



© TWAN WIERMANS

VIRTUELE APPELS HELPEN BLUTSSCHADE VOORKOMEN

Blutsschade leidt in de fruitteelt tot economische verliezen en voedselverspilling. Deze schade zou men kunnen reduceren door sorteer- en verpakingslijnen, plukrobots, verpakking en transport te verbeteren. Om dit op een gestructureerde en efficiënte manier te kunnen verwezenlijken zijn simulaties op de gebruikte apparaten en machines noodzakelijk. – *Elien Diels, deelnemer Boerenbond Persprijs 2015*

Appels kunnen meerdere keren in het handelingsproces blutsschade oplopen (zie foto bovenaan). Blutsschade kan onder meer het gevolg zijn van vibraties tijdens het transport. Ook bij het plukken kan een appel schade oplopen, als de vingers van de plukker te veel druk uitoefenen. Om de handelingsketen te optimaliseren met betrekking tot blutsschade kan men momenteel enkel gebruik maken van tests met echte appels of een elektronische vrucht inzetten.

De kracht van simulaties

Een elektronische vrucht is een bol die schokken opmeet en deze informatie gebruikt om het risico op blutsschade te

.....
Eens je de schudfrequenties en amplitudes kent waarbij schade optreedt, kan je de schadelijke trillingen dempen.
.....

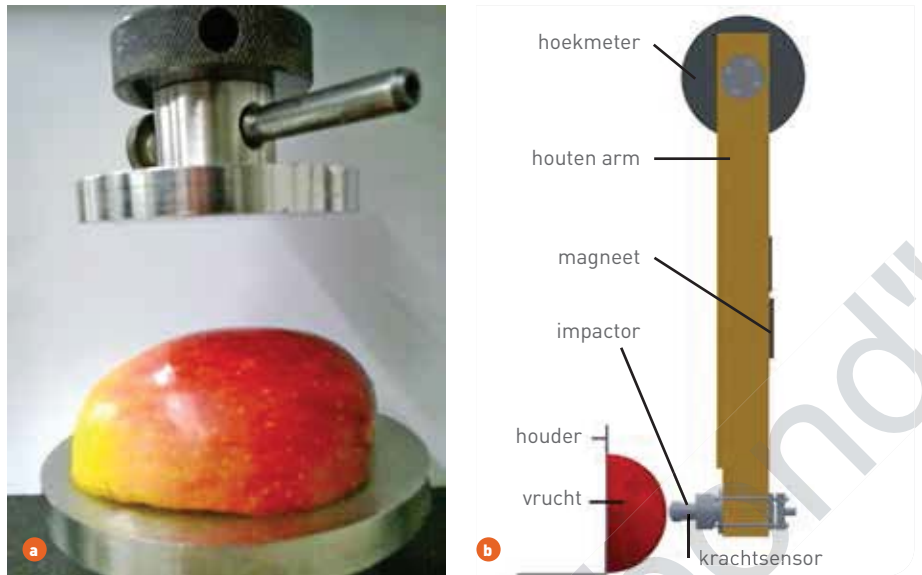
bepalen. Recente ontwikkelingen laten toe om gebruik te maken van simulaties met virtuele appels als een designhulp-middel voor de handelingsketen. De simulaties in dit onderzoek werden uitgevoerd met de discrete-elementen-methode (DEM). Die voorspelt de bewe-

gingen van iedere appel in een kist aan de hand van de contactkrachten tussen de appels onderling. Deze contactkrachten worden met een contactmodel berekend. Simulaties met 'virtuele appels' zouden veel efficiënter zijn dan tests met echte appels of met een elektronische vrucht. Dat komt doordat de krachten die worden opgemeten door een elektronische vrucht niet dezelfde zijn als deze die op echte appels zouden werken. Daardoor is het moeilijk om de output van de elektronische vrucht te relateren aan de blutsschade. Simulaties bieden ook het voordeel dat men ze kan herhalen zonder ongewenste biologische of experimentele variabiliteit, dit in tegenstelling tot fysieke

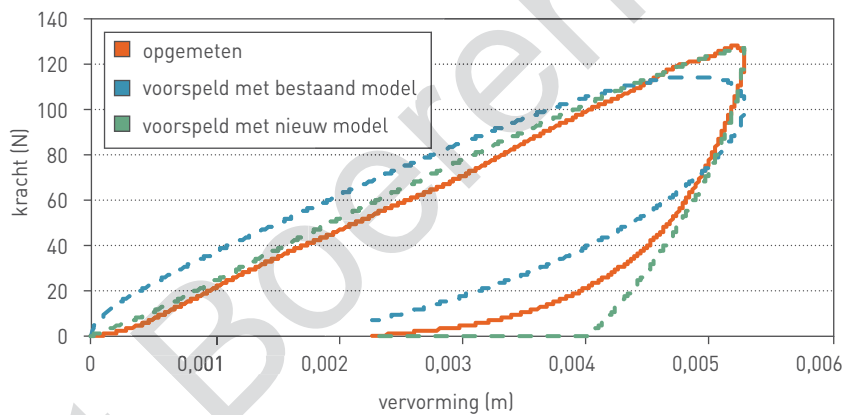
experimenten. Wanneer men bijvoorbeeld de schade ten gevolge van transport bij verschillende frequenties bestudeert, zouden verschillen in stapeling en mechanische eigenschappen van de appels de conclusies kunnen beïnvloeden. Bovendien zijn simulaties goedkoper en minder tijdrovend. In simulaties wordt de schade in elke appel automatisch berekend, terwijl deze in experimenten door de onderzoekers moet worden bepaald. Bovendien kan men met simulaties mogelijke verbeteringen in de verhandelingsketen al beoordelen op hun effectiviteit zonder dat men ze al moet uitvoeren. Daardoor vermijdt men eventueel nutteloze maar dure aanpassingen.

Nieuw contactmodel

We ontwikkelden in ons onderzoek een nieuw contactmodel dat het kracht-
vervormingsgedrag van appels beter kan modelleren dan bestaande modellen. Dit nieuwe model combineert 2 bestaande contactmodellen. Om de voor dit model noodzakelijke mechanische eigenschappen van appels te meten, werden compressie- en impacttesten uitgevoerd. In de compressietest werden halve appels aan een lage snelheid tussen 2 vlakke metalen platen gedrukt, terwijl de kracht en vervorming werden opgemeten (figuur 1a). Uit deze metingen werd de stijfheid van de appels berekend. Kanzi bleek een stijvere appel te zijn dan Jona-



Figuur 1 a Compressietest en b impacttest - Bron: KU Leuven

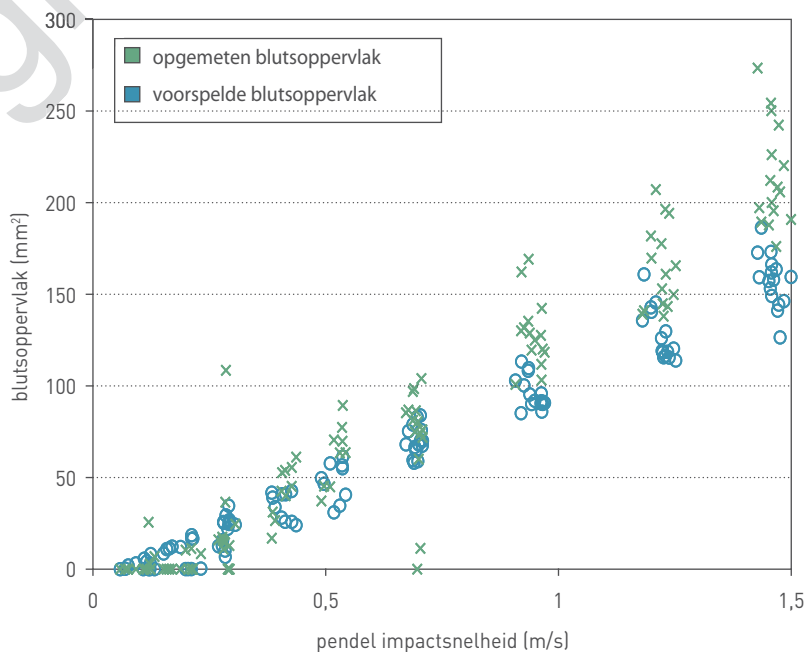


Figuur 2 Kracht-vervormingscurve opgemeten in een impacttest (zwart), gemodelleerd door het bestaande model (blauw) en met het nieuwe model (groen) - Bron: KU Leuven



Blutsschade leidt tot economische verliezen en voedselverspilling.

gold en Joly Red. In de impacttest werd een pendel gebruikt om blutsen te maken in een halve Jonagold, Joly Red en Kanzi (figuur 1b). Figuur 2 toont een kracht-
vervormingscurve die in dit experiment werd opgemeten. De groene en blauwe



Figuur 3 Opgemeten (x) en voorspelde blutsoppervlak (o) in functie van de snelheid waarmee de pendel tegen de appel botste - Bron: KU Leuven

curve geven weer hoe het nieuwe en het bestaande contactmodel de kracht tijdens de impacttest voorspellen.

Naast de kracht kan het contactmodel ook de contactdruk voorspellen. Zo wordt het mogelijk om het geblutste oppervlak te modelleren, door te veronderstellen dat schade optreedt wanneer de druk groter wordt dan een zekere kritische druk. In dit onderzoek werd de kritische druk bepaald met behulp van het model en de opgemeten kracht-vernappingscurves. Figuur 3 toont het voorspelde en opgemeten blutsoppervlak van elke halve appel in de impacttest in functie van de snelheid waarmee de pendel tegen de appel botste. Het model onderschat de schade, maar toch zijn de gemodelleerde en de gemeten schade sterk gecorreleerd. Daardoor kan het model goed het impactniveau inschatten waarboven schade begint op te treden. Een moge-

lijke verklaring voor de onderschatting zou kunnen zijn dat stoffen uit de bruinverkleuringsreacties zich verplaatsten naar het naburige onbeschadigde weefsel. Naast het modelleren van bluttschade op basis van de druk werden ook modellen opgesteld die de schade voorspellen aan de hand van maximale kracht, impactenergie en dergelijke. Een model op basis van druk is echter veel correcter aangezien het de specifieke geometrie (contactoppervlak, drukdistributie ...) van het probleem in rekening brengt. Ter verduidelijking, bijvoorbeeld een pendel met een bolvormig metalen uiteinde zal al bij een veel lagere kracht schade veroorzaken dan een pendel met een vlak rubberen uiteinde.

X-ray CT

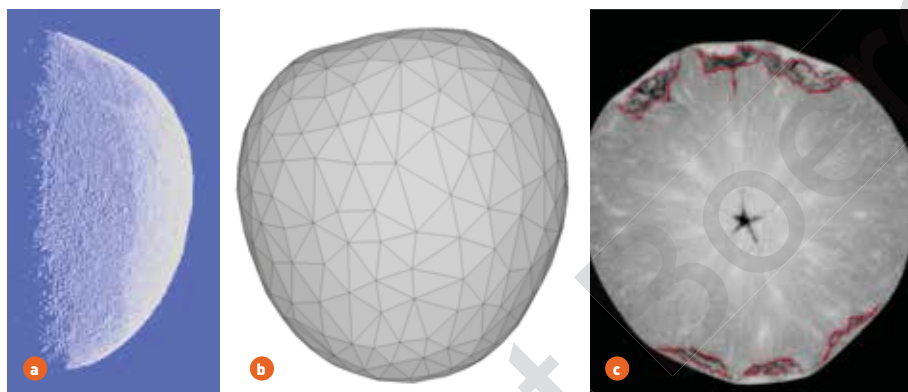
Om de simulaties extra realistisch te maken werden ook de vorm en de densi-

teit van de appels opgemeten. Daarvoor kan je gebruik maken van een 3D-laserscanner of van een X-ray CT-scanner. Figuur 4 toont een 3D-model van een appel dat werd gemaakt op basis van een X-ray CT-scan. Dezelfde X-ray CT-beelden kunnen ook worden gebruikt om blutsen te visualiseren. De scan toont dat de blutsen donkerder gekleurd zijn dan het omliggende appelweefsel en dat ze een onregelmatige vorm kunnen hebben. Elke (driedimensionale) pixel met een grijswaarde kleiner dan een automatisch berekende drempelwaarde voor grijs werd als 'geblutst' beschouwd. Aangezien het volume van elke driedimensionale pixel gekend is, konden we bijgevolg het volume van de blutsen berekenen. Dergelijke visualisatie en kwantificatie van blutsen kan, behalve voor industriële toepassing voor blutsdetectie, ook nuttig worden aangewend in verder onderzoek. In dat onderzoek wordt getracht de bluts in 3 dimensies te modelleren. In ons onderzoek werden de scans ook gebruikt om het volume van de appels te bepalen, zodat de appeldensiteit kon worden berekend. De berekende appelvolumes kwamen sterk overeen met de volumes die werden afgeleid door dezelfde appels onder te dompelen in een beker water terwijl het gewicht werd opgemeten.

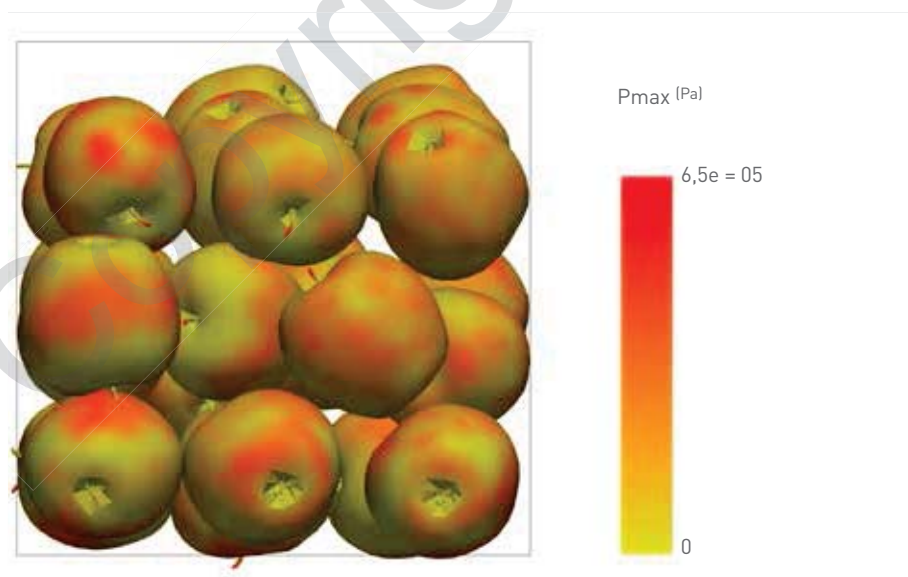
Simulaties met virtuele appels

Om de toepasbaarheid te demonstreren werden het ontwikkelde contactmodel en de opgemeten eigenschappen van de appels gebruikt in simulaties van een met appels gevulde houten kist die werd geschud. Figuur 5 toont de maximale contactdrukken die op de virtuele appels optraden. Met dergelijke simulaties kan worden bepaald bij welke schudfrequenties en amplitudes er schade optreedt. Met die kennis kan men het transport beter optimaliseren door net die schade-lijke trillingen beter te dempen. ■

Elien Diels behaalde met haar masterproef 'Modelleren van bluttschade bij appels met behulp van de discrete-elementenmethode' een master Bio-ingenieurswetenschappen aan de KU Leuven. Voor haar proef werkte ze samen met Mebios/KU Leuven en het VCBT. Herman Ramon en Wouter Saeys waren haar promotoren. Elien stuurde dit artikel in voor de Boerenbond Persprijs 2015.



Figuur 4 a Puntenwolk die het oppervlak van een halve appel beschrijft, verkregen met behulp van een 3D-laserscanner. b Oppervlakte mesh van een appel bekomen met behulp van X-ray CT-data. c X-ray CT-afbeelding van een doorsnede van een appel met blutsen aangeduid door een zwarte lijn - Bron: KU Leuven



Figuur 5 Simulatie van een schuddende doos met appels met aanduiding van de maximale druk in een kleurschaal - Bron: KU Leuven