

Wiskundigen rekenen aan industriële problemen

Schot in de zaak



Gelaagd Moderne kogelwerende vesten bestaan uit vele lagen geweven aramide-vezel. Hoe meer bewegingsenergie de kogel heeft, hoe meer lagen doorboord worden.

MIT

Kogelwerende vesten worden door de fabrikant systematisch beschoten om vast te stellen hoe veilig ze zijn. Garenfabrikant Teijin Twaron wil de resultaten in een wiskundig model gieten, zodat minder schietproeven nodig zijn. Het is één voorbeeld van de praktisch toepasbare breinbrekers tijdens de jaarlijkse 'Studiegroep Wiskunde met de Industrie'.

Jim Heirbaut

Mede-organisator van de week, prof dr Mark Peletier van de Technische Universiteit Eindhoven, haast zich te zeggen dat je eigenlijk niet van een *kogelvrij* vest mag spreken. Als de vesten voor politie, leger en particuliere beveiligingsdiensten echt geen enkele kogel zouden doorla-

ten, dan was deze opdracht er niet geweest. *Kogelwerend* dus.

Kogelwerende vesten zijn er in verschillende klassen. De lichtere laten een kogel niet afketsen, maar vangen hem op en verdelen de energie van de inslag over een grotere oppervlakte. Als

het goed is, blijft de kogel in het vest steken, wat nog niet wil zeggen dat er geen schade wordt aangericht. Aan een treffer kun je door een kogelwerend vest heen serieuze verwondingen overhouden.

Een kogelwerend vest is altijd een compromis tussen gewicht en bescher-

ming. Een centimeters dikke metalen plaat biedt prima bescherming, maar is in de praktijk van het politiewerk natuurlijk niet te hanteren. De dragers van de vesten hebben bewegingsruimte nodig en na wat langer gebruik gaat ook ventilatie een rol spelen: je moet je er geen ongeluk in zweten.

Moderne kogelwerende vesten worden meestal gemaakt van aramidevezels. Dit polymeer, in de Twaron-variant para-aramide genoemd, is licht en sterk en wordt op moleculair niveau gekenmerkt door stijve polymeerketens. Tussen de ketens zorgen waterstofbruggen voor een enorm sterke binding. Door van dit polymeer vezels te spinnen gaan de polymeerketens netjes naast elkaar liggen, zodat de waterstofbruggen optimaal werken. Twaron past de vezels ook toe in legerhelmen en de bepantsering van voertuigen en straaljagers.

Aad Schaap was de Twaron-afgevaardigde bij de wiskundeweek. “We gebruiken nu internationale standaarden om de kogelwerendheid van vesten te bepalen”, vertelt hij. “Die experimenten, waarbij we kogels met verschillende snelheden op de vesten afvuren, zijn zeer bruikbaar, maar leveren niet genoeg informatie op om de garens en daaruit gemaakte producten te verbeteren. Daarom willen we de huidige teststandaarden verbeteren en onderzoeken wij, maar ook andere garensproducenten, op dit moment verschillende analysetechnieken. Met betere wiskundige modellen kunnen we het aantal experimenten beperken. Uiteindelijk moet dit leiden tot een gemeenschappelijke werkwijze.”

Speeltuín Wiskundigen die zich een week lang mogen uitleven op allerlei praktische vragen uit de industrie. Het idee is afkomstig van prof Alan Taylor van de universiteit van Oxford, wiens vakgroep begin jaren zestig bekend stond als zeer vooruitstrevend in de toe-

gepaste wiskunde. Om meer voor de industrie te kunnen betekenen werd in 1963 voor de eerste keer een wiskundeweek gehouden. Het bleek een grandioos succes en sindsdien is het concept overgenomen door andere landen in Europa, Canada en Australië.

In Nederland wordt dit jaar voor de achtste keer een ‘Studiegroep Wiskunde met de Industrie’ gehouden. De organisatie rouleert langs de diverse universiteiten.

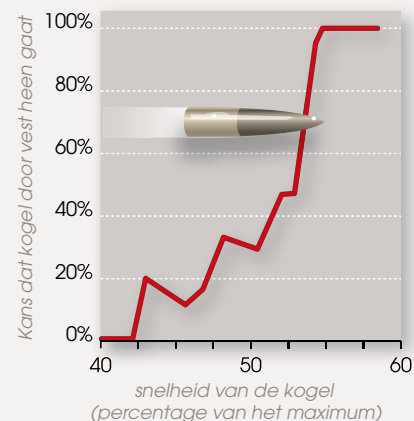
Voor bedrijven is het een buitenkansje om een week lang voor een klein bedrag te beschikken over een groep gemotiveerde wiskundigen met allerlei specialisaties. Naast een volledige of gedeeltelijke oplossing voor hun probleem, levert de week nuttige contacten met onderzoekers op. De wiskundigen, op hun beurt, leren van problemen uit de praktijk en doen zo inspiratie op voor hun eigen onderzoek en onderwijs.

Peletier: “Zet een groepje wiskundigen bij elkaar met een paar interessante problemen, en je hebt geen kind aan ze. Je hoeft ze ook echt niet aan te sporen, want het feit dat ze uitdagende problemen uit de praktijk mogen oplossen is meer dan genoeg motivatie voor ze. Ze wanen zich de hele week in een soort speeltuin.”

Op de maandag presenteren de zes bedrijven het probleem waar ze mee kampen. De zestig wiskundigen – dit jaar voornamelijk aio’s en postdocs uit Nederland en België – mogen dan in principe zelf kiezen waar zij zich op gaan storten. De eerste dag dient dus om de probleemstelling helder te krijgen. Niet altijd even eenvoudig, want soms kan het het bedrijf de zaken die de wiskundige wil weten, juist niet vertellen, of het probleem is nog te vaag geformuleerd. Na de presentaties bijt elke groep zich vast in zijn eigen probleem.

De tactiek hangt af van de grootte van de groep: kleine groepen

HOE KOGELVRIJ IS EEN VEST?



Bij schietproeven is de kans gemeten dat de kogel toch door het kogelwerende vest heen gaat. Voornaamste relevante parameter is de snelheid (dus: de bewegingsenergie) van de kogel. De penetratiekans lijkt af te nemen als de snelheid toeneemt van 42,5 tot 45,5 en van 48,5 tot 50,5, wat eigenlijk niet kan. De grafiek is namelijk gebaseerd op te weinig schietproeven, anders zou deze gladder zijn en altijd stijgend bij toenemende kogelsnelheid.

blijven vaak als een geheel fungeren, terwijl de grotere groepen de luxe hebben om zich op te splitsen en ieder verschillende invalshoeken uit te werken. “En zo af en toe heb je er een dissident tussen zitten, die zich in zijn eentje afsplitst. Tien wiskundigen hebben tien verschillende ideeën”, zegt Peletier met een glimlach. Er zijn groepen bij wie het pas in de loop van de week duidelijk wordt hoe het probleem precies in elkaar zit. Peletier: “Soms werkt een spontaan bedrijfsbezoek heel verhelderend. De wiskundigen zien dan met eigen ogen wat het bedrijf doet.” In het verleden werd zo al eens een open-hart-operatie bezocht.

Op vrijdag presenteren de groepjes hun resultaten. De afgevaardigden van de bedrijven horen de presentaties aan, die achteraf nog in rapportvorm worden overhandigd. Ook is er ruimte voor discussie.

Gaar In het team dat zich op de kogelwerende vesten heeft gestort, zitten naast wat Nederlanders ook een Rus en een Oekraïense. De woordvoerder van het



Inslag Kogels die zijn afgeschoten op een vest van geweven aramide-vezel. De vrijkomende bewegingsenergie beschadigt niet alleen de drager, maar ook de kogel.

team is een Belg, dr Roel Braekers, hoogleraar aan het Centrum voor Statistiek van de universiteit in Hasselt. “Je wordt hier toch wel een beetje gaar van, hele dagen bezig zijn met één en hetzelfde probleem”, verzucht hij. Het team is inmiddels drie volle dagen bezig en Braekers bezweert me dat het niet ophoudt bij het diner. ‘s Avonds wordt er gewoon verder gewerkt. Braekers’ specialisatie, statistiek, is bij dit onderwerp zeker nodig. “Het klinkt flauw”, zegt hij, “maar de enige snelheid waarbij het honderd procent zeker is dat de kogel niet door het vest gaat, is nul meter per seconde. Bij alle andere snelheden van de kogel moet je het doen met een bepaalde kans.”

Twee bijzondere waarden voor de fabrikant zijn de snelheid waarbij vijftig procent van de kogels het vest doorboort (v_{50}) en de snelheid waarbij slechts 0,1 procent dat doet (v_{01}), één op de duizend kogels dus. Met deze gegevens kunnen vesten in diverse klassen worden ingedeeld, een belangrijk gegeven voor de verkoop.

Twaron weet van tevoren niet waar die v_{50} ligt, maar vuurt min of meer op de gok kogels met verschillende snelheden af op een vest en noteert of deze er wel of niet doorheen gaan. De uitslag is dus een binair gegeven: één of

nul. Braekers: “Ik kan me situaties indenken waarbij een kogel half door het vest gaat en bij wijze van spreken op laagje zes van de vijftien blijft hangen. Maar die gevallen neemt Twaron niet mee bij de experimenten en daarom hoeven we ons daar niet druk om te maken. Het vest is doorboord of niet.” Dit levert een voorlopig grafiekje op met de *perforation probability*, de kans dat het vest doorboord wordt.

Nu is het zaak om uit de gemeten data zoveel mogelijk informatie te peuten. Dit kan door een wiskundig model op te stellen dat de data uit de experimenten zo goed mogelijk beschrijft. Uit de data is gebleken dat alleen de snelheid waarmee de kogel de loop verlaat als parameter in het model meegenomen hoeft te worden. Overigens blijkt die snelheid per afgevuurde kogel iets te variëren, ook als type wapen en munitie hetzelfde zijn, omdat elke huls een iets andere hoeveelheid kruit bevat. Andere invloeden, zoals de locatie waar het vest wordt geraakt, zijn verwaarloosbaar. Een goed model voorspelt dus nauwkeurig de kans dat een kogel, afgevuurd met een zekere snelheid, het vest doorboort.

Tijdens de week bleek dat het bepalen van v_{50} geen probleem is. Rond die snelheid zijn veel schietproeven gedaan, dus zijn meer dan voldoende

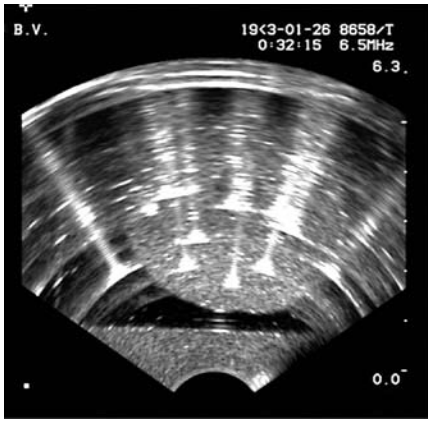
meetpunten voorhanden. Het leggen van een model over de gemeten grafiek levert zo een voldoende nauwkeurige v_{50} op.

De v_{01} bepalen is veel moeilijker. Deze zou experimenteel te bepalen zijn door duizenden vesten met duizenden kogels bij lage snelheden te beschieten, maar dit is veel te duur en onpraktisch. In feite zijn bij deze lage kogelsnelheden zelfs helemaal geen metingen gedaan en moeten de wiskundigen dus *extrapoleren*: op basis van de andere meetpunten het model slim doortrekken. “Statistiekers extrapoleren niet graag”, legt Vlaming Braekers uit, “want dan stijgt de onbetrouwbaarheid exponentieel. Het liefst zouden we zien dat Teijin Twaron ook bij lagere snelheden ging meten.” Schaap van Teijin Twaron: “We willen niet lager gaan dan bepaalde snelheden, omdat we weten dat daaronder vrijwel alle kogels door het vest worden tegengehouden.” Toch wacht Schaap graag nog de uiteindelijke rapportage af van het team wiskundigen. “Eventueel gaan we aan de hand daarvan de experimenten aanpassen.”

Informatie

De studiegroep wiskunde wordt volgend jaar van 29 januari tot en met 2 februari gehouden aan de Universiteit Utrecht.

Over de studiegroep dit jaar: www.win.tue.nl/swi2006/



Heet van de naald Ultrageluid-foto ('echo') van radioactieve naalden die ter behandeling van kanker in de prostaat gestoken zijn. De wiskundigen bedachten een beeldbewerkingsprocedure om de foto duidelijker te maken.

Special effects

FIREWALL

FEBRUARY 10, 2006

Films wetenschappelijk bekeken

Digitale magiërs

Wanneer Hollywood zich waagt aan films met een digitaal onderwerp, is dat vanuit technisch oogpunt niet altijd een even groot succes. Hackers die als ware magiërs met enkele toetsaanslagen complete netwerken platleggen, zijn meer fictie dan feit. De ervaren kijker zal dan ook met achterdocht een film als *Firewall* bekijken, waarin een standaard thrillerplot met een digitaal sausje overgoten wordt.

In de film wordt een beveiligingsexpert (Harrison Ford) door de ontvoering van zijn familie gedwongen geld te stelen. Daarvoor moet hij de digitale beveiliging bij zijn bank omzeilen. Dat is echter nog niet zo makkelijk. "Onze ervaring leert dat je altijd wel ergens (digitale) sporen nalaat", vertelt Matthijs van der Wel van digitaal recherchebureau Fox-IT.

De misdadigers in de film doen er dan ook veel aan om hun sporen uit te wissen, waarmee *Firewall* realistischer is dan voorgangers als *The Net of Hackers*. Op zeker moment wissen ze zelfs alle gegevens op het bedrijfsnetwerk, simpelweg door een programma te openen. Van der Wel heeft zo zijn twijfels: "Een programmaatje dat in één keer alle data wist? Dat lijkt me onwaarschijnlijk. Bovendien heeft een bedrijf als het goed is een back-up van al haar data." Nog onwaarschijnlijker is, dat de misdadigers zich dat niet gerealliseerd hebben. Zoals zo vaak, lijken de scriptschrijvers de grootste naïevelingen van de film. ■

George van Hal

Roddelende detectoren De studiegroep kon dit jaar kiezen uit zes problemen. Eén daarvan was het waarschuwingssysteem voor bosbranden van IT-bedrijf Chess. Dat bestaat uit een groot aantal goedkope sensoren die onderling draadloos communiceren. Deze apparaatjes slaan regelmatig de temperatuur op in hun geheugen. Vervolgens geeft elke sensor zijn geheugeninhoud door aan zijn burens. Vandaar dat de opdracht de naam 'roddelende detectoren' meekreeg. Op deze manier moet een bosbrand ontdekt worden en binnen afzienbare tijd gemeld aan een basisstation. Chess vroeg zich af wat de kans is dat een melding het basisstation bereikt. Lukt dat altijd, en zo ja, hoe lang duurt dat? Immers, een bosbrand kan zich snel en grillig verspreiden en vernietigt de sensoren in dat gebied.

Het bedrijf had, kortom, behoefte aan een goed wiskundig model van het proces. Door dit op te stellen en op basis daarvan een reeks simulaties door te rekenen, konden de wiskundigen een aantal bruikbare uitspraken doen. Zo bleek het geheugen niet al te groot te hoeven zijn bij een tweedimensionaal raster van detectoren, om tóch de bosbrand binnen afzienbare tijd bij het basisstation te kunnen melden. Uit de simulaties bleek dat het slim is om de sensoren met twee burens tegelijk te laten praten, want dan werkt het systeem veel sneller. Ook is het nuttig om rond het basisstation de dichtheid aan sensoren hoger te maken dan in de buitengebieden.

Een ander probleem ging over beeldbewerking. Het bedrijf Nucletron behandelt mannen met prostaatkanker. Daartoe worden in de prostaat een aantal naalden aangebracht, die radioactieve deeltjes bevatten waarmee de prostaat van binnenuit wordt bestraald. Om dat op een gelijkmatige manier te doen, moeten de naalden zo goed mogelijk verdeeld over de prostaat worden geplaatst. De naalden kunnen bij het aanbrengen echter afbuigen en daarom wordt het proces van het aanbrengen van de naalden gemonitord met ultrageluid. Probleem is alleen dat de beelden nogal slecht zijn. Er is veel ruis en de naalden geven in beeld een soort schaduwen, waardoor alleen getrainde mensen kunnen inschatten waar de naalden zich precies bevinden. De groep wiskundigen heeft dit met een drietal bewerkingen opgelost. Om te beginnen is een overstap gemaakt naar cirkelvormige coördinaten, zodat alle naalden parallel worden afgebeeld. Om de ruis te verminderen is een wiskundige bewerking op de data toegepast, een Fouriertransformatie, zodat de informatie gescheiden kon worden van de ruis. De ruis is vervolgens van het signaal afgetrokken, waarna een omgekeerde Fouriertransformatie een sterk verbeterd beeld opleverde. Tenslotte is het plaatje duidelijker gemaakt door alles onder een bepaalde grijswaarde-drempel wit te maken en de rest zwart. Daardoor komen de naalden scherper naar voren op de afbeeldingen. ■