Aan het eind van het vorige schooljaar zijn voor het eerst op twee scholen op het VWO aangepaste examens afgenomen waarin het gebruik van de grafische rekenmachine was toegestaan. **Michiel Doorman**, **Paul Drijvers** en **Gerard Stroomer** doen verslag.

Eindexamen met een grafische rekenmachine

Inleiding

Sinds 1991 voert het Freudenthal instituut schoolexperimenten uit rond het gebruik van de grafische rekenmachine (GR) in de tweede fase van HAVO en VWO. De laatste jaren concentreren deze experimenten zich op twee scholen, het Liemers College in Zevenaar en het Cals College in Nieuwegein. De eerste resultaten van dit projekt zijn beschreven in [1].
Behalve de inpassing van de GR in de wiskundeles is natuurlijk ook het functioneren van zo'n apparaat bij de toetsing een belangrijk punt van onderzoek. Met het oog daarop hebben de twee bovengenoemde scholen toestemming gekregen om met ingang van 1996 eindexamens af te nemen waarbij de leerlingen de GR kunnen gebruiken. De reguliere examenopgaven worden, voor zover nodig, in het licht van dit hulpmiddel aangepast. Het experiment betreft overigens alleen wiskunde A en wiskunde B van het VWO.
In dit artikel blikken we terug op deze eerste ervaringen met de GR op het eindexamen. Eerst schetsen we het kader waarin de examens hebben plaatsgevonden. Dan lopen we zowel het A- als het B-examen langs. Besloten wordt met wat afrondend commentaar.

Situatieschets

In september 1994, bij de start van het nieuwe schooljaar, worden de leerlingen uit V5 van de twee proefscholen op de hoogte gesteld van het experiment waaraan ze gaan deelnemen. Elke leerling krijgt de beschikking over een grafische rekenmachine, de TI-81 van Texas Instruments. In enkele lessen wordt de leerling wegwijs gemaakt op dit apparaat, en vervolgens verloopt alles in grote lijnen zoals gebruikelijk: de klassen werken hoofdstukken uit het 'gewone' boek door. Want hoewel de leerlingen een grafische rekenmachine hebben, zijn de scholen gehouden aan het reguliere examenprogramma. Het betreft dus geen experiment met een nieuwe vakinhoud zoals het PROFI-project [2], maar een nieuwe interpretatie van het vigerende curriculum.
Zowel bij wiskunde A als bij wiskunde B worden de hoofdstukken in de boeken afgewisseld met specifieke leerstofpakketten of aanvullingen bij hoofdstukken waarin de rol van de grafische rekenmachine bij het leren van wiskunde beter uit de verf komt.
De klassen krijgen natuurlijk op gezette tijden een proefwerk. Vanzelfsprekend mogen de leerlingen daarbij ook de GR gebruiken. De scores daarvan zijn wisselend (net zoals ze dat vermoedelijk in de situatie zonder GR geweest zouden zijn). In [3] staat beschreven hoe teleurstellende resultaten bij één van de proefwerken aanleiding vormen voor de ontwikkeling van een mini-pakketje.
In het schooljaar1995/96, als de leerlingen in de zesde zijn aangeland, wordt bij de voorbereiding op de schoolonderzoeken en het CSE ook aandacht aan de GR besteed. En dan komt het 'uur der waarheid': het centraal schriftelijk.

Het examen wiskunde A

De invloed van de grafische rekenmachine is bij de inhoud van het huidige wiskunde A programma minder verstrekkend dan bij wiskunde B. Het is de vraag of in de toekomst de leerlingen nog zo uitgebreid de differentiaalrekening behandeld moeten krijgen, maar binnen dit experiment kunnen we niet aan de inhoud tornen. Doordat bij wiskunde A de concepten worden geleerd in toepassingssituaties, heeft de grafische rekenmachine bovendien weinig invloed op de didactiek. Het streven is dan ook geweest om de afwijkingen van het aangepaste examen ten opzichte van het reguliere minimaal te laten zijn. Wanneer het projectteam het reguliere examen onder ogen krijgt, blijkt dat bijzonder eenvoudig te zijn: de meest voor de hand liggende toepassing van de GR, namelijk het tekenen van grafieken, speelt toevallig bij dit examen geen rol! Vandaar dat de examentekst niet gewijzigd is. Wel is het correctievoorschrift aangepast, zodat de leerlingen ook voor het grafisch/numeriek bepalen van extremen beloond kunnen worden als een benadering voldoende is.
Een grafische rekenmachine kan ook van pas komen bij het rekenen met matrices. Opgave 4 lijkt dan ook goede mogelijkheden te bieden (zie volgende pagina).

Opgave 4 Uitlenen

In bibliotheken moet men voortdurend beslissingen nemen over het afschrijven van boeken, het vervangen van beschadigde of zoekgeraakte exemplaren, enzovoort. Daarvoor is van belang dat men kan voorspellen hoe vaak een boek uitgeleend zal worden. P. M. Morse heeft hiervoor een wiskundig model ontwikkeld. In deze opgave passen wij zijn model toe op een vaste collectie van 9480 boeken. Geen van deze boeken wordt meer dan 7 keer per jaar uitgeleend. Volgens het model van Morse geldt voor deze collectie de volgende overgangsmatrix (M):

aantal keer uitgeleend in een jaar

aantal keer uitgeleend in het volgende jaar

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{array} \\ \begin{array}{c} 0\\1\\2\\3\\4\\5\\6\\7 \end{array} & \begin{pmatrix} 0{,}819 & 0{,}606 & 0{,}449 & 0{,}333 & 0{,}247 & 0{,}183 & 0{,}135 & 0{,}100 \\ 0{,}164 & 0{,}303 & 0{,}360 & 0{,}366 & \boxed{0{,}345} & 0{,}310 & 0{,}271 & 0{,}231 \\ 0{,}016 & 0{,}076 & 0{,}144 & 0{,}201 & 0{,}242 & 0{,}264 & 0{,}271 & 0{,}265 \\ 0{,}001 & 0{,}013 & 0{,}038 & 0{,}074 & 0{,}113 & 0{,}149 & 0{,}180 & 0{,}203 \\ 0{,}000 & 0{,}002 & 0{,}008 & 0{,}020 & 0{,}039 & 0{,}064 & 0{,}090 & 0{,}117 \\ 0{,}000 & 0{,}000 & 0{,}001 & 0{,}005 & 0{,}011 & 0{,}022 & 0{,}036 & 0{,}054 \\ 0{,}000 & 0{,}000 & 0{,}000 & 0{,}001 & 0{,}002 & 0{,}006 & 0{,}012 & 0{,}021 \\ 0{,}000 & 0{,}000 & 0{,}000 & 0{,}000 & 0{,}001 & 0{,}002 & 0{,}005 & 0{,}009 \end{pmatrix} \end{array} = M$$

In matrix M is bijvoorbeeld te zien dat van de boeken die in een jaar vier keer worden uitgeleend, bijna 35% het volgende jaar één keer worden uitgeleend.

Van de boeken die in 1995 niet werden uitgeleend is er naar verwachting geen enkel boek dat twee jaar later (dus in 1997) zeven keer wordt uitgeleend.

5p **13** □ Toon dit aan met behulp van matrix M.

Er zijn boeken die in 1995 twee keer werden uitgeleend.

6p **14** □ Bereken hoeveel procent van deze boeken naar verwachting precies één keer zal worden uitgeleend in de twee jaren 1996 en 1997 samen.

Met behulp van matrix M kan worden berekend dat de boeken die 7 keer in een bepaald jaar worden uitgeleend, in het daarop volgende jaar gemiddeld 2,3 keer worden uitgeleend.
We noteren dit als $E_7 = 2{,}3$.
Op dezelfde manier zijn $E_0, E_1, \ldots, E_6$ gedefinieerd.

4p **15** □ Toon met behulp van de gegevens uit matrix M aan: $E_4 \approx 1{,}4$.

Er zijn matrices die bij vermenigvuldiging met matrix M als produkt een matrix opleveren die uitsluitend de getallen $E_0, E_1, \ldots, E_7$ als elementen heeft.

5p **16** □ Geef een voorbeeld van zo'n matrix. Licht het antwoord toe, vermeld daarbij duidelijk de volgorde van de matrixvermenigvuldiging.

Opgave 4 van het Wiskunde A examen VWO, eerste tijdvak 1996

In tabel 1 staan de uitleencijfers voor 1995. Met behulp van matrix M zijn de verwachte uitleencijfers voor 1996 uitgerekend. Deze staan ook in tabel 1.

tabel 1

Uitleencijfers voor 1995 en verwachte uitleencijfers voor 1996

aantal keer uitgeleend	0	1	2	3	4	5	6	7
aantal boeken in 1995	7012	1978	397	68	19	4	1	1
verwacht aantal boeken in 1996	7148	1925	340	56	10	1	0	0

Het aantal boeken dat meer dan 4 keer per jaar wordt uitgeleend, blijkt gering te zijn. Daarom vereenvoudigt men het model door deze boeken gemakshalve als 4 keer uitgeleend te tellen. Uitgaande van matrix M stelt men de volgende matrix N op:

aantal keer uitgeleend in een jaar

aantal keer uitgeleend in het volgende jaar

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{ccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{array}{c} 0\\1\\2\\3\\4 \end{array} & \begin{pmatrix} 0{,}819 & 0{,}606 & 0{,}449 & 0{,}333 & 0{,}247 \\ 0{,}164 & 0{,}303 & 0{,}360 & 0{,}366 & 0{,}345 \\ 0{,}016 & 0{,}076 & 0{,}144 & 0{,}201 & 0{,}242 \\ 0{,}001 & 0{,}013 & 0{,}038 & 0{,}074 & 0{,}113 \\ 0{,}000 & 0{,}002 & 0{,}009 & 0{,}026 & 0{,}053 \end{pmatrix} \end{array} = N$$

Met behulp van matrix N kan men ook berekenen hoeveel boeken naar verwachting in 1996 drie keer worden uitgeleend.

4p **17** □ Toon aan dat het zo berekende aantal niet of nauwelijks verschilt van het aantal dat in tabel 1 vermeld is.

U_t is het gemiddelde aantal uitleningen per boek per jaar in het jaar t.
Men kan aantonen dat steeds bij benadering geldt:
$U_{t+1} = 0{,}2 + 0{,}3U_t$
Op den duur zullen de percentages boeken die 0 keer per jaar, 1 keer per jaar, enzovoort, worden uitgeleend, hetzelfde blijven.

4p **18** □ Bereken hoe groot het gemiddeld aantal uitleningen per boek per jaar op den duur zal zijn.

Einde

Maar helaas! Het betreft hier een 8 bij 8 matrix, terwijl de TI-81 maximaal 6 bij 6 matrices kan verwerken. (Overigens kennen de opvolgers van de TI-81 deze beperking niet: matrices van 99 bij 99 kunnen in principe ingevoerd worden.) Toch ziet een deel van de leerlingen kans de GR bij deze opgave te gebruiken.
Het antwoord op vraag 16 wordt door een leerling als volgt in machinetaal geformuleerd:

[0,1,2,3,4,5,6,7] = A
A · B geeft als produkt de matrix die gevraagd wordt.
Dus matrix A vermenigvuldigen met M, eerst A en dan M
op de Ti-81 (stel dat daar matrixen in konden van 7 * 7
dan wordt [0,1,2,3,4,5,6,7] matrix A en M wordt B
en dan type je in [A] * [B]
~~bij een~~ Vermenigvuldigt wordt matrix A met de eerste kolom
van M, dan de 2e ... enz.
uitkomst
[–, –, –, 1,4, –, –, –])

Bij vraag 17 zijn er meer mogelijkheden om de GR te gebruiken. De volgende uitwerking van een leerling geeft daarvan een voorbeeld.

Matrix N ingevoerd onder [A] in de GR *door te drukken:*
MATRX
EDIT (enter)
EDIT 1 (enter)
5 × 5 matrix ervan maken
en de getallen van N invoeren.
Vervolgens onder [B] (op dezelfde manier als bij [A]) een 5 × 1 matrix gemaakt met alle getallen die in tabel 1 bij 'aantal boeken 1995' (uitgeleend) staan.
[A] met [B] vermenigvuldigd geeft:

$$\begin{bmatrix} 7147,086 \\ 1923,665 \\ 337,954 \\ 54,991 \\ 10,304 \end{bmatrix}$$

Dit zijn de verwachte uitleencijfers voor 1996 en 54,991 ≈ 56, dus het berekende aantal wijkt nauwelijks af van het aantal uit tabel 1.

Deze leerling rekent met het getal 19 uit de tabel in plaats van met 25, een fout die door meer leerlingen gemaakt is.

Vraag 18 biedt verschillende mogelijkheden om de GR te benutten. Op de eerste plaats kan het verband $U_{t+1} = 0,2 + 0,3 \cdot U_t$ gebruikt worden, zoals in de volgende uitwerking gebeurt:

```
                   1
Ans*0.3+0.2
                  .5
                 .35
                .305
               .2915
              .28745
█
```

Met R.M.: door Ans maal 0,3 + 0,2 en dan telkens enter te drukken.
Uiteindelijk wordt het gemiddeld aantal uitleningen 0, 2857142857 per boek per jaar.

De nauwkeurigheid van het antwoord is verbijsterend... Als je met de hand dergelijke getallen berekent, ben je eerder geneigd om terug te kijken naar de situatie: is dit eigenlijk al nauwkeurig genoeg? Met apparatuur als de grafische rekenmachine ontstaat die behoefte niet en bovendien vertrouwen leerlingen blindelings op zo'n resultaat.
Een andere methode is om eerst de stationaire matrix te bepalen en [0, 1, 2, 3, 4] hiermee te vermenigvuldigen:

$$N^{2222222} = \begin{bmatrix} 0,761 & & & & \\ 0,200 & & & & \\ 0,033 & & & & \\ 0,005 & & & & \\ 8,8 \cdot 10^{-4} & & & & \end{bmatrix}$$

stationaire matrix

$$\begin{array}{c|c} & \begin{matrix} 0 & \quad\quad 1 & \quad\quad 2 & \quad\quad 3 & \quad\quad 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,7612 & 0,7612 & 0,7612 & 0,7612 & 0,7612 \\ 0,1995 & 0,1995 & 0,1995 & 0,1995 & 0,1995 \\ 0,0334 & 0,0334 & 0,0334 & 0,0334 & 0,0334 \\ 0,0051 & 0,0051 & 0,0051 & 0,0051 & 0,0051 \\ 8,7850 \cdot 10^{-4} & 8,7850 \cdot 10^{-4} & 8,7850 \cdot 10^{-4} & 8,7850 \cdot 10^{-4} & 8,7850 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix} \end{array}$$

[0 1 2 3 4] · stationaire matrix =

$$\begin{array}{ccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ [\,0,285 & 0,285 & 0,285 & 0,285 & 0,285\,] \end{array}$$

Tot zover de impressie van de rol van van de GR bij het examen wiskunde A.

Het examen wiskunde B

Bij het wiskunde B-programma is de invloed van de grafische rekenmachine ingrijpender. Hoewel ook hier geldt dat de inhoud van het vak niet gewijzigd is, heeft de grafische rekenmachine in de lessen een grotere rol gespeeld. Waar bij wiskunde A de toepassingen van de differentiaalrekening centraal staan, zijn bij wiskunde B functies en grafieken meer een 'wereld' op zichzelf. De GR is een geschikt medium om deze 'wereld' te verkennen.
De invloed van de grafische rekenmachine bij het wiskunde B examen is op twee punten expliciet gemaakt in de opgaven.

1. Een vraag naar functieonderzoek met als doel het tekenen van de grafiek wordt vervangen door een vraag over een eigenschap van de grafiek (waarvoor minder punten te verkrijgen zijn; de compensatie van de punten zit in de alternatieve opgave).
2. Eén alternatieve opgave wordt ontwikkeld. Deze opgave moet meer in de geest zijn van het onderwijs met een grafische rekenmachine: het probleem moet zich

lenen voor exploratie met de grafische rekenmachine. Het tekenen van grafieken en onderzoeken wat de invloed is van een parameter in het functievoorschrift moet functioneel zijn. Er is gekozen om een alternatief voor de opgave over een parametervoorstelling te maken.

Het initiatief voor het gebruik van de grafische rekenmachine ligt steeds bij de leerling. Hij of zij moet zelf bepalen wanneer en waarom de grafische rekenmachine wordt gebruikt. Bovendien is van tevoren afgesproken dat bij een vraag naar een berekening een exact antwoord verwacht wordt.

Opgave 1

Opgave 1 gaat over de functies $f: x \rightarrow (x^2 - 4)(2x + 1)$ en $g: x \rightarrow x^2 - 4$. De eerste vraag uit het reguliere examen is direct van een type dat je niet meer kunt stellen als leerlingen een grafische rekenmachine hebben:

1. ☐ Onderzoek f en teken de grafiek van f in een recht hoekig assenstelsel Oxy. (7 p)

Deze vraag is vervangen door:

1. ☐ Bereken de uiterste waarden van $f(x)$. (4 p)

Met de grafische rekenmachine zijn de coördinaten te benaderen. Dat kan een leerling gebruiken ter controle, maar gezien de afspraak over de betekenis van 'bereken' gaan vrijwel alle leerlingen netjes differentiëren. In hoeverre de controlefunctie van de GR inderdaad benut wordt, is niet bekend.
De volgende vraag is:

2. ☐ Los op $f(x) > g(x)$. (4 p)

Met de grafische rekenmachine is het tekenschema een overbodig hulpmiddel. Leerlingen kunnen nu eerst de gelijkheid oplossen en vervolgens de ongelijkheid aflezen uit de grafieken. Toch is er een verscheidenheid aan methoden. Hieronder ziet u hoe een leerling verwijst naar de GR, terwijl een ander de grafieken globaal van het scherm heeft overgenomen.

$x(2x^2 - 8) = 0$
$x = 0 \vee 2x^2 - 8 = 0$
$2x^2 = 8$
$x^2 = 4$
$x = 2$ of $x = -2$

$f(x) > g(x)$ als $0 > x > -2$ en $x > 2$
zie tekenschema +|-0| of vul punten in binnen de grenzen
$f(-3) < g(-3)$ $f(-1) > g(-1)$ $f(3) > g(3)$

Opgave 2

Een punt P beweegt zich in het Oxy-vlak.
Op tijdstip t heeft P de coördinaten ($x(t)$, $y(t)$), met

$x(t) = \cos(t + \frac{1}{6}\pi)$ en $y(t) = \cos(2t)$, waarbij $0 \leq t < 2\pi$.

5p 5. ☐ Bereken de coördinaten van de punten waarin de baan van P een horizontale of een verticale raaklijn heeft.

De baan van P snijdt zichzelf op de y-as.
5p 6. ☐ Bereken de hoek waaronder de baan zichzelf snijdt.

In het vervolg van deze opgave wordt onderzocht wat er gebeurt als in plaats van $\frac{1}{6}\pi$ in de vergelijking van $x(t)$ een ander getal a met $0 \leq a < 2\pi$ staat.
De bewegingsvergelijkingen zijn dan

$x(t) = \cos(t + a)$ en $y(t) = \cos(2t)$, waarbij $0 \leq t < 2\pi$.

Het snijpunt van de baan van P met de y-as noemen we S.
Als a varieert, verschuift S over de y-as.
4p 7. ☐ Welke posities kan S aannemen? Verklaar je antwoord.

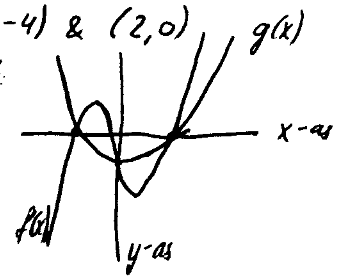
Als $a = 0$, dan is de baan van P een deel van een parabool.
4p 8. ☐ Toon dit aan en stel een vergelijking op van deze parabool.

Er zijn nog drie waarden van a waarvoor de baan van P een deel van een parabool is.
4p 9. ☐ Bereken deze waarden van a en stel de bijbehorende vergelijkingen van die parabolen op.

Opgave 2 van het aangepast wiskunde B examen VWO, eerste tijdvak 1996

Dus = $(-2,0)$, $(0,-4)$ & $(2,0)$

Schets v/d grafiek:



Dus $f(x) > g(x)$ geldt voor
$-2 < x < 0$ en $2 < x$

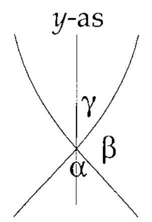
De laatste twee vragen van opgave 1 betreffen het oplossen van een ongelijkheid en het berekenen van een oppervlakte. Veel leerlingen maken een schets van de situatie. De grafische rekenmachine is daarvoor een natuurlijk hulpmiddel.

Opgave 2

Opgave 2 van het aangepaste examen is de alternatieve opgave. De bedoeling is hier dat leerlingen zelf de probleemsituatie verkennen met de grafische rekenmachine. De grafieken die ze maken, zijn het uitgangspunt voor de vraagstelling. De eerste twee vragen zijn bedoeld als inleiding. Er is sprake van één grafiek die moet worden verkend. De kracht van de grafische rekenmachine als hulpmiddel bij het verkennen en oplossen van het probleem komt bij de vragen 7, 8 en 9 naar voren. Overigens is de normering zo, dat het werken met de GR op zichzelf geen punten oplevert.

Het is natuurlijk niet eenvoudig om na te gaan in hoeverre de leerlingen hun grafische rekenmachine bij deze opgave hebben gebruikt. In eerste instantie valt op dat, in tegenstelling tot de eerste opgave, niemand hier op papier een schets maakt van de grafiek.

Vraag 5 levert weinig problemen. Bij vraag 6 is er een grote verscheidenheid aan antwoorden. De verscheidenheid wordt vooral veroorzaakt door de drie mogelijkheden α, β en γ.



Bij vraag 8 is wel duidelijk dat een aantal leerlingen de grafische rekenmachine gebruikt. In de redenering komen kenmerken van de parabool naar voren als: de top ligt op de y-as in $(0, -1)$ en de grafiek gaat door $(1, 1)$.

In de tekst van vraag 9 staat nadrukkelijk 'Bereken deze waarden van a en . . .'. Bijna geen enkele leerling is uit die berekening gekomen. Wel heeft één leerling de drie waarden genoemd met de juiste vergelijkingen zonder berekening. Wellicht zijn de gevallen experimenteel met de grafische rekenmachine gevonden?

als $a = \frac{1}{2}\pi$! → dan is het een bergparabool,
klopt als die van opgave 8 alleen dan andersom.
Dus nu geldt: $y = -2x^2+1$.
als $a = \pi$ → dan is het dezelfde als de parabool van
opgave 8: → $y = 2x^2-1$
als $a = 1\frac{1}{2}\pi$ → dan is het dezelfde parabool als $a = \frac{1}{2}\pi$.
Dus: $y = -2x^2+1$.

Opgave 3

Opgave 3 is hetzelfde als in het gewone examen. Bij die opgave is de grafiek gegeven. Bij de vraag naar de coördinaten van de toppen en bij de vraag naar de vergelijking van de lijn die de grafiek raakt, kun je de grafische rekenmachine uitstekend gebruiken ter controle van het antwoord. Maar hebben de leerlingen dat ook gedaan?

Bij de vraag naar de toppen heeft geen van de leerlingen een fout antwoord gegeven (de antwoorden zijn goed of ontbreken). Bij de vraag naar de vergelijkingen hebben drie leerlingen een fout antwoord. Eén van hen merkt op dat het antwoord niet klopt volgens de TI-81 en geeft vervolgens een schatting met behulp van de gegevens van het scherm:

$-4x^2 = -\frac{4}{x}$

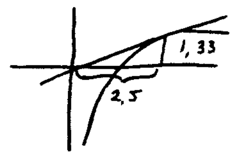
$-4x^3 = -4 \rightarrow x^3 = 1$

$x = 1$

klopt niet vie TI-81

in raakpunt $x = \pm$ 2,5 → verder met zijn 2,5

$x = 2,5 \rightarrow y = 1,33$



rc = 0.532

Terugkijkend op het aangepaste B-examen springen de volgende zaken in het oog.

- De grafische rekenmachine is een hulpmiddel bij vragen die betrekking hebben op een grafiek. Leerlingen nemen de grafiek vaak globaal over op papier.
- Het controleren van antwoorden met de grafische rekenmachine gebeurt slechts sporadisch.
- De resultaten van de geheel aangepaste opgave, opgave 2, vallen wat tegen: de scores op de vragen 8 en 9 zijn vrij laag. Uit redeneringen van de leerlingen blijkt wel dat een aantal van hen de GR heeft gebruikt om de situatie te onderzoeken.

Besluit

Samengevat blijkt dus dat de beschikbaarheid van de grafische rekenmachine op het examen wiskunde A, zoals dat in 1996 is samengesteld, weinig invloed heeft gehad. Mogelijk krijgt de GR een iets grotere rol als de machine ook in de methodes geïntegreerd is. Verder hangt het nut van de GR natuurlijk af van de opgaven die voorgesteld worden.
Bij wiskunde B is de invloed van de GR op het examen groter geweest. Veel leerlingen maken echter nog geen optimaal gebruik van de machine. Opgave 2, waarin de exploratie een rol speelt, is mogelijk wat moeilijker dan de opgave die het reguliere examen daarvoor in de plaats bevat. Bovendien hebben deze leerlingen minder kunnen scoren op opgave 1, de 'standaard-opgave' van het examen. Op grond van de resultaten heeft het Cito dan ook besloten om de cijfers voor het aangepaste examen met 0,2 punt extra te verhogen.
Hoe nu verder? In 1997 wordt het examen wiskunde A op dezelfde manier behandeld als het afgelopen jaar. Voor wiskunde B is er sprake van een nieuwe situatie voor de twee scholen: niet alleen gebruiken de leerlingen weer de grafische rekenmachine op het examen, maar tevens wordt in plaats van wiskunde B het experimentele programma voor de profielen N&G en N&T geëxamineerd. Deze generatie leerlingen gebruikt de TI-82, de opvolger van de machine die de leerlingen bij het examen in 1996 hadden. Want de technologische ontwikkelingen schrijden voort!

L.M. Doorman, P. Drijvers (Freudenthal instituut, Universiteit Utrecht) en G. Stroomer (Liemers College, Zevenaar).

Noten

[1] Doorman, L.M., P. Drijvers en M. Kindt (1994). *De grafische rekenmachine in het wiskundeonderwijs.* Utrecht: CD-β Press.
[2] Project ten behoeve van de invulling van het vak wiskunde in de profielen N&G en N&T voor het VWO.
[3] Drijvers, P. (1995). 'Neem de grafiek over ...' *Nieuwe Wiskrant 14*(4), pp. 29 - 35.