Hoofdstuk 4

Tulpen op topsnelheid

> De wiskundigen van de Studiegroep Wiskunde met de Industrie ontwikkelden een applicatie voor bollenbedrijf Hobaho, waarmee het bedrijf inzicht krijgt in de kosten van het verkorten van de kweektijd van nieuw rassen. "Ik was zelf al eens begonnen in Excel, maar daar liep ik in vast", bekent Anita de Haan van Hobaho. "Dus ja, ik ben blij."

Bollenveredelaars ontwikkelen nieuwe bollensoorten, die niet alleen mooier zijn dan hun voorgangers, maar ook beter tegen ziekten kunnen. De bollenkweek kan dan met minder bestrijdingsmiddelen toe. Omdat veredelaars deze sterke bollen graag snel op de markt willen, proberen ze de tijd te verkorten die het kost om een nieuw ras te ontwikkelen. Hobaho, onderdeel van Dümmen Orange, is een bollenbedrijf dat werkt aan het verkorten van de kweektijd van tulpen, en andere bollen.

Het kweken van nieuwe tulpenrassen vraagt geduld, veel geduld. "Vroeger was dat iets wat tulpenkwekers er bij deden. Een stukje van hun grond gebruikten ze voor het kweken van nieuwe rassen. Als dat goed lukte, dan was dat hun pensioen", vertelt Anita de Haan, directeur veredeling van Hobaho. Een nieuw tulpenras ontwikkelen kost ongeveer 20 jaar. Het duurt namelijk alleen al vijf jaar voordat een tulp is uitgegroeid van het gekruiste zaadje tot volwassen bol. En dat is er dan pas één. Voordat die bol is opgekweekt tot een commerciële hoeveelheid bollen, zijn er weer jaren voorbij. Tulpen vermenigvuldigen zich namelijk niet zo snel: in het veld levert een bol per jaar gemiddeld $2,5$ dochterbollen op. Ter vergelijk, bij de kelkvormige bloem calla is dat 20 bollen per jaar.

Bij het ontwikkelen van nieuwe tulpenrassen begint Hobaho met duizenden verschillende bollen, allemaal nieuwe kruisingen die vanuit zaad zijn opgekweekt. Daarna begint de grote afvalrace: van die duizenden soorten halen er slechts een paar de eindstreep. De rest blijkt ongeschikt bij drie tussentijdse testen, waarbij wordt gekeken naar het uiterlijk van de tulp, maar ook naar kwaliteiten als ziekteresistentie. De Haan vertelt dat een goede ziekteresistentie van de bollen steeds belangrijker wordt:

Figuur 4.1: Tulpen. Foto: Hobaho

"Het gebruik van bestrijdingsmiddelen bij de teelt wordt aan banden gelegd. Dan is het belangrijk dat je sterke bollen hebt." Er zijn mogelijkheden om het kweekproces te versnellen, vertelt De Haan: "We ontwikkelen de mogelijkheid om de bollen in vitro te vermenigvuldigen in plaats van in het veld. Je kan dan sneller vermenigvuldigen."

In vitro is een kweektechniek, waarbij een plant wordt opgesplitst in kleine stukjes, die daarna weer uitgroeien tot volwassen planten. "Bij hyacint gebruiken we de steel, bij lelies worden schubben van de bol gebruikt. Bij tulpen is de techniek nog geen routine. Daar onderzoeken we de mogelijkheden, van bol tot plant", aldus De Haan. In acht weken tijd ontstaan zo vijftien nieuwe plantjes. Die kunnen na wat groeien weer worden gesplitst, of in vijf jaar uitgroeien tot volwassen bollen. De Haan: "Dankzij in vitro-kweken heb je sneller een groter aantal bollen, maar er hangt wél een prijskaartje aan." Hobaho vraagt de wiskundigen van de Studiegroep Wiskunde met de Industrie om mee te denken over een beslismodel: wanneer is kweek in het veld het beste, wanneer in vitro? En wat zijn dan de bijbehorende meerkosten? En wanneer kan je je voorraad het beste testen? De Haan: "Het nemen van dit soort beslissingen willen we graag met goede rekenmodellen onderbouwen." Reden om de wiskunde om hulp te vragen.

Het is een overzichtelijk probleem, zo op het oog. "Dat dachten wij ook", lacht wiskundige Mark van den Bergh van de Universiteit Leiden, die aan deze vraag werkte. "Vooral omdat de vraag zo duidelijk geformuleerd is. Maar het was niet zo simpel als gedacht. Wat het lastiger maakt is het aantal scenario's. Je hoeft namelijk niet met alle bollen hetzelfde te doen. Je moet ieder jaar beslissen welk deel je test, welk deel je in het veld opkweekt en welk deel je gebruikt om in vitro te splitsen. Dat maakt het aantal scenario's onhandig groot." De groep bewandelde tijdens de week drie

paden, waarvan er één tot een mooi eindresultaat leidde: een computerprogramma waarmee Hobaho op ieder moment de tijdwinst en meerkosten kan berekenen van in vitro doorkweken.

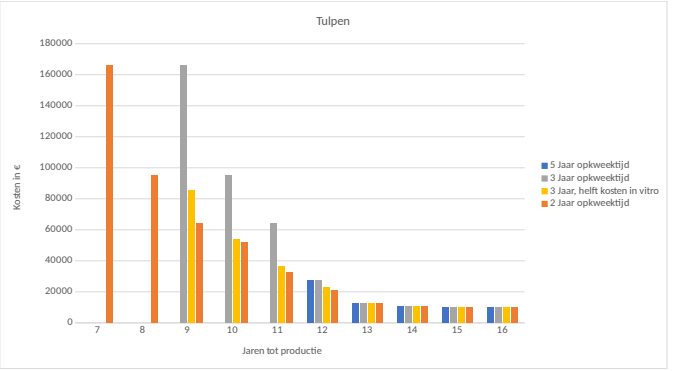
Om het probleem goed in de vingers te krijgen, begonnen de wiskundigen rechttoe, rechtaan, met een beslisboom. “We begonnen met het versimpelde geval dat we voor de hele lading bollen dezelfde beslissing namen. Je hebt dan ieder jaar een keuze, in vitro of in vivo. Daarna wilden we dat verder splitsen, zodat je ook kon kiezen om een kwart of de helft in vitro te doen.” Ook hield de groep rekening met de testen die tussentijds gebeuren. Toch liep deze aanpak al snel dood. Het probleem was de diepte van de boom, vertelt Van den Bergh. “De boom is vrij diep, 15 tot 20 jaar betekent ook 15 tot 20 stappen. Het aantal opties loopt dan uit te klauwen zodra je gaat differentiëren. Stel dat je uitbreidt van twee naar drie keuzes per jaar, dan neemt het aantal scenario’s bij 15 jaar toe van 215 naar 315.”

De groep koos daarom een nieuwe aanpak, dynamisch programmeren. Dat is een veelgebruikte aanpak bij optimalisatievragen. De wiskundigen werken dan eigenlijk achteruit, door de vraag te stellen op welke manieren je kan komen tot de 100.000 bollen die je aan het eind moet hebben. Van den Bergh: “Je bouwt een database op van de mogelijke scenario’s.” Maar ook deze methode bleek niet geschikt voor het tulpenprobleem. “We worstelden ermee dat we twee optimalisatie-eisen hadden. Het kweken moest zo snel mogelijk, maar ook zo goedkoop mogelijk.” De methode had goed gewerkt als er voor één van die twee zou moeten worden geoptimaliseerd. “Dan zou je denken, tijd is toch geld - waarom zet je gewonnen tijd niet gewoon om in geld?”, zegt Van den Bergh. “Maar zo simpel bleek dat niet te zijn. Hobaho heeft namelijk goed inzicht in de kosten van de kweek, maar kan niet zo hard zeggen hoeveel je wint met vervroegde marktintroductie.” En daarmee liep ook het tweede pad, dynamisch programmeren, dood.

Dus stapten de wiskundigen over op grof geschut: lineair programmeren. “Daarbij minimaliseer je de kostenfunctie onder lineaire voorwaarden. In dit probleem zijn die voorwaarden bijvoorbeeld dat het 5 jaar duurt om een bol op te kweken, dat er drie testen zijn die ieder één jaar duren en die een aantal bollen kosten, dat iedere bol zoveel nakomelingen krijgt”, vertelt Van den Bergh. Het voordeel van deze methode is dat het probleem snel oplosbaar is, zelfs onder een grote set voorwaarden. “Het werkt heel goed. Nadeel is dat je minder inzicht hebt in het probleem.”

Niet-geheeltallige problemen zijn met lineair programmeren sneller op te lossen dan geheeltallige problemen. Van den Bergh: “Helaas was ons probleem geheeltallig; je hebt geen halve tulpenbollen”. Toch begonnen de wiskundigen met een niet-geheeltallige benadering. “Dat gaf ons een ondergrens voor de kweekkosten, die we weer konden invoeren in de niet-geheeltallige oplossing. Zo konden we de rekentijd verkortten van de niet-geheeltallige berekeningen.”

De gekozen methode leent zich niet voor het tegelijkertijd optimaliseren van tijd en kosten. Dus stelden de wiskundigen steeds eerst een tijdshorizon vast, bijvoorbeeld 15 jaar, om daarna te bekijken wat dan de goedkoopste strategie was om de bollen



Figuur 4.2: De kosten van de goedkoopste strategie om binnen een gegeven aantal jaren een nieuwe tulpensoort op de markt te brengen. Deze kosten hangen sterk af van de tijd die het kost om een plantje uit het laboratorium tot volwassen bol te laten uitgroeien (5 jaar in blauw, 3 jaar in grijs, 2 jaar in oranje). Te zien is dat een kortere 'opkweektijd' aanzienlijk in de kosten zou schelen; dit is iets waar Hobaho dan ook onderzoek naar doet. In geel is te zien wat het effect is van een halvering van de kosten voor vitro-kweek.

in die tijd te kweken. "Zoals verwacht nemen de kosten af bij een langere kweekduur. Maar wat de kostengrafiek interessant maakt, zijn de sprongen die erin zitten. Die ontstaan doordat je soms een grens overgaat, bijvoorbeeld wanneer het mogelijk wordt om de bollen twee keer op te kweken." Het moment van testen speelt een belangrijke rol in de kosten. Het scheelt flink wanneer niet alle testen op alle bollen uitgevoerd hoeven worden. Tulpen moeten drie testen ondergaan, één voor uiterlijk en twee voor resistentie. Om te kunnen testen zijn meerdere bollen nodig, dus testen kan niet meteen in het eerste jaar. Bij elke test valt ongeveer 90 procent van je populatie af. Door een test gaat dus een deel van de opgekweekte voorraad verloren. De testen, die een jaar kosten, zijn gelukkig onafhankelijk van elkaar uit te voeren. Van den Bergh: "Na een eerste test houd je nog maar 10 procent van je populatie over, dus je hoeft veel minder bollen op te kweken voor de daaropvolgende testen. Je kan dus kiezen voor een eerste, goedkope, ronde in het veld, en een tweede, dure, in vitro."

Uit de resultaten bleek dat de kweekduur met vijf jaar te verkorten is bij anderhalf keer hogere kosten. Van den Bergh: "Wat ook bleek, is dat het enorm zou schelen als de bollen niet in vijf, maar in vier jaar opgekweekt zouden kunnen worden. De biologen van Hobaho proberen dat te bereiken, en als dat lukt, zou dat echt enorm schelen."

Nu ze de juiste methode te pakken hadden, konden de wiskundigen beginnen aan een

programma voor Hobaho. Ze maakten een interface waarmee Hobaho per jaar de beste strategie kan bepalen. Van den Bergh: “Het is essentieel dat je de strategie onderweg aan kan passen. Je hebt immers goede en slechte jaren, dat moet je mee kunnen nemen.” Het bollenbedrijf kan nu ieder jaar invullen hoeveel bollen er daadwerkelijk zijn om mee door te kweken. De Haan: “Heel praktisch, en precies wat we wilden.” Het programma leent zich ook voor andere bolsoorten. Het enige nadeel vindt De Haan nog dat het programma draait op software die het bedrijf niet in huis heeft: “Maar daar vinden we nog wel wat op.”

Van den Bergh zelf is ook tevreden over het resultaat. “Dit is wat we in een week konden doen.” Als hij meer tijd had gehad, was hij graag nog verder gegaan met het aantal testen. “Ons programma gaat nu uit van maximaal vier testen. Om het probleem lineair te houden, moet je vooraf bepalen wanneer je die doet. Dat wil je eigenlijk niet, je wilt ook onderweg de testdata bij kunnen stellen. Dat hebben we tot drie testen opgelost door alle mogelijke testmomenten gewoon stug door te rekenen. Bij de vierde test hebben we de mogelijke testmomenten wat beperkt, anders was het te zwaar geworden.” Stug doorrekenen is niet zo elegant, vindt de wiskundige. “We zijn nu eigenlijk gered door het feit dat we normaalgesproken ‘slechts’ drie testen hoefden te doen”, lacht Van den Bergh. Wat maakt het uit, aldus De Haan: “Wij hebben normaal maar drie testen, dus we hebben hier genoeg aan. Ons gaat het erom dat het werkt.”

Voor Van den Bergh is het leuk te zien, dat een bedrijf aan de slag kan met ‘zijn’ wiskunde. Ook De Haan kijkt tevreden terug: “Ik merkte dat ik er alleen al van leerde door het probleem goed te bespreken. En de frisse blik is ook prettig. Zo werken wij altijd in jaren, terwijl de wiskundigen in weken dachten. En bij in vitro kweek kan dat natuurlijk ook.” Als dank-je-wel beloonde ze de wiskundigen gepast: met een bos bloemen.

Team Hobaho

Han Hoogeveen (Universiteit Utrecht)[1], Roel van den Broek[1], Mark van de Bergh (Universiteit Leiden)