

# MASTER'S THESIS

## De Relatie Tussen Sensorische Prikkelverwerking, Executieve Functies en Schoolprestaties in het Voortgezet Onderwijs

van Dorp , Christel

**Award date:**  
2019

[Link to publication](#)

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[pure-support@ou.nl](mailto:pure-support@ou.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 28. Feb. 2021

**Open Universiteit**  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



De Relatie Tussen Sensorische Prikkelverwerking, Executieve Functies en Schoolprestaties in het  
Voortgezet Onderwijs  
The Relationship Between Sensory Information Processing, Executive Functions and School  
Performance in Secondary Education

Christel van Dorp

Master Onderwijswetenschappen  
Open Universiteit

Datum: 09-11-2019

Begeleiding: Dr. Celeste Meijs

**Inhoudsopgave**

<b>Samenvatting</b>	3
<b>Summary</b>	5
<b>Inleiding</b>	7
Sensorische prikkelverwerking	7
Executieve functies	10
Onderzoeksvragen	12
<b>Methode</b>	13
Ontwerp	13
Onderzoeksgroep	13
Materialen	14
Procedure	17
Data-analyse	18
<b>Resultaten</b>	19
<b>Discussie en conclusie</b>	30
<b>Referenties</b>	37

### Samenvatting

Leerlingen krijgen op school te maken met verschillende sensorische prikkels (SP). Deze prikkels moeten verwerkt en beoordeeld worden; Welke prikkel krijgt aandacht en welke niet? Hierbij spelen executieve functies (EF's) een rol. EF's en SP beïnvloeden elkaar mogelijk wederzijds. Het zou kunnen dat leerlingen die problemen ervaren met SP en EF's minder goed kunnen presteren op school. Veel van het onderzoek dat tot nu toe gedaan is, richtte zich op SP en EF's als losse constructen en is gedaan bij klinische populaties of bij jonge kinderen. Minder is nog bekend over de directe relatie tussen SP en EF's, en over deze processen bij niet-klinische populaties en adolescenten.

Doel van dit onderzoek is meer kennis te verwerven over de mogelijke samenhang tussen SP en EF's bij leerlingen van het praktijkonderwijs, de havo en het vwo. Daarnaast is het een doel om de invloed hiervan op schoolprestaties te onderzoeken zodat docenten, ouders en andere professionals beter kunnen inspelen op problemen die kunnen voortkomen uit niet-optimale SP of EF's in relatie tot schoolprestaties.

In dit onderzoek is de relatie tussen SP, EF's en schoolprestaties onderzocht door middel van een correlatieve onderzoek. 141 leerlingen uit het voortgezet onderwijs waarvan 48 leerlingen van een havo/vwo school en 93 leerlingen uit het praktijkonderwijs, hebben deelgenomen aan het onderzoek. Leerlingen varieerden in leeftijd tussen 12 tot 20 jaar. Leerlingen zijn geselecteerd op basis van *convenience sampling*.

Om de SP van leerlingen te meten werd de Nederlandse versie van de *Adolescent/Adult Sensory Profile* gebruikt. Om de EF's te meten werden vier testen afgenomen: (1) het werkgeheugen/*updating* werd gemeten met een aanpaste versie van de *digit span test*; (2) inhibitie werd gemeten met een aangepaste versie van de *Stroop colour-word interference-test*; (3) *shifting* werd gemeten met de *trail-making test*; (4) aandacht werd gemeten met de *d2 test*. Om de schoolprestaties te meten werden bij de havo/vwo leerlingen ook de gemiddelde toetscijfers voor de vakken Nederlands, Engels en wiskunde gebruikt; de toetsen bij de leerlingen in het praktijkonderwijs waren sterk verschillend van die voor de havo/vwo leerlingen, en zijn daarom niet meegenomen in de analyses.

Jongens hadden een vaker een lagere drempel voor sensorische prikkels dan meisjes. Jongens waren hierbij zowel meer prikkelvermijdend als prikkelgevoelig. Leerlingen van de havo en het praktijkonderwijs vertoonden minder prikkelzoekend gedrag dan leerlingen van het vwo.

Er is in dit onderzoek weinig ondersteuning gevonden voor de voorspelde relatie tussen SP en EF's. Er werd slechts één verband gevonden, namelijk dat tussen PV en inhibitie: Meer prikkelvermijdend gedrag was gerelateerd aan een betere inhibitie. Inhibitie interacteerde ook met PV bij de voorspelling van de prestaties bij het vak Engels: Leerlingen van de havo/vwo die meer dan gemiddeld prikkelvermijdend waren *en* een goede inhibitie hadden, hadden betere toetsresultaten bij het vak Engels. Hoewel het verband tussen een grotere prikkelvermijding, inhibitie en prestaties verklaard kan worden uit een betere selectieve aandacht, gaat het resultaat in tegen de voorspelling dat

een optimale prikkelvermijding (in plaats van meer dan anderen prikkels te vermijden) tot de beste prestaties zou leiden.

Docenten, ouders en andere professionals kunnen leerlingen die prikkelvermijding zijn helpen hun prestaties te verbeteren door het aanleren van strategieën om reacties op prikkels te onderdrukken. Aangezien de steekproef in het huidige onderzoek klein was, zou toekomstig onderzoek gebruik moeten maken van een grotere steekproef die idealiter ook breder is, en ook leerlingen van het vmbo bevat.

Trefwoorden: sensorische prikkelverwerking, executieve functies, schoolprestaties, voortgezet onderwijs.

### Summary

Sensory information processing (SP) forms the basis of many learning activities of students. Sensory information is processed and some information is prioritized: which stimuli are attended to and which not? Executive functions (EFs) play an important part in this. EFs and SP are expected to influence each other mutually. Students with problems in relation to SP and EFs will likely underperform. So far, much research on this topic has examined SP and EFs as independent constructs instead of examining their interaction. Moreover, this previous research has mainly focused on clinical samples and relatively young children. Less is known about the direct relation between SP and EFs in highschool students from non-clinical populations.

The aim with the current study was to investigate a possible relation between SP and EFs among adolescents. A second aim was to examine their interactive role in predicting school performance. Knowledge on this topic can be of use for teachers, parents and professionals to address the problems associated with non-optimal SP.

In the current research the relation between SP, EFs, and performance was examined using a correlational design and a convenience sample. 141 high school students between 12 and 20 years of age participated in this study; 93 of them were special education students; 48 of them were regular highschool students (havo/vwo).

To measure SP we used the Dutch version of the *Adolescent/Adult Sensory Profile*. To measure EFs we used four tests: (1) working-memory/updating was measured using the *digit span* test; (2) inhibition was measured using the *Stroop colour-word interference-test*; (3) *shifting* was measured using the *trail-making test*; (4) attention was measured using the d2 test. To operationalize school-performance, grades for Dutch, English, and Math were used. The tests made by special education students differed too much from the test made by havo/vwo students; therefore the performance of the special education students is not part of the analysis of the current research.

The results indicated that boys had a lower threshold for stimuli than girls. Special education students and havo students were less sensation seeking than students from vwo.

There was limited evidence for the predicted relation between SP and EFs. There was just one relation between one aspect of SP (sensation avoiding) and one aspect of EFs (inhibition): A stronger tendency to avoid sensation was related to a stronger inhibition. Sensation avoiding also interacted with inhibition in the prediction of English performance: Students who were above-average on sensation avoidance *and* who had good inhibition capacity had higher grades for English. Although this relationship can be well-explained in terms of selective attention, it actually goes against the prediction that optimal (not above-average) sensation avoiding would lead to better performance.

The results suggest that teachers, parents, and other professionals can help students low in sensation avoiding to improve school performance by training their inhibition. Because the sample was relatively small, future research should make use of a bigger, and ideally also broader, sample (also incorporating other school types).

Key-words: Sensory information processing; executive functions, school performance, high school.

### **Inleiding**

Leerlingen krijgen op school allerlei prikkels te verwerken. Ze hebben bijvoorbeeld te maken met klasgenoten die praten, leerlingen die langs het lokaal lopen, docenten die uitleg geven, en de presentatie van leerstof in boeken of via de elektronische media. Al deze prikkels moeten verwerkt en beoordeeld worden op ‘hoe belangrijk is dit’ en ‘moet ik hier iets mee doen?’ (Jolles, 2007). Leerlingen die tegen problemen aanlopen bij het opletten in de klas of in de interactie met klasgenoten, zullen minder goede schoolresultaten behalen. Om succesvol op school te kunnen zijn, is het nodig deze prikkels op een juiste manier te verwerken (Critz, Blake, & Nogueira, 2015).

De manier waarop zintuigelijke prikkels uit de omgeving en vanuit je lichaam worden verwerkt, geïnterpreteerd en georganiseerd in je brein wordt ‘sensorische prikkelverwerking’ (SP) genoemd (Adams, Feldman, Huffman, & Loe, 2015; Cheung & Siu, 2009). Bij sensorische prikkelverwerking gaat het om alles wat je ziet, hoort, ruikt, proeft, en voelt, hoe je beweegt en je bewust bent van je houding. De manier waarop deze prikkels binnenkomen, bepaalt hoe er uiteindelijk gereageerd wordt. Sensorische prikkels reguleren aandacht en stemming en zorgen er voor dat je op een juiste manier reageert tijdens sociale interacties. Daarbij bepalen ze ook hoe er geleerd wordt (Critz et al., 2015).

Bij het bepalen van hoe er gereageerd moet worden in situaties spelen executieve functies (EF's) een belangrijke rol. EF's zijn processen in onze hersenen die ons denken en gedrag sturen en het leren richting geven (Miyake & Friedman, 2012). Een voorbeeld van een executieve functie is aandacht die bepaalt welke stimulus voorrang krijgt boven een andere stimulus (Cheung & Siu, 2009; Adams et al., 2015). Andere voorbeelden zijn het weerstand kunnen bieden aan impulsen, kunnen plannen, informatie tijdelijk kunnen vasthouden, en flexibel kunnen denken. Executieve vaardigheden zijn dus vaardigheden die nodig zijn om op school te kunnen presteren. EF's bepalen in grote mate hoe succesvol je op school en in het verdere leven bent (Diamond, 2013).

SP en EF's lijken in theorie nauw verbonden met elkaar en elkaar mogelijk te beïnvloeden, maar hoe de twee precies samenhangen is nog weinig onderzocht (Adams et al., 2015). Naar de relatie tussen EF's en schoolprestaties is weliswaar veel onderzoek gedaan maar niet bij oudere kinderen en adolescenten (Best, Miller, & Naglieri, 2011). Doel van dit onderzoek is te onderzoeken wat de relatie is tussen SP, EF's en schoolprestaties bij leerlingen in het voortgezet onderwijs.

### **Sensorische Prikkelverwerking**

De manier waarop zintuigelijke prikkels binnenkomen, bepaalt hoe er gereageerd wordt op deze prikkels. Hierbij spelen neurologische drempels een belangrijke rol. Een neurologische drempel is het punt waarbij een stimulus uit de omgeving sterk genoeg is om actie uit te lokken. Mensen met lage drempels zullen dus sneller reageren op allerlei zintuigelijke prikkels uit de omgeving dan mensen met een hoge drempel. De hoogte van deze drempels verschilt van persoon tot persoon en per situatie. Daarnaast speelt ‘zelfregulatie’ een rol, dat wil zeggen de manier waarop iemand zijn gedrag



stuurt in reactie op sensorische prikkels uit de omgeving. De reacties variëren van passief naar actief. Iemand met een actieve strategie zal meteen reageren om de hoeveelheid en het soort sensorische prikkels te kunnen controleren, terwijl iemand met een passieve strategie dingen om zich heen eerst laat gebeuren of ze niet eens opmerkt voordat er wordt gereageerd. De combinatie van de hoogte van de neurologische drempel en de mate van zelfregulatie maakt dat er vier basis kwadranten van SP kunnen worden onderscheiden. Deze kwadranten zijn specifiek voor bepaalde modaliteiten: Zo kan iemand een lage drempel hebben voor geur maar een hoge voor geluid (Dunn, 1997; Dunn, 2007). In Tabel 1 is een overzicht te zien van de vier kwadranten.

Tabel 1

Dunn's model (1997) van Sensorische Prikkelverwerking

Neurologische drempels	Zelfregulatie	
	Passieve strategie	Actieve strategie
Hoge drempel	Gebrekkige registratie	Prikkelzoekend
Lage drempel	Prikkelgevoelig	Prikkelvermijdend

Het kan zijn dat iemand een hoge drempel heeft voor sensorische prikkels waardoor deze persoon prikkels niet, of pas heel laat, waarneemt. Als men ook nog een passieve strategie heeft dan is er sprake van een *gebrekkige registratie* (GR). Een leerling met GR kan moeite hebben de focus vast te houden bij een les, reageert niet op zijn of haar naam of staart veel naar buiten waardoor bepaalde informatie gemist wordt.

Iemand met een hoge drempel voor prikkels kan echter ook een meer actieve zelfregulatie strategie hebben; de persoon is dan *prikkelzoekend* (PZ). Dit betekent dat hoewel de persoon van nature prikkels niet snel zal opmerken, hij of zij zelf actief op zoek gaat naar deze prikkels. Een leerling kan in de klas heel onrustig zijn door bijvoorbeeld veel te bewegen, door het maken van geluiden of te wriemelen aan spullen.

Sommige mensen hebben juist een lage prikkelgevoeligheid: Prikkels komen snel en intens binnen. Iemand met een lage drempel voor prikkels en een passieve zelfregulatie heeft een hoge *prikkelgevoeligheid* (PG). Zo lijkt iemand blindelings te reageren op alle prikkels in de omgeving. Een prikkelgevoelige leerling kan snel afgeleid of zelfs hyperactief zijn, omdat er zoveel in de omgeving gebeurt waarop gereageerd moet worden.

Als iemand een lage drempel voor sensorische prikkels heeft dan kan deze persoon echter ook een meer actieve zelfregulatie strategie hebben. In dat geval is er sprake van *prikkelvermijdend* (PV) gedrag. De persoon zal zich dan proberen zo snel mogelijk uit de situatie terug te trekken. In de klas kan zich dat uiten doordat een leerling zich onttrekt aan een opdracht of minder actief meedoet of zelfs

de handen voor de oren doet (Dunn, 1997; Dunn, 2007). De manier waarop sensorische prikkels verwerkt worden, heeft dus een grote invloed op hoe mensen functioneren in het dagelijks leven, bijvoorbeeld op school (Cheung & Siu, 2009).

Sensorische prikkelverwerking lijkt een stabiele eigenschap te zijn die zich vroeg in de jeugd ontwikkelt (Dunn, 1997). Dunn en Daniels (2002) vonden wel enige invloed van leeftijd op de vier kwadranten van SP bij jonge kinderen in de leeftijd van 7 tot 36 maanden. Cheung en Siu (2009) vonden in een klinische populatie (kinderen met ASD en ADHD, in de leeftijd van 6-12 jaar) dat SP zich langzamer ontwikkelde dan bij kinderen zonder een stoornis. Naarmate de kinderen in deze groep echter ouder werden namen de SP-gerateerde problemen af. Over de invloed van leeftijd op SP bij adolescenten is minder bekend, maar dat SP in de vroege adolescentie lijkt uitontwikkeld te zijn, doet vermoeden dat leeftijd gedurende de adolescentie minder een rol speelt.

Over het algemeen zijn er geen sekseverschillen in SP gevonden (Dunn & Westman, 1997; Cheung & Siu, 2009). Toch zou je dat wel verwachten omdat uit onderzoek blijkt dat jongens vaak meer moeite hebben zich aan te passen het gestructureerde leren op school (Diprete & Jennings, 2012; Hamerslag, Oostdam, & Tavecchio, 2015). Een deel van dat gedrag, bijvoorbeeld dat jongens vaak als drukker in de klas ervaren worden, zou verklaard kunnen worden uit een zekere mate van overprikkelbaarheid (lage drempel voor prikkels, grote gevoeligheid voor prikkels). Omdat er minder onderzoek naar SP in niet-klinische populaties, en bij oudere kinderen (adolescenten) is gedaan, is het daarom interessant om sekseverschillen in SP bij adolescenten verder te onderzoeken.

Hoe vaak het voorkomt dat leerlingen problemen ervaren met SP is nog weinig onderzocht. Critz et al. (2015) schatte op basis van eerder onderzoek dat in een niet-klinische populatie het aantal leerlingen met een niet-optimale SP tussen de 10% en 55% ligt. In een klinische populatie komen problemen met SP meer voor en liggen de aantallen tussen de 40% tot 80% (Critz et al., 2015). Het gaat hierbij om leerlingen waarbij stoornissen als bijvoorbeeld ADD en ADHD zijn vastgesteld. Maar hoe vaak problemen met SP worden ervaren in een niet-klinische populatie zoals bijvoorbeeld bij leerlingen in het voortgezet onderwijs is onbekend.

**SP en schoolprestaties.** Problemen gerelateerd aan SP kunnen van invloed zijn op de sociale, cognitieve en sensomotorische ontwikkeling van een kind (Dunn & Daniels, 2002). Op school kunnen leerlingen met een niet-optimale SP moeite hebben met opletten, interacties met klasgenoten en leren (Parham, 1998; Patten Koenig & Rudney, 2010; Critz et al., 2015). Hoewel er enig onderzoek is gedaan naar SP en dagelijks functioneren (Patten Koenig & Rudney, 2010) is dit onderzoek vaak uitgevoerd in een klinische populatie (Jirikowic, Carmichael, Olson, & Kartin, 2009). Het verband tussen problemen met SP en schoolprestaties in een niet-klinische populatie is nog weinig onderzocht. Het zou dus kunnen dat leerlingen met een niet-optimale SP minder goed presteren op school en daardoor op een lager schoolniveau terecht komen. Meer kennis over SP en de mogelijke problemen die hierbij kunnen optreden bij docenten kan helpen deze problemen te herkennen en daarmee leerlingen ondersteunen hun schoolprestaties te verbeteren (Dunn, 2007).

## **Executieve Functies**

Er kunnen drie kern EF's worden onderscheiden namelijk 1. *inhibitie/aandacht*, 2. *updating/werkgeheugen* en 3. *shifting*. Deze kern EF's vormen de basis voor hogere-orde EF's zoals redeneren, probleemoplossend vermogen en plannen (Diamond, 2013; Best, Miller, & Jones 2009; Miyake & Friedman, 2012; Vandenbroucke, Verschueren, & Baeyens, 2017). EF's zijn vooral belangrijk in nieuwe en veeleisende situaties waarbij gedrag snel en flexibel aangepast moet worden aan de eisen die de omgeving stelt (Huizinga, Dolan, & Van der Molen, 2006). EF's zijn vaardigheden die onmisbaar zijn voor een goede cognitieve, sociale en psychologische ontwikkeling en bovendien van belang voor de zogenaamde '21<sup>e</sup> eeuwse vaardigheden', zoals creativiteit, flexibiliteit, zelfcontrole en discipline (Diamond, 2013).

Inhibitie heeft betrekking op de mate waarin je controle hebt over je impulsen. Meer specifiek gaat het hierbij om het controleren van gedrag, aandacht, gedachten en emoties. Hierdoor is het mogelijk om gedisciplineerd te werken aan een opdracht. Kinderen die op jonge leeftijd al in staat zijn hun impulsen te beheersen, blijken op latere leeftijd succesvoller en gelukkiger te zijn dan kinderen die van jongs af aan problemen hebben met het weerstaan van verleidingen (Diamond, 2013).

Een belangrijk aspect van inhibitie, met name ook in onderwijscontexten, is het kunnen richten van aandacht (Diamond, 2013). Door het richten van aandacht worden relevante stimuli opgemerkt en niet-relevante stimuli genegeerd. Deze zogenaamde 'selectieve aandacht' is nodig voor het succesvol uitvoeren van doelgericht gedrag (Wassenberg, Hendriksen, Hurks, Feron, Keulers, Vles, & Jolles, 2008).

*Updating* van het werkgeheugen gaat over het kunnen vasthouden van informatie in het werkgeheugen en deze informatie weer kunnen toepassen wanneer dat nodig is. Het werkgeheugen zorgt voor de verbinding tussen waarneming van stimuli en de opslag er van in het lange termijn geheugen, en is daarmee onmisbaar voor leren, redeneren en begrijpen. Met behulp van het werkgeheugen worden verbanden gelegd, informatie geselecteerd, oude en nieuwe dingen gecombineerd en plannen gemaakt. Informatie kan maar kort en in beperkte hoeveelheden worden opgeslagen in het werkgeheugen (Alloway & Alloway, 2010; Baddely, 2003; Baddely, 2012; Diamond, 2013).

Inhibitie en werkgeheugen zijn nauw met elkaar verbonden en ondersteunen elkaar. Om een opdracht goed uit te kunnen voeren moet je het doel dat je nastreeft goed onthouden en om de concentratie vast te houden moeten bepaalde afleidingen en impulsen worden onderdrukt (Diamond, 2013). Er is een sterk verband tussen de ontwikkeling van het werkgeheugen en het vermogen tot leren. De capaciteit van het werkgeheugen is een goede voorspeller van prestaties op het gebied van lezen en rekenen (Alloway & Alloway, 2010; Best et al., 2011; St Clair-Thompson, & Gathercole, 2006; Vandenbroucke et al., 2017).

Bij *shifting* gaat het om het kunnen schakelen tussen meerdere taken, handelingen of gedachten (Miyake, Friedman, Emerson, Witski, Howerter, 2000). *Shifting* is nodig om van perspectief te kunnen wisselen, bijvoorbeeld om iets van verschillende kanten te bekijken. Als een bepaalde aanpak van een probleem niet werkt, dan kan je het op een andere manier proberen. Het vermogen tot *shifting* is dan ook sterk gerelateerd aan creativiteit en flexibiliteit in het denken (Diamond, 2013).

De drie kern EF's ontwikkelen zich vanaf het eerste levensjaar tot en in de adolescentie (Davidson, Amso, Anderson, & Diamond, 2006; Huizinga et al., 2006; Vandenbroucke et al., 2017). Deze ontwikkeling hangt niet alleen samen met de groei van het brein maar kan ook gestimuleerd worden door de omgeving, bijvoorbeeld door ouders of docenten (Diamond, 2013; Vandenbroucke et al., 2017). Zo tussen de 2 en 8 jaar maken kinderen een snelle ontwikkeling door in EF's. Deze ontwikkeling wordt gestimuleerd doordat kinderen op die leeftijd naar school gaan en er een groter beroep wordt gedaan op vaardigheden als *inhibitie*, *updating* en *shifting* (Vandenbroucke et al., 2017). Daarna blijven EF's zich doorontwikkelen tot tenminste de late adolescentie (Best et al., 2011; Huizinga et al., 2006; Vandenbroucke et al., 2017). Sommige aspecten van EF's, bijvoorbeeld het werkgeheugen, blijven zich echter doorontwikkelen, tot in de vroeg volwassen leeftijd (21 jaar; Crone, 2009; Huizinga et al., 2006).

**EF's en schoolprestaties.** EF's hebben een voorspellende waarde voor schoolprestaties, met name op het gebied van lezen, spellen, rekenen en wiskunde (Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Best et al., 2011; Vandenbroucke et al., 2017). Kinderen die voordat ze naar school gaan goed ontwikkelde EF's hebben, zullen ook in de toekomst beter presteren op school. Hetzelfde geldt voor kinderen die laag ontwikkelde EF's hebben, zij zullen op latere leeftijd ook minder goed presteren op school (Diamond et al., 2007; Vandenbroucke et al., 2017).

### **Samenhang tussen SP en EF's**

EF's en SP hebben mogelijk een grote overlap (Adams et al., 2015). EF's zijn processen in de hersenen die ons denken en gedrag sturen, en de manier waarop prikkels in eerste instantie binnenkomen, lijken hier belangrijke rol bij te spelen. Zo zal bij een lage sensorische drempel (een aspect van SP) het werkgeheugen meer belast wordt (men raakt 'overprikkeld'), en kan minder goed functioneren. Daarentegen is het kunnen beheersen van impulsen en het richten van aandacht (een EF) cruciaal voor het zelfregulatie aspect van SP. Bijvoorbeeld, bij het gebruik van actieve strategieën, zoals prikkelvermijdend gedrag, probeert men actief het eigen gedrag te controleren. Hiervoor is het niet alleen van belang om doelgericht te werken (concentreren op de taak), maar ook om impulsen die van de taak kunnen afleiden te onderdrukken (iets direct willen vertellen aan een klasgenoot). Dus, EF's en SP beïnvloeden elkaar mogelijk wederzijds en kunnen zelfs in enige mate afhankelijk van elkaar zijn (Adams et al., 2015; Diamond, 2013; Jolles, 2007; Miyake et al., 2000).

Het eerdere onderzoek naar SF en EF's afzonderlijk toont dus aan dat deze een belangrijke rol bij de ontwikkeling van kinderen spelen, en mogelijk samenhangen met de schoolprestaties. Over de

samenhang van deze twee constructen en naar het verband met schoolprestaties is nog weinig onderzocht. Daarbij heeft het bestaande onderzoek zich met name gericht op leerlingen uit het basisonderwijs en niet op leerlingen in het voortgezet onderwijs. Daarbij heeft het onderzoek dat gedaan is zich met name gericht op klinische populaties. In het huidige onderzoek wordt gekeken bij een niet-klinische populatie van leerlingen in het voortgezet onderwijs naar de samenhang van SP en EF's, en hoe deze factoren interacteren in het voorspellen van schoolprestaties.

Met de kennis die uit dit onderzoek naar voren komt, kunnen leerlingen die problemen op het gebied van SF en EF's ervaren mogelijk beter geholpen worden. Door te weten *of*, en zo ja *welke vorm* van SP en EF's de prestaties het meest beïnvloeden, kunnen meer specifieke interventies ontwikkeld worden om prestaties te verbeteren. Dit zal niet alleen van invloed zijn op de schoolprestaties maar leerlingen met problemen met SP en/of EF's zullen hier ook later in hun leven baat bij hebben.

### Onderzoeksvragen

In dit onderzoek staat de volgende vraag centraal: *Wat de relatie is tussen SP, EF's en schoolprestaties bij leerlingen in het voortgezet onderwijs?* De onderzoeksvragen bestaan grofweg uit twee delen. Het eerste deel (deelvraag 1) gaat over de prevalentie van SP in een populatie leerlingen in het voortgezet onderwijs (praktijkonderwijs, havo, vwo), en de rol van sekse, leeftijd, en opleidingsniveau hierbij. Omdat er nog weinig onderzoek is gedaan naar SP in het voortgezet onderwijs zal de eerste deelvraag explorierend van aard zijn. Het tweede deel (deelvraag 2 t/m 4) gaat over de voorspellende waarde van SP en EF's op schoolprestaties, en of er een interactie is tussen SP en EF's in de voorspelling van schoolprestaties (Nederlands, Engels en wiskunde).

De volgende deelvragen en hypothesen zijn opgesteld:

- Deelvraag 1a: Hoe vaak komt het voor dat leerlingen in het voortgezet onderwijs een niet-optimale sensorische prikkelverwerking hebben?
- Deelvraag 1b: Is er een relatie tussen een niet-optimale SP en het opleidingsniveau (vwo/ havo/ praktijkonderwijs) van de leerlingen?
- Deelvraag 1c: Wat is de relatie tussen het voorkomen van een niet-optimale SP en leeftijd?
- Deelvraag 1d: Wat is de relatie tussen het voorkomen van een niet-optimale SP en geslacht?

Deze vragen worden exploratief bekeken, waardoor geen specifieke en concrete verwachtingen worden geformuleerd. Deelvraag 1 is onderzocht in een onderzoekspopulatie met leerlingen uit het praktijkonderwijs, havo en vwo.

- Deelvraag 2: Wat is de relatie tussen SP en de EF's bij leerlingen op het vwo, havo en praktijkonderwijs?

Hypothese 1: Leerlingen die gevoelig zijn voor prikkels zullen een minder goed ontwikkelde inhibitie hebben.

Hypothese 2: Leerlingen die gevoelig zijn voor prikkels zullen hun aandacht minder goed kunnen richten. Deelvraag 2 is onderzocht in een onderzoekspopulatie met leerlingen in het praktijkonderwijs, havo en vwo.

- Deelvraag 3: Wat is de relatie tussen SP en schoolprestaties op het gebied van Nederlands, Engels en wiskunde bij havo/vwo leerlingen van het voortgezet onderwijs?

Hypothese 3: Havo/vwo leerlingen met een actieve strategie van zelfregulatie van SP (PZ en PV) zullen beter presteren op het gebied van Nederlands, Engels en wiskunde dan leerlingen met een passieve strategie van zelfregulatie van SP (GR en PG). Deelvraag 3 is onderzocht in een onderzoekspopulatie met havo/ vwo leerlingen.

- Deelvraag 4: In welke mate is er interactie SP en EF's in hun voorspelling van schoolprestaties bij havo/vwo leerlingen van het voortgezet onderwijs?

Hypothese 4: SP en EF's interacteren met elkaar: Met name de leerlingen die *en* een lage drempel voor sensorische prikkels hebben *en* een laag vermogen tot inhibitie zullen minder goede schoolprestaties hebben.

Hypothese 5: Met name de leerlingen die *en* een lage drempel voor sensorische prikkels hebben *en* een laag vermogen om aandacht te richten zullen minder goede schoolprestaties hebben. Zoals boven aangegeven kunnen mensen met een minder vermogen tot inhibitie de aandacht minder goed richten, en zich minder afsluiten voor stimuli waardoor men zich minder goed tot prestaties kan komen, met name in het geval er veel stimuli binnenkomen. Deelvraag 4 is onderzocht in een onderzoekspopulatie met havo/ vwo leerlingen.

## **Methode**

### **Ontwerp**

Het onderzoek is opgezet als een correlationeel onderzoek op een havo/vwo school in Amsterdam waarbij kwantitatieve data werd verzameld. Leerlingen hebben een vragenlijst ingevuld over de invloed van SP op het dagelijks functioneren en maakten verschillende testen die het niveau van de verschillende EF's, inhibitie (Stroop), aandacht (d2-test), werkgeheugen (*digit span* test) en *shifting* (TMT), meten. Uit het leerlingvolgsysteem werden achtergrondgegevens en het gemiddelde toetsresultaat op het gebied van Nederlands, Engels en wiskunde verkregen. Leerlingen konden op vrijwillige basis meedoen aan dit onderzoek mits zij hiervoor toestemming kregen van hun ouders. Er is daarom sprake van *convenience sampling*. Voorafgaand aan het onderzoek is toestemming gevraagd aan de schoolleiding om dit onderzoek uit te voeren. De ethische toetsingscommissie van de Open Universiteit heeft het onderzoek goedgekeurd.

### **Onderzoeksgroep**

Deelnemers aan het onderzoek waren leerlingen ( $N = 50$ ) van een school voor havo en vwo in Amsterdam. Twee leerlingen vertrokken naar een andere school in de periode dat het onderzoek liep; omdat hun data incompleet waren, zijn deze niet in de analyses meegenomen, waardoor de steekproefgrootte  $N = 48$  werd. Leerlingen in de leeftijd van 12 tot en met 18 jaar konden met toestemming van hun ouders op vrijwillige basis deelnemen aan het onderzoek. Een vooraf uitgevoerde power analyse wees uit dat tenminste 92 proefpersonen nodig waren om een effect van middelmatige sterkte ( $f^2 = 0.15$ ) bij een gewenste power van .80 en een alfa niveau van .05 te kunnen

detecteren. Omdat het niet lukte om in de geplande tijd genoeg proefpersonen te verwerven, is een maand extra de tijd genomen. Tijdens de mentorles van ongeveer 10-15 klassen werd het onderzoek uitgelegd en gevraagd wie er deel wilde nemen. Collega's werd gevraagd leerlingen te werven en op ouderavonden aan het begin van het schooljaar werd ouders gevraagd hun kinderen aan te melden. Helaas leverde dat niet genoeg proefpersonen op om tot een representatieve steekproef van 92 proefpersonen te komen. Omdat de dataset van het huidige onderzoek vrij klein was werd deze voor bepaalde analyses aangevuld met een tweede reeds bestaande dataset die eerder verzameld was op een praktijkschool ( $N = 93$ ) in Maastricht, in het schooljaar 2016-2017. Deze leerlingen deden mee op basis van vrijwilligheid en met toestemming van de ouders. Deze onderzoeksgroep bestond uit leerlingen in de leeftijd van 12 tot 19 jaar (Collaris, 2017). Daarmee kwam het totaal aantal deelnemers op 143 leerlingen. Deelvraag 1 en 2 zijn onderzocht met behulp van deze dataset dus met zowel havo/vwo leerlingen als de leerlingen uit het praktijkonderwijs. Naast de verhoogde statistische power bood de toevoeging van deze dataset ook de mogelijkheid om de samenhang van opleidingsniveau met SP en EF's te onderzoeken.

### **Materialen**

**Sensorische prikkelverwerking.** SP werd gemeten met behulp van de Adolescent/Adult Sensory Profile (AASP; Brown & Dunn, 2002). Voor dit onderzoek werd de Nederlandse bewerking van Rietman (2007) gebruikt. Deze vragenlijst meet de invloed van SP op het dagelijks functioneren van volwassenen en kinderen vanaf 11 jaar. De vragenlijst bestaat uit 60 items, waarbij de scores geplaatst worden op een Likertschaal die liep van 1 (= bijna nooit) tot en met 5 (= bijna altijd). De vragen gaan over de verschillende categorieën van sensorische prikkelverwerking: smaak/geur, beweging, visueel, aanraking, activiteitsniveau, en auditief. Per kwadrant (GR, PZ, PG, en PV) werden de scores voor elke leerling opgeteld waardoor bij elke leerling een score voor elk van de vier kwadranten kon worden vastgesteld.

Voor het kwadrant GR gold hoe hoger de score, hoe hoger de drempel voor sensorische prikkels en er gebruik gemaakt werd van een passieve strategie van zelfregulatie. Een item dat bij dit kwadrant hoorde was bijvoorbeeld: 'Ik merk het niet als mijn naam wordt geroepen'. Voor het kwadrant PZ gold hoe hoger de score, hoe meer sensorische prikkels een leerling opzocht en er dus een actieve strategie van zelfregulatie werd ingezet. Een item dat bij dit kwadrant hoorde was bijvoorbeeld: 'Ik ga graag naar plaatsen die heldere verlichting hebben en die kleurrijk zijn'. Een hogere score op het kwadrant PG betekende een lage drempel voor sensorische prikkels en een passieve strategie van zelfregulatie. Een item bij dit kwadrant was bijvoorbeeld: 'Ik ben bang voor hoogtes'. Hoe hoger de score op het kwadrant PV hoe meer een leerling prikkels probeerde te vermijden. Wat inhoudt dat er een actieve strategie van zelfregulatie werd gebruikt. Een item dat hierbij hoorde was bijvoorbeeld: 'Ik zoek tijd om afstand te nemen van mijn drukke leven en breng tijd alleen door.'

Voor de scores werden continue uitkomstmaten gehanteerd waarbij het ging om de mate waarin het gedrag zich voordeed binnen het profiel. De scores vielen in vijf categorieën uiteen: ‘veel minder dan de meeste mensen’, ‘minder dan de meeste mensen’, ‘even vaak als de meeste mensen’, ‘meer dan de meeste mensen’ en ‘veel meer dan de meeste mensen’. In navolging van de handleiding van de SP-NL (Dunn & Rietman, 2006) zijn in het huidige onderzoek de vijf categorieën samengevoegd tot drie categorieën: ‘meer dan anderen’, ‘even vaak als anderen’ en ‘minder dan anderen’. Leerlingen vulden deze vragenlijst in tijdens een mentoruur. Het invullen van de lijst duurde ongeveer 30 minuten. De interne consistentie van de kwadranten is voldoende tot goed:  $\alpha = .60$  en  $\alpha = .84$  (Dunn & Daniels, 2002).

**Executieve functies.** Er werden vier testen afgenomen om de executieve functies (*Updating*/werkgeheugen, inhibitie, aandacht en *shifting*) te meten. De test voor de eerste drie functies werden via het computerprogramma Inquisit 5 (2018; Millisecond) afgenomen; aandacht werd met een pen en papier test gemeten (zie hieronder). Voor alle testen werden de Engelse instructies en items vertaald naar het Nederlands.

**Updating/werkgeheugen.** Om te kunnen meten in hoeverre leerlingen in staat waren informatie in het geheugen vasthouden en tegelijkertijd te bewerken, werd de *digit span* test afgenomen (Baddeley, 1996). Deze test bestond uit twee varianten: ‘voorwaarts’ en ‘achterwaarts’. Door items in de volgorde die te zien was te herhalen werd het korte-termijn geheugen getest. Door de items andersom, dus achterwaarts te herhalen werd het werkgeheugen getest (Diamond, 2013). De test bestond uit 14 cijferreeksen die zowel voorwaarts als achterwaarts werden aangeboden. De lengte van de reeks hing af van de prestatie van de leerling. Als de leerling de reeks goed had aangeklikt dan werd de reeks met een cijfer verlengd en als er fouten werden gemaakt, werd de reeks een cijfer korter gemaakt. In het huidige onderzoek gebruikten we als maat voor het werkgeheugen de lengte van de langste cijferreeks die de leerling minimaal één keer goed had aangeklikt bij de achterwaartse serie. Een hoge score op betekent dus dat een leerling goed in staat was tot *updating* van het werkgeheugen; een lage score dat een leerling minder goed was in het updaten van het werkgeheugen. De afname van de test duurde ongeveer 10 minuten. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de *digit span* test een voldoende interne consistentie ( $\alpha = .80$ ) en tetst-retest reliability ( $r = .74$ ) had (Piovesana, Ross, Whittingham, Ware, & Boyd, 2015).

**Inhibitie.** Om inhibitie te meten werd de Stroop *colour-word interference-test* gebruikt (Stroop, 1935). Deze test meet de mate waarin iemand in staat was zich te focussen op de relevante informatie terwijl andere afleidende kenmerken moeten worden onderdrukt (MacLeod, 1991). De opdracht was om zo snel mogelijk de kleur van een woord of een blokje aan te geven. Zo moest men bijvoorbeeld als het woord ‘groen’ in rode letters werd afgebeeld ‘rood’ zeggen, en niet ‘groen’. In dit geval viel de kleur van de letters niet samen met de betekenis van het woord; de *trial* was dan ‘incongruent’. Als de kleur van de letters wel overeen kwam met de betekenis van het woord, dus bijvoorbeeld wanneer het woord ‘rood’ in rode letters werd afgebeeld, dan was de *trial* ‘congruent’.



Ter controle kregen leerlingen ook gekleurde blokjes te zien waarbij de leerling de kleur van het blokje moest aangeven. Leerlingen moesten zo snel mogelijk de kleur van het woord of blokje invullen door op het toetsenbord de beginletter van de kleur te drukken. De reactietijd bij incongruente *trials* was in de regel langer dan bij congruente *trials* omdat men de incongruente informatie (de inhoud van het woord zelf) moet negeren. De gemeten reactietijd zegt zo iets over het vermogen om impulsen te onderdrukken (Zurrón, Lindín, Galdo-Alvarez, & Diaz, 2014). De score werd als volgt berekend: reactietijd correcte incongruente opgaven in milliseconden—(reactietijd correcte congruente opgaven in milliseconden—reactietijd correcte controle opgaven in milliseconden). Een lage score (d.w.z. korte reactietijd op incongruente trials, vergeleken met congruente en controle trials) op de test betekent dat een leerling goed in staat was om afleidende stimuli te onderdrukken terwijl een hogere score juist aangeeft dat een leerling meer moeite had deze stimuli te onderdrukken (Diamond, 2013). Met andere woorden, een lage score betekent dat een leerling goed impulsen kon onderdrukken; een hoge score betekent dat een leerling minder goed impulsen kon onderdrukken. Deze test duurde ongeveer 5 minuten. Eerder onderzoek heeft een hoge test-retest reliability ( $r = .90$ ) van de Stroop taak laten zien (Delis, Kaplan, & Kramer, 2001).

**Shifting.** De *trail making test* (TMT) werd afgenomen om te meten hoe goed leerlingen in staat waren te schakelen, oftewel te ‘*shiften*’, tussen opdrachten (Arbuthnott & Frank, 2000). De test werd in twee delen afgenomen. In het eerste deel, de TMT-A, werd gevraagd een lijn te tekenen door middel van het verbinden in de volgorde van 25 oplopende cijfers, dus 1-2-3-4 etc. Bij het tweede deel, TMT-B, moest eenzelfde lijn worden getekend maar nu door een combinatie van cijfers en letters afwisselend in oplopende volgorde te verbinden, dus 1-A-2-B etc. Als de lijn verkeerd werd getekend, gaf het programma een signaal waarna de fout verbeterd moest worden om verder te kunnen. Voordat de leerling aan de test begon werd eerst met een oefenopgave gecontroleerd of de leerling de opdracht begreep.

De tijd die het de leerling kostte om de TMT-A en TMT-B te doorlopen werd genoteerd. Het verschil in tijd tussen de twee onderdelen (TMT-B – TMT-A) zegt iets over het vermogen tot *shifting* (Arbuthnott & Frank, 2000). De totaalscore werd als volgt berekend: tijd onderdeel twee in milliseconden— tijd onderdeel één in milliseconden. Een lage score betekende dat een leerling goed kon *shiften*, terwijl een hoge score liet zien dat een leerling minder goed kon *shiften*. De afname van hele test nam ongeveer 5 á 10 minuten in beslag. Eerder onderzoek toonde een voldoende interne consistentie ( $\alpha = .70$  tot  $.77$ ) en test-retest reliability ( $r = .70$  tot  $r = .78$ ) aan (Riccio, Blakely, Yoon, & Reynolds, 2013).

**Aandacht.** De d2-test (Brickenkamp & Zilmer, 1998) werd afgenomen om selectieve aandacht te meten. De test bestond uit 14 regels die elk bestonden uit een reeks van 47 letters (d’s en p’s). De letters werden gemarkeerd door één tot-en-met vier streepjes, alleen of in paren en boven en/of onder de letters. De leerling werd gevraagd alle ‘d’s’ met twee streepjes (d2), boven of onder de letter, te markeren. De leerling kreeg maximaal 20 seconden per regel de tijd om dit te doen. Om de score te

berekenen werd het aantal regels dat afgewerkt was genoteerd, samen met het aantal gemaakte fouten en het aantal correcte items. De totaal score werd berekend door het totaal aantal niet-gemarkeerde d2's op te tellen bij het totaal aantal verkeerd gemarkeerde stimuli en dit vervolgens te delen door het totaal aantal verwerkte stimuli. Een lage score betekende dat de leerling oplettend is geweest terwijl een hoge score betekende dat de leerling onoplettend was geweest (Wassenberg et al., 2008). De test werd op papier afgenomen en duurde ongeveer 7 minuten. Eerder onderzoek toonde een goede betrouwbaarheid van de d2 test aan (interne consistentie:  $\alpha = .93$ ; test-retest reliability:  $r = .75$ ; Wassenberg et al., 2008).

**Schoolprestaties.** De schoolprestaties werden gemeten met het gemiddelde cijfer voor de vakken Nederlands, Engels en Wiskunde. Dit cijfer is gebaseerd op een aantal (tussen de 3 en 6) toetsen die door de docent zelf zijn gemaakt en afgenomen. Bij wiskunde werden verschillende toetsen afgenomen die gingen over de besproken stof uit de voorgaande periode. Voor de vakken Nederlands en Engels gingen de toetsen over de verschillende onderdelen die in de lessen aan de orde waren geweest zoals woordenschat, grammatica, leesvaardigheid en spreekvaardigheid.

Achtergrondgegevens zoals leeftijd, geslacht, opleidingsniveau en eventuele diagnoses (zoals AD(H)D, ASS) of leerstoornissen (in het kader van een breder onderzoek) werden opgevraagd uit het leerlingvolgsysteem (Magister) bij de afdelingsleider van de betreffende afdeling.

## **Procedure**

Voordat het onderzoek gestart werd, is goedkeuring gevraagd aan de ethische commissie van de Open Universiteit (cETO). De schoolleiding werd per brief geïnformeerd en om toestemming gevraagd voor het onderzoek. Daarna werden leerlingen uitgenodigd om deel te nemen aan het onderzoek. Dit werd gedaan door in de mentorlessen langs te gaan en uitleg te geven over het onderzoek. De leerlingen kregen informatie mee over het onderzoek en deze werd ook gemaïld aan ouders. Ouders werden ook via ouderavonden op de hoogte gesteld van het onderzoek en gevraagd toestemming te verlenen voor deelname van hun kinderen aan het onderzoek. Ouders en leerlingen werd gevraagd toestemming te verlenen door middel van het invullen van een toestemmingsverklaring (*informed consent*) en deze binnen twee weken te retourneren, waarbij de ouders en de leerlingen konden aangegeven of ze wel of geen toestemming gaven voor deelname. Tijdens het onderzoek werden namen verwijderd van de vragenlijst over SP en van de d2 test als leerlingen daar hun naam op handen geschreven. De namen werden vervangen door proefpersoon-nummers om zo anonimiteit te waarborgen.

Het onderzoek startte in mei 2018. Omdat het niet lukte om voor de zomervakantie genoeg proefpersonen te werven en werd het onderzoek voortgezet in schooljaar 2018-2019. De data werd in twee fases verzameld. Eerst werd de AASP op papier afgenomen in een lokaal dat goed afgesloten was van de rest van de school zodat leerlingen (1 – 5 per keer) in alle rust geconcentreerd de test konden invullen, onder toezicht van de onderzoeker. De andere testen werden op een later moment afgenomen in een één-op-één situatie met de onderzoeker. De *digit span* test, TMT en de Stroop test

werden eerst, en in deze volgorde via de computer afgenomen. De d2-test werd daarna op papier afgenomen waarbij de instructie door de onderzoeker werd gegeven. De onderzoeker hield ook met een stopwatch de tijd bij voor deze test. Tijdens het maken van de testen hield de onderzoeker in de gaten of de testsituatie valide was door vooraf te controleren of de opdracht duidelijk was en te zorgen voor een rustige omgeving zodat reactiesnelheid en concentratie niet beïnvloed werden door externe factoren.

### **Data-analyse**

De statistische analyses werd uitgevoerd met het programma SPSS Statistics 22 (IBM, 2016). Omdat de dataset van het huidige onderzoek vrij klein was werd deze aangevuld met een tweede reeds bestaande dataset verzameld op een praktijkschool. De twee datasets werden aan elkaar gekoppeld en gecontroleerd op invoerfouten, missende waarden en een uniforme berekening van de variabelen. Omdat de scores van SP als continue waarden waren berekend moesten deze omgezet worden in categorieën van hoe vaak bepaald gedrag voorkomt. De scores van SP werden over vijf categorieën verdeeld; veel minder dan anderen (1), minder dan anderen (2), even vaak als anderen (3), meer dan anderen (4) en veel meer dan anderen (5) (AASP; Brown & Dunn, 2002; Nederlandse vertaling: Rietman, 2007). Uit eerder onderzoek bleek echter dat om tot een evenwichtigere verdeling van leerlingen over de verschillende categorieën te komen het beter was om de vijf categorieën samen te voegen tot drie categorieën; ‘minder dan anderen’, ‘even vaak als anderen’ en ‘meer dan anderen’. In de analyses is gebruik gemaakt van deze drie categorieën van SP, dit is in navolging van (Dunn & Rietman, 2006).

Voor de Multiple Regressie Analyses was het nodig dummy's aan te maken. Voor elk SP-kwadrant werden twee dummy-variabelen aangemaakt: ‘minder dan anderen’ (mida) en ‘meer dan anderen’ (meda) die beide werden vergeleken met de categorie ‘even vaak als anderen’ (gemiddeld).

**Prevalentie van een niet-optimale SP.** De vraag hoe vaak een niet-optimale SP voorkomt bij leerlingen in het voortgezet onderwijs is onderzocht door per kwadrant de verdeling over de verschillende drie categorieën van SP (minder dan anderen, even vaak als anderen, meer dan anderen) te vergelijken.

**SP en opleidingsniveau.** De relatie tussen SP en opleidingsniveau is onderzocht met een Kruskal-Wallis test voor elk van de vier kwadranten van SP. Hierbij werd gebruik gemaakt van de drie categorieën van SP (minder dan anderen, even vaak als anderen, meer dan anderen) als groepsvariabele en opleiding als testvariabele. Met de analyses kon onderzocht worden of de verdeling over de categorieën van SP gelijk was voor de verschillende opleidingsniveaus.

**SP en leeftijd.** De relatie tussen SP en leeftijd is geanalyseerd een Kruskal-Wallis testen voor elk van de vier kwadranten van SP. Hierbij werd gebruik gemaakt van de drie categorieën van SP (minder dan anderen, even vaak als anderen, meer dan anderen) als groepsvariabele en leeftijd als testvariabele. Met de analyses werd onderzocht hoe de verdeling van leerlingen qua leeftijd was over de verschillende categorieën van SP.

**SP en geslacht.** De relatie tussen SP en geslacht is onderzocht met vier Mann-Whitney U testen voor elk van de vier kwadranten. Hierbij werd gebruik gemaakt van geslacht als groepsvariabele en de drie categorieën van SP (minder dan anderen, even vaak als anderen, meer dan anderen) als testvariabele. Met de analyses werd onderzocht hoe de verdeling van leerlingen qua geslacht was over de verschillende categorieën van SP.

**Relatie tussen SP en EF's.** Voor het analyseren van de relatie tussen SP en EF's is gebruik gemaakt van ANOVA's met de categorieën van SP (minder dan anderen; even vaak als anderen; meer dan anderen) als factor, niveau (vwo, havo, praktijkonderwijs) als covariaat en de EF's als uitkomstmaten. Bij een significant verschil is er met een Tukey post-hoc test gekeken tussen welke categorieën significante verschillen te vinden waren.

**Relatie SP en schoolprestaties.** Voor de analyse van de relatie tussen SP en schoolprestaties is gebruik gemaakt van een one-way ANOVA. Als factoren werden de categorieën van SP (minder dan anderen; even vaak als anderen; meer dan anderen) gebruikt en waren de schoolprestaties (Nederlands, Engels en wiskunde) de uitkomstmaten.

**Voorspellende waarde SP, EF's, interacties tussen SP en EF's op schoolprestaties.** Met een multiple regressieanalyse (methode: 'Enter') is de voorspellende waarde van SP, EF's en de interactie tussen deze twee variabelen op de schoolprestaties geanalyseerd. De predictoren werden in drie blokken toegevoegd. In het eerste blok waren dat de, dummy-gecodeerde, de categorieën van SP (minder dan anderen; even vaak als anderen; meer dan anderen). In het tweede blok werden de testen van de EF's toegevoegd en tot slot werd de interactie tussen SP en EF's toegevoegd.

Indien de multiële regressievergelijkingen niet fitten, bijvoorbeeld omdat het verband tussen SP en prestaties niet-lineair is, dan worden deze analyses opgevolgd door ANOVA's met SP als onafhankelijke variabele en de schoolprestaties als afhankelijke variabele, apart voor mensen die *of* 'minder dan anderen', *of* 'meer dan anderen' op een bepaald aspect van EF's scoren. Op deze manier wordt een interactie van EF's met een niet-lineair verband tussen SP en prestaties vermeden, maar wordt dit verband in twee aparte subgroepen (laag/hoog op bepaalde EF's) nader onderzocht. Bij alle toetsen is  $\alpha = .05$  gebruikt als significantieniveau. Daarbij werd tweezijdig getoetst, omdat er niet altijd een specifieke verwachting (van richting) was gesteld.

### Resultaten

Bij twee leerlingen in de nieuw verzamelde dataset (havo/vwo;  $N = 48$ ) waren de resultaten van de *digit span* test niet goed opgeslagen. De data van deze leerlingen zijn wel bij de overige analyses meegenomen waardoor alleen de analyses op de *digit span* test op  $N = 46$  proefpersonen zijn gebaseerd. Een leerling had geen wiskunde in zijn profiel; de overige data van deze leerling is wel bij de overige analyses meegenomen waardoor alleen de analyses op de prestaties voor wiskunde op  $N = 47$  proefpersonen gebaseerd zijn.

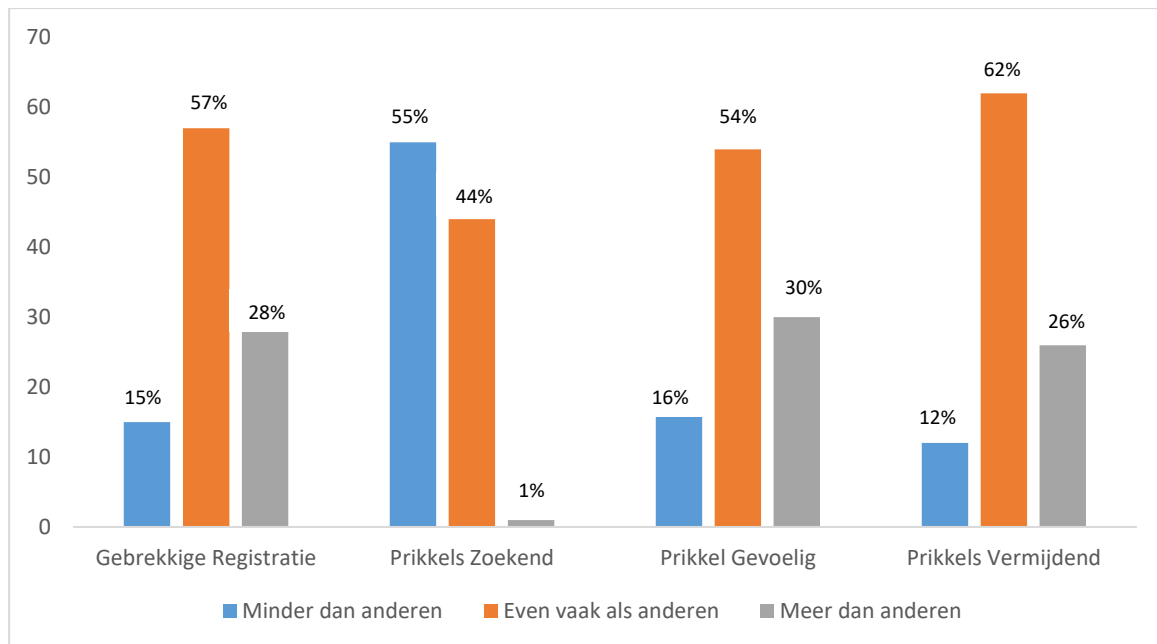
Zoals aangegeven in de methode is nieuw verzamelde data bij leerlingen van de havo en het vwo aangevuld met een al bestaande dataset met leerlingen uit het praktijkonderwijs. Deze laatste

dataset bestond uit 93 deelnemers. Er waren geen missende waarden in deze dataset. Bij het onderzoek op de praktijkschool werden dezelfde testen voor SP en EF's gebruikt als op de havo/vwo school, en de datasets konden voor deze testen dus gecombineerd worden. De scores die gebruikt werden voor het meten van de schoolprestaties konden echter niet gecombineerd worden omdat hierbij andere gegevens werden gebruikt. Op de praktijkschool werden de meest recente Cito-toetsgegevens gebruikt op het gebied van begrijpend lezen, spelling en rekenen (Collaris, 2017), Terwijl op de havo/ vwo school de gemiddelde cijfers voor de vakken Nederlands, Engels en wiskunde gebruikt werden. Daardoor is alleen bij deelvraag 1 en 2 (het voorkomen van niet-optimale SP en de relatie tussen SP en EF's) gebruikt gemaakt van de hele dataset (praktijkschool, havo en vwo) en bij deelvraag 3 en 4 (relatie tussen SP, EF's, en prestaties) alleen de dataset van de havo/ vwo school.

Met de 'Explore' functie in SPSS werd gekeken naar extreme waarden in de boxplots. Op de Stroop test waren twee extreme hoge waarden, terwijl er op de d2 drie van dergelijke waarden waren. Omdat de steekproef al relatief klein was is besloten om deze waarden niet te verwijderen uit de analyses. Omdat de data niet altijd normaal verdeeld waren, en er voor sommige analyses bovendien sprake was van kleine groepsgroottes, is waar relevant gebruik gemaakt van non-parametrische testen.

### **Prevalentie van een niet-optimale SP**

Voor deelvraag 1a ('Hoe vaak komt het voor dat leerlingen in het voortgezet onderwijs een niet-optimale sensorische prikkelverwerking hebben?') werd gebruik gemaakt van de hele dataset met gegevens van leerlingen uit het praktijkonderwijs en van de havo en het vwo. In Figuur 1 staat de verdeling van de leerlingen over de verschillende categorieën van prikkelverwerking voor de vier kwadranten. Zoals in de Figuur 1 te zien is geldt voor GR, PG en PV dat een relatief kleine groep (tussen de 12% en 16%) leerlingen in de 'minder dan anderen' categorie valt, dat de overgrote groep (tussen de 54% en 62%) van de leerlingen in de 'even vaak als anderen' categorie valt, en dat iets meer dan een kwart (tussen 25 en 30%) van de leerlingen in de 'meer dan anderen' categorie valt. De uitzondering hierop is het kwadrant PZ, waar iets meer dan de helft (55%) in de 'minder dan anderen' categorie valt, en slechts 1% in de 'meer dan anderen' categorie valt. Dus, over het algemeen heeft minder dan de helft (38% - 46%) van de leerlingen een SP die niet optimaal is, behalve bij PZ waar de meerderheid (55%) in de 'minder dan anderen' categorie valt.

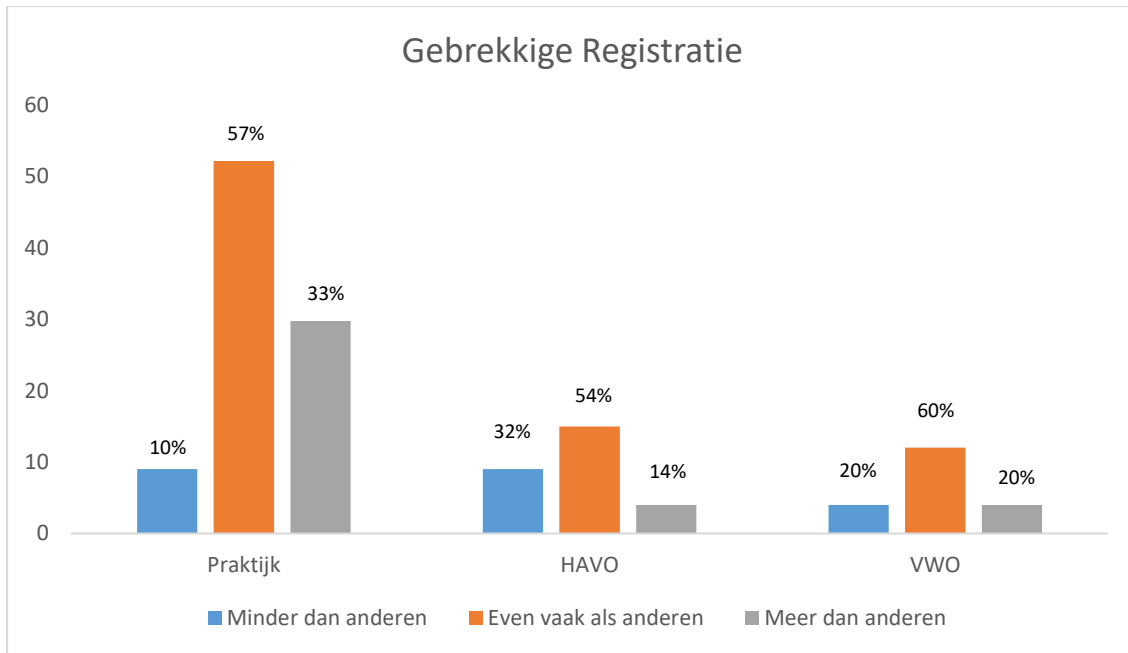


*Figuur 1.* Verdeling van de leerlingen over de verschillende categorieën van de verschillende kwadranten van SP.

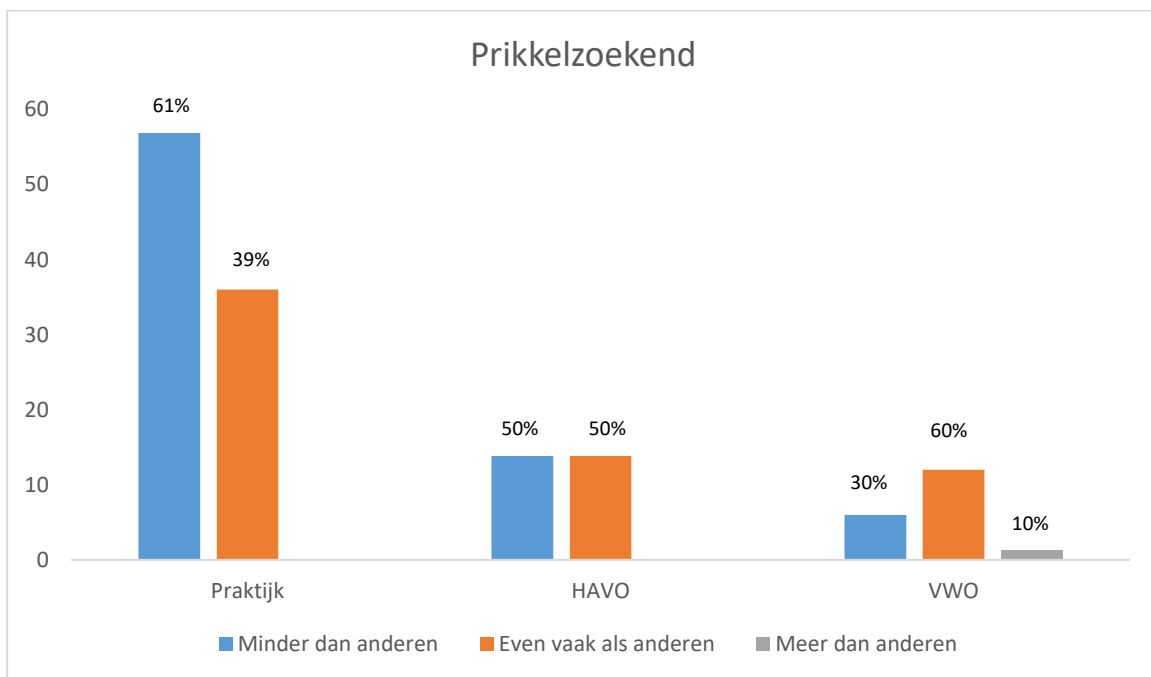
### SP en opleidingsniveau

Voor deelvraag 1b ('Is er een relatie tussen een niet-optimale SP en het opleidingsniveau (vwo/ havo/ praktijkonderwijs) van de leerlingen?') werd wederom gebruik gemaakt van de hele dataset met gegevens van leerlingen uit het praktijkonderwijs en van de havo en het vwo. In Figuur 2 t/m 5 staat de verdeling van leerlingen over de categorieën 'minder dan anderen', 'even vaak als anderen', en 'meer dan anderen' voor de verschillende kwadranten van SP, uitgesplitst naar opleiding. Voor GR, PG, en PV vallen voor alle opleidingsniveaus de meeste leerlingen steeds in de 'even vaak dan anderen' categorie (46% - 75%). De enige uitzondering hierop is wederom het kwadrant PZ: Een meerderheid van de leerlingen in het praktijkonderwijs (61%) valt in de categorie 'minder dan anderen', terwijl 50% van de havisten ook in deze categorie valt. Bovendien valt geen van de leerlingen van deze twee schooltypes in de categorie 'meer dan anderen'. Op het vwo scoort een grote meerderheid 'even vaak als anderen' of 'meer dan anderen' op PZ.

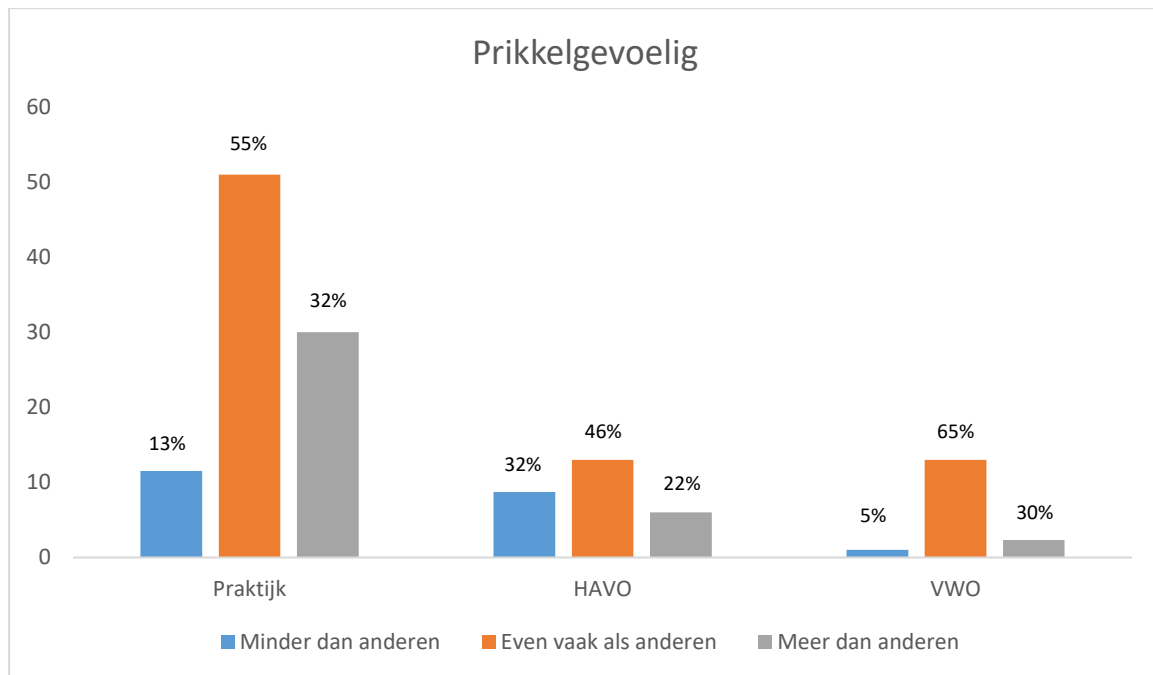
Significante verschillen tussen de opleidingsniveaus werden gevonden voor GR (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 9.27$ ;  $df = 2$ ;  $p = .010$ ) en PZ (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 8.37$ ;  $df = 2$ ;  $p = .015$ ). Voor GR betekende dit, dat er, vergeleken met de havisten en vwo leerlingen, relatief weinig leerlingen uit het praktijkonderwijs in de 'minder dan' categorie vielen, en relatief veel in de 'meer dan' categorie (zie Figuur 2). Voor PZ betekent dit dat het overgrote (61%) deel van de leerlingen uit het praktijkonderwijs 'minder dan anderen' op het kwadrant 'PZ' scoorden terwijl voor de havisten en de vwo leerlingen steeds de grootste groep 'even vaak als anderen' scoorden (zie Figuur 3). Er werden geen significante verschillen gevonden tussen opleidingsniveau voor PG (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 4.58$ ;  $df = 2$ ;  $p = .102$ ) en PV (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 2.66$ ;  $df = 2$ ;  $p = .265$ ).



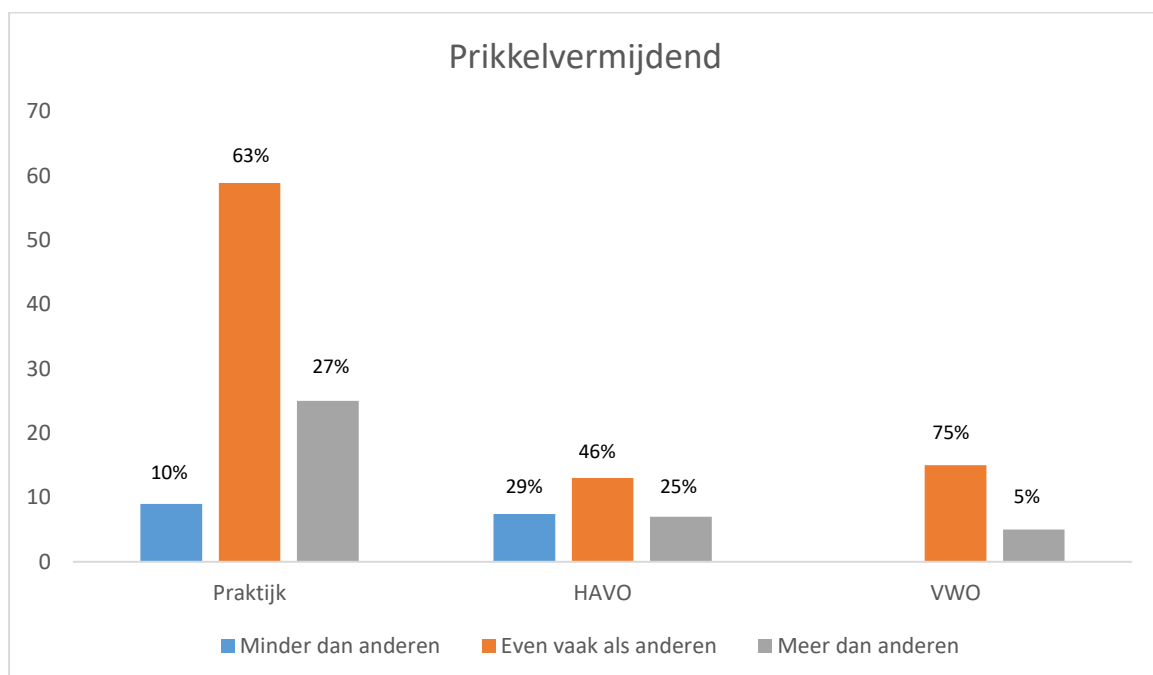
Figuur 2. Verdeling kwadrant GR over de verschillende categorieën per schoolniveau.



Figuur 3. Verdeling kwadrant PZ over de verschillende categorieën per schoolniveau.



Figuur 4. Verdeling kwadrant PG over de verschillende categorieën per schoolniveau.



Figuur 5. Verdeling kwadrant PV over de verschillende categorieën per schoolniveau

### SP en leeftijd

Voor deelvraag 1c ('Wat is de relatie tussen het voorkomen van een niet-optimale SP en leeftijd?') is gebruik gemaakt van de hele dataset met gegevens van leerlingen uit het praktijkonderwijs en van de havo en het vwo. Er werden geen significante verschillen voor leeftijd gevonden voor GR (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 0.73$ ,  $p = .695$ ), PZ (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 1.87$ ,  $p = .392$ ), PG (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 = 0.47$ ,  $p = .792$ ), en voor PV (Kruskall-Wallis toets  $\chi^2 =$



0.51,  $p = .774$ ). Wat aangeeft dat, de mate waarin een niet-optimale SP voorkwam niet gerelateerd was aan leeftijd.

### **SP en geslacht**

Deelvraag 1d ('Wat is de relatie tussen het voorkomen van een niet-optimale SP en geslacht?') is beantwoord met de dataset met gegevens van leerlingen uit het praktijkonderwijs en van de havo en het vwo. Jongens en meisjes bleken gelijk verdeeld te zijn over opleidingsniveau ( $\text{Chi}^2 = 0.34$ ,  $p = .845$ ). Er werden significante verschillen tussen jongens en meisjes gevonden wat betreft PG (Mann-Whitney test,  $U = 1885$ ,  $p = .006$ ) en PV, (Mann-Whitney test,  $U = 1791$ ,  $p = .001$ ). Jongens scoorden hoger in de categorie 'meer dan anderen' dan meisjes op zowel PG (Jongens: Mean Rank = 79.44; Meisjes Mean Rank = 62.44) als op PV (Jongens: Mean Rank = 80.77; Mean Rank = 61.09). Er waren geen verschillen voor GR (Mann-Whitney tests,  $U = 2230$ ,  $p = .238$ ) en PZ (Mann-Whitney tests,  $U = 2159$ ,  $p = .121$ ).

### **Relatie SP en EF's**

Voor deelvraag 2 ('Wat is de relatie tussen SP en de EF's bij leerlingen op het vwo, havo en praktijkonderwijs?') is gebruik gemaakt van de hele dataset met gegevens van leerlingen uit het praktijkonderwijs en van de havo en het vwo. De gemiddelden en standaardafwijkingen voor de vier tests die executieve functies meten voor de verschillende categorieën van de vier kwadranten voor sensorische prikkelverwerking (minder dan anderen; even vaak als anderen; meer dan anderen) staan in Tabel 2. De toetsgegevens voor de hoofdeffecten van de vier kwadranten van prikkelverwerking staan in Tabel 3. Zoals in Tabel 3 te zien is, is er slechts een marginaal-significant effect voor het kwadrant PV op de Stroop taak. Een Tukey post-hoc test liet zien dat leerlingen in de categorie 'minder dan anderen' ( $M = 1816$ ;  $SD = 482$ ) significant hogere reactietijden op de Stroop test hadden dan leerlingen in de 'meer dan anderen' categorie ( $M = 1530$ ;  $SD = 430$ ),  $p = .031$ . Dus, leerlingen in de 'minder dan anderen' categorie hadden een minder goede inhibitie dan leerlingen in de 'even vaak als anderen' categorie en leerlingen in de 'meer dan anderen' categorie. De andere post-hoc vergelijkingen toonden geen significante verschillen aan.

De covariaat voor opleidingsniveau was significant voor alle EF's,  $F_s > 21.01$ ,  $p_s < .001$ . Tukey post-hoc tests in afzonderlijke ANOVA's met opleidingsniveau als factor lieten zien dat havo en vwo steeds niet van elkaar verschillen,  $p_s > .482$ , maar dat praktijkonderwijs wel verschilt van havo en vwo,  $p_s < .001$ . Leerlingen in het praktijkonderwijs hadden hogere scores op de Stroop test (indicatief voor een minder goede inhibitie), de TMT (indicatief voor een minder goede shifting) en de d2 (indicatief voor een mindere aandacht), en lagere scores op de *digit span* test (indicatief voor een minder werkgeheugen), vergeleken met de leerlingen van de havo en het vwo.

Tabel 2

*Gemiddelden en standaardafwijkingen voor de vier tests die executieve functies meten, als een functie van sensorische prikkelverwerking (minder dan anderen, even vaak als anderen, meer dan anderen)*

	Gebrekkige registratie			Prikkelzoekend			Prikkelgevoelig			Prikkelvermijgend		
	Minder dan anderen <i>n</i> = 22	Even vaak als anderen <i>n</i> = 80	Meer dan anderen <i>n</i> = 39	Minder dan anderen <i>n</i> = 77	Even vaak als anderen <i>n</i> = 62	Meer dan anderen <i>n</i> = 2	Minder dan anderen <i>n</i> = 22	Even vaak als anderen <i>n</i> = 77	Meer dan anderen <i>n</i> = 42	Minder dan anderen <i>n</i> = 17	Even vaak als anderen <i>n</i> = 87	Meer dan anderen <i>n</i> = 37
DS	5.18 (1.47)	4.35 (1.36)	4.00 (1.36)	4.22 (1.43)	4.52 (1.39)	6.00 (0.00)	4.59 (1.50)	4.45 (1.46)	4.14 (1.28)	4.41 (1.18)	4.32 (1.46)	4.51 (1.45)
Stroop	1435 (370.50)	1645 (525.49)	1656 (503.74)	1615 (453.06)	1630 (559.35)	1163 (283.29)	1556 (567.75)	1664 (527.99)	1557 (408.04)	1816 (481.98)	1612 (526.58)	1530 (430.43)
TMT	123898 (23479)	20525 (21101)	28446 (27296)	24479 (18705)	22365 (13214)	2787 (5069)	22753 (29170)	23325 (22939)	21513 (21322)	14661 (13533)	25775 (25953)	21230 (19652)
d2	0.65 (0.76)	1.21 (1.04)	1.49 (1.02)	1.28 (0.96)	1.13 (1.10)	0.02 (0.02)	1.05 (1.00)	1.15 (0.95)	1.37 (1.16)	1.00 (0.98)	1.19 (1.00)	1.30 (1.11)

Tabel 3

*Resultaten Univariate variantieanalyse voor de vier tests die executieve functies meten, als een functie van sensorische prikkelverwerking*

	DS			Stroop			TMT			d2		
	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
GR	2.21	2, 135	.114	0.69	2, 137	.502	1.40	2, 137	.249	2.10	2, 137	.127
PZ	0.42	2, 135	.659	0.75	2, 137	.475	0.06	2, 137	.939	1.02	2, 137	.362
PG	1.15	2, 135	.319	1.29	2, 137	.280	0.41	2, 137	.668	1.02	2, 137	.365
PV	0.60	2, 135	.551	2.38	2, 137	.096	2.28	2, 137	.107	1.02	2, 137	.363

*Noot.* GR = Gebrekkige registratie; PZ = Prikkelzoekend; PG = Prikkelgevoelig; PV = Prikkelvermijdend, *N* = 48

### Relatie SP en Schoolprestaties

Voor deelvraag 3 ('Wat is de relatie tussen SP en schoolprestaties op het gebied van Nederlands, Engels en wiskunde bij havo/vwo leerlingen van het voortgezet onderwijs?') is alleen gebruik gemaakt van de dataset met gegevens van leerlingen van de havo en het vwo. In Tabel 4 staan de prestaties voor Nederlands, Engels, en Wiskunde voor de drie categorieën voor de vier kwadranten van SP (meer dan anderen, even vaak als anderen en minder dan anderen). In Tabel 5 staan de resultaten van één-weg variantie analyses van deze gegevens. Zoals te zien is waren er geen significante verschillen tussen de categorieën van SP voor de vier kwadranten, behalve voor PV en het vak Engels. Een Tukey post hoc toets toonde aan dat personen in de 'meer dan anderen' categorie hogere cijfers voor Engels behaalden dan personen in de 'even vaak als anderen' categorie ( $p = .021$ ). De categorieën 'minder dan anderen' en 'even vaak als anderen' verschilden niet van elkaar ( $p = .118$ ).

### Interactie SP, EF's en schoolprestatie

Deelvraag 4 ('Hoe interacteren SP en EF's in hun voorspelling van schoolprestaties?') is beantwoord met de dataset met alleen de gegevens van leerlingen van de havo en het vwo. Omdat er bij de bovenstaande analyses alleen een effect van PV op het cijfer voor Engels was, en een (marginaal-significant) effect van PV op inhibitie, werd verder onderzocht of PV met inhibitie interacteert bij de voorspelling van de prestaties voor Engels. Uit de regressie analyse bleek dat de modellen niet significant waren: blok 1:  $F(8, 37) = 1.46, p = .205$ , blok 2:  $F(12, 33) = 1.18, p = .339$ , en blok 3:  $F(14, 31) = 1.09, p = .404$ . Hoewel de modellen niet significant waren, waren de percentages verklaarde variantie vrij hoog (tot 33%). Dit suggereert dat het verband tussen SP en schoolprestaties niet-lineair was. Uit Tabel 4 blijkt inderdaad dat leerlingen in de 'minder dan anderen' categorie soms hogere cijfers te halen dan leerlingen in de 'even vaak als anderen' categorie.

Om toch verder de verbanden tussen PV en inhibitie (Stroop) en PV en de prestaties op Engels te kunnen onderzoeken is er vervolgens, zoals besproken in de data-analyse sectie van de methode, een indeling gemaakt in een groep leerlingen die een hoge inhibitie (lage score Stroop taak) en een groep leerlingen die een lage inhibitie (hoge score Stroop) vertoonden. In de hoge inhibitie groep vielen de leerlingen die een score op de Stroop hadden die kleiner of gelijk aan het gemiddelde was; in de lage inhibitie groep vielen de leerlingen die een score op de Stroop hadden die hoger dan het gemiddelde was. Vervolgens is er een ANOVA uitgevoerd met PV als factor, en het cijfer voor Engels als afhankelijke variabele. Met behulp van 'split file' werd deze analyse apart uitgevoerd voor de slechtere inhibitie groep en de betere inhibitie groep.

In de groep met een slechtere inhibitie waren er geen significantie verschillen,  $F(1, 6) = 1.28, p = .302$ , in het cijfer voor Engels tussen leerlingen die respectievelijk 'minder dan anderen', 'even vaak als anderen' of 'meer dan anderen' op PV gedrag laten zien. In de groep met een betere inhibitie waren er significantie verschillen,  $F(2, 37) = 3.85, p = .030$ , in het cijfer voor Engels tussen leerlingen die respectievelijk 'minder dan anderen', 'even vaak als anderen' of 'meer dan anderen' op PV gedrag

Tabel 4

*Resultaten analyse relatie tussen SP en schoolprestaties*

	Nederlands			Engels			Wiskunde		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>
GR mida	5.82	0.86	13	7.10	1.03	13	6.22	0.98	13
GR evaa	6.02	1.11	27	7.09	1.10	27	6.44	1.25	26
GR meda	5.98	1.48	8	6.99	1.07	8	6.89	1.36	8
PZ mida	5.87	1.20	20	7.11	1.23	20	6.35	1.01	20
PZ evaa	5.98	0.98	26	7.01	0.86	26	6.42	1.28	25
PZ meda	6.50	2.12	2	7.50	2.12	2	8.00	1.41	2
PG mida	6.08	0.53	10	7.22	1.02	10	6.17	1.02	10
PG evaa	5.90	1.26	26	7.12	1.09	26	6.56	1.32	25
PG meda	5.98	1.13	12	6.84	1.03	12	6.48	1.11	12
PV mida	5.93	0.50	8	7.50	1.03	8	6.70	1.16	8
PV evaa	5.87	0.99	28	6.71	1.10	28	6.38	1.16	28
PV meda	6.18	1.58	12	7.64	1.07	12	6.47	1.40	11

*Noot.* GR = Gebrekkige registratie; PZ = Prikkelzoekend; PG = Prikkelgevoelig; PV = Prikkelvermijndend; Mida = minder dan anderen, Evaa = even vaak als anderen, meda= meer dan anderen.

Tabel 5

*Resultaten Factoriële ANOVA SP en schoolresultaten*

	Nederlands			Engels			Wiskunde		
	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
GR	0.15	2, 45	.864	0.03	2, 45	.969	0.76	2, 44	.473
PZ	0.32	2, 45	.731	0.21	2, 45	.808	1.83	2, 44	.173
PG	0.10	2, 45	.903	0.41	2, 45	.668	0.37	2, 44	.696
PV	0.32	2, 45	.730	4.77	2, 45	.013*	0.22	2, 44	.805

*Noot.* GR = Gebrekkige registratie; PZ = Prikkelzoekend; PG = Prikkelgevoelig; PV = Prikkelvermijdend; \*significant bij  $p < .05$ ,  $n = 48$

laten zien. Tukey post hoc analyses in de groep met een betere inhibitie wezen uit dat personen die ‘meer dan anderen’ op PV scoorden hogere cijfers voor Engels haalden ( $M = 7.64$ ,  $SD = 0.79$ ) dan personen die ‘even vaak als anderen’ op PV scoorden ( $M = 6.78$ ,  $SD = 1.04$ ),  $p = .046$ . De ‘minder dan anderen’ groep ( $M = 7.66$ ,  $SD = 1.08$ ) verschilde niet van de ‘even vaak als anderen’ groep ( $p = .175$ ), of de ‘meer dan anderen’ groep ( $p = .999$ ).

### Discussie en Conclusie

Sensorische prikkelverwerking (SP) en executieve functies (EF's) hebben mogelijke een grote overlap (Adams et al., 2015) maar hoe deze twee constructen precies samenhangen is nog weinig onderzocht. Het zou kunnen dat leerlingen die problemen ervaren met SP en EF's minder goed presteren op school (Critz et al., 2015). In dit onderzoek wordt gekeken naar de relatie tussen sensorische prikkelverwerking, executieve functies, en schoolprestaties. Het onderzoek werd uitgevoerd op een middelbare school onder havo/vwo leerlingen in de leeftijd van 12 tot en met 18 jaar; aanvullende analyses zijn uitgevoerd met een eerder verzamelde dataset onder leerlingen van een praktijkschool. SP is gemeten met behulp van de Adolescent/Adult Sensory Profile (AASP; Brown & Dunn, 2002; Rietman, 2007).

Van elke leerling werd een score bepaald voor één van de vier kwadranten van SP: gebrekkige registratie (GR), prikkelzoekend (PZ), prikkelgevoelig (PG) en prikkelvermijndend (PV). Voor de EF's richtte dit onderzoek zich op de drie kernfuncties inhibitie/aandacht, werkgeheugen/*updaten* en *shiften* (Diamond, 2013; Best et al., 2009; Miyake & Friedman, 2012; Vandenbroucke et al., 2017). De schoolprestaties werden gemeten met behulp van het gemiddelde rapportcijfers voor de vakken Nederlands, Engels en wiskunde.

Ongeveer de helft van de leerlingen had een optimale sensorische prikkelverwerking (SP) voor de kwadranten (gebrekkige) registratie (GR), prikkelgevoelig (PG), en prikkelvermijndend (PV). De enige uitzondering hierop was het kwadrant prikkelzoekend (PZ), waarbij een meerderheid van de leerlingen minder prikkelzoekend gedrag vertoonde dan andere leerlingen; dit was echter alleen het geval voor leerlingen op de havo en het praktijkonderwijs. Opvallend daarbij was dat geen van de leerlingen in het praktijkonderwijs of op de havo meer dan anderen prikkelzoekend gedrag vertoonden.

Er was geen samenhang tussen leeftijd en SP. Er was echter wel een verband tussen sekse en SP: Jongens vertoonden meer prikkelvermijndend gedrag en waren meer prikkelgevoelig dan meisjes. Er werd slechts één verband tussen één aspect van SP en één EF's gevonden: Leerlingen die meer prikkelvermijndend gedrag vertoonden dan andere leerlingen hadden een beter vermogen tot inhibitie dan leerlingen die minder prikkelvermijndend gedrag vertoonden. Er waren geen verschillen in inhibitie ten opzichte van leerlingen met een optimale prikkelvermijding. Leerlingen die meer prikkels vermijden dan andere leerlingen hadden ook hogere cijfers voor Engels, hetgeen met name het geval bleek voor leerlingen die ook een goed vermogen tot inhibitie hadden.

### **Prevalentie van een Niet-optimale SP in het Voortgezet Onderwijs**

Dat ongeveer de helft van de leerlingen een niet-optimale prikkelverwerking heeft komt overeen met het onderzoek van Critz et al. (2015) bij een (niet-klinische) populatie van leerlingen op de basisschool. Zij rapporteren een prevalentie van een niet-optimale prikkelverwerking tussen de 10% en 55% ligt. Dus, de prevalentie van een niet-optimale SP bij een niet-klinische populatie leerlingen uit het voortgezet onderwijs valt binnen de eerder gevonden bandbreedte van niet-optimale SP bij leerlingen uit het basisonderwijs.

**SP en opleidingsniveau.** Opvallend in het huidige onderzoek was het hoge percentage van leerlingen van de havo en met name het praktijkonderwijs dat minder dan anderen prikkelzoekend gedrag vertoonden: Ruim 60% van de leerlingen in het praktijkonderwijs vertoonde minder prikkelzoekend gedrag dan anderen, terwijl dit bij de havo 50% was, en bij het vwo slechts 30%. Daarentegen heeft 60% van de vwo leerlingen een optimale SP in het kwadrant PZ, terwijl die percentages bij de havo en het praktijkonderwijs op respectievelijk 50% en 39% liggen. Er lijkt dus een verband tussen de mate van prikkelzoekend gedrag en het schoolniveau van de leerling. Deze bevinding sluit aan bij het onderzoek van Raine, Reynolds, Venables, en Mednick (2002). Raine et al. die een positief verband lieten zien tussen PZ en verschillende soorten schoolprestaties en intellectuele vaardigheden. De huidige bevindingen sluiten hierop aan: Leerlingen die op lagere schoolniveaus zoals het praktijkonderwijs terecht komen, vertonen minder prikkelzoekend gedrag dan anderen. Bij het huidige onderzoek moet opgemerkt worden dat er geen causaal verband tussen prikkels zoeken en schoolniveau aangetoond kon worden. Leerlingen met een optimale PZ kunnen eerder op het vwo terecht zijn gekomen, maar dit type onderwijs kan prikkelzoekend gedrag ook juist gestimuleerd hebben, bijvoorbeeld, aanmoedigen om zelf op zoek gaan naar informatie of creativiteit stimuleren bij het zoeken van oplossingen voor problemen.

**SP en leeftijd.** Er werd geen verband tussen SP en leeftijd gevonden. Uit eerder onderzoek bij heel jonge kinderen (7 tot 36 maanden) bleek leeftijd wel een belangrijke factor te zijn (Dunn & Daniels, 2002) en ook Cheung en Siu (2009) zagen in klinische populatie (6 tot 12 jaar) een afname in SP problemen naarmate kinderen ouder werden. Dus als de kinderen ouder werden dan ontwikkelden ze, ondanks hun psychische stoornissen, toch een betere SP. Daarentegen werd in onderzoek met een niet-klinische populatie van leerlingen op de basisschool (Krijgsman-van den Hoorn, 2018) en bij leerlingen uit het praktijkonderwijs (Collaris, 2017) geen verband gevonden tussen SP en leeftijd. Het huidige onderzoek vindt ook geen verband tussen SP en leeftijd. SP lijkt een stabiele eigenschap die zich in de jeugd ontwikkelt (Dunn, 1997), hoewel in een klinische populatie wat langzamer dan in een niet-klinische populatie. In de pubertijd heeft leeftijd geen invloed meer op SP. Het is dus aannemelijk dat op deze leeftijd de SP is uitontwikkeld. In lijn hiermee valt onze steekproef qua in één aparte normcategorie bij de scoring van de AASP (11-17 jaar).

**SP en geslacht.** Jongens vielen eerder in de ‘meer dan anderen’ categorie dan meisjes voor de twee kwadranten die gekenmerkt worden door een lage prikkeldrempel: Prikkelgevoelig (PG) en



prikkelvermijndend (PV). Een soortgelijk resultaat werd ook gevonden in het onderzoek op de basisschool (Krijgsman-van den Hoorn, 2018). De lage drempel voor prikkels verhoogt de kans voor overprikkeld gedrag (druk gedrag, minder aandacht; Hamerslag et al., 2015). Deze kans is met name groot bij een passieve zelfregulatie strategie die in combinatie met een lage drempel voor prikkels tot sterke prikkelgevoeligheid (en grotere kans tot overprikkeling) kan leiden. Om met deze lage drempel voor prikkels om te kunnen gaan en niet overprikkeld te raken, is een meer actieve strategie om prikkels te kunnen vermijden nodig. Het onderzoek toont aan dat een aanzienlijk deel van de jongens (gemiddeld meer dan meisjes) een dergelijke prikkelvermijndende strategie heeft. Dus, de lagere drempel voor prikkels bij jongens heeft een grotere kans tot overprikkeling tot gevolg, en om hiermee om te kunnen gaan een grotere geneigdheid om prikkels te vermijden.

### **SP en EF's**

Er is in dit onderzoek weinig ondersteuning gevonden voor de voorspelde relatie tussen SP en EF's. Er werd slechts één verband gevonden, namelijk dat tussen PV en inhibitie: Minder prikkelvermijndend gedrag was gerelateerd aan een minder goede inhibitie. Opvallend is dat dit ook precies het enige verband is dat werd gevonden in een studie met basisschoolleerlingen (Krijgsman-van den Hoorn, 2018).

Prikkelvermijndend gedrag wordt gekenmerkt door een lage drempel voor sensorische prikkels in combinatie met een sterke zelfregulatie. Dat wil zeggen dat met een lage drempel prikkels eerder worden opgemerkt en dit zal eerder tot een teveel aan prikkels leiden. Men zal dus een actieve strategie inzetten om deze prikkels te vermijden. Dit laatste sluit aan bij een sterk vermogen tot inhibitie, dat wil zeggen, een sterk vermogen om het eigen gedrag te controleren, of bijvoorbeeld de aandacht specifiek op een bepaalde taak te richten. Mensen die daarentegen sterk gevoelig zijn voor prikkels maar tegelijkertijd een zwak vermogen hebben om het eigen gedrag te controleren, of de aandacht specifiek te richten, zullen ook minder in staat zijn om prikkels te vermijden. Zo bezien is de relatie tussen een lage inhibitie en leerlingen die minder dan anderen prikkelvermijndend gedrag laten zien logisch te verklaren.

Er werd geen verband gevonden tussen de andere kwadranten van SP (GR, PZ, PG, PV) en de andere EF's (*updaten/werkgeheugen, inhibitie/aandacht, shiften*). Dit is opvallend omdat er een theoretische overlap tussen deze constructen is (Adams et al., 2015). Het vermogen om op een effectieve manier prikkels te verwerken lijkt van cruciaal belang om tot (effectieve) actie te komen. Hoewel het verband tussen SP en EF's dus theoretisch plausibel lijkt, en er enig bewijs voor is (Adams et al., 2015), is er nog relatief weinig onderzoek naar gedaan. En ook uit het wel eerder uitgevoerde onderzoek (Adams et al., 2015; Krijgsman-van den Hoorn, 2018) komt geen eenduidig verband naar voren. Er zijn tenminste drie theoretische verklaringen voor het tot nu toe uitblijven van bewijs voor een verband tussen SP en EF's.

Ten eerste zou het zo kunnen zijn dat het verband er wel is, maar alleen in klinische populaties, zoals bij de te vroeg geboren en die in het onderzoek van Adams et al. (2015) onderzocht

werden. Het zou kunnen dat bij klinische populaties de algemenere stoornis zelf de onderliggende oorzaak is voor *zowel* een verminderde SP *als* een verminderde EF's (werkgeheugen en inhibitie) en deze algemenere stoornis dus zo het verband tussen SP en EF's verklaart.

Ten tweede zou het verband er wel kunnen zijn, maar alleen voor specifieke aspecten van SP en alleen voor specifieke aspecten van EF's. Zowel in het onderzoek van Adams et al. (2015), dat van Krijgsman-van den Hoorn (2018) en het huidige onderzoek was het verband tussen SP en EF's er wel, maar alleen voor bepaalde specifieke vaardigheden. Bij Adams et al. (2015) werd het verband alleen gevonden voor de door de ouders beoordeelde EF's van de kinderen, en voor één specifiek door de kinderen uitgevoerde taak voor inhibitie (de 'cadeau inpak taak'). Op vijf andere taken werd geen significant verschil gevonden. In het huidige onderzoek en dat van Krijgsman-van den Hoorn (2018) werd er ook een verband gevonden tussen één specifiek aspect van SP (PV) en één specifiek aspect van EF's (inhibitie). Dit komt overeen met het onderzoek van Collaris (2017) waarbij ook specifieke verbanden gevonden werden tussen SP en EF's. Hierbij ging het om het verband tussen PZ en inhibitie, GR en inhibitie en GR en *shiften*. Dus, het zou zo kunnen zijn dat het verband tussen SP en EF's er wel is, maar dat dit alleen geldt voor specifieke aspecten van SP en EF's. Uit het tot nu toe uitgevoerde onderzoek blijkt er met name een relatie te zijn tussen SP en inhibitie. Dit is ook een van de meer voor de hand liggende verbanden omdat het onderliggende proces bij inhibitie, gedragscontrole, min of meer gelijk staat aan het vermogen tot zelfregulatie, zoals dat centraal staat in het model van Dunn (1997) en in dat model gerelateerd is aan een grotere vermogen prikkels te vermijden.

Gezien de theoretische plausibiliteit van een overlap tussen SP en EF's blijft het echter toch opmerkelijk dat het zou gaan om een zeer specifiek verband. Een derde verklaring is daarom dat het verband tussen SP en EF's er wel is, maar dat dit verband zich pas op latere leeftijd volledig ontwikkelt. Hoewel de adolescentie een fase is waarin EF's zich sterk ontwikkelen, is deze ontwikkeling vaak grillig, en zijn er verschillen in de snelheid waarin specifieke EF's zich ontwikkelen. Sommige aspecten van EF's zijn pas bij vroeg-volwassenen volledig ontwikkeld (zie Crone, 2009, voor een overzicht). Bijvoorbeeld, Huizinga et al. (2006) vonden dat hoewel shifting zich tijdens de adolescentie ontwikkelde, werkgeheugen zich doorontwikkelde tot in de jongvolwassen leeftijd. In lijn met het hier gevonden resultaat bleek inhibitie zoals gemeten met de Stroop taak (en dan met name de reactietijd-component die ook in het huidige onderzoek gebruikt werd) zich al op jonge leeftijd te ontwikkelen, en daarna aan weinig verandering onderhevig te zijn (Huizinga et al., 2006). Dit zou kunnen verklaren waarom er in het huidige onderzoek onder adolescenten en het onderzoek van Krijgsman-van den Hoorn (2018) bij basisschoolleerlingen er alleen verbanden tussen SP en inhibitie werden gevonden: Dit is een vaardigheid die op jonge leeftijd al ontwikkeld en stabiel is.

### **Interactie SP en EF's in hun Voorspelling van Schoolprestaties**

In het huidige onderzoek werd ook slechts beperkte ondersteuning gevonden voor een verband tussen SP, EF's en schoolprestaties; er werd slechts één verband gevonden tussen één vorm van SP (PV) en één type schoolprestaties (Engels); dit verband was er alleen bij leerlingen die goed in staat waren hun gedrag te controleren (goede inhibitie). Opgemerkt moet hierbij worden dat het *niet* de leerlingen met een *optimale* PV en een goede inhibitie waren die de hoogste cijfers haalden. Juist de leerlingen die meer dan anderen prikkels vermijden en een goede inhibitie hadden, haalden de beste cijfers. Toch is dit laatste effect wel te verklaren. Zoals boven opgemerkt zijn mensen met een goede inhibitie beter in staat om hun aandacht selectief op een (school)taak te richten. Als zij tegelijkertijd gevoelig zijn voor prikkels, maar daarbij ook goed in staat zijn die prikkels te vermijden, (bijvoorbeeld doordat ze hun gedrag goed kunnen controleren) dan lijkt het logisch dat dit tot betere prestaties leidt.

We moeten echter voorzichtig zijn om te veel waarde toe te kennen het interactie-effect tussen PV en inhibitie op de prestaties voor Engels. Zoals aangegeven werd juist niet gevonden dat een optimale prikkelvermijding tot betere prestaties leidde. Daarnaast is het de vraag waarom er alleen voor de prestaties op Engels een effect was, en niet voor Nederlands of wiskunde. Het is onduidelijk hoe dit te verklaren is, en meer in het algemeen moet gezegd worden dat de verbanden tussen SP, EF's en prestaties veelal afwezig waren.

Een verklaring voor de afwezigheid van deze verbanden is dat we voor deze analyses alleen naar de havo/vwo leerlingen hebben gekeken. Hierdoor werd de steekproef minder groot, waardoor er niet voldoende statistische power was om een effect van gemiddelde grootte aan te tonen. Hier aan gerelateerd zou de beperkte steekproef tot een beperkte voorspellende waarde van SE en EF's op de prestaties kunnen hebben geleid. Zoals boven besproken was er een sterke samenhang tussen zowel opleidingsniveau enerzijds en SP en EF's anderzijds, maar werden deze met name verklaard doordat de leerlingen uit het praktijkonderwijs vaker 'minder dan anderen' gedrag vertoonden op SP (met name PZ) en EF's. Dat de analyses op de prestaties werden uitgevoerd met alleen de leerlingen van de havo en het vwo kan er toe geleid hebben dat er, naast een kleinere steekproef, ook minder variantie op SP en EF's was. Deze (relatief) kleinere variantie kan er toe geleid hebben dat de voorspelbaarheid van de schoolprestaties ook beperkt bleef. Tenslotte waren de toetsen waarmee de prestaties werden gemeten niet gestandaardiseerd, en werden deze alleen door één docent nagekeken. Het zou kunnen dat de validiteit en betrouwbaarheid van deze toetsen niet optimaal waren.

### **Limitaties**

Het huidige onderzoek had een aantal tekortkomingen. Zo was de steekproef van havo/vwo leerlingen relatief klein. Hoewel de havo/vwo steekproef werd aangevuld met een steekproef van leerlingen uit het praktijkonderwijs, hetgeen genoeg statistische power opleverde om een effect van gemiddelde grootte aan te tonen, konden van deze uitgebreidere steekproef geen gebruik worden gemaakt bij enkele van de meest cruciale hypothesen, namelijk die over het voorspellen van de schoolprestaties uit SP en EF's.

Daarnaast waren de verschillen tussen de schooltypes wat betreft de EF's vrij groot. Hoewel voor de invloed hiervan op de samenhang tussen SP en de EF's werd gecontroleerd, is het feit dat er dus duidelijke subgroepen waren op de EF's wellicht toch een storende factor geweest, die het feit dat de totale steekproef relatief groot was enigszins nuanceert. Daarbij komt dat het laagste schoolniveau (praktijkonderwijs) met de hoogste niveaus (havo/vwo) werden vergeleken en tussenliggende niveaus (vmbo) ontbraken. Dit kan de mogelijkheid om een positief verband aan te tonen tussen SP en EF's beperkt hebben. Toekomstig onderzoek zou gebruik moeten maken van een grotere en homogener steekproef (b.v. alleen havo/vwo leerlingen of ook vmbo erbij).

Verder zijn er vraagtekens te zetten bij de betrouwbaarheid van het gemiddelde cijfer voor de vakken Nederlands, Engels en wiskunde. Dit gemiddelde cijfer is gebaseerd op toetsen die door de docent zelf zijn gemaakt. In hoeverre deze toetsen een betrouwbaar beeld geven van wat een leerling kan bij dit vak is onduidelijk. De testen zijn afgenomen in een lokaal op een rustige plek in school, zonder ramen aan de gangkant. Toch drongen geluiden uit het naastgelegen leslokaal of het afgaan van de bel door in dit lokaal. Dit kan de afname van de testen hebben beïnvloed.

### **Praktische Implicaties**

Uit het huidige onderzoek blijkt dat de verbanden tussen SP, EF's en schoolprestaties veelal afwezig zijn. Een implicatie van deze conclusie zou kunnen zijn dat als je de prestaties van leerlingen wilt verbeteren, je niet zou moeten inzetten op SP. Echter, gezien de hierboven besproken beperkingen van het huidige onderzoek, is dit misschien een te snelle conclusie. Meer fundamenteel onderzoek naar de relatie tussen SP, EF's en schoolprestaties is eerst nodig om meer gericht te kunnen adviseren over mogelijke toepassingen.

Uit het wel aangetoonde verband tussen PV, inhibitie en de prestaties op Engels kan de conclusie getrokken worden dat leerlingen die prikkels goed weten te vermijden, bijvoorbeeld doordat zij hun gedrag goed kunnen controleren, betere prestaties halen bij Engels. Docenten zouden leerlingen die moeite hebben prikkels die ze ervaren te onderdrukken, kunnen helpen deze prikkels te weerstaan, bijvoorbeeld door leerlingen bewust te maken van deze prikkels en strategieën aan te leren hoe hiermee om te gaan. Er zouden ook rustige werkplekken gecreëerd kunnen worden zodat leerlingen die een minder goede inhibitie hebben de mogelijkheid hebben zich terug te trekken. De bevinding dat met name jongens gevoeliger zijn voor prikkels toont aan dat zij potentieel de meeste baat bij dergelijke interventies hebben.

### **Conclusie**

Theoretisch kan een mate van overlap tussen SP en EF's worden verondersteld, en zou deze de schoolprestaties van leerlingen moeten voorspellen. In het huidige onderzoek is slechts beperkte ondersteuning voor deze aanname gevonden, namelijk alleen voor het kwadrant 'prikkelvermijndend' van SP en inhibitie als EF's. Geconcludeerd kan worden dat prikkelvermijndend gedrag samenhangt met een grotere controle over het gedrag en aandacht. Dit is in lijn met eerdere bevindingen. Een sterke neiging tot prikkelvermijndend gedrag in combinatie met een goed vermogen tot inhibitie is in

enige mate voorspelend voor de schoolprestaties bij het vak Engels. Het huidige onderzoek maakt deel uit het eerste onderzoek naar SP, EF's, en schoolprestaties bij een niet-klinische populatie van leerlingen in het voortgezet onderwijs. Dat deze eerste resultaten suggereren dat er op zijn minst betekenisvolle relaties tussen bepaalde aspecten van SP en EF's zijn, ook bij leerlingen in het voortgezet onderwijs, nodigt uit tot het doen van meer onderzoek hiernaar, in het bijzonder met een uitgebreidere steekproef.

### Referenties

- Adams, J. N., Feldman, H. M., Huffman, L.C., & Loe I. M. (2015). Sensory processing in preterm preschoolers and its association with executive function. *Early Human Development* 91, 227-233.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology* 106, 20-29.
- Arbuthnott, K., & Frank, J., (2000). Trail making test part B as a measure of executive control: Validation using a set-switching paradigm. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22, 518-528.
- Baddely, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839.
- Baddely, A., (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology* 63, 1-29.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review* 29, 180-200.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences* 21, 327-336.
- Brickenkamp, R., & Zillmer, E. (1998). The D2 test of attention (1st US Edition). Göttingen: Hogrefe & Huber Publishers.
- Brown, C., & Dunn, W. (2002). *Adolescent/Adult Sensory Profile: User's Manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Cheung, P. P. P., & Siu, A. M. H. (2009). A comparison of patterns of sensory processing in children with and without developmental disabilities, *Research in Developmental Disabilities*, 30, 1468-1480.
- Colaris, N. H. H. (2017). *Een onderzoek naar de Relatie tussen Sensorische Prikkelverwerking, Executief Functioneren en Schoolprestaties in het Praktijkonderwijs* (Masterthesis, Open Universiteit, Heerlen, the Netherlands).
- Critz, C., Blake, K., & Nogueira, E. (2015). Sensory processing challenges in children. *The Journal for Nurse Practitioners* 11, 710-716.
- Crone, E. A. (2009). Executive functions in adolescence: Inferences from brain and behaviour. *Developmental Science* 12, 825-830.
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia* 44, 2037-2078,
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS) Examiner's Manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.

- Diamond, A., (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318, 1387-1388.
- DiPrete, T. A., & Jennings, J. L. (2012). Social and behavioral skills and the gender gap in early educational achievement. *Social Science Research* 41, 1-15.
- Dunn, W., (1997). The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families: A conceptual model. *Infants and Young Children*, 9, 23- 25.
- Dunn, W. (2007). Supporting children to participate successfully in everyday life by using sensory processing knowledge. *Infants & Young Children*, 20, 84-101.
- Dunn, W., & Daniels, D.B., (2002). Initial development of the infant/ toddler sensory profile. *Journal of Early Intervention*, 25, 27-41.
- Dunn, W., & Rietman, A. (2006). Sensory Profile-NL 3 t/m 10 jaar – Handleiding. Amersfoort: Studio Imago.
- Dunn, W., & Westman, K. (1997). The sensory profile: The performance of a national sample of children without disabilities. *American Journal of Occupational Therapy*, 52, 283- 290
- Hamerslag, R., Oostdam, R., & Tavecchio, L. (2015). De rol van sociaal-emotionele en gedragsmatige aspecten bij het leerproces van jonge kinderen: Het concept schoolrijpheid ‘afgestoft’. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek* 54, 517- 531.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age- related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia* 44, 2017- 2036.
- Inquisit 5 [Computer software]. (2016). Retrieved from <https://www.millisecond.com>.
- Jirikowic, T., Carmichael Olson, H., & Kartin, D. (2009). Sensory processing, school performance, and adaptive behaviour of young school-age children with fatal alcohol spectrum disorders. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 28, 117- 136.
- Jolles, J. (2007). Neurocognitieve ontwikkeling en adolescentie: Enkele implicaties voor het onderwijs. *Onderwijsinnovatie*, 3, 30-32.
- Krijgsman- van den Hoorn, G. (2018). *Relationships between Sensory Information Processing, Executive Functioning and School Performance in Primary Education* (Masterthesis, Open Universiteit, Heerlen, the Netherlands).
- Macleod, C.M. (1991). Half a Century of Research on the Stroop Effect. An Integrative Review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163- 203.
- Miyake, A, Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witski, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex ‘frontal lobe’ tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology* 41, 49-100.

- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four General Conclusions. *Current Directions in Psychological Science* 21, 8-14.
- Parham, L. D. (1998). The relationship of sensory integrative development to achievement in elementary students: Four-year longitudinal patterns. *The Occupational Therapy Journal of Research* 18, 105- 127.
- Patten Koenig, K., & Rudney, S. G. (2010). Performance challenges for children and adolescents with difficulty processing and integrating sensory information: a systematic review. *American Journal of Occupational Therapy*, 64, 430-442.
- Piovesana, A. M., Ross, S., Whittingham, K., Ware, R. S., & Boyd, R.N. (2015). Stability of executive functioning measures in 8–17-year-old children with unilateral cerebral palsy. *The Clinical Neuropsychologist*, 29, 133-149.
- Raine, A., Reynolds C., Venables, P. H., & Mednick, S. A. (2002). Stimulation seeking and intelligence: A prospective longitudinal study. *Journal of Personality and Social Psychology* 82, 663-674.
- Rietman, A. (2007). *Sensory Profile-NL tieners en volwassenen: Handleiding*. U.S.A.: Harcourt Assessment.
- Riccio, C.A., Blakely, A., Myeungsun Y., & Reynolds, C. R. (2013). Two-factor structure of the Comprehensive Trail-Making Test in adults. *Applied Neuropsychology: Adult*, 20(2), 155-158.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- St.Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 59, 745- 759.
- Vandenbroucke, L., Verschueren, K., & Baeyens, D. (2017). The development of executive functioning across the transition tot first grade and its predictive value for academic achievement. *Learning and Instruction* 49, 103- 112
- Wassenberg, R., Hendriksen, J. G. M., Hurks, P. P. M., Feron, F. J. M., Keulers, E. H. H., Vels, J. S. H., & Jelle Jolles (2008). Development of Inattention, Impulsivity, and Processing Speed as Measured by the D2 Test: Results of a Large Cross-sectional Study in Children Aged 7–13. *Child Neuropsychology*, 14, 195-210.
- Zurrón, M., Lindín, M., Galdo- Alvarez, S., & Diaz, F. (2008). Age-related effects on event-related brain potentials in a congruence/incongruence judgment color-word Stroop task. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 1-8.