

Het toelatingsexamen voor de studies burgerlijk ingenieur-architect in Vlaanderen

Dr.Ir-architect Ann Hendricx en Dr.Ir-architect Herman Neuckermans zijn beiden werkzaam aan de Katholieke Universiteit Leuven, Departement Architectuur, Stedenbouw en ruimtelijke Ordening.

Sinds juli 1991 kent het programma burgerlijk ingenieur-architect een eigen toelatingsexamen voor kandidaat-studenten. Dit examen bestaat uit drie grote onderdelen: een wiskunde-examen, een grafische proef en een verhandeling. Dit artikel vat de resultaten samen van de statistische analyse die werd uitgevoerd om de validiteit van het toelatingsexamen na te gaan. Uit de resultaten blijkt dat het examen een waardevolle mix is, die zowel het 'kennen' (wiskundeproef) als het 'kunnen' (grafische proef en verhandeling) van de kandidaat-studenten in kaart brengt. Toch mag het verband tussen het toelatingsexamen en de latere studieresultaten niet overschat worden.

Toelatingsexamens tot het hoger onderwijs in Vlaanderen

Wie zich in Vlaanderen wil inschrijven voor de opleiding arts of tandarts, moet vanaf het academiejaar 1997-1998 eerst slagen in een toelatingsexamen. Dit toelatingsexamen is overal breed becommentarieerd, en in de nodige technische commissies voorbereid en geëvalueerd (Janssen, 1997). De commotie rond dit toelatingsexamen staat in schril contrast met de schijnbaar brede maatschappelijke aanvaarding van de toelatingsexamens voor twee andere richtingen: de universitaire richting toegepaste wetenschappen, en het artistiek hoger onderwijs buiten de universiteit. Recent haalde het toelatingsexamen tot de studies toegepaste wetenschappen ook de pers. Waar dit examen tot nu toe in elke universiteit afzonderlijk georganiseerd werd, werken de drie Vlaamse universiteiten die de studie toegepaste wetenschappen aanbieden (Katholieke Universiteit Leuven, Universiteit Gent en Vrije Universiteit Brussel) vanaf het academiejaar 2000-2001 samen aan een gemeenschappelijk examen: op de drie locaties vinden de examens op hetzelfde moment plaats, ze beslaan dezelfde onderdelen en bestaan uit (grotendeels) dezelfde vragen. Inhoudelijk worden de examens vanaf ditzelfde moment afgestemd op de leerstof van de afdelingen met 6 uur wiskunde per week in de derde

graad van het Algemeen Secundair Onderwijs. Tot nu toe was dit, het afzonderlijk ingerichte toelatingsexamen voor de richting burgerlijk ingenieur-architect uitgezonderd, 8 uur wiskunde per week. Maar het aantal studenten in de richtingen secundair onderwijs met 8 uur wiskunde daalt voortdurend, terwijl de nood aan ingenieurs alleen maar toeneemt. Daarom werd besloten ook het toelatingsexamen voor kandidaat burgerlijk ingenieurs af te stemmen op de richtingen met 6 uur wiskunde. Met deze maatregel hoopt men het nijpend tekort aan ingenieurs te verhelpen.

Het is algemeen aanvaard dat het toelatingsexamen tot de studies toegepaste wetenschappen – aldus getuigen vele leerkrachten in het secundair onderwijs – een sterk normerende invloed gehad heeft op de richtingen met 8 uur wiskunde, en dat dit examen mede bijdraagt tot een slaagcijfer van om en nabij 70% in de eerste kandidaturen. Maar terwijl het toelatingsexamen tot de studies in de genees- en tandheelkunde wetenschappelijk doorgelicht werd en wordt, is buiten één enkele licentiaatthesis over een deelaspect (Taeymans, 1999) de validiteit van het toelatingsexamen tot de studie toegepaste wetenschappen (naar ons weten) niet wetenschappelijk nagegaan. Dit artikel probeert deze lacune op te vullen, althans wat betreft het toelatingsexamen voor kandidaat burgerlijk ingenieur-architecten aan de Katholieke Universiteit Leuven.

Het toelatingsexamen burgerlijk ingenieur-architect

Wie burgerlijk ingenieur wil worden moet (minstens) vijf jaar studeren: na twee jaar gemeenschappelijke kandidaturen, kiest de student in de drie technische jaren voor een specifieke afstudeerrichting (elektrotechniek, werktuigkunde, computerwetenschappen, chemische ingenieurstechnieken, ...). De burgerlijk ingenieur-architecten zijn hier de buitenbeentjes: sinds het academiejaar 1967-1968 maakt de student ingenieur-architect reeds vanaf de eerste kandidatuur zijn of haar keuze. Ook heeft de richting burgerlijk ingenieur-architect sinds juli 1991 een eigen toelatingsexamen. In dit examen pogen de verschillende toetsen een voorafspiegeling te zijn van de grote ingrediënten in de opleiding burgerlijk ingenieur-architect. Naast wiskundige kennis en maturiteit wordt zo eveneens het vermogen tot synthese, ruimtelijk inzicht en affiniteit met vorm en vormgeving getoetst. Net zoals voor het algemene toelatingsexamen burgerlijk ingenieur, worden er bundels met typevragen over alle onderdelen gepubliceerd. Tot het academiejaar 2000-2001¹ zag het programma van het toelatingsexamen ingenieur-architect aan de Katholieke Universiteit Leuven er uit als volgt:

- wiskunde 1: driehoeksmeting en ruimtemeetkunde
- wiskunde 2: algebra en analyse
- grafische proef, bestaande uit een deel 'projectie' en een deel 'compositie' verhandeling

Men kan de toelatingsexamens voor ingenieur en voor ingenieur-architect ook combineren door bovenop de examens van de toelatingsproef ingenieur – tot het academiejaar 2000-2001 waren dit de examens algebra, analyse, rekenen met elementaire functies, meetkunde, en vlakke analytische meetkunde – de grafische proef en verhandeling af te leggen.

- In het deel ‘projectie’ van de grafische proef worden op het examen zelf de basisbeginselen van de orthografische en in het bijzonder de isometrische projectiewijze uitgelegd, waarna de student zelf aan de slag moet. In een eerste kleine vingeroefening – waarbij zo nodig hulp geboden wordt – en in een volgende grote opgave wordt gevraagd de projectieprincipes toe te passen door een tweedimensionale orthografische voorstelling om te zetten naar een driedimensionale isometrische voorstelling. De proef vergt geen enkele voorbereiding: ze test wat de student van de inleidende les overhield en gaat na in welke mate hij of zij een ruimtelijke redenering kan volhouden binnen een complexe opgave.
- Het deel ‘compositie’ van de grafische proef steunt op hetzelfde principe van ‘test na de les’. Eerst geeft de examinerator een uitleg over compositieeler, vervolgens maakt de student binnen een opgegeven kader zelf een grijsintencompositie met cirkels, driehoeken of vierkanten die een bepaalde vormexpressie uitdrukt (axiale gerichtheid, hiërarchie...). Deze opgave polst naar de aanleg en affiniteit voor vorm en vormgeving. Het deel ‘projectie’ en ‘compositie’ zijn samen op te lossen in vier uur.
- In het onderdeel ‘verhandeling’ worden twee contradictorische teksten aangeboden (samen met het nodige beeldmateriaal) die handelen over een verwant architectuurthema. Na het bondig samenvatten van deze teksten wordt gevraagd een korte verhandeling te schrijven waarin de student een eigen standpunt weergeeft in reactie op de standpunten die in de inleidende tekstfragmenten worden aangekaart. Deze opgave polst naar het vermogen tot synthese en de expressievaardigheid van de student, en test in hoeverre hij of zij in staat is een eigen kritisch standpunt te ontwikkelen. Deze opgave wordt opgelost in maximaal vier uur.

Naast de examens zelf, krijgt de kandidaat student ingenieur-architect die deelneemt aan het toelatingsexamen een enquête voorgelegd. Deze enquête peilt naar de voorgeschiedenis van de student: resultaten in de humaniora, het aantal uren wiskunde in de laatste graad, ervaring met technisch en vrij tekenen, en het al dan niet volgen van een voorbereidend jaar.

Het percentage geslaagden in het toelatingsexamen van de studenten die effectief deelnamen, schommelt over de jaren heen rond 68%. In de eerste kandidatuur ingenieur-architect is dit 63% (beduidend méér dan in menig andere universitaire studierichting).

Proefopzet en gegevens

Helpt het als een student wetenschappelijk tekenen gehad heeft in de humaniora om te slagen in de toelatingsproef? Wat test men eigenlijk als men kandidaat-studenten een compositie laat maken? Is er verschil tussen mensen die in de humaniora 6 uren wiskunde volgden en zij die 8 uren wiskunde per week kregen?

Dit is een greep uit de vragen die leidden tot een grondige doorlichting van het toelatingsexamen ingenieur-architect en waarop dit artikel op basis van een statistische analyse een antwoord poogt te brengen. Onderzoeksmateriaal voor de analyse zijn de globale en gedetailleerde uitslagen op het toelatingsexamen, de globale en gedetailleerde uitslagen in de studierichting ingenieur-architect en ten slotte de enquête-informatie

over de voorgeschiedenis van de kandidaten. Om de invloed van humaniora en toelatingsexamen op de latere studies na te gaan, werden alleen die studenten meegenomen in de analyse die:

- sinds 1990-1991 slaagden in het toelatingsexamen aan de Katholieke Universiteit Leuven én
- effectief begonnen aan de studies ingenieur-architect aan de Katholieke Universiteit Leuven én
- minstens éénmaal een examenreeks aflegden in deze studierichting.

De meest recente cohorte studenten in dit staal zijn diegenen die in 1999-2000 de tweede kandidatuur doorliepen. In totaal gaat het om de (al dan niet volledige) resultaten van 623 studenten (zie tabel 1). Al dan niet volledig omdat sommige studenten afhaakten na de eerste of tijdens de tweede kandidatuur, of om diverse redenen sommige vakken niet aflegden (wijzigingen in het studieprogramma, individuele vrijstellingen...).

Tabel 1: Onderzoeksstaal studenten ingenieur-architect

| Academiejaar waarin het toelatingsexamen afgelegd werd | Aantal studenten die aan voorwaarden voldoen |
|--|--|
| 1990 - 1991 | 81 |
| 1991 - 1992 | 82 |
| 1992 - 1993 | 79 |
| 1993 - 1994 | 102 |
| 1994 - 1995 | 77 |
| 1995 - 1996 | 87 |
| 1996 - 1997 | 75 |
| 1997 - 1998 | 40 |
| Totaal | 623 |

Naast het opstellen van een beschrijvende statistiek, werden de correlaties nagegaan tussen de resultaten in het laatste jaar van de humaniora, deze van het toelatingsexamen en de uitslagen in de kandidaturen. Hiervoor werden Pearson en Spearman correlaties berekend. De twee methoden leverden geen noemenswaardig verschillende resultaten op. Waar in dit artikel de correlatiecoëfficiënten vermeld worden, zijn dit steeds de Pearson coëfficiënten. Volgende significantieniveaus worden onderscheiden:

- $p < 0.001$ sterke significantie
- $p < 0.01$ significantie
- $p < 0.05$ zwakke significantie
- $p > 0.05$ geen significantie

Vervolgens werd aan de hand van t-tests en variantieanalyses (Tukey's studentized range test) zowel voor de resultaten in het toelatingsexamen als in de kandidaturen de invloed nagegaan van geslacht, uren wiskunde in de humaniora, het al dan niet volgen

van een voorbereidend jaar, en het feit of men in de humaniora wetenschappelijk tekenen² volgde. Ten slotte werd nagegaan of het mogelijk is om, uitgaand van de resultaten op het toelatingsexamen, een predictie te maken van de slaagkansen in de kandidaturen ingenieur-architect. We merken nog op dat voor de resultaten steeds gekeken werd naar de laatste poging die ondernomen werd.

Globale resultaten

Is er een verband tussen de globale resultaten die een student haalt in de humaniora, in het toelatingsexamen en in de opleiding burgerlijk ingenieur-architect? Om dit na te gaan werden de totaalpercentages bekeken van het laatste jaar humaniora (voor zover de deelnemers aan het toelatingsexamen beschikten over dit percentage en het vermeldde op het enquêteformulier), het toelatingsexamen ingenieur-architect, de eerste kandidatuur (1 KIRA) en de tweede kandidatuur burgerlijk ingenieur-architect (2 KIRA). Tabel 2 geeft de beschrijvende karakteristieken van deze gegevens.

Tabel 2: Beschrijvende karakteristieken van de globale percentages in het laatste jaar van de humaniora, bij het toelatingsexamen en in de kandidaturen

| | aantal studenten | gemiddeld percentage | standaard-afwijking | mediaan | minimum | maximum |
|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| humaniora | 528 | 72.2 | 7.4 | 73.0 | 50.0 | 90.0 |
| Toelatingsproef | 605 | 68.2 | 7.8 | 68.0 | 13.0 | 89.5 |
| 1 KIRA | 605 | 57.6 | 18.7 | 62.4 | 0.0 | 85.4 |
| 2 KIRA | 484 | 61.8 | 11.5 | 62.9 | 0.0 | 80.8 |

Wie goed presteert in de humaniora, heeft meer kans op een mooie studiercarrière aan de universiteit. Er is onderling – zoals te verwachten – een sterke correlatie tussen de vier onderzochte percentages (overall $p < 0.001$). Iemand met een goed eindpercentage in de humaniora heeft meer kans op slagen in het toelatingsexamen, en wie hoog scoort in het toelatingsexamen haalt gemiddeld gezien een hoge score in beide kandidaturen. Hetzelfde kan, mutatis mutandis, gezegd worden van iemand met minder fraaie resultaten. We merken op dat – om evidente redenen – niet onderzocht is hoeveel kans een student maakt die het toegangsexamen niet gehaald heeft.

Wat betreft de totaalpercentages, heeft het aantal uren wiskunde dat de student per week volgde in de derde graad van de humaniora alleen maar een invloed op het resultaat van het toelatingsexamen ($p < 0.0027$). Zo scoort de groep studenten die 8 of meer uren wiskunde kregen, significant beter op het toelatingsexamen dan zij die minder dan 8 uur volgden. Tabel 4 geeft de gemiddelde resultaten op het toelatingsexamen voor de verschillende categorieën van studenten. In de kandidaturen is er nog steeds een invloed van het aantal gevolgde uren wiskunde waar te nemen, maar alleen op individuele vakken (zie verder).

Tabel 3: Totaalpercentages toelatingsexamen opgesplitst naar het aantal uren wiskunde gevolgd in de laatste graad van het secundair onderwijs

| | aantal studenten | percentage op totaal studenten | gemiddeld totaal% toelatingsexamen |
|----------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| niet ingevuld op enquête | 68 | 11.24 | |
| minder dan 6 uren wiskunde | 355 | 5.79 | 66.4 |
| 6 of 7 uren wiskunde | 145 | 23.97 | 66 |
| 7 of meer uren wiskunde | 357 | 59.01 | 69.0 |

Als we kijken naar de afzonderlijk prestaties van jongens en meisjes (tabel 4), dan is het verschil tussen hun resultaten alleen significant in de eerste kandidatuur. De meisjes scooren hier opvallend beter! Dit kan mogelijk verklaard worden door het feit dat alleen de meest gemotiveerde meisjes effectief de studies beginnen, terwijl voor jongens de drempel nog steeds lager ligt.³ Op het toelatingsexamen speelt dit verschil niet significant mee, mogelijk omdat tot voor kort meer prestigieuze jongenscolleges hun laatstejaars 'klaarstoomden' voor het examen. Na de eerste kandidatuur is – waarschijnlijk door de hier voor jongens sterkere selectie – het verschil tussen de resultaten van jongens en meisjes verdwenen.

Tabel 4: Totaalpercentages toelatingsexamen en kandidaturen opgesplitst naar geslacht

| | geslacht | aantal studenten | gemiddeld percentage | standaard deviatie | Pearson coëfficiënt p |
|------------------|----------|------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| Toelatingsexamen | jongen | 376 | 68.6 | 7.9 | p = 0.169 |
| | meisje | 223 | 67.6 | 7.6 | |
| 1 KIRA | jongen | 376 | 56.1 | 20.2 | p = 0.0023 |
| | meisje | 223 | 62.5 | 15.0 | |
| 2 KIRA | jongen | 293 | 61.2 | 12.8 | p = 0.165 |
| | meisje | 187 | 62. | 6 9.3 | |

De wiskunde-examens

Tot voor het academiejaar 1990-1991 bestond het toelatingsexamen tot de studies van burgerlijk ingenieur-architect louter uit examens wiskunde. Sinds de invoering van het aparte toelatingsexamen voor kandidaat ingenieur-architecten worden er naast de wiskundige kennis en vorming ook het vermogen tot synthese, ruimtelijk inzicht en affiniteit met vorm en vormgeving getoetst (zie hierboven). Toch blijft de wiskundekennis een groot deel van het examen uitmaken, én het enige deel waar een degelijke voorbereiding wenselijk is. Maar is het toetsen van deze kennis wel relevant voor de latere opleiding? Het lijkt logisch de aanleg voor exact-wetenschappelijke vakken te toetsen aan de hand van een wiskundeproef. Als er moet gekozen worden tussen wiskunde, scheikunde, fysica en biologie, is het zo dat van de gemiddelde leerplannen (en hun

invulling) het wiskundeleerplan het minst verschilt over de scholen van de derde graad van het secundair onderwijs heen. En wiskunde leent zich prima om het deductieve vermogen en de aanleg tot logisch redeneren te testen die men in alle exact-wetenschappelijke vakken nodig heeft. Ook de opstellers van de Chrysostomosproef⁴ opteren voor een wiskunde-proef om het redeneervermogen en de capaciteiten tot zowel het onthouden als het correct kunnen toepassen van specifieke basisregels te testen.

Om een waardevol deel van de toelatingsproef te zijn, zou er een verband moeten bestaan tussen de wiskunderesultaten van de toelatingsproef en deze behaald in de latere opleiding. Wat het toelatingsexamen (TE) betreft gaat het om het examen 'driehoeksmeting en ruimtemeetekunde' (meetekunde TE) en het examen 'algebra en analyse' (algebra/analyse TE). De verschillende wiskunderesultaten van studenten die de gecombineerde proef aflegden werden gebundeld in één cijfer (wiskunde TE). De exact-wetenschappelijke vakken van de kandidaturen die we meenamen in de analyse zijn: wiskunde1, wiskunde2, natuurkunde1, mechanica1, meetkunde1, sterkteleer2. Het cijfer achter het vak verwijst naar het kandidatuurjaar waarin het geanalyseerde vak gedoceerd wordt. Tabel 5 geeft de correlatiecoëfficiënten tussen de vakken van de toelatingsproef en die van de kandidaturen. Ook het totaalpercentage van het toelatingsexamen is opgenomen.

Tabel 5: Pearson correlatiecoëfficiënten tussen wiskundevakken van het toelatingsexamen burgerlijk ingenieur-architect en exacte vakken in de kandidaturen van de opleiding burgerlijk ingenieur-architect. Een leeg vak verwijst naar een niet-significante relatie ($p > 0.05$)

| | wiskunde1 | wiskunde2 | natuurr.1 | mechanica1 | meetekunde1 | sterkteleer2 |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| totaal% TE | 0.23058 $p < 0.0001$ | 0.09891 $p = 0.033$ | 0.19026 $p < 0.0001$ | 0.24154 $p < 0.0001$ | 0.19557 $p < 0.0001$ | 0.09693 $p = 0.0439$ |
| algebra/ analyse TE | 0.24950 $p < 0.0001$ | 0.13615 $p = 0.0493$ | | 0.15827 $p = 0.0016$ | 0.12993 $p = 0.0032$ | |
| meetekunde TE | 0.16670 $p = 0.0002$ | | 0.19367 $p = 0.0001$ | 0.21371 $p < 0.0001$ | 0.13021 $p = 0.0031$ | |
| wiskunde TE | 0.40279 $p = 0.01$ | 0.32553 $p = 0.0049$ | | 0.53199 $p = 0.0075$ | | |

We kunnen besluiten dat de resultaten van de wiskundevakken op het toelatingsexamen een goede indicator zijn voor de exact-wetenschappelijke vakken in de eerste kandidatuur. Dit met uitzondering van het vak sterkteleer uit de tweede kandidatuur, waarvan de resultaten enkel (zwak) correleren met het *totaal*percentage van het toelatingsexamen. Kijkend naar de afzonderlijke vakken, correleert het vak natuurkunde1 alleen met het examen meetkunde van het toelatingsexamen. Op dit vak na zijn de resultaten wat betreft de vakken uit de eerste kandidatuur significant tot sterk significant. Opval-

lend is de sterke correlatie tussen het totaalpercentage van het toelatingsexamen en de hier vermelde vakken van de eerste kandidatuur: op exact-wetenschappelijk gebied blijkt het toelatingsexamen een geslaagde mix van examens.

Voor de exacte vakken helpt het als men in de derde graad van de humaniora een richting volgde met acht of meer uur wiskunde per week: zowel voor algebra/analyse TE, wiskunde1 en mechanica1 scoren deze studenten significant hoger dan zij die minder dan acht uur wiskunde kregen. Een jongen zijn helpt ook: jongens halen significant betere resultaten op meetkunde TE ($p = 0.0045$), mechanica1 ($p = 0.0194$) en vooral sterkteleer2 ($p < 0.001$). Studenten die in de humaniora een vak wetenschappelijk tekenen op hun programma hadden, scoren binnen de groep van exacte vakken alleen significant beter op het examen algebra/analyse TE ($p = 0.001$).

De grafische proef

In het voorgaande werden de twee componenten van de grafische proef voorgesteld. Deze twee componenten – deel projectie en deel compositie – worden in dezelfde examens van ongeveer vier uur afgenomen. Uit onze ervaring blijkt dat de gemiddelde student ongeveer de eerste drie uren aan het deel projectie werkt, waarna er nog een uur overblijft om de compositie te maken. Iemand die meer problemen ondervindt bij het oplossen van het deel projectie, laat dit deel nog meer tijd opsloppen zodat de tijd gespendeerd aan het deel compositie soms echt wel miniem is. Het deel projectie en deel compositie worden apart bekeken en gequoteerd. Voor het berekenen van de totaalscore op het toelatingsexamen en het delibereren van de examenresultaten worden beide delen samengenomen. De studenten weten van bij de aanvang van het examen dat het deel compositie maar in beperkte mate meespeelt in het totale cijfer van de grafische proef. Zo kan een goede compositie een behoorlijk resultaat op het deel projectie versterken, of een tekort op het deel projectie opheffen. Een minder goede compositie zal een schitterend resultaat op de grafische proef in de weg staan, maar zal op zich nooit leiden tot een tekort. De beoordeling van beide onderdelen verschilt. De oplossing van het deel projectie is een exact resultaat, dat op een objectieve wijze kan verbeterd worden. De compositie is een creatief product, dat niet zo eenduidig kan beoordeeld worden. De factor subjectiviteit is hiermee onlosmakelijk verbonden. Een groot aantal onderzoekers geloven zelfs dat het niet mogelijk is om ooit universele criteria te identificeren om creatieve prestaties te evalueren (Schoon, 1992, aangehaald in Taeymans, 1999). Bij het toelatingsexamen wordt het subjectieve aspect al enigszins beperkt door het werken met zogenaamde 'expert' beoordelaars. Zo geven twee ervaren stafleden, die ook in de opleiding ingenieur-architect instaan voor beoordeling van creatieve prestaties, hun oordeel over de compositie.

Voor de statistische analyse werd zowel het totaalcijfer van de grafische proef beschouwd (grafische proef TE), als de deelresultaten van het deel projectie (projectie TE) en het deel compositie (compositie TE). Eerst keken we of de grafische proef, en het deel projectie in het bijzonder, invloed hebben op de vakken die steunen op het ruimtelijk inzicht: meetkunde1, mechanica1 en sterkteleer2 (zie tabel 6). Zoals verwacht correleren de grafische proef als geheel en het deel compositie in het bijzonder op een

sterk significante wijze met meetkunde1 en mechanica1. Op dit gebied voldoet de grafische proef alvast aan de verwachtingen. Net zoals bij de wiskunde-examens (zie hierboven) is er geen verband met het vak sterkteleer uit de tweede kandidatuur en is hierlijkbaar de rechtstreekse invloed van de ingangsexamens weggewerkt.

Tabel 6: Pearson correlatiecoëfficiënten tussen de grafische proef en haar deel projectie enerzijds, en de exact-wetenschappelijke vakken uit de kandidaturen die steunen op ruimtelijk inzicht. Een leeg vak verwijst naar een niet-significante relatie ($p > 0.05$)

| | meetkunde 1 | mechanica 1 | sterkteleer 2 |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| grafische proef TE | 0.17090 $p < 0.0001$ | 0.12034 $p = 0.0135$ | |
| projectie TE | 0.18643 $p < 0.0001$ | 0.13039 $p = 0.0074$ | |

Vervolgens onderzochten we de correlatie tussen de grafische proef en haar componenten en die vakken uit de kandidaturen waar de studenten een creatief product moeten realiseren. Dit zijn ontwerpen1, ontwerpen2, vormleer1 en vormleer2 (zie tabel 7). De grafische proef correleert sterk significant met ontwerpen en vormleer uit de tweede kandidatuur, en significant met vormleer uit de tweede kandidatuur ingenieur-architect. Het deel compositie correleert enkel met het vak vormleer uit de tweede kandidatuur. Er is echter geen significante correlatie met het vak vormleer zoals dat gegeven wordt in de eerste kandidatuur. Als we de inhoud van dit vak nader onderzoeken, hoeft dit ons niet te verbazen. In vormleer2 gebruikt de student ten volle zijn of haar creativiteit om te komen tot verschillende deelontwerpen. In vormleer1 daarentegen krijgt men een introductie in teken- en presentatietechnieken, maar wordt er niet echt ontworpen. Wat betreft het architectuurontwerpen kunnen we stellen dat deze discipline niet alleen een compositorisch aspect inhoudt, maar evenzeer steunt op de analytische kwaliteiten van de student-ontwerper. Vandaar wellicht dat er geen significant verband is tussen het deel compositie op zich en het vak ontwerpen, maar wel tussen de gehele grafische proef en het vak ontwerpen.

Tabel 7: Pearson correlatiecoëfficiënten tussen de grafische proef en haar deel compositie enerzijds, en de 'creatieve' vakken uit de kandidaturen. Een leeg vak verwijst naar een niet-significante relatie ($p > 0.05$)

| | ontwerpen1 | ontwerpen2 | vormleer1 | vormleer2 |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| grafische proef TE | 0.21359 $p = 0.0244$ | 0.16873 $p = 0.0002$ | | 0.16183 $p = 0.0004$ |
| compositie TE | | | | 0.11195 $p = 0.0147$ |

We besluiten dat waar de totale grafische proef en het deel projectie duidelijk relevant zijn voor de latere opleiding, dit voor het deel compositie – dat in het geheel van het toelatingsexamen ook eerder een marginale rol speelt - veel minder evident is. Juist over de validiteit van deze compositie en mogelijke alternatieven werd onderzoek verricht in de licentiaatthesis Psychologie van Sofie Taeymans (1999). Naast het controleren van correlaties, werden twee opeenvolgende jaren zes visuele intelligentietests (Ekstrom e.a. 1987) voorgelegd aan een groep van proefpersonen bestaande uit studenten eerste kandidatuur ingenieur-architect. Achterliggend idee was dat het gemak waarmee men mentale operaties kan uitvoeren in het visuele medium (visuele intelligentie) een effect zou hebben op het creatieve proces. Visuele intelligentie wordt hier gezien als een noodzakelijke maar geen voldoende voorwaarde voor creatief ontwerpen. Vervolgens werd in deze thesis de mogelijke correlatie getest tussen de resultaten op het toelatingsexamen (hier beperkt tot de resultaten van de grafische proef), het vak ontwerpen en het vak vormleer in de eerste kandidatuur, en de resultaten op de extra visuele intelligentietests. De testgroep bestond over de twee jaren samen uit 157 studenten. Jammer genoeg werden de vakken uit de tweede kandidatuur niet opgenomen in de analyse. De algemene conclusie was dat noch het toelatingsexamen, noch de extra tests een goede predictie opleverden voor de creatieve vakken vormleer en ontwerpen uit de eerste kandidatuur. Enkel de toevoeging van één test (de Hidden Figures Test) als predictor bij de twee delen van de grafische proef zorgde (en dan nog maar voor één van beide testgroepen) voor een (beperkte) significante stijging van de verklaarde variantie. Ook hier blijkt dus dat een predictie doen over de latere creatieve prestaties van de studenten niet evident is. Toch toonde de licentiaatthesis aan dat het deel compositie van het toelatingsexamen qua predictor voor de prestaties op creatieve vakken niet hoeft onder te doen voor de klassieke visuele intelligentietests, integendeel. En al is de predictieve waarde van het deel compositie beperkt, toch werd besloten deze test in het toelatingsexamen te behouden. Deze test is immers voor velen een eerste kennismaking met het omgaan met vorm en vormgeving en de aard van latere creatieve opdrachten. Door het meemaken van deze test, kan de kandidaat bij zichzelf nagaan op hij of zij wel openstaat voor zulke opdrachten. Iemand die al zuchtend en steunend aan de slag gaat en deze creatieve opdracht een nutteloze bedoening vindt, kan wellicht beter een andere studierichting kiezen.

Wat betreft de invloed van het geslacht op de resultaten van de grafische proef, geeft het uitvoeren van een t-test aan dat jongens significant beter scoren op de totale grafische proef en het deel projectie (voor beide $p < 0.0001$), terwijl meisjes hogere punten behalen op het deel compositie ($p = 0.0162$).

Opvallend is dat ervaring met wetenschappelijk tekenen in de humaniora de resultaten op de grafische proef totaal niet beïnvloedt. Vreemd genoeg is het tegendeel eerder waar: iemand die wetenschappelijk tekenen volgde, scoort gemiddeld enkele tienden van een punt lager op het ontwerpen in de tweede kandidatuur. Zou het 'rechtlijnig en rationeel' redeneren dat in wetenschappelijk tekenen wordt bijgebracht eerder remmend werken in het laterale denken van het creatieve proces?

De verhandeling

Een laatste onderdeel van het toelatingsexamen tot de studies van burgerlijk ingenieur-architect is de verhandeling. Bij het opstellen van het toelatingsexamen werd ervan uitgegaan dat het schrijven van een verhandeling rond een architectuurthema een valabele waardemeter is om de geschiktheid voor de latere architectuur-wetenschappelijke vakken te testen. Deze vakken behoren tot de humaan-wetenschappelijke component van de opleiding tot burgerlijk ingenieur-architect. Om deze stelling te valideren werd de correlatie nagegaan tussen de resultaten van de verhandeling op het toelatingsexamen (verhandeling TE), en de resultaten op architectuurgeschiedenis (geschiedenis1, geschiedenis2) en architectuurtheorie (theorie1, theorie2) in de kandidaturen. Zoals blijkt uit tabel 8 correleert de uitslag op de verhandeling van het toelatingsexamen zeer sterk met de resultaten op architectuurtheorie in de tweede kandidatuur. Met het vak architectuurgeschiedenis in de tweede kandidatuur is de relatie significant, en de correlatie met hetzelfde vak uit de eerste kandidatuur vertoont een zwakke significantie. Dit verschil wordt duidelijk als we naar de uitwerking van beide vakken kijken. Terwijl geschiedenis1 een langlopend en breed uitgewerkt vak is met een klassiek examen, is geschiedenis2 een kortlopend vak waarin van de student een eigen bijdrage onder vorm van een paper verwacht wordt. Dit laatste vak steunt door zijn opbouw meer op de 'algemene bagage' van de student en net zoals bij de verhandeling van het toelatingsexamen wordt er expliciet een geschreven product beoordeeld. Voor het feit dat er geen significante correlatie is tussen de verhandeling en het vak architectuurtheorie uit de eerste kandidatuur kunnen we vooralsnog geen verklaring geven.

Tabel 8: Pearson correlatiecoëfficiënten tussen de verhandeling en de architectuur-wetenschappelijke vakken uit de kandidaturen. Een leeg vak verwijst naar een niet-significante relatie ($p > 0.05$)

| | geschiedenis1 | geschiedenis2 | theorie1 | theorie2 |
|-----------------|---------------|---------------|----------|--------------|
| verhandeling TE | 0.22908 | 0.14474 | | 0.21171 |
| | $p = 0.0219$ | $p = 0.0016$ | | $p < 0.0001$ |

Voor de totaalgroep van architectuur-wetenschappelijke vakken rechtvaardigen de gevonden correlaties zeker de plaats die de verhandeling inneemt op het menu van de toelatingsproeven voor toekomstige burgerlijk ingenieur-architecten.

We merken nog op dat meisjes significant beter scoren op de verhandeling dan de jongens ($p = 0.0011$). Ook op het vak architectuurgeschiedenis halen de meisjes gemiddeld gezien meer punten dan de jongens ($p = 0.0012$). Als we dit samenvoegen bij de resultaten op de exact-wetenschappelijke vakken, lijken deze analyses het klassieke verwachtingspatroon te versterken: meisjes scoren beter op het humane en het puur vormelijke vlak, jongens halen betere resultaten voor de technische vakken en onderdelen waar ruimtelijk inzicht primeert. Tabel 9 geeft een overzicht van die vakken en onderdelen van de analyse waar er inderdaad een significante gender-invloed speelt.

Tabel 9: Overzicht van onderdelen en vakken waar de gender-invloed significant is

| | gemiddelde resultaten | | p-waarde uit t-test procedure |
|---------------------|-----------------------|---------|-------------------------------|
| | jongens | meisjes | |
| compositie TE | 11.654 | 12.305 | 0.0162 |
| verhandeling TE | 13.453 | 13.996 | 0.0011 |
| geschiedenis 2 KIRA | 13.052 | 13.696 | 0.0012 |
| projectie TE | 13.176 | 11.166 | < 0.0001 |
| meetkunde TE | 14.371 | 13.710 | 0.0045 |
| mechanica 1 KIRA | 13.212 | 12.371 | 0.0194 |
| sterkteleer 2 KIRA | 12.452 | 11.547 | 0.0008 |

Predictie van slaagkans?

Is het mogelijk om op basis van de resultaten op het toelatingsexamen een prognose te doen over de slaagkansen van de student in de kandidaturen burgerlijk-ingenieur-architect? Deze vraag was de aanleiding om, uitgaande van de statistische gegevens van het onderzoek, te proberen een predictiemodel voor de slaagkans in de eerste en de tweede kandidatuur op te stellen. Een aantal logistische regressies werden uitgevoerd, echter zonder veel resultaat. Als onafhankelijke variabelen werden in deze pogingen de resultaten op het globale toelatingsexamen en het geslacht meegenomen. Ook na het doorvoeren van verfijningen werd geen goed predictiemodel bereikt. Het invoeren van de scores op de aparte onderdelen van het toelatingsexamen zou eventueel iets kunnen verbeteren, maar het lijkt evident dat de resultaten op het toelatingsexamen alleen niet genoeg informatie bieden om toekomstig succes of falen op studiegebied te voorspellen. Zoals blijkt uit andere onderzoeken (o.a. vermeld in Janssen e.a., 1999), hebben aspecten als studiegedrag, interesse, faalangst en karakter, sociaal milieu ... eveneens een grote invloed op het latere studiesucces. Het werken met een controlegroep – welke kans maakt iemand die het ingangsexamen niet gehaald heeft? – zou het validatieonderzoek ook op dit gebied enorm vooruit helpen, maar is om evidente redenen niet mogelijk.

Samenvatting

Sinds juli 1991 kent het programma burgerlijk ingenieur-architect een eigen toelatingsexamen voor kandidaat-studenten. Dit examen bestaat uit drie grote onderdelen: een wiskunde-examen, een grafische proef en een verhandeling. Dit artikel vat de resultaten samen van de statistische analyses die werden uitgevoerd om de validiteit van het toelatingsexamen na te gaan.

Globaal gezien vertonen de eindpercentages in het laatste jaar van het secundair onderwijs, in het toelatingsexamen en in de beide kandidaturen ingenieur-architect een sterke positieve correlatie. Iemand met een goed eindpercentage in de humaniora heeft

meer kans op slagen voor het toelatingsexamen, en wie hoog scoort op het toelatingsexamen haalt gemiddeld gezien een hoge score in beide kandidaturen.

De resultaten op het *wiskunde-examen* (vakken 'algebra en analyse' en 'meetkunde') blijken een goede indicator voor de latere resultaten op de exact-wetenschappelijke vakken in de eerste kandidatuur. Opvallend is de sterke correlatie tussen het totaalresultaat van het toelatingsexamen (waaronder de wiskundeproef) en de exact-wetenschappelijke vakken. De *grafische proef* bestaat uit twee componenten: projectie en compositie. Zoals verwacht vertoont het deel projectie een sterke significante correlatie met de vakken meetkunde en mechanica uit de eerste kandidatuur. De compositie, als creatief product, vertoont tegen de verwachtingen in slechts een beperkte significante correlatie met latere vormleer-prestaties, en heeft geen enkele correlatie met de latere vakken ontwerpen. Op het totaalresultaat van de grafische proef heeft deze compositie wel enkel een 'kleurende' invloed.

De *verhandeling* correleert positief met de architectuur-wetenschappelijk vakken architectuurgeschiedenis (beide kandidaturen) en architectuurtheorie (tweede kandidatuur). Wat betreft de voorgeschiedenis van de kandidaten blijkt de invloed van het humanioravak 'wetenschappelijk tekenen' gering. Het heeft een positieve invloed op de wiskundeproef van het toelatingsexamen (deel 'algebra en analyse') en een licht negatieve (!) invloed op het ontwerpen in de tweede kandidatuur. Tegen de verwachtingen in heeft het geen invloed op de resultaten van de grafische proef of op de kandidatuurvakken die steunen op ruimtelijk inzicht. Het genderspect daarentegen mag niet verwaarloosd worden. Zo scoren meisjes significant beter op de onderdelen compositie en verhandeling van de toelatingsexamen én in de globale eerste kandidatuur. Jongens behalen systematisch betere resultaten op de onderdelen meetkunde en projectie van de grafische proef, en op de vakken mechanica en sterkteleer in de kandidaturen.

Conclusies

Door de significante resultaten lijkt de validiteit van het toelatingsexamen voor kandidaat burgerlijk ingenieur-architecten bewezen. Het examen blijkt een waardevolle mix, die zowel het 'kennen' (wiskundeproef) als het 'kunnen' (grafische proef en verhandeling) van de kandidaten probeert in kaart te brengen. Ondanks het ontbreken van een controlegroep (studenten die het toelatingsexamen niet haalden) zijn de resultaten van het onderzoek overtuigend. Toch blijft, ondanks de positieve correlaties, de grootte van de verklaarde varianties zeer laag. Telkens worden maar *enkele* percenten van de behaalde resultaten in de kandidaturen rechtstreeks verklaard door de resultaten op het toelatingsexamen. Andere aspecten als studiegedrag, interesse, faalangst en karakter, sociaal milieu ... bepalen mee het latere studiesucces. Dit is waarschijnlijk de reden dat een predictie van slaagkans op basis alleen van de resultaten op het toelatingsexamen niet mogelijk is. Omwille van de grote invloed van deze andere factoren en mede omwille van het – niet te negeren – variabele onderwijsniveau bij verschillende scholen en leerkrachten in het secundair onderwijs, zou men ervoor kunnen pleiten dit toelatingsexamen, en alle toelatingsexamens in het algemeen, geen bindend maar wel een richtgevend karakter te geven. De op vraag van de Vlaamse regering voorgestelde

Chrysostomosproef voor laatstejaars secundair onderwijs, bijvoorbeeld, volgt deze denkpijpe en toont aan dat ook op Vlaams niveau de discussie rond keuzebegeleiding en toelatingsexamens niet gesloten is.

Noten

- ¹ Vanaf het academiejaar 2000-2001 wordt in de toelatingsexamens ingenieur en ingenieur-architect het wiskundegedeelte afgeslankt. Het toelatingsexamen ingenieur bestaat dan nog uit twee examens: een examen algebra en ruimtemeetkunde, en een examen analyse. De kandidaat ingenieur-architecten leggen, naast de grafische proef en verhandeling, alleen het examen analyse af (FTW, 2001).
- ² Het feit of men al dan niet ervaring had met 'vrij tekenen' alvorens aan de proef deel te nemen, werd niet meegenomen in de analyse daar de enquête niet duidelijk maakte wat dit vrij tekenen inhield (les in de humaniora, les in een tekenacademie, in vrije tijd zelf tekenen, duur van de opleiding...). Daar het aantal studenten dat een voorbereidend jaar volgde minimaal is, wordt ook op dit aspect niet verder ingegaan in dit artikel.
- ³ Globaal gezien evolueert de studierichting ingenieur-architect wel naar een fifty-fifty verhouding tussen jongens- en meisjesstudenten (van 37% meisjes in 1988-1989 naar 44% in 1999-2000). Dit steekt gunstig af bij de cijfers van alle ingenieursrichtingen aan de Katholieke Universiteit Leuven samen, waar in 1999-2000 gemiddeld slechts 22% meisjes te vinden zijn (Loeckx e.a., 2001).
- ⁴ De Chrysostomosproef is een van de eindresultaten van een onderzoek in opdracht van de Vlaamse regering, waarin onderzocht werd hoe men jongeren in het laatste jaar van het secundair onderwijs kan ondersteunen bij het maken van hun studiekeuze. De Chrysostomosproef zou bestaan uit drie grote onderdelen: een taalproef, een proef wiskunde en een stillesproef (Janssen e.a., 1999).

Literatuur

- Ekstrom, R.B., French, J.W., Harman, H.H. & Dermen, D. (1987) *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- FTW (2001) CWIS - *Faculteit Toegepaste Wetenschappen*. Homepage Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, URL: <http://www.cs.kuleuven.ac.be/faculty/cwis/fac-N.shtml> (laatst bezocht april 2001).
- Janssen, P.J. (1997) Het toelatingsexamen Genees- en Tandheelkunde. Vlaanderens innovatie in internationaal perspectief. *Caleidoscoop – Spiegel van eigentijdse begeleiding*, Palmaers E. (ed.), Vrije CLB-Koepel, Brussel, 1997, 9:2, 4, p.4-9.
- Janssen, P.J., Claes, L. & Wels, G. (1999) Keuzebegeleiding van laatstejaars secundair onderwijs, Hoe jongeren ondersteunen bij het 'maken' en 'toetsen' van hun studiekeuze?, Eindrapport project 95.09, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Onderwijs, Onderwijskundig Beleids- en Praktijkgericht Wetenschappelijk Onderzoek.
- Loeckx, A., Neuckermans, H., De Troyer, F., Heynen, H. & Vandevyvere, H. (eds.) (2001)

Zelfevaluatie-rapport Burgerlijk Ingenieur-Architect, Leuven: Departement Architectuur, Stedenbouw en Ruimtelijke Ordening, Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven.

Schoon, I. (1992) *Creative achievement in architecture: a psychological study*. Doctoraatsdissertatie Rijksuniversiteit Leiden, DSWO Press Leiden, 167p.

Taeymans, S. (1999) *Visuele creativiteit. Predictie van succes op de grafische component van de opleiding tot burgerlijk ingenieur-architect*. Licentiaatsverhandeling Faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen, Afdeling Experimentele en Kwantitatieve Psychologie, Katholieke Universiteit Leuven, 143p.