Wim Caspers
Lyceum Ypenburg, Den Haag, en
Faculteit EWI en Lerarenopleiding, TU Delft
w.t.m.caspers@tudelft.nl

Mark Timmer
Twents Carmel College, Oldenzaal, en
ELAN, Vakgroep Docentontwikkeling, UT
m.timmer@utwente.nl

Onderwijs Bespreking eindexamens nieuwe stijl

Op zoek naar denkactiviteiten

Het huidige wiskundecurriculum voor havo en vwo startte per september 2015 in de vierde klassen [1]. Vorig jaar werd de eerste lichting havo-leerlingen geconfronteerd met een eindexamen over dit nieuwe programma, en enkele maanden geleden was het vwo aan de beurt. Wim Caspers en Mark Timmer, beiden vakdidacticus en docent wiskunde, bekijken wat het nieuwe curriculum dit examenjaar heeft opgeleverd, met veel aandacht voor het eindexamen wiskunde B op het vwo.

Met de invoering van de nieuwe examenprogramma's hebben alle wiskundevakken van de havo en het vwo aanzienlijke wijzigingen doorgemaakt. Afgelopen schooljaar maakten voor het eerst op grote schaal de eindexamenkandidaten van het vwo een examen nieuwe stijl. Op kleinere schaal werd er al jaren op pilotscholen geëxperimenteerd met het nieuwe programma en er werd ook al getoetst door middel van pilotexamens, die gewoon voor iedereen toegankelijk zijn op www.examenblad.nl. Op die manier kregen zowel leerlingen als docenten een indicatie van wat er van de nieuwe examens in 2018 verwacht kon worden. Voor de havo was het examen in 2017 al het eerste grootschalige examen nieuwe stijl. We illustreren per schoolvak hoe de wijzigingen tot nu toe zichtbaar zijn geworden (we laten het vak wiskunde D buiten beschouwing, aangezien dit vak geen centraal examen kent). Daarbij bekijken we wiskunde B op het vwo wat nauwkeuriger.

Havo wiskunde A

Op de havo zijn lineaire en exponentiële verbanden nog steeds belangrijke onderwerpen van wiskunde A. Kansrekening, voorheen toch een groot onderdeel van het programma, is volledig verdwenen. Hiervoor in de plaats is statistiek gekomen, evenals meer aandacht voor rekenregels en algebraïsche vaardigheden.

Leerlingen werden in het afgelopen examen bijvoorbeeld gevraagd om de formule $I_C = (216 - 2{,}84V + 1{,}12T) \cdot 0{,}97^V$ te herleiden naar de vorm $I_C = a \cdot T + b$ in geval dat $V = 0{,}43$. Een exercitie die wiskundig wellicht niet bijster interessant is, maar voor menig leerling bij havo wiskunde A toch een struikelblok kan vormen. Dergelijke opgaven kwamen voorheen ook al in beperkte mate in examens voor (meestal één per examen), maar nu lijken ze wat vaker te verschijnen.

Qua statistiek gaat het niet meer om het uitrekenen van een gemiddelde of mediaan, of om het tekenen van een histogram of boxplot, maar om het *redeneren* op basis van dergelijke informatie en het doen van statistische uitspraken. Zo kregen leerlingen in de opgave 'Lunchen' van het examen 2018 informatie over een onderzoek in de Verenigde Staten waarbij gekeken werd naar de hoeveelheden kilocalorieën die besteld werden door consumenten die in hun lunchpauze ergens gaan eten. Hiertoe werden in New York bij 167 willekeurig gekozen lunchrestaurants met calorie-informatie op hun website rond lunchtijd kassabonnetjes van klanten ingenomen. Leerlingen werd gevraagd om na te denken over waarom de uitspraak "Veel volwassenen nuttigen bij de lunch meer dan de aanbevolen hoeveelheid kcal" te algemeen is. Gedacht kan daarbij worden aan antwoorden zoals dat er alleen in New York gekeken is, dat er alleen is gekeken naar restaurants met calorie-informatie op hun website en dat er alleen is gekeken naar consumenten die hun lunch bij een restaurant halen.

Ook moesten leerlingen aan de slag met een relatieve cumulatieve frequentiepolygoon (waarbij op basis van bepaalde gegevens bepaald moest worden bij welk type restaurant deze hoorde) en werd hen gevraagd om "met behulp van het formuleblad" te bepalen of het lezen van calorie-informatie effect heeft op de hoeveelheid calorieën in de bestelling. Dit genoemde formuleblad bevat enkele methoden om te bepalen of er verschil is tussen twee groepen: de *phi-coëfficiënt* (een speciaal geval van de correlatiecoëfficiënt van Pearson), het *"maximaal verschil in cumulatief percentage"* (waarbij gekeken wordt naar de maximale verticale afstand tussen twee cumulatieve frequentiepolygonen), de *effectgrootte* (het verschil tussen twee gemiddelden uitgedrukt in aantal standaardafwijkingen) en de *boxplot-vergelijking* (waarbij gekeken wordt naar de ligging van de boxen en de medianen). De examens, evenals eerdere pilotexamens, bevatten steevast opgaven waarin enkele gegevens verstrekt worden en leerlingen de juiste maat van het formuleblad moeten gebruiken. Het is de vraag in welke mate dit daadwerkelijk inzicht oplevert; voor velen zal het een kwestie zijn van pattern matching en invullen.

In het examen wiskunde A worden alle vragen binnen een context gesteld. Zo kregen de kandidaten in 2018 naast de genoemde restaurants te maken met brandgevaar, hemoglobinegehalte, aardbevingen, de BMR en de ecologische voetafdruk. Om de deelvragen eenduidig te stellen zonder de context onrecht aan te doen moeten de examenmakers nogal wat moeite doen, wat resulteert in lange stukken tekst waaruit kandidaten informatie opdiepen om vervolgens hun standaardberekeningen uit te voeren. Elke zin in de opdrachten staat er met reden, maar aan de kandidaten zullen de subtiliteiten vermoedelijk voorbijgaan.

Al met al is het de vraag of het doel van de herziening bij wiskunde A — leerlingen een kritischere houding aanmeten en beter voorbereiden op de statistiek van vervolgopleidingen — met dit programma en bijbehorende examens volledig behaald wordt. Het lijkt wat geforceerd om met onderwerpen uit de statistiek bezig te zijn, zoals de vuistregels van de normale verdeling en het bepalen van betrouwbaarheidsintervallen, zonder dat leerlingen ook maar enige ervaring hebben opgedaan met kansrekening. Het hangt natuurlijk ook af van de manier waarop scholen het schoolexamen inrichten (met daarin bijvoorbeeld het onderwerp 'Statistiek met ICT'). Het is spijtig dat er geen tijd is om een betere basis te leggen alvorens geavanceerdere onderwerpen uit de statistiek behandeld moeten worden.

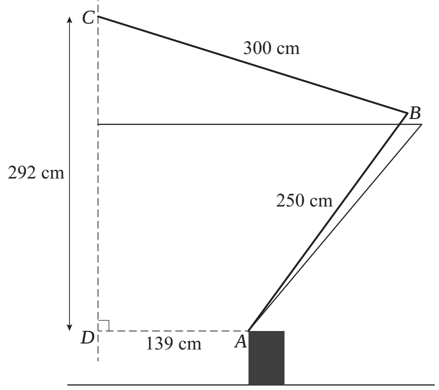
Havo wiskunde B

Bij havo wiskunde B zit de grootste wijziging in de meetkunde: ruimtemeetkunde heeft plaatsgemaakt voor analytische meetkunde. Geen aanzichten, uitslagen of doorsneden meer, en geen inhoud van afgeknotte piramides of cilinders. Leerlingen mogen nu aan de slag met afstanden en hoeken in het platte vlak en algebraïsche meetkundige methoden.

Een typische opgave uit de nieuwe domeinen in het eindexamen van 2018 betreft het deeldomein 'Algebraïsche methoden'. Het is een volledig contextvrije opgave waarin leerlingen gevraagd wordt te bewijzen dat de afstand tussen de lijn $l\colon y=\frac{3}{4}x+\frac{11}{4}$ en het punt $P(6,1)$ gelijk is aan 5. Voor leerlingen recht-toe-recht-aan, waarbij het niet duidelijk is waarom de uitkomst al gegeven wordt in deze opgave of waarom l niet gegeven wordt door $l\colon -3x+4y=11$.

Ook mochten leerlingen aan de slag met een cirkelvergelijking van een cirkel met middelpunt M (te vinden via kwadraatafsplitsen) om het verschil uit te rekenen van de afstand van M tot de x-as en de afstand van $P(6,1)$ tot M. Vreemd genoeg werd vooraf al vermeld dat de afstand van P tot de cirkel ook 5 is.

Ook nieuw was het toepassen van hulpmiddelen zoals de sinus- en cosinusregel en/of de stelling van Pythagoras (deeldomein 'Afstanden en hoeken in concrete situaties'). In het afgelopen examen werd dit onderwerp geëxamineerd in een opgave waarin de draagarmen van een hoogwerker vereenvoudigd zijn weergegeven (zie Figuur 1). De vraag was om het verschil te bepalen tussen hoek B in twee gegeven situaties, waarbij vooraf al gegeven was dat deze hoek $50°$ is in het geval dat de langste arm horizontaal is. De hoop is



Figuur 1 Plaatje uit het examen havo wiskunde B 2018.

dat leerlingen bij een rechte hoek al snel denken aan Pythagoras (en dus de benodigde hulplijn AC tekenen), en daarna goed getraind zijn om bij een driehoek met alle zijden gegeven de cosinusregel aan te roepen.

Vwo wiskunde A

Ook op het vwo heeft wiskunde A een aanzienlijke verandering ondergaan. Waar voorheen een groot deel van het examen bestond uit kansrekening (waaronder het gebruik van de binomiale en normale verdeling) en hypothesetoetsen, bevatten de nieuwe centrale examens niets meer van dat alles. Ook statistiek, nog wel onderdeel van de examens bij havo wiskunde A, maakt geen onderdeel meer uit van het centrale examen op het vwo. Overigens worden kansen en kansverdelingen, evenals verklarende statistiek, nog wel getoetst in het schoolexamen. Daarbij is er in vergelijking tot vroeger meer aandacht voor het gebruik van ICT en aspecten rondom probleemstelling en onderzoeksontwerp.

Het centrale examen bevat dus uitsluitend algebra en analyse, en een heel klein beetje combinatoriek. Nieuw in het examen zijn rijen en reeksen (nuttig ter voorbereiding op economische studies), evenals het gebruik van sinusoïden voor het beschrijven van praktische fenomenen (wellicht minder nuttig voor de gemiddelde A-leerling). Ook de e-macht en natuurlijke logaritme met hun afgeleiden zijn van de partij, maar kwamen dit jaar nog niet erg goed uit de verf in het examen.

Bij een zekere opgave wordt de zogeheten 'Shannon-index' gegeven als $H=-(p_1\ln(p_1)+p_2\ln(p_2))$. Leerlingen moeten voor een toepassing omtrent de diversiteit van een bosgebied, gegeven waarden voor p_1 en p_2, deze waarden invullen en de resulterende uitkomsten vergelijken. Geen enkele kennis van de natuurlijke logaritme is nodig om deze opgave te maken, afgezien van de positie van de bijbehorende knop op de grafische rekenmachine. Vervolgens wordt vereenvoudigd tot de formule $H=-(p\ln(p)+(1-p)\ln(1-p))$ en moeten leerlingen onderzoeken tot welke waarde H nadert als p naar 0 daalt. Een schets en bijbehorende conclusie voldoen; ook hier is dus geen specifieke kennis nodig. Als vervolgens moet worden bepaald voor welke waarde van p de Shannon-index maximaal is, wordt de afgeleide al gegeven — en dat terwijl het bepalen van de afgeleide van e-machten en natuurlijke logaritmen nu juist sinds dit jaar bevraagd zou kunnen worden.

De goniometrische functies kwamen afgelopen jaar aan de orde in het centraal examen in de opgave 'Jaarringen', waarin de groeisnelheid van een boom gemodelleerd werd met een sinusoïde. De leerlingen werden uitgenodigd om aan de hand van gegeven eigenschappen over maximale en minimale groei en periodiciteit de groeifunctie G te schrijven in de vorm $G = a + b\sin(c(t-d))$.

Vwo wiskunde C

Waar bij wiskunde A differentiëren, e en de natuurlijke logaritme en goniometrische functies op het programma staan, kent wiskunde C twee eigen domeinen: 'Vorm en ruimte' en 'Logisch redeneren'. In de pilotexamens die afgelopen jaren werden afgenomen, leek het voor examenmakers nog wel eens zoeken naar deugdelijke opgaven over beide onderwerpen. In het eerste echte examen was het onderwerp van de opgave over vorm en ruimte een schilderij van Francis Bacon (zie Figuur 2). Het perspectief in het schilderij lijkt, uitgaande van een balkvormige ruimte, niet te kloppen. Dus was de opdracht om op een juiste manier een perspectieftekening van de situatie af te maken en de plek aan te geven van de figuur op een afstand van de halve diepte van de ruimte in diezelfde perspectieftekening.

Het domein 'Logisch redeneren' kwam aan de orde in de opgave over varianten van het cyrillische alfabet in Servië, Bulgarije en Rusland. Aan de hand van mededelingen zoals "Er zijn drie letters die alleen in Rusland voorkomen" en "Van de 39 verschillende letters komen er 24 voor in alle drie de landen" diende beredeneerd te worden hoeveel letters het Servische alfabet heeft. Vervolgens werden het Griekse, Russische en Latijnse alfabet vergeleken. Gegeven de alfabetten was de vraag onder meer voor welke letters geldt $G \wedge L \wedge \neg A$, waarbij A betekent dat de letter in alle drie de alfabetten voor komt.

Figuur 2 Plaatje uit het examen vwo wiskunde C 2018.

De twee genoemde opgaven toetsen de examenstof van beide domeinen, maar of ze illustratief zijn voor de oorspronkelijke bedoeling van het vernieuwde wiskunde C-programma is de vraag. De vorm en ruimte-opdracht is een bescheiden uitbreiding van hetgeen er in de onderbouw bij tekenen al is geleerd en het logisch redeneren ontstijgt nauwelijks het oplossen van een raadsel, met een erg klein begin van formeel redeneren. Opvallend is verder dat nogal wat wiskunde C-opgaven een kunstwerk als context met zich meedragen. Dat daarmee aansluiting wordt gevonden met de belangstelling van de leerlingen is niet vanzelfsprekend. Aan het kiezen voor het profiel 'Cultuur en maatschappij' willen ook nog wel eens andere redenen ten grondslag liggen dan belangstelling voor kunst. De bedoeling van het vak is ook om gericht voor te bereiden op studies als rechten. In de praktijk kiezen leerlingen toch vaak voor wiskunde A omdat dat vak toegang geeft tot meer studies.

Vwo wiskunde B

Nieuw in het curriculum van vwo wiskunde B zijn limieten en continuïteit, en meer nadruk op de absolute-waardefunctie en de inverse functie. Net als bij de havo zit het grootste verschil hem in de meetkunde. Waar tot voorheen nog altijd uitgebreid aan bewijzen in de vlakke meetkunde werd gedaan, ligt de focus van het nieuwe programma op de *analytische meetkunde*. Leerlingen gaan aan de slag met vergelijkingen voor cirkels en lijnen, bepalen afstanden tussen punten, lijnen en cirkels, onderzoeken loodrechte stand, leren over vectoren, het inproduct en zwaartepunten, en gebruiken de sinus- en de cosinusregel. Bovendien behoren parameterkrommen inclusief baansnelheid en baanversnelling tot het programma. Dit alles overigens tweedimensionaal. Ook komen typische methoden uit de analytische meetkunde aan bod, zoals het kiezen van een assenstelsel en het handig kiezen van variabelen.

Onder verscheidene docenten heerste vooraf het idee dat de analytische meetkunde wat 'leerbaarder' is dan de synthetische meetkunde van voorheen. Het geven van bewijzen met koordenvierhoeken, omtrekshoeken en congruentiegevallen vereiste nogal eens enige creativiteit, en een leerling met weinig gevoel voor dergelijke zaken werd tot wanhoop gebracht door een stapel aan meetkundige opgaven. De nieuwe analytische meetkunde is in opzet wellicht wat meer gestructureerd — een leerling zou sneller kunnen ontdekken hoe aan een opgave te beginnen. Voor enkele typen opgaven is dat inderdaad het geval, maar de onderwerpen uit de analytische meetkunde blijken rijk genoeg te zijn om leerlingen echt aan het denken te zetten. Dat is prettig, omdat leerlingen daardoor enige creativiteit aan de dag moeten leggen en wat complexere denkstappen leren maken. Maar werd daarop ook een beroep gedaan tijdens het centraal examen van afgelopen jaar?

Uiteraard hebben de leerlingen hard geoefend met de pilotexamens, om zo een beeld te krijgen van het niveau. Deze pilotexamens waren veelal aan de lastige kant, in de zin dat ze een hoge N-term hadden (waardoor de cijfers werden opgehoogd ten opzichte van de reguliere normering). Zo bleek het nodig om in 2017 de N-term op 1,9 vast te stellen, maar liefst 0,9 punt op het cijfer cadeau, en kende 2016 zelfs een N-term van 2,4. Een echt cadeau is het in zo'n situatie voor de leerling overigens niet, aangezien een te lastig examen tijdens het maken ervan voor behoorlijke stress kan leiden — op dat moment weet de leerling immers nog niet dat er achteraf gecorrigeerd zal gaan worden.

Het lijkt dat de examenmakers met het eerste 'echte' examen vwo wiskunde B nieuwe stijl wat aan de veilige kant zijn gaan zitten — de N-term kwam uit op 0,9 en daar zijn de leerlingen op zich nog goed mee weg gekomen. Maar weinig opgaven deden een beroep op de 'wiskundige denkactiviteiten'. Veel sommen konden gemaakt worden op basis van routine (mits voldoende aanwezig) en met name de analytische meetkunde leidde niet tot grote problemen. Ook opvallend: het inproduct komt in de uitwerkingen in het geheel niet aan de orde.

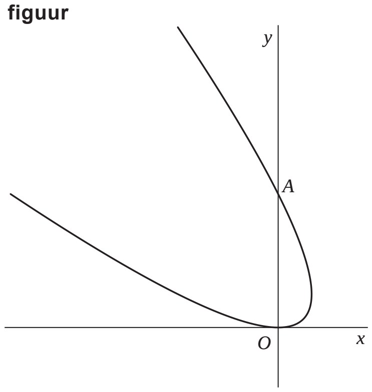
Het examen begon met een prettige binnenkomer, zoals weergegeven in Figuur 3. Leerlingen zijn bekend met de formule

De beweging van een punt P wordt gegeven door de volgende bewegingsvergelijkingen:

$$\begin{cases} x(t) = 1 - t^2 \\ y(t) = (1+t)^2 \end{cases}$$

In de figuur is de baan van P weergegeven.

figuur



De baan van P snijdt de y-as in de oorsprong O en in punt A. Zie de figuur.

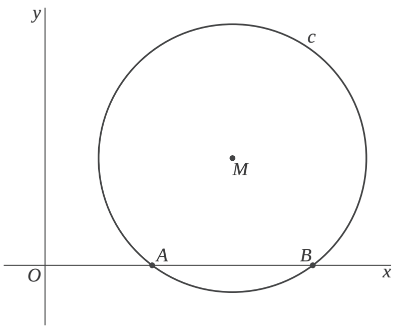
1 Bereken exact de snelheid waarmee P door punt A gaat.

Figuur 3 Opgave 1 van het examen vwo wiskunde B 2018.

Zwaartepunt en rakende cirkels

Gegeven is cirkel c met middelpunt $M(14, 8)$ en straal 10. Deze cirkel snijdt de x-as in de punten A en B met $x_A < x_B$. Zie figuur 1.
In A bevindt zich een puntmassa met massa 3, in B een puntmassa met massa 1 en in M een puntmassa met massa 2.

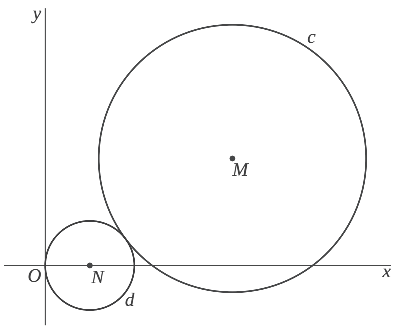
figuur 1



5p **6** Bereken exact de coördinaten van het zwaartepunt van deze drie puntmassa's.

De cirkel d met middelpunt N raakt de y-as in de oorsprong O en raakt cirkel c zoals weergegeven in figuur 2. Deze figuur staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 2



5p **7** Bereken exact de straal van cirkel d. Je kunt hierbij gebruikmaken van de figuur op de uitwerkbijlage.

Figuur 4 De opgave 'Zwaartepunt en rakende cirkels' uit het examen vwo wiskunde B 2018.

$v(t) = \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}$ en gelukkig behaalde de gemiddelde leerling landelijk 90% van de punten voor deze opgave.

De vervolgvraag, waarbij leerlingen moesten aantonen dat voor de coördinaten van ieder punt op de kromme geldt dat $(x+y)^2 = 4y$, bleek voor de meesten iets lastiger. Hoewel het in principe een eenvoudige invuloefening had kunnen zijn, gingen leerlingen in groten getale eerst t uitdrukken in x of y om vervolgens dat weer te substitueren in de andere vergelijking. Vaak werd daarbij echter $y = (1+t)^2$ herleid naar $\sqrt{y} = 1+t$, waarbij dan $-\sqrt{y} = 1+t$ over het hoofd gezien werd.

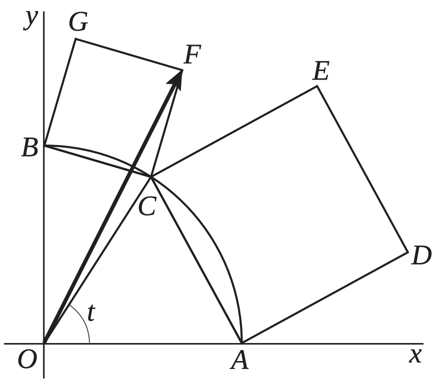
Interessant vanuit de curriculumvernieuwing is de opgave 'Zwaartepunt en rakende cirkels' (zie Figuur 4), bestaande uit twee vragen behorende tot de nieuwe examenstof. Bij vraag 6 konden leerlingen een vergelijking voor de cirkel opstellen, $y = 0$ invullen en dan berekenen waar A en B zich bevinden. Vervolgens hoeft nog slechts een gewogen gemiddelde van de coördinaten van M, A en B bepaald te worden. Met landelijk 81% van de punten gescoord, ook een eenvoudige opgave te noemen, waar weinig creativiteit voor nodig was. Een enkeling wist zelfs onder de cirkelvergelijking uit te komen door het punt $P(14, 0)$ te tekenen en Pythagoras toe te passen in driehoek APM om zo te komen tot $AP = BP = 6$, waarna de coördinaten van A en B snel gevonden waren — een mooie aanpak, en het feit dat meerdere wegen naar Rome leiden is karakteristiek voor de analytische meetkunde in het nieuwe programma.

Vraag 7 ging door op dezelfde situatie en kon worden opgelost met een aanpak die leerlingen in aanloop naar het examen nogal eens voorbij zagen komen: kies een handig lijnstuk waarvan de lengte op twee manieren uitgedrukt kan worden in de gevraagde variabele en stel deze twee expressies aan elkaar gelijk. In dit geval noemen we de straal van cirkel d voor het gemak even r, en is vervolgens snel te zien dat $NM = r + 10$ en dat volgens Pythagoras bovendien geldt dat $NM = \sqrt{(14-r)^2 + 8^2}$. Gelijkstellen, kwadrateren en oplossen leidt tot $r = 3\frac{1}{3}$; landelijk werd op deze opgave gemiddeld 66% van de punten gescoord. De oplossing van deze opgave lag niet voor iedereen dicht onder de oppervlakte.

Het examen bevatte één opgave met een context, genaamd 'Sheffield Winter Garden'. Ter inleiding op deze context werd eerst een vraag gesteld omtrent een kettinglijn, waarbij de lengte van deze lijn bepaald moest worden. Lastig leeswerk, maar uiteindelijk voornamelijk een kwestie van goed lezen en invullen. De opgave vervolgde met een vraag waarbij de boog getransformeerd wordt en waarbij leerlingen de juiste translaties en vermenigvuldiging moeten toepassen. Een verwarrende opgave, met wiskundig op zich geen spectaculaire aspecten.

Limieten en continuïteit kwamen aan de orde in een opgave waarin een functie met het beetje flauwe voorschrift $h(x)=\frac{\ln(\sqrt{x})}{\ln(x)}$ werd opgevoerd. Leerlingen moesten hierbij de coördinaten van de perforatie bepalen.

De laatste opgave was een meetkundeopgave over het plaatje in Figuur 5. Daarbij werd gegeven dat $0<t<\frac{1}{2}\pi$ en dat C op de kwartcirkel door $A(1,0)$ en $B(0,1)$ ligt. Gevraagd werd naar de waarde van t waarvoor de oppervlakte van vierkant $ADEC$ twee keer zo groot is als de oppervlakte van vierkant $BCFG$. Voor de veiligheid werd voorafgaand aan de opdracht vermeld dat C coördinaten $(\cos(t),\sin(t))$ heeft. Daarmee werd de angel uit de opgave gehaald.



Figuur 5 Plaatje bij de laatste opgave van het examen vwo wiskunde B 2018.

Iets dergelijks geldt voor het allerlaatste onderdeel. Daarin werd gevraagd aan te tonen dat geldt $\overrightarrow{OF}=\binom{1-\sin(t)+\cos(t)}{\sin(t)+\cos(t)}$. Door het geven van een eindantwoord werd de opdracht voor goed ingevoerde leerlingen teruggebracht tot een routineklus zonder gevaar voor verwarring tussen rechts- of linksom draaien.

Het centraal examen wiskunde B op het vwo deed in het eerste tijdvak dus geen groot beroep op 'wiskundige denkactiviteiten'. De bedoeling van het nieuwe programma bij alle wiskundevakken van havo en vwo was ook om die activiteiten (te maken hebbend met probleemoplossen, abstraheren, manipuleren, redeneren en structureren) een grotere rol te laten spelen. De eerlijkheid gebiedt te zeggen dat het examen van het tweede tijdvak minder weggaf als het gaat om het vinden van een succesvolle oplossingsstrategie. Zoals wiskundige K.P. Hart opmerkte nadat hij uitwerkingen had gemaakt van beide examens [2]: qua wiskunde ontlopen de twee elkaar niet veel. In principe moeten vergelijkbare handelingen worden uitgevoerd, maar bij het herexamen kostte het iets meer moeite om een fijne eerste stap van een oplossing te vinden. Het resulteerde overigens in een N-term van 1,8 voor het tweede tijdvak.

Concluderend

Goedbeschouwd zijn de vakken wiskunde A en C in het centraal examen met het onvermoeibaar schakelen van de ene context naar de andere (wiskunde A havo zagen we al, voor wiskunde C is het rijtje contexten: windenergie, Francis Bacon, vermenigvuldigen op de handen, grauwe ganzen, het cyrillische alfabet, toren van achtvlakken) 'wiskundig denkactiever'. Helaas, zoals gezegd, zijn de contexten echter zodanig dichtgetimmerd om misverstanden te voorkomen dat een leerling uiteindelijk als een cavia in de *Wiekentkwis* via wegwijzers naar het hokje met een juiste oplossing wordt geleid.

Wel kennen de nieuwe wiskunde A-examens bij zowel havo als vwo een zogeheten onderzoeksopgave: een opgave waarmee meer punten te verdienen zijn omdat het oplossen ervan wat meer werk kost en ook niet via gebaande wegen plaatsvindt. Zo moest er bij de havo op basis van een behoorlijke hoeveelheid gegevens worden bepaald in welke jaren de ecologische voetafdruk onder een bepaalde hoeveelheid zal zijn, waarbij zowel lineair als exponentieel gerekend diende te worden. Bij het vwo gingen leerlingen aan de slag met grafieken over vermogen en snelheid in de context van een massasprint bij het wielrennen.

Wat wiskunde B betreft op het vwo is het nog even zoeken naar het gewenste niveau van complexiteit; getuige het verschil tussen eerste en tweede tijdvak, een nogal precair proces.

Referenties

1 J. Zwarteveen en N.C. Verhoef, Veranderingen in het eindexamenprogramma?, *Nieuw Archief voor Wiskunde* 5/14(4) (2013), 253–256.

2 https://hartkp.weblog.tudelft.nl.