

# BULLETIN

EEN UITGAVE VAN TNO-VOEDING, AFDELING GMB, ZEIST

JUNI 1995

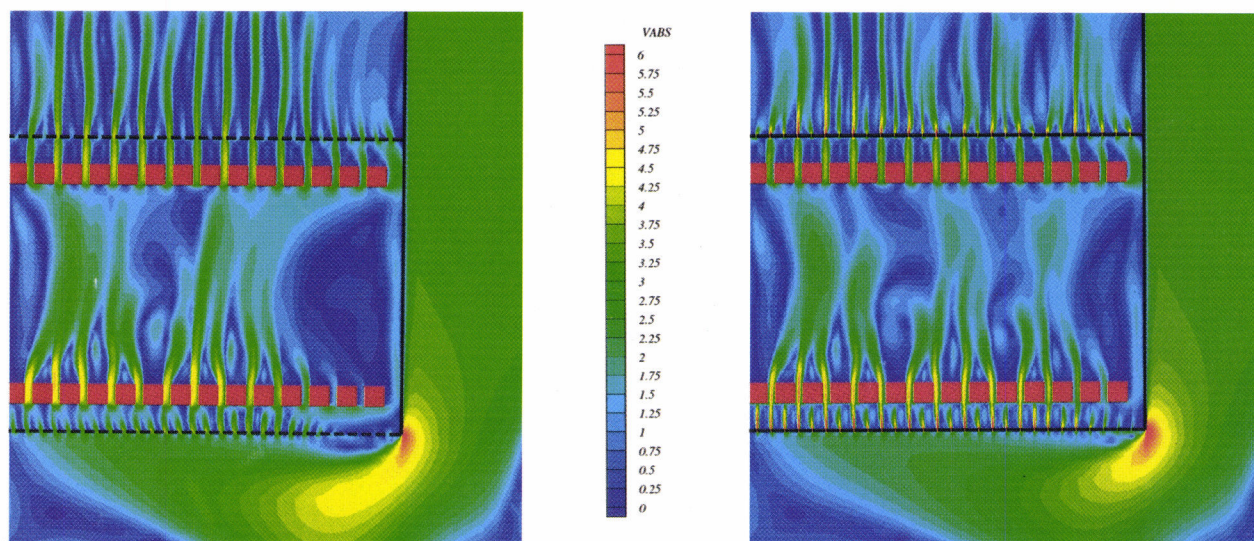
## Oventechnologie

### Onderzoek naar de oven van morgen

door Ing. W. Rouwen

In de afgelopen jaren werd door TNO Voeding een uitgebreid onderzoek naar het energiegebruik in de branche uitgevoerd. Dit onderzoek betrof zowel het elektriciteits- als het gasgebruik in de industriële en ambachtelijk brood- en banketbakkerij. Het onderzoek resulteerde in de conclusie dat de oven niet alleen de grootste energiegebruiker maar tevens de grootste energieverspiller blijkt te zijn. Als oorzaken hiervan zijn ondermeer te noemen:

- technisch:
  - lekkage van het warmtedistributie-systeem (indirect gestookte ovens),
  - slecht branderonderhoud,
  - slechte regelbaarheid van de oven en
  - slechte isolatie.
- technologisch:
  - overmatige bakdampafvoer,
  - het in dezelfde oven bakken van een assortiment produkten, die verschillen in bijvoorbeeld baktijd, gewicht en/of baktemperatuur,
  - inefficiënte warmteoverdracht naar het produkt en
  - het in onvoldoende mate kunnen beheersen van de bakomstandigheden.



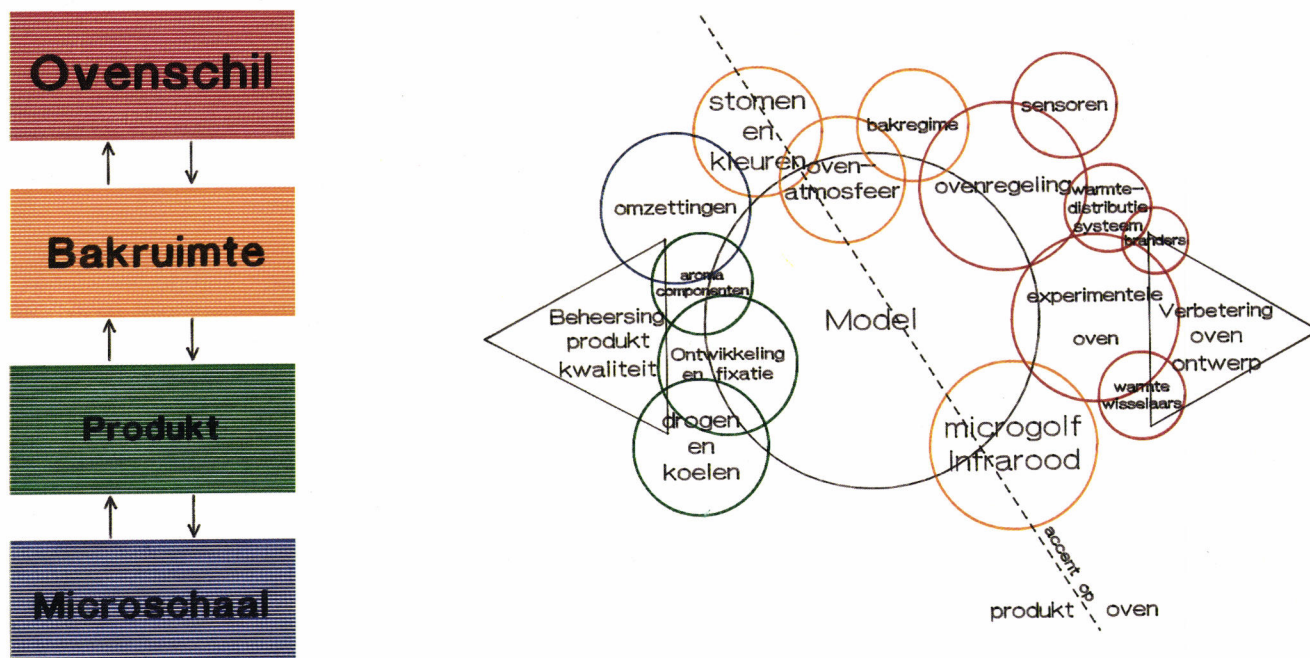
Numerieke stromingsleer is een techniek die gebruikt wordt bij het optimaliseren van ovens. In deze figuur geven de kleuren de luchtsnelheid aan: rechts en onder van de rondgeblazen lucht, overigens in de bakruimte. De rode blokjes stellen de verwarmingselementen voor, daaronder en boven bevinden zich geperforeerde platen voor een goede lucht-

verdeling. Links weinig, rechts veel perforaties. Zo kan bijvoorbeeld zichtbaar gemaakt worden wat het effect is van de grootte van de openingen in de geperforeerde platen op de snelheidsverschillen van de lucht in de bakruimte, en daarmee op het bakgedrag op verschillende plaatsen in de oven. VABS staat voor de absolute luchtsnelheid in meters per seconde.

Genoemde tekortkomingen resulteren niet alleen in een te hoog energiegebruik maar ook in meer algemeen bekende problemen als:

- lange inwerkperiode van de ovenist bij ingebruikname van een nieuwe oven,
- ongelijkmatige kleuring van de produkten,
- produktie-onderbreking bij overschakeling op een ander produkt met afwijkende baktemperatuur/baktijd,
- startproblemen met de oven bij plotseling wisselende atmosferische omstandigheden.

Uit ervaring weten we allemaal wat het betekent als ingewerkt moet worden op een nieuwe oven van hetzelfde, laat staan van een ander fabrikaat. Hierbij is het inregelen en constant houden van de voor het produkt gewenste bakomstandigheden, het grootste struikelblok. Al deze reeds lang bekende problemen deden tijdens dit energieonderzoek de wens ontstaan deze grondig te onderzoeken en zo mogelijk oplossingen aan te dragen. Zo ontstond het idee een oven te ontwikkelen die niet behept is met bovengenoemde problemen, de zogenaamde "ideale oven". Als omschrijving van een dergelijke oven is wel eens gesteld: De ideale oven is een oven die minimaal 50% minder energie gebruikt dan de huidige ovens en optimaal geregeld wordt vanuit de eisen die het produkt stelt en bovendien zo flexibel is dat zeer snel de condities voor het bakken van andere typen produkten gerealiseerd kunnen worden.



Figuur 1. Samenhang van de verschillende deelprojecten bij oventechnologie. Rechts een zogenaamd bollenschema, waarin de samenhang van verschillende deelprojecten zichtbaar is. Links is schematisch weergegeven dat op verschillende niveaus naar het bakproces kan worden gekeken: van branderkeuze tot hittedenaturatie van het gluten.

### Doel en opzet van het project

Doel van het onderzoek is de ontwikkeling van een oven waarmee alle soorten bakkerijprodukten zo gebakken kunnen worden, dat deze constant en optimaal van kwaliteit zijn en het energiegebruik minimaal is. Om dit te kunnen realiseren is het nodig het bakproces op een geheel andere wijze te benaderen. Dat wil zeggen niet meer genoegen nemen met het instellen van temperatuur en baktijd, en het vervolgens maar afwachten wat het bakresultaat is. Bij de nieuwe oven zal het mogelijk

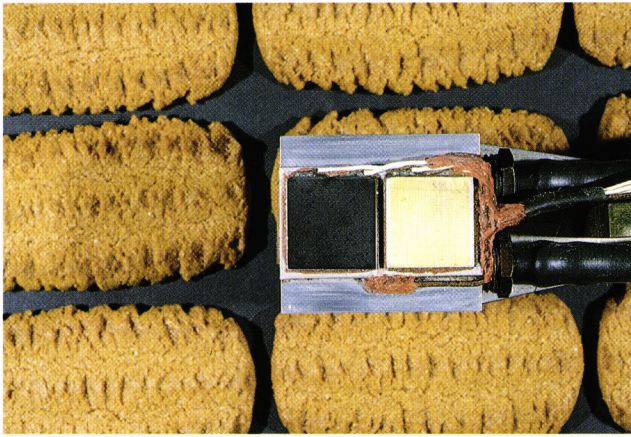
moeten zijn de bakomstandigheden, en dan niet alleen de temperatuur en de tijd, zodanig in te stellen, dat het produkt uit de oven komt met de gewenste eigenschappen zoals vorm, korst, kleur en vochtgehalte. Dit betekent dat onderzocht zal moeten worden welke mechanismen in het bakproces verantwoordelijk zijn voor deze produktkenmerken. Hierbij kan uiteraard niet voorbij gegaan worden aan de processen voor en na het bakken, deze blijven vanzelfsprekend van groot belang voor de uiteindelijke produktkwaliteit. Het is daarom noodzake-



Nederlandse maatschappij voor energie en milieu bv

In het kader van het energiebeleid van het Ministerie van Economische Zaken stimuleert NOVEM activiteiten voor onderzoek, ontwikkeling, demonstratie en marktinformatie van technieken en systemen voor energiebesparing en brandstofdiversificatie. De energieprogramma's van NOVEM zijn steeds mede gericht op de bescherming van het milieu.

Voor meer informatie:  
NOVEM BV  
Postbus 17  
6130 AA SITTARD  
Tel.: 046-4595295  
Fax: 046-4528260



*Figuur 2. Een warmtestroomsensor meet in de ovenruimte de totale warmtestroom (straling en convectie) en de warmtestroom door convectie. Dat geeft een betere indruk van de prestatie van een oven dan een meting van de oventemperatuur.*

lijk deze processen bij dit onderzoek te betrekken. Om u een indruk te geven van de complexiteit van het onderzoek is in figuur 1 het onderlinge verband van alle met elkaar samenhangende stukjes onderzoek weergegeven. Na enig puzzelwerk zult u ongetwijfeld de grote lijn herkennen, namelijk links van de streep het technologisch onderzoek gericht op processen en rechts het technisch onderzoek gericht op ontwerp en constructie van de nieuwe oven. De kern van de figuur stelt het rekenmodel voor, waarin de onderlinge samenhang van de processen vastgelegd is en waarmee een ovenontwerp theoretisch doorgerekend kan worden. Het streven naar verlaging van het energiegebruik, wat tevens betekent een lagere milieubelasting, minder uitstoot van CO<sub>2</sub> (broei-kaseffect) en NO<sub>x</sub>, houdt ondermeer in dat ovens ontwikkeld moeten worden die voor wat betreft warmtevraag snel aangepast kunnen worden aan de bakomstandigheden die een produkt verlangt. Daartoe wordt ook naar alternatieve verwarmingstechnieken als infrarood en diëlektrisch (magnetron) verwarmen gekeken. Voor wat betreft het verwarmen met behulp van aardgas zullen alleen de modernste voorhanden en in ontwikkeling zijnde brandertechnieken in aanmerking komen. Overigens is het ontwikkelen van nieuwe brandertypen voor aardgas een onderwerp dat geen deel uitmaakt van het Oventechnologieproject.

### Het regelen op produktparameters

We willen allereerst duidelijk maken wat we hiermee bedoelen: het besturen van een oven op kenmerken van het produkt. Dat is anders dan de huidige vorm van ovenbesturing. Nu wordt de oventemperatuur ingesteld en gestuurd, samen met het al of niet aanhouden van de brander(s), eventuele stoomtoevoeging, de stand van de schuiven en bij sommige ovens de ventilatie. Je zou dit ovenparameters kunnen noemen. Het instellen ervan gebeurt op grond van de ervaring die men met een bepaalde oven heeft. Elke ovenist weet dat het opbouwen van

die ervaring bij aanschaf van een nieuwe oven een behoorlijke tijd vergt: elke oven bakt anders.

Het is een veel aantrekkelijker idee om het bakproces te sturen op grond van produkteigenschappen. Die eigenschappen zijn bijvoorbeeld vorm en afmeting, korstdikte, kleur, gewicht en vochtgehalte, eeteigenschappen en smaak. Duidelijk is dat een deel van die produkteigenschappen niet door het bakken bepaald wordt, maar door recept en deegverwerking. Een te vol gerezen deeg blijft de kenmerken daarvan behouden, hoe je ook bakt. Toch is bij het oventechnologieproject gebleken dat een veel constanter kwaliteit eindprodukt kan worden verkregen door tijdens het bakken op produktenmerken te sturen. Daarbij is tot nu toe vooral gekeken naar

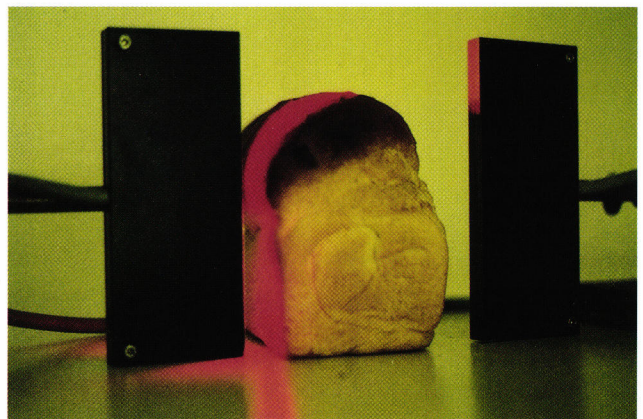
- de hoeveelheid warmte die per tijdseenheid door het produkt opgenomen wordt (warmtestroom),
- de soort warmte: geleidingswarmte (warmte via o.a. bakplaat/vloer), stralingswarmte (warmte via o.a. hete ovenwand) en convectiewarmte (heteluchtwarmte),
- het dauwpunt (luchtvochtigheid) in de oven en
- de baktijd.

### Technische ontwikkelingen

In het kader van het oventechnologieproject betekent dit dat er sensoren ontwikkeld of aangepast moeten wor-



*Figuur 3. Het meten van het vochtgehalte van biscuits op een afvoerband van een experimentele oven met behulp van een capacitieve sensor die over de band is geplaatst.*



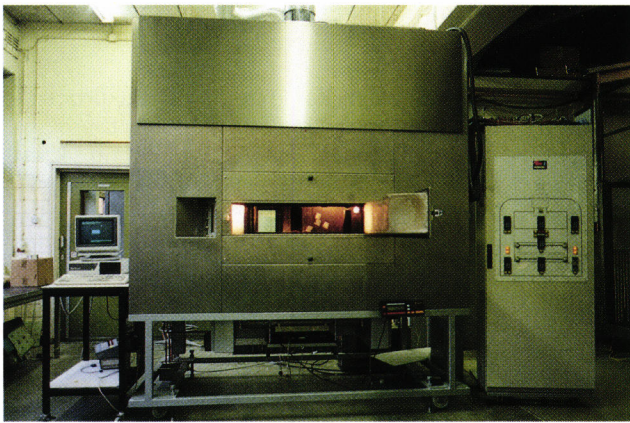
*Figuur 4. Een meting van de produkthoogte met behulp van een laserstraalsensor. In de oven kan zo het verloop van de ovenrijs worden gevolgd.*

Het regelen van de ovencondities op produktparameters betekent dat sensoren in de oven de bakcondities regelen op:

- de door het produkt opgenomen hoeveelheid warmte,
- de kleur van het produkt,
- het volume/de vorm van het produkt en
- het vochtgehalte van het produkt.

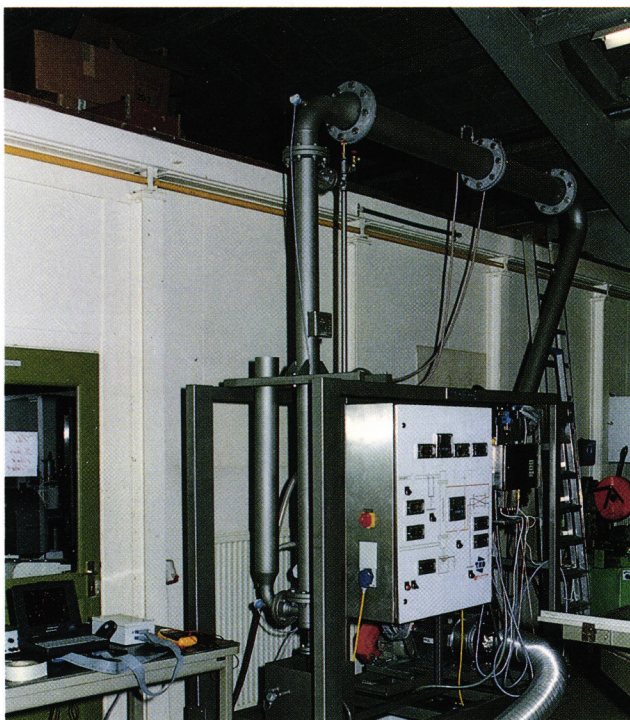
Dit gebeurt zowel door middel van het sturen van de hoeveelheid convectie- en stralingswarmte als het dauwpunt in elke fase van het bakproces.

Dit is wezenlijk wat anders dan het automatiseren van de branderbediening!



*Figuur 5. Een proefoven waarin verschillende bakprocessen kunnen worden gekozen en waarin nauwkeurig het verloop van het bakken kan worden gevolgd.*

*Figuur 6. Een experimentele condensator voor bakdampen. Met dit apparaat wordt nagegaan wat het effect is van het condenseren van bakdampen op de geuremissie van ovens.*



den om deze grootheden te kunnen meten en regelen. Voor het meten van de warmtestroom is inmiddels een prototype sensor beschikbaar, waarmee de hoeveelheid en soort warmte waaraan het produkt wordt blootgesteld kan worden gemeten (zie figuur 2). Voor het meten van het dauwpunt zijn een aantal bestaande meetsystemen beproefd; met één systeem zijn inmiddels goede resultaten bereikt. Een sensor voor het tijdens productie meten van het produktvochtgehalte is inmiddels zover

ontwikkeld dat hiermee op een industriële produktielijn ervaring opgedaan wordt (zie figuur 3). Voor dikte/hoogte meting van een produkt is een laser meet-systeem ontwikkeld waarmee tijdens bakken het hoogteverloop van het produkt gemeten kan worden (zie figuur 4).

Ter beproefing van deze systemen is een proefoven opgesteld (zie figuur 5). Dit is een charge-oven, waarmee een grote variëteit aan produkten gebakken kan worden bij sterk wisselende bakcondities. Zo kunnen naar wens over een groot bereik richting, snelheid en vochtigheid van de lucht in de bakruimte ingesteld worden, ook kan gekozen worden voor stralings-(infrarood) of hetelucht-bakken danwel een combinatie van beide. Hierbij wordt de oven niet geregeld op temperatuur maar op warmtestroom. Tijdens het bakproces kunnen bovendien gewicht en hoogte van het produkt gemeten worden.

Ten behoeve van het ontwerp van deze oven is gebruik gemaakt van het in ontwikkeling zijnde, hiervoor genoemde, rekenmodel. Daarbij wordt gebruik gemaakt van Computational Fluid Dynamics, of, in het Nederlands, Numerieke Stromingsleer. In het kader op bladzijde 1 zijn de resultaten gegeven van een berekening van de snelheidsverdeling van de lucht in de bakruimte, bij een luchtdoorstroming van onder naar boven.

In het kader van de eerder genoemde energiebesparing en het milieu is tevens een installatie ontworpen waarmee ervaring opgedaan kan worden in het terugwinnen van energie en het reduceren van geur in de bakdampen/rookgassen van bakkerij-ovens (zie figuur 6). Met deze installatie gebeurt onderzoek aan zowel charge-als continu-ovens. Zijn de resultaten hiervan bevredigend, dan zal er naar gestreefd worden het principe op te nemen in het nieuwe ovenontwerp.

Momenteel wordt er gewerkt aan de opzet van een vervolproject, waarvan een van de doelstellingen is te komen tot het ontwerp en de bouw van zowel een continu-oven als een batch-oven waarin deze nieuwe technieken toegepast worden.

Samengevat zijn de belangrijkste eisen die aan een toekomstige praktijk-oven gesteld worden:

- zeer goed kunnen regelen van de warmtestromen in de oven in elke fase van het bakproces, dit vraagt:
  - een geringe warmte-inhoud van de oven om snelle aanpassing van de warmtestroom te kunnen realiseren en
  - verwarmingssystemen die snel kunnen reageren op de warmtevraag in de verschillende fasen van het bakproces.
- gelijkmatig verdeelde warmtestroom naar alle zich in de bakruimte bevindende produkten,
- goede regeling en verdeling van de vochtigheid (dauwpunt) in de bakruimte,
- minimaal energiegebruik en
- minimale milieubelasting, geluid zowel als geur.

TNO Voeding, Afdeling GMB houdt zich al vele jaren bezig met onderzoek aan en ontwikkeling van bakkerijtechnologie. In samenwerking met NOVEM en andere TNO instituten wordt momenteel gewerkt aan het project Oventechnologie, waarin naast de technologie van het bakken ook aandacht wordt besteed aan energiebesparing en milieubeheer.

Voor meer informatie:  
TNO Voeding, afdeling GMB  
Postbus 360  
3700 AJ ZEIST  
Tel.: 03404-44573  
Fax: 03404-54186