkte kennis over het werkingsmechanisme is het via deze weg niet mogelijk om de reproduceerbaarheid te kwantificeren. Om aan te tonen dat verschillen tussen stoven met en zonder bloem geen toeval zijn is door ons de volgende methode ontwikkeld. Er wordt gekeken hoe de horizontale profielen van twee stoven zich ten opzichte van elkaar verhouden. Voor ieder tijdstip en locatie wordt de gemiddelde temperatuur van twee

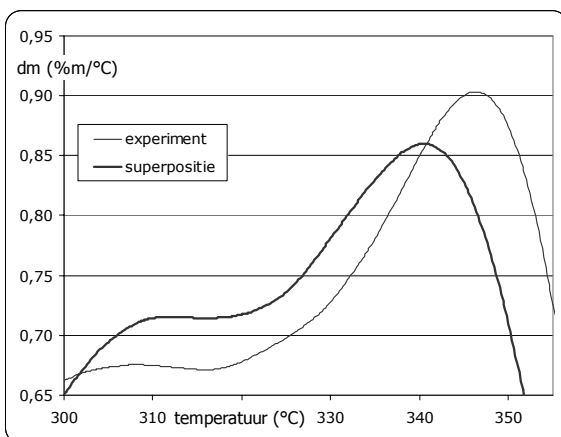
stoven bepaald. Per punt wordt nu de relatieve afwijking van het lokale gemiddelde bepaald. Voor alle meetpunten in de stoof worden deze gegevens in een histogram weergegeven.



**Figuur 3: Verticaal temp. verloop, zonder binder**  
Er zijn twee stoven met, en drie zonder binder getest. Er kunnen onderling dus 1+3 resp. deviatietests uitgevoerd worden. Figuur 4 toont deze resultaten, gecombineerd met resultaten van kruislingse tests.



**Figuur 4: Deviatietests van de hor. temp. metingen**



**Figuur 5: Detail TGA experimenten**  
Ruim 80% van de onderling vergeleken meetpunten ligt binnen een marge van 12% om de lokale gemiddeldes. Bij de kruislingse vergelijking valt minder dan 67% van

de punten hier binnen. Voldoende om te stellen dat hier geen sprake zal zijn van toevallige verschillen.

De TGA gegevens zijn gecorrigeerd voor vocht. Alle metingen zijn twee maal uitgevoerd. Binnen deze metingen is het verschil in de ligging van de karakteristieke pieken minder dan 0.5°C. Figuur 5 toont een gesuperponeerd, en een gemeten mengsel. De hoogste piek (pyrolyse van cellulose [5]) schuift in het gemeten geval 6 graden omhoog.

#### 4. Discussie en conclusies

De geringe temperatuurverschillen in het verticale vlak suggereren voor beide stoven een cilindervormige opwarming. Hetgeen in tegenspraak is met de in [1] gestelde uivormige opwarming.

Door het onverwachte profiel zijn de verschillen tussen de stoven echter te klein om uitspraken over verschillen in permeabiliteit van de stoven te rechtvaardigen.

De buitenste thermokoppels laten rond 70°C vaak een terugval in opwarmingssnelheid zien. Volgens de TGA experimenten is hier geen sprake van pyrolyse, en dus moet de knik wel door vocht veroorzaakt worden. Corrigeren we voor deze knik, dan verkleinen de verschillen tussen de stoven met en zonder bloem. De vertraging in het mengsel blijft bestaan; tot 1000 seconden is de volledige stoof kouder. Na dit punt lopen de verschillende stoven gelijk op, om gelijktijdig te eindigen. Dit suggereert een betere warmtegeleiding van het mengsel. Het tragere starten kan een aantal oorzaken hebben. Zo kan de beschikbare warmte ontoereikend zijn om de pyrolyse progressie in stand te houden. De warmte zou als het ware te goed afgevoerd kunnen worden. Een andere verklaring ligt in een veranderde structuur van het zaagsel. Het vervluchtigen van massa door pyrolyse genereert lege ruimtes, voids. Verandering van de voidfractie en de invloed hiervan op de secundaire reacties, beïnvloeden het verloop van de pyrolyse [4]. Dit geeft echter geen verklaring voor de latere inhaalslag die de stoof met bloem maakt. De TGA experimenten tonen aan dat een belangrijke component (cellulose) bij een hogere temperatuur pyrolyseert. Deze veranderde reactiekinetiek kan de tragere start verklaren.

#### Referenties

- [1] H.S. Mukunda, S. Dasappa, B. Swati, U. Shrinivasa, International Journal of energy research 17, IISc, Bangalore 1993, 281 – 291.
- [2] H.S. Mukunda, U. Shrinivasa, S. Dasappa, Sadhana 13, IISc, Bangalore 1988, 237 – 270.
- [3] K. Raveendran, A. Ganesh, K.C. Khilar, FUEL 75, IIT, Bombay 1996, 987 – 990.
- [4] M.R. Ravi, A. Jhalani, S. Sinha, A. Ray, article in press: J. Anal. Appl. Pyrolysis xxx, New Delhi 2003, 1 – 24.
- [5] C.K. Lee, R.F. Chaiken, J.M. Singer, Sixteenth symp. (intl.) on combustion. Combustion institute, Pittsburg 1976, 1459