TIMSS 2019 | TRENDS IN INTERNATIONAL MATHEMATICS & SCIENCE STUDY

Universiteit Antwerpen

RESEARCH BRIEF 3

Van Elsen, J., Appels, L., Gijsen, M., De Maeyer, S. & Van Petegem, P.

# SAMENHANG TUSSEN PRESTATIES WISKUNDE EN WETENSCHAPPEN

>> De samenhang tussen de prestaties wiskunde en wetenschappen, tussen de inhoudelijke subdomeinen en tussen de cognitieve subdomeinen is sterk, zowel op leerlingniveau als op schoolniveau.

>> De drie cognitieve domeinen wiskunde hangen sterk samen met de drie cognitieve domeinen wetenschappen. Deze samenhang is wel beperkter dan de onderlinge samenhang tussen de cognitieve domeinen binnen wiskunde of wetenschappen.

## INLEIDING

>> De laatste jaren is de aandacht voor STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) in het Vlaamse onderwijs sterk toegenomen. Kwaliteitsvol STEM-onderwijs kan een antwoord bieden op het structurele tekort aan exacte wetenschappers en technici op de arbeidsmarkt. De Europese commissie beschouwt STEM als een essentieel onderdeel van het onderwijscurriculum, niet alleen in het secundair of hoger onderwijs, maar ook in het lager en zelfs kleuteronderwijs (European Commission, 2015). Onderzoek toont aan dat STEM-onderwijs in de vroege schoolcarrière samenhangt met academische prestaties op langere termijn.

STEM-onderwijs houdt niet enkel in dat leerlingen lessen wiskunde en wetenschappen aangeboden krijgen, maar streeft ook naar de integratie van de verschillende STEM-domeinen onderling en de integratie van STEM met andere domeinen zoals mens en samenleving. In het Vlaamse TIMSS-rapport werden de resultaten voor wiskunde en wetenschappen naast elkaar gepresenteerd (Faddar et al., 2020). Met het huidige onderzoek willen we de samenhang nagaan tussen de prestaties van Vlaamse leerlingen voor wiskunde en wetenschappen en de subdomeinen.

## TIMSS

Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) is een internationaal vergelijkend onderzoek dat de prestaties wiskunde en wetenschappen meet van leerlingen uit het vierde leerjaar en het tweede middelbaar. Het internationale karakter van TIMSS maakt het mogelijk de prestaties van Vlaamse leerlingen te vergelijken met de prestaties van leerlingen uit de 63 andere deelnemende landen of regio's. Het cyclische karakter van TIMSS maakt het mogelijk om trends in de leerlingenprestaties te onderzoeken. In totaal namen 4655 Vlaamse leerlingen van het 4de leerjaar uit 147 scholen, verspreid over alle Vlaamse provincies deel aan TIMSS 2019. Alle leerlingen vulden één van de 14 toetsboekjes in met opdrachten over wiskunde en wetenschappen. Daarnaast vulden leerlingen, ouders, leerkrachten en de directie van de school een vragenlijst in. De gegevens uit het TIMSS-onderzoek zijn publiek beschikbaar via de website van de *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA) (https://timss2019.org/international-database). Deze database bevat anonieme gegevens over de prestaties van leerlingen, leerlingenkenmerken, hun thuiscontext, les- en klaspraktijken en de schoolcontext.

Meer informatie vind je in het Vlaams TIMSS-rapport.

SAMENVATTING

Op vraag van het departement Onderwijs & Vorming van de Vlaamse Gemeenschap werd op basis van de TIMSS-2019-data de samenhang onderzocht tussen de prestaties wiskunde en wetenschappen op leerling- en schoolniveau. Naast de algemene samenhang werd ook de samenhang onderzocht tussen de cognitieve domeinen kennen, toepassen en redeneren en de samenhang tussen de inhoudelijke domeinen voor wiskunde (getallen, geometrie en meten en data) en voor wetenschappen (biologie, natuurkunde en aardrijkskunde). Uit de resultaten blijkt dat de prestaties voor wiskunde en wetenschappen en de inhoudelijke en cognitieve domeinen onderling sterk samenhangen. Deze sterke samenhang vinden we zowel terug op leerlingniveau als op schoolniveau.

De prestaties van leerlingen binnen onderwijssystemen worden uitgedrukt op de TIMSS-meetschaal. De schaal heeft een bereik van 0 tot 1000 punten. Om trendanalyses mogelijk te maken werd bij het TIMSS-onderzoek in 1995 het gemiddelde prestatieniveau vastgelegd op 500 met een standaardafwijking van 100. In 2019 scoorden Vlaamse leerlingen gemiddeld 532 (*SD* = 65.52) voor wiskunde en 501 (*SD* = 66.94) voor wetenschappen (Faddar et al., 2020).

## METHODE

**DATA.** De TIMSS-database bevat voor alle leerlingen schattingen van hun prestatieniveaus voor wiskunde en wetenschappen. De algemene prestatieniveaus worden verder onderverdeeld in inhoudelijke en cognitieve domeinen.

Voor wiskunde worden drie inhoudelijke domeinen onderscheiden: 1° getallen, 2° geometrie en meten en 3° data. Ook voor wetenschappen worden drie inhoudelijke domeinen onderscheiden: 1° biologie, 2° natuurkunde en 3° aardrijkskunde. De drie cognitieve domeinen zijn gelijk voor wiskunde en wetenschappen en hebben betrekking op 1° kennen, 2° toepassen en 3° redeneren. Tabel 1 geeft een overzicht van het percentage items per domein (Mullis et al., 2020). Een korte beschrijving van de items per domein is te vinden in Appendix 15A (wiskunde) en 15b (wetenschappen) van het technisch rapport van TIMSS (Martin et al., 2020).

**TABEL 1 PERCENTAGE ITEMS PER DOMEIN**

| | Wiskunde | | Wetenschappen | |
|---|---|---|---|---|
| | Domein | N | | N |
| Inhoudelijke domeinen | Getallen | 50 % | Biologie | 45 % |
| | Geometrie & meten | 30 % | Natuurkunde | 35 % |
| | Data | 20 % | Aardrijkskunde | 20 % |
| Cognitieve domeinen | Kennen | 40 % | Kennen | 40 % |
| | Toepassen | 40 % | Toepassen | 40 % |
| | Redeneren | 20 % | Redeneren | 20 % |

**CORRELATIES.** Om de samenhang na te gaan tussen de prestaties wiskunde en wetenschappen en de inhoudelijke en cognitieve domeinen, maken we gebruik van de Pearson correlatie. De Pearson correlatie is een schaalonafhankelijke maat voor de samenhang tussen variabelen die het mogelijk maakt om de sterkte van de samenhang tussen variabelen onderling te vergelijken. In de onderwijswetenschappen wordt een correlatie ≥ .50 doorgaans als sterk beschouwd (Cohen, 1988). Omdat we hier de correlatie willen nagaan tussen variabelen die conceptueel gezien onderling sterk aan elkaar verwant zijn, hanteren we strengere criteria en beschouwen we een correlatie ≥ .80 als sterk en een correlatie ≥ .50 als matig. Correlaties < .50 worden beschouwd als zwak.

**LEERLING- EN SCHOOLNIVEAU.** De samenhang tussen wiskunde en wetenschappen wordt op twee niveaus nagegaan: het niveau van de individuele leerling en het niveau van de school. Om de samenhang na te gaan op het niveau van de school worden de individuele prestaties van de leerlingen geaggregeerd naar schoolniveau. Hierbij werd gebruik gemaakt van de schoolgewichten van TIMSS. De berekening van de correlaties gebeurde volgens de procedures die beschreven staan in de handleiding voor data-analyse van PISA (OECD, 2009). Verschillen in leerlingenpopulatie kunnen een effect hebben op de samenhang tussen de prestaties wiskunde en wetenschappen van de leerlingen. Daarom controleren we of de samenhang blijft bestaan na controle voor geslacht, thuistaal en sociaaleconomische. Hiervoor bouwen we voor elk (sub)domein een multilevelmodel op waarin we de leerlingenkenmerken meenemen als controlevariabelen. De correlatie tussen de random effects van de verschillende scholen kunnen we interpreteren als de samenhang tussen de gemiddelde schoolscores voor wiskunde en wetenschappen na controle voor leerlingenkenmerken.

**SOFTWARE.** Alle analyses werden uitgevoerd in R (versie 4.1.1) met het open source programma RStudio. Hierbij werd gebruik gemaakt van de pakketten WeMix (Paul Bailey et al., 2020) en EdSurvey dat specifiek werd ontwikkeld voor analyses van grootschalig internationaal vergelijkend onderzoek (Paul Bailey et al., 2021).

## SAMENHANG OP LEERLINGNIVEAU

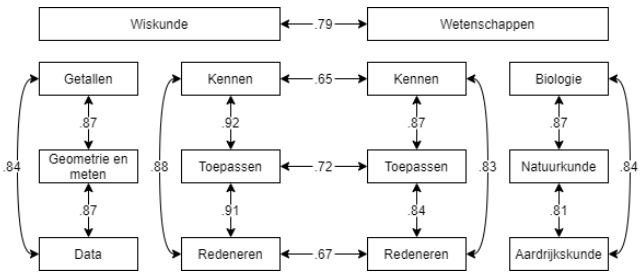
**BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN.** Tabel 3 toont de beschrijvende statistieken van de scores voor wiskunde en wetenschappen en de subdomeinen op leerlingniveau.

**TABEL 2 GEMIDDELDE SCORES OP LEERLINGNIVEAU**

| (Sub)domein | Gem | *SD* |
|---|---|---|
| Wiskunde | 532.44 | 67.52 |
| Getallen | 526.28 | 70.16 |
| Geometrie en meten | 550.82 | 68.51 |
| Data | 526.54 | 77.47 |
| Kennen | 546.16 | 75.42 |
| Toepassen | 526.45 | 69.28 |
| Redeneren | 530.36 | 69.93 |
| Wetenschappen | 501.02 | 66.94 |
| Biologie | 499.73 | 69.42 |
| Natuurkunde | 502.07 | 69.94 |
| Aardrijkskunde | 496.36 | 76.15 |
| Kennen | 493.25 | 72.66 |
| Toepassen | 501.09 | 67.64 |
| Redeneren | 510.88 | 70.75 |

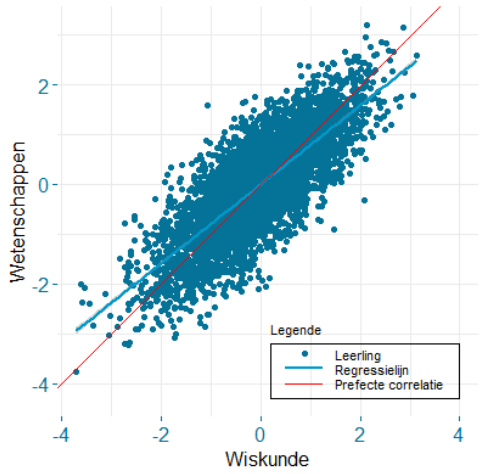
Figuur 1 Toont de correlaties van de prestaties van leerlingen voor de verschillende (sub)domeinen.

**FIGUUR 1 CORRELATIES TUSSEN (SUB)DOMEINEN OP LEERLINGNIVEAU**



**SAMENHANG WISKUNDE EN WETENSCHAPPEN.** De algemene correlatie tussen de prestaties wiskunde en wetenschappen van Vlaamse leerlingen bedraagt .79 (*SE* = 0.01, 95 % CI [.77, .81]. Aangezien .80 binnen de betrouwbaarheidsintervallen ligt, beschouwen we deze samenhang als sterk. Dat betekent dat leerlingen die goed presteren voor wiskunde ook goed presteren voor wetenschappen. Figuur 2 toont de samenhang tussen de wiskundescores en wetenschapsscores. Omdat de schalen voor wiskunde en wetenschappen niet gelijk zijn, werden de scores eerst gestandaardiseerd. Een waarde nul komt hierbij overeen met een gemiddelde score, een waarde 1 met een score die 1 standaardafwijking hoger ligt dan het gemiddelde. Het standaardiseren van scores verandert verder niets aan de correlaties. De blauwe lijn is de regressielijn die het best bij de data past. De rode lijn geeft een perfecte correlatie weer. De blauwe lijn wijkt niet sterk af van de rode lijn en de bolletjes vormen een duidelijke wolk. Hieruit kunnen we afleiden dat er een sterke en positieve samenhang bestaat tussen de prestaties wiskunde en wetenschappen van leerlingen.

**FIGUUR 2 SAMENHANG WISKUNDE EN WETENSCHAPPEN OP LEERLINGNIVEAU**




**SAMENHANG INHOUDELIJKE DOMEINEN.** Zowel voor wiskunde als voor wetenschappen is de samenhang tussen de inhoudelijke domeinen sterk. De onderlinge samenhang tussen de wiskundige subdomeinen getallen, geometrie en meten en data is telkens groter dan .80. Aangezien de ondergrens van de 95 % betrouwbaarheidsintervallen voor alle correlaties groter is dan .80, kunnen we met 95 % zekerheid zeggen dat de correlatie > .80. De standaardfout bedraagt voor alle correlaties afgerond 0.01. Hetzelfde geldt voor de wetenschappelijke dubdomeinen biologie, natuurkunde en aardrijkskunde. Ook hier liggen alle correlaties boven de .80. Enkel de ondergrens van het 95 % betrouwbaarheidsinterval voor de correlatie tussen biologie en aardrijkskunde bedraagt .79.

**SAMENHANG COGNITIEVE DOMEINEN.** Zowel voor wiskunde als voor wetenschappen hangen de domeinen kennen, toepassen en redeneren sterk samen. De correlaties liggen allemaal boven de .80 en ook de ondergrenzen van de 95 % betrouwbaarheidsintervallen zijn allemaal groter dan .80. De samenhang is iets sterker voor wiskunde dan voor wetenschappen.

De correlatie tussen het cognitieve domein kennen voor wiskunde en voor wetenschappen is minder sterk en bedraagt .65 (*SE* = 0.01, 95 % CI [.62, .68]. Voor het cognitieve domein toepassen bedraagt de samenhang tussen wiskunde en wetenschappen .72 (*SE* = 0.02, 95 % CI [.69, .75] en voor redeneren .67 (*SE* = 0.02, 95 % CI [.64, .71].

## SAMENHANG OP SCHOOLNIVEAU

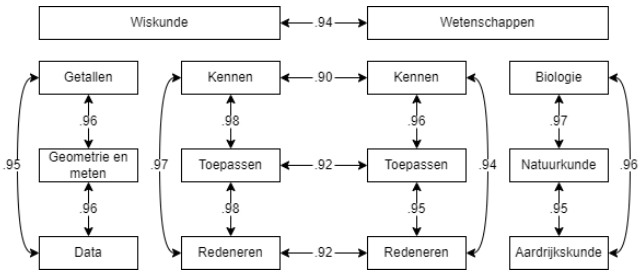
**BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN.** Tabel 3 toont de beschrijvende statistieken van de gemiddelde schoolscores voor wiskunde en wetenschappen en de subdomeinen. Hierbij valt meteen de relatief grote spreiding op van de gemiddelde schoolscores voor de verschillende (sub)domeinen. Afhankelijk van het (sub)domein ligt de gemiddelde schoolscore van de school met de best presterende leerlingen 161 tot 201 punten hoger op de TIMSS-meetschaal dan de school met de zwakst presterende leerlingen.

**TABEL 3 GEMIDDELDE SCORES OP SCHOOLNIVEAU**

| (Sub)domein | Gem | *SD* | *Min* | *Max* |
|---|---|---|---|---|
| Wiskunde | 533.66 | 32.48 | 446.27 | 622.08 |
| Getallen | 527.29 | 30.46 | 446.95 | 607.77 |
| Geometrie en meten | 551.35 | 33.06 | 462.14 | 628.26 |
| Data | 528.87 | 37.50 | 425.74 | 626.99 |
| Kennen | 547.26 | 34.39 | 455.61 | 644.67 |
| Toepassen | 527.73 | 31.98 | 439.75 | 608.58 |
| Redeneren | 531.14 | 32.70 | 445.48 | 609.89 |
| Wetenschappen | 501.98 | 32.73 | 411.02 | 579.19 |
| Biologie | 501.01 | 33.21 | 407.87 | 571.98 |
| Natuurkunde | 503.26 | 31.68 | 410.91 | 573.89 |
| Aardrijkskunde | 497.93 | 36.13 | 393.89 | 579.32 |
| Kennen | 494.88 | 33.54 | 400.65 | 581.69 |
| Toepassen | 502.23 | 32.22 | 412.79 | 577.14 |
| Redeneren | 512.32 | 32.06 | 420.40 | 582.09 |

Figuur 3 Toont de correlaties van de prestaties voor de verschillende (sub)domeinen op schoolniveau.

**FIGUUR 3 CORRELATIES TUSSEN (SUB)DOMEINEN OP SCHOOLNIVEAU**

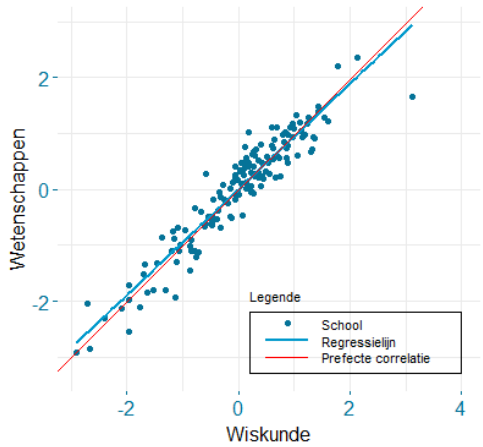



**SAMENHANG WISKUNDE EN WETENSCHAPPEN.** De algemene correlatie tussen de gemiddelde prestaties wiskunde en wetenschappen op schoolniveau bedraagt .94 (*SE* = 0.03). De samenhang tussen de gemiddelde schoolscores voor wiskunde en wetenschappen is met andere woorden erg sterk. Deze sterke samenhang zien we ook wanneer we rekening houden met leerlingenkenmerken zoals geslacht, thuistaal en

sociaaleconomische status van de leerlingen. De correlaties tussen de random effecten van de multilevelmodellen waarin de leerlingenkenmerken werden opgenomen als controlevariabelen, liggen allemaal tussen de .90 en .98 en wijken maximaal .02 af van de correlaties die zijn weergegeven in Figuur 3. Dit betekent dat de sterke samenhang tussen de schoolscores voor wiskunde en wetenschappen niet te wijten is aan verschillen in de instroom van leerlingen.

Figuur 4 toont de samenhang tussen de (gestandaardiseerde) wiskundescores en wetenschapsscores op schoolniveau. De blauwe lijn is de regressielijn die het best bij de data past. De rode lijn geeft een perfecte correlatie weer. De blauwe lijn valt bijna volledig samen met de rode lijn. Bovendien liggen de bolletjes bijna allemaal dicht bij de lijn. Dit wijst op een heel sterke en positieve samenhang tussen de gemiddelde schoolscores voor wiskunde en wetenschappen.

**FIGUUR 4 SAMENHANG WISKUNDE EN WETENSCHAPPEN OP SCHOOLNIVEAU**




**SAMENHANG INHOUDELIJKE DOMEINEN.** Wanneer we ons baseren op de gemiddelde schoolscores, hangen de inhoudelijke domeinen voor wiskunde onderling sterk samen. Alle correlaties zijn groter dan .90 (*SE* tussen 0.02 en 0.03). Hetzelfde geldt voor wetenschappen.

**SAMENHANG COGNITIEVE DOMEINEN.** Wanneer we ons baseren op de gemiddelde schoolscores, hangen de cognitieve domeinen voor wiskunde onderling sterk samen. Alle correlaties zijn groter dan .90 (*SE* tussen 0.02 en 0.03). Hetzelfde geldt voor wetenschappen.

De respectievelijke cognitieve domeinen voor wiskunde hangen bovendien sterk samen met die voor wetenschappen. Opnieuw zijn alle correlaties groter dan .90 (*SE* tussen 0.03 en 0.04). Dit betekent dat scholen waarvan de leerlingen gemiddeld hoog scoren op wiskundige kennis, ook goed scoren op wetenschappelijke kennis. Hetzelfde geldt voor de cognitieve domeinen toepassen en redeneren.

## CONCLUSIE

Uit de analyses blijkt dat de prestaties van leerlingen voor wiskunde en wetenschappen sterk samenhangen. Ook tussen de inhoudelijke domeinen en de cognitieve domeinen voor respectievelijk wiskunde en wetenschappen bestaat een sterke samenhang. De correlaties tussen de cognitieve domeinen voor wiskunde, hangen minder, maar nog steeds redelijk goed samen met de overeenkomstige cognitieve domeinen voor wetenschappen. Wanneer we de analyses uitvoeren op schoolniveau, worden de correlaties nog sterker. Ook na controle voor geslacht, thuistaal en sociaaleconomische status van de leerlingen, blijft de samenhang tussen de gemiddelde prestaties wiskunde en wetenschappen op schoolniveau erg sterk. Op basis van de TIMSS-data is het niet mogelijk om uitspraken te doen over de oorzaken van deze samenhang.

## AANBEVELINGEN

Vanuit de resultaten van dit onderzoek willen we voorzichtig enkele aanbevelingen formuleren.

**AANBEVELING 1.** Onderzoek verschillen in STEM-oriëntatie van scholen

Naast verschillen in leerlingenpopulatie bestaat de mogelijkheid dat de grote verschillen tussen schoolscores en de sterke samenhang tussen wiskunde en wetenschappen op schoolniveau te relateren is aan verschillen in de mate waarin en de manier waarop scholen aandacht besteden aan STEM. Op basis van de TIMSS-data is het niet mogelijk uitspraken te doen over de STEM-oriëntatie (de mate waarin scholen aandacht spenderen aan STEM en de manier waarop ze dat doen) van scholen. Onderzoek naar de manier waarop scholen STEM-onderwijs aanbieden en integreren kan meer duidelijkheid geven over de sterke samenhang tussen wiskunde en wetenschappen en de grote verschillen in gemiddelde schoolscores.

**AANBEVELING 2.** Ga voor een integrale en geïntegreerde STEM-aanpak

Gezien de sterke samenhang tussen wiskunde en wetenschappen lijkt een integrale en geïntegreerde aanpak van de STEM-domeinen aangewezen. Hiermee bedoelen we dat alle inhoudelijke en cognitieve domeinen van wiskunde en wetenschappen aandacht verdienen en waar mogelijk en zinvol aan elkaar gekoppeld kunnen worden. In de Vlaamse onderwijspraktijk wordt het leergebied wetenschap en techniek vaak samengevoegd met het leergebied mens en samenleving in een vak ‘wereldoriëntatie’. Het koppelen van wetenschapen en techniek aan mens en samenleving belemmert mogelijk de integratie van wiskunde en wetenschappen. Bij STEM-onderwijs ligt de klemtoon op een geïntegreerde aanpak. STEM koppelen aan mens en samenleving is hierbij zeker zinvol, maar hetzelfde geldt voor de koppeling tussen wetenschap en techniek met wiskunde. Het ontkoppelen van de leergebieden wetenschap en techniek en mens en samenleving laat leerkrachten mogelijk meer ruimte om wetenschappen op een meer dynamische manier te integreren in de andere leergebieden (waaronder wiskunde).

## REFERENTIES


Bailey, P., Emad, A., Huo, H., Lee, M., Liao, Y., Lishinski, A., ... Christensen, A. A. (2021). *EdSurvey: Analysis of NCES education survey and assessment data. R package version 2.6.9*. https://CRAN.R-project.org/package=EdSurvey

Bailey, P., Kelley, C., Nguyen, T., Huo, H., & Kjeldsen, C. (2020). *WeMix: weighted mixed-effects models using multilevel pseudo maximum likelihood estimation. R package version 3.1.6.* https://CRAN.R-project.org/package=WeMix

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* (2 ed.). New York, United States: Lawrence Erlbaum Associates.

Faddar, J., Appels, L., Merckx, B., Boeve-de Pauw, J., Delrue, K., De Maeyer, S., & Van Petegem, P. (2020). *Vlaanderen in TIMSS 2019. Wiskunde- en wetenschapsprestaties van het vierde leerjaar in internationaal perspectief en doorheen de tijd*. Antwerpen: Universiteit Antwerpen.

Martin, M. O., von Davier, M., & Mullis, I. V. S. (Eds.). (2020). *Methods and Procedures: TIMSS 2019 Technical Report*. Boston, US: TIMSS & PIRLS International Study Center. https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/methods

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/

OECD. (2009). *PISA Data Analysis Manual: SPSS, Second Edition*.


### NUTTIGE LINKS

TIMSS 2019 International Database

https://timss2019.org/international-database/

Vlaamse TIMSS 2019-resultaten

https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/trends-in-international-mathematics-and-science-study-timss

### AANBEVELINGEN

>> Onderzoek verschillen in STEM-oriëntatie van scholen

>> Ga voor een integrale en geïntegreerde STEM-aanpak

Deze research brief beschrijft de resultaten van een onderzoek dat werd uitgevoerd door de onderzoeksgroep EduBROn van de Universiteit Antwerpen in opdracht van het Departement Onderwijs & Vorming van de Vlaamse Gemeenschap.

Februari 2022