

KLAAR MET HET HUISWERK, MAAR NOG NIET MET DE LES

INDIVIDUELE VERRIJKINGSPROJECTEN VOOR WISKUNDIG VAARDIGE LEERLINGEN

AFSTUDEERPRAKTIJKONDERZOEK JESSE HERTOGS (2453177)

FONTYS LERARENOPLEIDING WISKUNDE SITTARD TWEEDEGRAADS

JUNI 2020

BEGELEIDER FONTYS

KEVIN DE BRUIJN

BEGELEIDER LVO WEERT

ROBERT TOBBEN



VOORWOORD

Ik probeer tijdens mijn lessen alle leerlingen ertoe aan te zetten om het beste uit zichzelf te halen en in staat te stellen op hun eigen niveau te excelleren. Dat geldt voor leerlingen van alle niveaus, maar mijn ervaring is dat goed presterende leerlingen meestal niet de aandacht krijgen die ze verdienen. Vanuit het verlangen naar meer uitdaging voor deze groep leerlingen ben ik op zoek gegaan naar verrijksactiviteiten die een brug slaan tussen de reeds bekende lesstof en voor de leerling vernieuwende contexten.

Het onderzoek vond plaats in verschillende derdejaarsatheneumklassen op Het College in Weert. Vanwege maatregelen omtrent het coronavirus werden de lessen tijdens de uitvoering van dit onderzoek op afstand verzorgd.

Dit onderzoek werd begeleid door Kevin de Bruijn en Robert Tobben. Via deze weg wil ik hen bedanken voor de professionele begeleiding die ik van hen heb mogen ontvangen. Daarnaast ben ik de deelnemende leerlingen dankbaar voor prachtige eindproducten en de door hen beschikbaar gestelde tijd.

In het belang van de privacy van de betrokken leerlingen zijn namen vervangen door nummers. Bij gebrek aan een onzijdig voornaamwoord wordt *de leerling* consequent aangeduid met *hij*, *hem* en *zijn*. Hier kan ook *zij* en *haar* gelezen worden.

Jesse Hertogs, juni 2020

INHOUDSOPGAVE

Uitgangspunten onderzoek	5
1 Verlegenheidssituatie en plan	6
1.1 Schoolpraktijkcontext	6
1.2 Verlegenheidssituatie	7
1.3 Literatuur en collega's over de verlegenheidssituatie	7
1.4 Basisidee beroepsproduct	9
1.5 Flankerende onderzoeksvraag.....	9
2 Ontwerp beroepsproduct.....	10
2.1 Verkenning en selectie van ontwerprichtlijnen	10
2.2 Gekozen uitgangspunten en ontwerprichtlijnen.....	12
2.3 Beschrijving onderwijsactiviteit.....	12
3 Ontwerp flankerend onderzoek.....	14
3.1 Onderzoeksvraag	14
3.2 Onderzoeksgroep.....	14
3.3 Dataverzamelmethode	14
3.4 Dataverzamelingsprocedure.....	16
4 Resultaten	18
4.1 Dataverwerking en analyse	18
4.2 Resultatenoverzicht	18
5 Conclusie en aanbevelingen	23
5.1 Samenvatting van context en onderzoeksvraag	23
5.2 Beantwoording van de onderzoeksvraag	23
5.3 Implicaties en aanbevelingen	24
5.4 Reflectie	25
Bibliografie.....	26
Bijlagen.....	28

UITGANGSPUNTEN ONDERZOEK

Wiskundig vaardige leerlingen uit leerjaar 3 op Het College verwerken de lesstof snel en hebben het huiswerk vaak al voor het einde van de les af. Hoe ervaren zij creatieve toepassingen van wiskunde wanneer middels een individueel verrijkingproject een onderwerp gekoppeld wordt aan eerder verworven wiskundige vaardigheden? Tijdens zes lessen hebben vier leerlingen een zelfgekozen onderwerp onderzocht, waarbij dit onderwerp in verband werd gebracht met eerdere lesstof en het grotere maatschappelijke geheel. Hierbij werd voortgeborduurd op literatuur met betrekking op het schoolbreed verrijkingmodel en drieledig verrijkingmodel, waarin een basis wordt geschetst voor het aanbieden van verrijkingprojecten binnen de school.

Met behulp van participerende observatie, productanalyse en diepte-interviews werd het leerproces van de leerlingen in kaart gebracht. Daarbij was er in het bijzonder aandacht voor persoonlijke motivatie en interesse, inzicht in de koppeling met het onderzochte onderwerp en de bekende lesstof en andere vakgebieden, en de manier waarop leerlingen te werk gingen. Er werd daarbij door de leerlingen een persoonlijk interesse in de gekozen onderwerpen beschreven. Er was een positieve houding ten aanzien het project en de leerlingen hebben kwalitatieve eindproducten opgeleverd. Leerlingen omschreven het project bovendien als een welkome invulling van de lestijd.



1 VERLEGENHEIDSSITUATIE EN PLAN

Beschreven wordt hoe dit onderzoek tot stand is gekomen en binnen welke praktische context het tot uitvoering werd gebracht. Daarnaast worden de belijningen van de onderzoeksvraag en het beroepsproduct uitgezet, op basis van een verkennende literatuurstudie en gesprekken met collega's op de school.

1.1 SCHOOLPRAKTIJKCONTEXT

Het College is een school met een rijke geschiedenis die teruggaat tot halverwege de zeventiende eeuw (Heijthuisen, 1689). Organisatorisch valt de school onder het bestuur van stichting LVO, gevestigd in Sittard, met 21 scholen verspreid over Limburg en Noord-Brabant. De huidige locatie aan de Parklaan te Weert is de vwo-afdeling van het onderwijscluster Weert, waaronder naast Het College ook Philips van Horne (Weert, havo en mavo), BRAVO! College (Budel, onderbouw havo en vwo, en vmbo) en Het Kwadrant (Weert, vmbo) vallen. De school telt in schooljaar 2019-2020 ongeveer 1100 leerlingen.

De homogene indeling van het voortgezet onderwijs in Weert maakt specialisatie mogelijk, zoals het aanbieden van tweetalig¹ onderwijs aan havo- en vwo-leerlingen, Technasium², cultuurklassen en wetenschapsoriëntatie. Het College richt zich bovendien op de behoeften van de hoogbegaafde leerling, met voorzieningen als het begaafdheidsprofiel en de plusklas. Concreet betekent dit dat leerlingen via een persoonlijk traject lessen kunnen overslaan om deel te nemen aan extra activiteiten of ondersteuning te ontvangen bij leervaardigheden. Vanwege deze voorzieningen is Het College gecertificeerd als begaafdheidsprofielschool³.

Tijdens de lessen op Het College wordt er aanspraak gemaakt op de autonomie van de leerlingen. Eigen verantwoordelijkheid is hierin een kernwoord. Leerlingen zijn relatief vrij in de planning van hun huiswerk en worden tijdens de lessen op verschillende momenten keuzes aangeboden. Differentiatie vindt plaats op grond van niveaugroepen die gekoppeld zijn aan de leerprestaties, zowel tijdens de instructies als bij de huiswerkopgaven. Verlengde instructie en aanvullende leerstof maken deel uit van de dagelijkse gang van zaken. De wiskundelessen vinden plaats in twee wekelijkse blokken van 75 minuten, waarbij afsluitend vrijwel altijd de mogelijkheid geboden wordt zelfstandig huiswerkopgaven te verwerken, onder begeleiding van de docent en met mogelijkheden tot samenwerking.

In de visie van de school wordt het eigenaarschap van de leerling centraal gesteld. Binnen de lessen vindt een verschuiving plaats van docentgestuurd naar vraaggestuurd onderwijs. De leraar krijgt een coachende rol en voorziet in maatwerk binnen de klas, met aandacht voor leerlingen van alle niveaus. Een onderzoekende houding van zowel onderwijspersoneel als leerling is daarbij onmisbaar (Het College, 2019).

¹ Nederlands en Engels

² Bètatechnisch onderwijs waarbij het vak Onderzoek en Ontwerpen centraal staat

³ School waarbij hoogwaardig onderwijs en begeleiding van hoogbegaafde leerlingen gewaarborgd is

1.2 VERLEGENHEIDSSITUATIE

Tijdens de lessen aan derdejaarsklassen op Het College valt een aantal wiskundig erg vaardige leerlingen op. Zij werken snel door de opgaven en vragen soms zelfs naar aanvullende lesinhoud. Deze leerlingen, in veel gevallen hoogbegaafd, beheersen de lesstof zo snel dat ze niet begrijpen waarom daar tijdens de uitleg meer dan twee woorden aan besteed worden. Zeker wanneer de hoogbegaafdheid gepaard gaat met autisme lijkt het voor hen moeilijk aan te voelen hoe anderen daar wel moeite mee hebben. De leerlingen zijn goed in wiskunde, maar tegelijkertijd hebben ze moeite de uitwerkingen juist te noteren. De basis is doorgaans zo eenvoudig dat er vaak voorbijgegaan wordt aan de denkstappen die helpen een wiskundig vraagstuk te structureren. Eerder kwamen zij hier vaak mee weg, maar nu de complexiteit toeneemt lopen ze vast bij het herhaaldelijk toepassen van wiskundige vaardigheden.

De docent heeft de taak leerlingen te prikkelen met uitdagende verrijkingsstof, maar kan daarbij niet voorbijgaan aan de eerder beschreven tekortkomingen. Om die reden wordt tijdens de lessen het belang van oefenopgaven benadrukt. Vaak ervaren de leerlingen deze lesstof echter als repetitief. Dezelfde leerlingen lichten echter op wanneer gevorderde oplossingsstrategieën worden aangeboden, zoals bijvoorbeeld Gauss-Jordaneliminatie bij stelsels en het binomium van Newton bij het berekenen van de exponenten van tweetermen⁴. Leerlingen lijken intrinsiek gemotiveerd en dragen zelf de meest uiteenlopende wiskundige onderwerpen aan, zoals fraktalen en combinatorische stellingen (de Sierpinski-driehoek en nul faculteit⁵).

Er is sprake van een tweeledig probleem. Enerzijds wordt er niet optimaal gebruik gemaakt van bestaande mogelijkheden voor degelijke verdieping. Vaak werken leerlingen versneld door de lesstof, waarna zij een verdiepende opdracht krijgen aangeboden. Deze wordt door hen vaak als onnodige extra belasting bestempeld. Anderzijds is het ontwikkelen van basisvaardigheden zeker ook voor hoogbegaafde leerlingen van belang. Differentiatie tijdens de instructie biedt mogelijkheden, maar schiet helaas ook vaak te kort voor hoogbegaafde leerlingen en hun docenten.

1.3 LITERATUUR EN COLLEGA'S OVER DE VERLEGENHEIDSSITUATIE

De hierboven geschetste situatie wordt in verschillende literatuur beschreven en onderbouwd. Voorop staat dat hoogbegaafde leerlingen sterke cognitieve eigenschappen bezitten die bij het vak wiskunde erg welkom zijn. Ze zien snel het verband tussen verschillende onderwerpen en concepten, zonder dat er een specifiek daarop geënte instructie wordt aangeboden (Heid, 1983). Cijfermatig presteren de leerlingen goed. Toch zou een hogere leeropbrengst verwacht mogen worden. Onderpresteren komt veelvuldig voor bij hoogbegaafde leerlingen (Whitmore, 1987). Een gebrek aan motivatie speelt daarin een grote rol. Hoewel hoogbegaafde leerlingen vaker een hoge intrinsieke motivatie lijken te bezitten

⁴ Geavanceerde oplossingsstrategieën voor de regulier aangeboden lesstof waarbij vaak in minder stappen naar een eindantwoord wordt gewerkt

⁵ Lesstof overstijgende onderwerpen waaruit blijkt dat deze leerlingen in hun vrije tijd met wiskunde bezig zijn

(Clinkenbeard, 2012) en intrinsieke motivatie vaak gepaard gaat met positieve leeropbrengsten (Otis, Grouzet, & Pelletier, 2005; Wigfield & Cambria, 2010) is er een grote discrepantie tussen het potentieel en feitelijke presteren (Baum, Renzulli, & Hebert, 1995). Onderpresteren wordt aangeduid als een grote discrepantie tot het presteren en het potentieel presenteren dat gezien het intelligentiequotiënt verwacht kan worden (Lupart & Pyryt, 1996). Laag scoren op repetitieve onderdelen is eveneens een eigenschap van hoogbegaafde leerlingen (Silverman, 2002).

In de onderwijsomgeving lijkt onvoldoende aandacht te bestaan voor de behoeften van hoogbegaafde leerlingen (Doolaard & Oudbier, 2010). Hoogbegaafde leerlingen hebben vaak te kampen met negatieve persoonseigenschappen, zoals een negatief zelfbeeld, depressie en een sociale-emotionele achterstand, waarbij de sociale en cognitieve intelligentie zich asynchroon ontwikkelen (Moon, 2004). Vooroordelen over de wiskundige capaciteiten van jongens en meisjes lijken in hogere mate van invloed te zijn op het zelfbeeld en de motivatie van hoogbegaafde leerlingen (Preckel, Goetz, Pekrun, & Kleine, 2008). Een veelvoorkomende eigenschap van hoogbegaafde leerlingen is dat zij sneller leren en begrijpen dan leeftijdsgenoten, waardoor ze cognitief kunnen versnellen. Dit heeft echter geen significante invloed op sociaal-emotionele aspecten van de ontwikkeling, zoals zelfbeeld en relaties (Hoogeveen, Hell, & Verhoeven, 2012).

Hoogbegaafde leerlingen hebben de neiging een wiskundig onderwerp volledig te doorgronden, voordat verdergegaan wordt met de volgende theorie (Rotigel & Fello, 2004). De opzet van het Nederlandse wiskundeonderwijs is echter hoofdzakelijk cyclisch van aard. Docenten spelen een belangrijke rol in het presteren van hoogbegaafde leerlingen. Motivatie, maar ook de lesstructuur, leveren een belangrijke bijdrage aan het voorkomen van onderpresteren (Lüftenegger, et al., 2015).

Personeelsleden van Het College geven aan gelijksoortige problemen te ervaren. Motivatie, een gebrek aan zelfvertrouwen, en een grote discrepantie tussen de cognitieve vaardigheden van hoogbegaafde en reguliere leerlingen worden als belangrijke aandachtspunten genoemd. Bovendien wordt opgemerkt dat hoogbegaafde leerlingen opvallend vaak onderpresteren. Dit wordt geconstateerd op basis van de Cito-0-toets. Deze toets wordt gebruikt om van alle eerstejaarsleerlingen het instapniveau bij de kernvakken vast te stellen. Bij veel hoogbegaafde leerlingen valt tijdens de rapportvergaderingen op dat ze gemiddeld lager scoren dan op basis van deze initiële meting voorspeld wordt. Er is sprake van relatief onderpresteren; de leerlingen scoren gemiddeld, maar lager dan verwacht mag worden op basis van hun intelligentieniveau. Dit is vaak voor langere tijd onzichtbaar. Absoluut onderpresteren valt eerder en vaker op. Personeelsleden geven aan beide vormen van onderpresteren bij hoogbegaafde leerlingen terug te zien.

Interventies op het gebied van hoogbegaafde leerlingen kunnen verdeeld worden in twee globale groepen, waarbij enkel de tweede direct relevant is voor de lespraktijk (Reis & McCoach, 2000):

- I persoonlijke begeleiding of therapie, die zich richt op het aanpakken van onderliggende dynamieken;
- II aanpassingen aan de instructiemomenten en didactiek tijdens reguliere of aangepaste lessen.

Een effectieve interventie op het gebied van vakdidactiek maakt aanspraak op de kwaliteiten en interesses van hoogbegaafde leerlingen (Renzulli J. , 1976). Leerlingen worden hierbij uitgedaagd een zelfgekozen onderwerp te onderzoeken. Dit gebeurt middels een verrijkingsproject dat zich specifiek richt op systematisch aanpakken van onderpresteren door het aanspreken van persoonlijke interesses en vaardigheden (Renzulli J. , 1976). De onderzochte leerlingen lieten vrijwel allemaal een positieve verandering zien op het gebied van leerprestaties, motivatie en gedrag. Daarbij moet worden aangetekend dat één enkele interventiemethode nooit afdoende zal zijn voor alle hoogbegaafde leerlingen. Teneinde dit effect dient een bredere aanpak te worden gevolgd, die geijkt is op de individuele leerling. Dit valt echter buiten de reikwijdte van dit onderzoek.

1.4 BASISIDEE BEROEPSPRODUCT

Wiskundig vaardige leerlingen krijgen tijdens een periode van meerdere weken de mogelijkheid zich te verdiepen in een wiskundig onderwerp in de breedste zin van het woord. De toepassing van basisvaardigheden uit de regulier lesstof wordt hierbij op uitdagende wijze aangesproken. De leerlingen dienen een eindproduct te ontwikkelen in de vorm van een verslag of presentatie, dat de onderzochte theorie op een voor klasgenoten begrijpelijke wijze uitlegt. Daarbij wordt de onderzochte theorie gekoppeld aan eerder aangeleerde theorie binnen de verschillende domeinen van wiskunde. Wiskunde is de taal die de leerlingen gebruiken om hun project met de rest van de klas te communiceren. Een voorbeeld hiervan is het vullen van een magisch vierkant door gebruik te maken van formules.

1.5 FLANKERENDE ONDERZOEKSVRAAG

Op de school wordt onderzocht hoe leerlingen wiskunde ervaren wanneer zij het reguliere onderwijsprogramma versneld doorwerken en ruimte krijgen voor een individueel project. Er zal bij dit project worden aangestuurd op het koppelen van de bestaande wiskundekennis aan een nieuw of verdiepend onderwerp. Relevant bij dit onderzoek is de kijk op en houding ten aanzien van het vak wiskunde. Is de samenhang tussen de onderwerpen evident en kunnen leerlingen beschrijven welke plaats het onderzochte onderwerp binnen het grote geheel heeft? Het onderzochte kan samengevat worden in de volgende vraag.



Hoe ervaren leerlingen het vak wiskunde wanneer middels een individueel verrijkingsproject een zelfgekozen onderwerp gekoppeld wordt aan eerder verworven vaardigheden?

2 ONTWERP BEROEPSPRODUCT

Op basis van literatuuronderzoek worden ontwerprichtlijnen opgesteld voor een lesactiviteit, waarmee wordt aangesloten bij de 1.2 uit hoofdstuk 1 en de bevindingen van een initiële verkenning op basis van Literatuur en collega's over de verlegenheidssituatie.

2.1 VERKENNING EN SELECTIE VAN ONTWERPRICHTLIJNEN

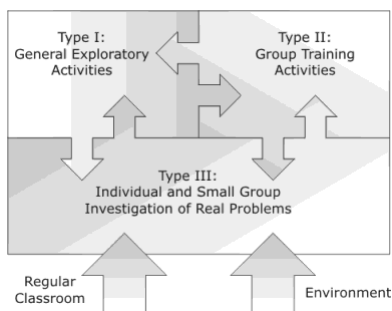
Verbeteringsprogramma's voor het onderwijs van hoogbegaafde leerlingen zijn uitgebreid beschreven en onderzocht, zoals bijvoorbeeld door Van Gerven (2002). Er bestaan uiteenlopende modellen die zich richten op zowel klas- als schoolniveau, en trachten te voorzien in uiteenlopende behoeften van hoogbegaafde leerlingen. Er kan een tweedeling gemaakt worden tussen programma's die zich richten op het compacter aanbieden van de lesstof en programma's die verrijking bieden. Wanneer de leerstof compacter wordt aangeboden, is een logisch vervolgstap het aanbieden van verdiepende lesinhoud.

Het compacter aanbieden van lesstof kan worden bereikt met behulp van Curriculum Compacting (Reis & Renzulli, 1995). Dit driefasen model voorziet docenten in duidelijke stappen om de lesstof compacter aan te bieden.

- In **fase 1** worden de leerdoelen geformaliseerd en de eindtermen vastgesteld. Vaak kan dit gebeuren aan de hand van beschikbaar docentenmateriaal.
- In **fase 2** worden de leerlingen geselecteerd die de lesstof compacter gaan volgen. Vooropstaat dat deze groep de voorgaande leerstof beheerst en verwacht kan worden dat zij de nieuwe lesstof sneller beheersen. Eerdere toetsresultaten kun hierin duidelijkheid scheppen. Als summatieve gegevens geen inzicht bieden kan de leerling ook bevraagd worden over de komende lesstof.
- In **fase 3** maken leerlingen de nieuwe lesstof versneld eigen. Dit gebeurt middels een individueel leertraject. Hierdoor ontstaat er tijd voor verrijking. Het onderstaande model beschrijft deze verrijkingsactiviteit systematisch.

Het verrijkingsonderwijs wordt geconcretiseerd in het schoolbreed verrijkingsmodel (*Schoolwide Enrichment Model*, hierna SEM). Dit model bestaat uit een aanpak waarbij leerlingen versnelling en verrijking aangeboden krijgen (Joseph S. Renzulli, 2002). Aan de grond van de verrijking binnen het SEM staat het drieledig verrijkingsmodel (of *Enrichment Triad Model*). In dit onderwijsprogramma wordt voorzien in de specifieke behoeften van hoogbegaafde leerlingen. De aanpak is gericht op het stimuleren van creativiteit door leerlingen te prikkelen met aansprekende onderwerpen (Renzulli J. , 1976).

Het model beschrijft drie types verrijkingsactiviteiten, waarbij type I bestaat uit verschillende activiteiten om leerlingen bloot te stellen aan uiteenlopende onderwerpen die niet noodzakelijkerwijs binnen het reguliere curriculum worden aangeboden. Type II en III bestaan uit activiteiten waarbij de opgedane motivatie voor een bepaald onderwerp op verschillende manieren ingezet kan worden. De opbouw is echter niet strikt chronologisch en de activiteiten kunnen losstaand worden ingezet (zie Figuur 1).



FIGUUR 1 SAMENHANG TUSSEN DE TYPES VAN HET DRIELEDIG VERRIJKINGSMODEL

- **Type I-verrijkingsactiviteiten** richten zich op het aanwakkeren van interesse in een specifiek onderwerp. Het gaat hierbij om kennismaking met onderwerpen die niet direct in het onderwijsprogramma worden aangeboden, bijvoorbeeld middels gastsprekers, minilessen of door de inzet van ICT.
- **Type II-verrijkingsactiviteiten** zijn gericht op probleemoplossende vaardigheden. Deze vorm van verrijking vereist in veel gevallen een uitgebreide instructie van de docent en richt zich vaak op een grote groep leerlingen.
- **Type III-verrijkingsactiviteiten** richten zich op individuele leerlingen die geïnteresseerd zijn geraakt door een bepaald onderwerp. De leerlingen zijn bereid tijd te investeren om dit onderwerp te onderzoeken en creatief toe te passen. Daarbij vergaren zij kennis buiten het reguliere onderwijsprogramma om. Het eindproduct is gericht op een publiek breder dan de beoordelende docent.

Daarnaast is het compacter aanbieden van het reguliere onderwijsprogramma een voornaam onderdeel van SEM. Het voorziet leerlingen in de noodzakelijke tijd voor het uitwerken van een type III-verrijkingsactiviteit. Op Het College is deze vorm van differentiatie aanwezig op les- en taakniveau, waarbij snelle leerlingen een deel van de instructie en het huiswerk mogen overslaan.

Hoewel het driedelige verrijkingsmodel oorspronkelijk gericht is op hoogbegaafde leerlingen, kan de inzet ervan meerdere soorten leerlingen helpen te excelleren (Renzulli, Reis, & Smith, 1981). Wanneer leerlingen op verschillende andere criteria wordt geselecteerd, naast de traditionele definitie van hoogbegaafdheid, blijkt dit deel van de leerlingen net zo goede of hogere kwaliteit producten te leveren.

Suggesties voor de inrichting van individuele projecten binnen het voortgezet onderwijs, waarbij wiskunde op een creatieve wijze ingezet wordt, zijn wijdverbreid. Relevante vakliteratuur beschrijft verscheidene vormen van projectonderwijs waarbij wiskundige vaardigheden op creatieve wijze tot uiting komen, zoals in Rillero & Allison (1997). Voorbeelden hiervan zijn vakoverstijgende onderzoeksprojecten en projecten waarbij probleemoplossen ingezet wordt als middel om zelfstandig tot nieuwe inzichten te komen. Daarnaast wordt wiskunde door sommigen verheven tot kunstvorm, met daarbij het streven leerlingen de schoonheid hiervan te doen ervaren (Marshall, 2019). Het probleemoplossend vermogen van leerlingen wordt aangesproken in projecten die gebruik maken van de heuristieken van Pólya (1945). Hierbij wordt een probleem onderverdeeld in vier fasen, te weten:

- I het probleem begrijpen;
- II een plan ontwikkelen om het probleem op te lossen;
- III het uitvoeren van dit plan;
- IV het reflecteren en controleren van de gevonden oplossing.

Bij ieder van deze fasen wordt voorzien in een aantal heuristieken die een bijdrage leveren aan het vinden van een oplossing voor het probleem. De inzet van dit model draagt bij aan de ontwikkeling van probleemoplossende vaardigheden die ook buiten het vak en in de verdere loopbaan van de leerling relevant zijn. Hoogbegaafde leerlingen leren wiskunde bij voorkeur door het zelf onderzoeken van (nieuwe) concepten, in tegenstelling tot het aangeboden krijgen van regels (Yildiz, Baltica, & Aytekin, 2019). Ze zijn gebaat bij een minder autoritaire vormgeving van de wiskundeles en er bestaat een verwachting dat de lessen deels leerlinggestuurd zijn.

2.2 GEKOZEN UITGANGSPUNTEN EN ONTWERPRICHTLIJNEN

Verskillende aspecten van het compacting-model worden op Het College reeds toegepast. Er is differentiatie tijdens de lessen en voor hoogbegaafde leerlingen bestaan reeds uitgebreidere mogelijkheden zoals de plusklas. In de verlegenheidssituatie wordt het beeld geschetst dat deze bestaande differentiatie niet toereikend is voor bepaalde leerlingen, waarvan sommigen hoogbegaafd zijn. De uitdaging ligt niet bij het compacter aanbieden van de lesstof, maar bij het aanbieden van betekenisvolle verrijkingsactiviteiten binnen de reguliere lesstof.

Er wordt onderzocht hoe leerlingen creatieve toepassingen van wiskunde ervaren wanneer individuele verrijking en motivatie van leerlingen centraal staan. Concreet gaat het om het aanbieden van type I- en type III-verrijkingsactiviteiten waarbij leerlingen individueel een onderwerp onderzoeken. Dit sluit aan bij bevindingen op het gebied van probleemoplossingsgerichte projecten binnen de wiskundendidactiek. Daarnaast biedt een individueel project wiskundige vaardige leerlingen de vrijheid die zij in hun onderwijs verkiezen.

Het eindproduct van de leerlingen richt zich op de klasgenoten en zal dus in voor hen begrijpelijk (wiskunde)taal beschreven dienen te worden. Hiermee wordt getracht te leerlingen een motiverende lesactiviteit aan te bieden, waarbij invulling wordt gegeven aan de onderwijskundige visie van Het College¹ en voorzien wordt in de behoeftes en capaciteiten van de leerlingen. Om niet voorbij te gaan aan de eerder belangrijk gestelde basisvaardigheden, zal de leerling een onderwerp kiezen dat verdiepend is ten aanzien van de huidige of eerdere lesstof. Uitgangspunt is dat er op creatieve wijze een verband wordt gezocht tussen deze lesstof en een context uit de bredere praktijk.

Het voorgaande sluit aan bij de visie van de school. Daarin wordt verwacht dat de College-leerling een onderzoekende en kritische houding bezit. De docent stelt zich tijdens de uitvoering van het onderwijs op als coach, waarbij vraaggestuurd onderwijs centraal staat. Het product dat de leerlingen tijdens de interventie produceren vindt bovendien aansluiting bij de visie van de school door het eigenaarschap van het leerproces centraal te stellen (Het College, 2019).

2.3 BESCHRIJVING ONDERWIJSACTIVITEIT

Wiskundig vaardige leerlingen krijgen de mogelijkheid om tijdens een periode van drie weken tijdens de wiskundelessen te werken aan een zelfgekozen onderwerp. Dit onderwerp bevindt zich in de zone van naaste ontwikkeling en sluit zodoende aan bij de lesstof, maar is duidelijk verdiepend of verbredend van aard. Het gekozen onderwerp heeft de persoonlijke interesse van de leerling en wordt onderzocht en uitgewerkt in de vorm van een presentatie, verslag, video, poster of website. Leerlingen kunnen met deze afronding één bonuspunt verdienen op de daaropvolgende toets, waarmee het eindcijfer tot maximaal een tien kan worden verhoogd. Hiermee wordt het belang van de lesactiviteit geaccentueerd. Daarnaast wordt de leerling gemotiveerd voor deze vrijwillige activiteit te kiezen. De onderwijsactiviteit verloopt volgens de onderstaande drie stappen.

¹ Centraal hierbij staat een onderzoekende en kritische houding van de leerling

STAP 1: ORIËNTATIE

De leerling verdiept zich in een wiskundig onderwerp. Hij mag zich daarbij tijdens een lesblok op internet oriënteren op mogelijke onderwerpen. Binnen het verrijkingsmodel gaat het om een type I-activiteit middels ICT. De docent begeleidt de leerling in deze fase door geschikte uitgangspunten aan te dragen voor onderwerpen die direct aansluiten bij de huidige of eerdere lesstof. Dit gebeurt met behulp van een lijst met relevante YouTube-filmpjes, onderverdeeld in de verschillende onderwerpen van de lesstof (zie Bijlage I: lijst met onderwerpen). Deze fase wordt afgesloten door een voorstel naar de docent te doen over het te onderzoeken onderwerp en de wijze waarop dit onderzoek afgesloten wordt (zie Bijlage II: onderzoeksvoorstel). In principe vindt die afronding plaats middels een verslag of een presentatie. Wanneer de leerling groen licht krijgt van de docent, zal hij een beoordelingsmodel voor de gekozen activiteit ontvangen, waarmee het onderzoek gestart kan worden (zie Bijlage III: beoordelingsmodellen).

STAP 2: ONDERZOEK

De leerling zal tijdens minstens zes lessen zelfstandig aan het onderzoek werken. Daarbij zijn de eerder opgestelde documenten leidend (voorstel en beoordelingsmodel). De docent is tijdens deze lessen beschikbaar in dezelfde hoedanigheid als voor andere leerlingen. Dat wil zeggen dat er een klassikale instructie plaatsvindt, waaraan deze leerling op basis van zijn differentiatieroute wel of niet deelneemt. Hierna is er voor alle leerlingen ruimte voor zelfwerkzaamheid, met de mogelijkheid vragen te stellen. De docent zal hierbij bijsturen indien nodig, maar het onderzoek is grotendeels leerlinggestuurd.

STAP 3: AFRONDING

De leerling deelt het onderzochte onderwerp met zijn docent en klasgenoten. De leerling geeft een presentatie of ligt het eindproduct mondeling toe. De docent vult het beoordelingsmodel in en voorziet de leerling van geschreven feedback. Indien bij alle onderdelen tenminste voldoende wordt gescoord, zal de leerling bonuspunten ontvangen op de daaropvolgende toets (zie Bijlage IV: rekenmodel).

3 ONTWERP FLANKEREND ONDERZOEK

Beschreven wordt hoe de onderzoeksvraag bijgesteld werd naar aanleiding van de informatie uit hoofdstuk 2, hoe de onderzoeksgroep werd samengesteld en hoe de dataverzamelmethode tot stand zijn gekomen. Ook wordt een praktische invulling gegeven van de dataverzamelsprocedure tijdens het afstandsonderwijs.

3.1 ONDERZOEKSVRAAG

De onderzoeksvraag is bijgesteld om de onderzochte groep leerlingen te specificeren en bevat een vollediger beschrijving van de toegepaste interventie. Aansluitend op de omschreven verlegenheidssituatie is ervoor gekozen om niet enkel hoogbegaafde leerlingen te onderzoeken, maar alle leerlingen die op basis van summatieve gegevens hoog wiskundig inzicht vertonen (aangeduid als wiskundig vaardige leerlingen). De toegepaste verrijkmethode stelt immers verschillende soorten leerlingen in staat te excelleren (Renzulli, Reis, & Smith, 1981) — een belangrijk uitgangspunt van dit onderzoek. Daarnaast is de relevantie van de plek van het onderzochte onderwerp binnen het stelsel van wiskundige vaardigheden opgenomen in de vraagstelling. Er wordt door de leerlingen een onderwerp gekozen waarbij eerder verworven stof een (voor hen) nieuwe creatieve toepassing vindt.



Hoe ervaren wiskundig vaardige leerlingen uit leerjaar 3 op Het College creatieve toepassingen van wiskunde wanneer middels een individueel verrijksproject een onderwerp gekoppeld wordt aan eerder verworven wiskundige vaardigheden?

3.2 ONDERZOEKSGROEP

De gekozen onderzoeksgroep beperkt zich tot atheneumleerlingen uit twee derdejaarsklassen. Hiervoor is gekozen vanwege de grote niveau- en snelheidsverschillen die zichtbaar zijn in deze groepen. De verlegenheidssituatie geschetst in hoofdstuk 1 onderschrijft de vraag naar verrijksactiviteiten in deze klassen. Alle leerlingen die een gemiddeld cijfer voor wiskunde van tenminste 8 hebben gescoord worden aangeduid als wiskundig vaardige leerlingen en komen in aanmerking deel te nemen aan het project. Dit gemiddelde is tot stand gekomen op basis van twee proefwerken die eerder dit schooljaar werden afgenomen. De subgroep bestaat zodoende uit maximaal acht leerlingen of 17% van het totaal aantal. Leerlingen zijn in de les bekend met deze subgroep als de groene differentiatiegroep. De leerlingen hebben een leeftijd van 14 of 15 jaar, met enkele uitzonderingen van 16 jaar.

3.3 DATAVERZAMELINGSMETHODEN

Er zal op drie verschillende wijzen data vergaard worden. Deze dataverzamelmethode bestrijken globaal de fases van het driedig verrijksmodel. Tijdens de werklessen zullen participerende observaties worden uitgevoerd. Nadat de leerlingen het project hebben afgerond wordt het eindproduct geanalyseerd. De bevindingen van de observatie en productanalyse dienen als uitgangspunten van een afsluitend interview.

OBSERVATIE

Tijdens de lessen zullen er door de docent participerende observaties worden uitgevoerd. Doordat de onderwijsactiviteit op afstand wordt uitgevoerd, zal de observatie voornamelijk gebaseerd zijn op de vragen die leerlingen tijdens de afstandslessen stellen. Er wordt een logboek bijgehouden van opvallende vragen (zie Bijlage V: model participerende observatie), op basis van de logbestanden van de chatfunctie van Microsoft Teams. Door leerlingen gestelde vragen bieden docenten inzicht in het leerproces van leerlingen (Chin & Osborne, 2008).

De aanwezigheid van een onderzoeker kan leiden tot een verstoring van de natuurlijke omgeving, daarom zullen leerlingen hierover in eerste instantie niet geïnformeerd worden (Male, 2016). Uitgangspunt is dat de observatie interpretatief en van een reactie van de leerling voorzien dient te worden tijdens een diepte-interview. Bij aanvang daarvan zal de leerling van de observatie op de hoogte worden gesteld.

Een belangrijk voordeel van deze methode is dat opvallende zaken in kaart gebracht kunnen worden, waarop later gereflecteerd kan worden. De achterliggende gedachten van een frustrerend moment kan de leerling tijdens het interview toelichten. Een nadeel is dat de docent in deze fase van de uitvoering een actieve rol in de klas heeft. Observaties zullen zich daardoor beperken tot het verzamelen van mogelijke aanknopingspunten voor het interview. De participerende observatie die wordt toegepast is voornamelijk kwalitatief van aard en beschrijvend (Prodia, 2015). De registratie vindt plaats achteraf of op vrije momenten in de les. De observatie is interpretatief en zal derhalve enkel in combinatie met diepte-interviews relevant zijn.

PRODUCTANALYSE

De kern van de onderwijsactiviteit is een door een leerlingen aangeleverd eindproduct. Dit zal geanalyseerd worden om het denkproces van leerlingen bloot te leggen. Centraal daarbij staan wiskundige leerpunten, zoals het moment waarop een bepaald inzicht tot stand kwam. De resultaten van deze analyse zullen dienen als een uitgangspunt bij de interviews met leerlingen. Hierbij wordt dieper ingegaan op het achterliggende denk- en leerproces tijdens verschillende onderdelen van het product. De analyse vindt plaats op basis van de kwaliteitscirkel van Deming (1950). Hierbij worden de leerlingen ondervraagd op vier fasen van hun onderzoek.

- I Plannen** hoe de probleemstelling opgelost kan worden.
- II Uitvoeren** van het plan.
- III Controleren** of het resultaat voldoet aan het plan.
- IV Bijstellen** aan de hand van de resultaten van stap III.

De interviewvragen zullen gestructureerd worden volgens deze vier fasen. Om te voorkomen dat de productanalyse context weinig eer doet aan het perspectief van de leerling, worden alle inzichten geverifieerd tijdens het diepte-interview (Reulink & Lindeman, 2005). Er wordt gebruik gemaakt van een model (zie Bijlage VI: model productanalyse), waarbij per fase bijzonderheden worden genoteerd. Daarnaast is er voorzien in het beschrijven van mogelijke wiskundige inzichten. Deze inzichten vormen een belangrijk onderdeel van het schoolbreed verrijkingsmodel en vormen derhalve het uitgangspunten van de productanalyse (Joseph S. Renzulli, 2002).

SEMIGESTRUCTUREERD DIEPTE-INTERVIEW

Voorafgaand aan het interview wordt een gestructureerde vragenlijst opgesteld. De interviewvragen worden samengesteld uit een lijst met algemene vragen (zie Bijlage VII: model diepte-interview), aangevuld met spreekpunten die voortvloeien uit bijzonderheden bij de observatie en productanalyse. De vragen zijn hoofdzakelijk retroperspectief en helpen de ervaringen van de leerling op bepaalde kritieke punten in het project bloot te leggen. Indien nodig wordt deels van de vooraf opgestelde lijst afgeweken. Er wordt gebruik gemaakt van een tweetal vraagtechnieken (Donk & Lanen, 2018).

- I **Inleidende vragen.** Deze vragen werden voorafgaand aan het interview opgesteld en zijn voor alle leerlingen gelijk. Het gaat hierbij om het vinden van een startpunt vanuit het perspectief van de leerling op het leerproces tijdens het project. Mogelijk worden hieruit vervolgvragen gesteld met als doel hierin meer inzicht te vergaren. Deze vragen worden in het interviewmodel beschreven onder punt 2: oriëntatie en punt 3: uitvoering.
- II **Verdiepende vragen.** Deze vragen worden voorafgaand aan het interview opgesteld op grond van de productanalyse en observaties, en verschillen per leerling. Er is daarbij sprake van *simulated recall*, waarbij kritische momenten in het projectproces concreet worden beschreven. Deze vragen worden in het interviewmodel beschreven onder punt 4: reflectie en punt 5: leerlingsspecifieke vragen.

Bij het wegen van de betrouwbaarheid van het diepte-interview dient er rekening mee worden gehouden dat de situatie als artificieel en intimiderend kan worden ervaren. Ondervraagden zouden de neiging kunnen hebben sociaal wenselijke antwoorden te geven. Door het stellen van belangstellende vragen wordt de respondent mogelijk op gemak gesteld (Male, 2016). Hierin wordt voorzien met vraag 1a en vraag 1b in het model diepte-interview. Vanwege de kwalitatieve aard van de dataverzamelmethode en de beperkte grootte van de onderzoeksgroep is onderlinge beïnvloeding bij dit onderzoek ongewenst. Om deze reden worden de interviews individueel afgenomen. Vraag 1c betreft het vragen van formele toestemming voor het maken van een geluidsopname en vraag 1d het beschrijven van de globale structuur van het gesprek.

3.4 DATAVERZAMELINGSPROCEDURE

De in de voorgaande paragraaf beschreven dataverzamelmethode worden gebruikt tijdens en na afloop van de uitvoering het onderzoeksproject door de leerlingen. Er worden vaste wekelijkse momenten ingeroosterd om aan het project te werken. De observaties vinden gelijktijdig plaats met de momenten waarop de leerlingen vragen kunnen stellen. De productanalyse wordt buiten lestijden en na afloop van het project uitgevoerd door de docent. De interviews worden na de afronding van deze analyse ingepland in overleg met de leerlingen.

OBSERVATIE

De participerende observatie vindt plaats tijdens lessen op afstand, waarbij de observant ook als docent optreedt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de chatfunctie van Microsoft Teams. Tijdens de tweede helft van iedere les krijgen deelnemende leerlingen de mogelijkheid vragen te stellen via de chat, die door de docent via spraak en scherm delen worden beantwoord. Na afloop van iedere les

worden de vragen geïnventariseerd en op hun aard gekwalificeerd in een tabel (zie Bijlage V: model participerende observatie). Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen organisatorische vragen (over de planning en organisatie van het project), praktische vragen (over onder andere het gebruik van Excel en visualisaties), wiskundige vragen die direct samenhangen met de lesstof en wiskundige vragen die verdiepend of verbredend van aard waren. Om de mate van begrip van de leerling in kaart te brengen wordt bovendien beoordeeld in hoeverre de vraag inzichtelijk, verdiepend of juist oppervlakkig van aard was.

PRODUCTANALYSE

De leerling dient het product voor een eerder gecommuniceerde datum in te leveren per mail of via de digitale leeromgeving. Binnen een week na voltooiing wordt het product beoordeeld op basis van het relevante beoordelingsmodel (zie Bijlage III: beoordelingsmodellen). Tegelijkertijd wordt het model productanalyse ingevuld (zie Bijlage VI: model productanalyse). Hierin wordt vastgelegd welke wiskundige inzichten in bepaalde passages van het product beschreven worden en welke stappen mogelijke frustraties opwekten (ter aanvulling op de uitgevoerde observatie). Het verslag of de presentatie van de leerling wordt geannoteerd en voorzien van indicatoren per fase en aspect daarvan. Deze indicatoren worden verzameld en geïnventariseerd in een tabel. Wiskundige fouten en onvolkomenheden worden opgenomen in het beoordelingsmodel en met de leerlingen gedeeld. Er wordt tevens per leerling vastgelegd wat de score is volgens dit beoordelingsmodel.

SEMIGESTRUCTUREERD DIEPTE-INTERVIEW

In de week na het voltooien van de productanalyse wordt tijdens een reguliere les een interview met een tijdsduur van ongeveer twintig minuten ingepland. Voor het begin van de les wordt met de betrokken leerling een afspraak gemaakt om tijdens de tweede helft van de les een gesprek te voeren. Het gesprek vindt plaats op afstand en wordt gevoerd via Microsoft Teams. Voorafgaand wordt de leerling gevraagd in te stemmen met een geluidsopname van dit gesprek, zodat het na afloop getranscribeerd en geanalyseerd kan worden. Tijdens het interview is het beoordeelde product en beoordelingsmodel voor de leerling zichtbaar via schermdeling. Dit leerlingmateriaal dient als uitgangspunt van het gesprek.

4 RESULTATEN

De onderzoeksgegevens — die tijdens de uitvoering van de onderwijsactiviteit werden vergaard — worden in dit hoofdstuk geïnventariseerd, geanalyseerd en verwerkt.

4.1 DATAVERWERKING EN ANALYSE

De gegevens uit de participerende observatie (zie Bijlage V: model participerende observatie) werden gebruikt om opvallende zaken in het leerlingproces te identificeren, zoals grote zelfstandigheid of verhoogd wiskundig inzicht. Aanvullende informatie hieromtrent werd tijdens het diepte-interview vergaard met leerlinggebonden vragen. De resultaten van de productanalyse (zie Bijlage VI: model productanalyse) hebben gediend als basis voor een samenvattende beschrijving van individueel leerlingmateriaal. Er werd daarbij gefilterd op indicatoren over wiskundig inzicht en persoonlijke motivatie, alsmede positieve en negatieve ervaringen in het procesverloop. Deze beschrijvingen werden eveneens gebruikt om de leerlinggebonden vragen bij het diepte-interview vorm te geven.

Na afloop van de individuele diepte-interviews werden de opnamebestanden volledig getranscribeerd (zie Bijlage VIII: transcripties) en geanalyseerd. Bij deze analyse werd gebruikgemaakt van horizontaal vergelijken (Donk & Lanen, 2018). Hierbij zijn opvallende overeenkomsten en verschillen tussen de leerlingen samengebracht tot een algeheel totaalbeeld van de antwoorden op iedere vraag (zie Bijlage IX: horizontaal vergelijken diepte-interviews). Op basis van de totaalbeelden per vraag zijn uitspraken gedaan over de verschillende fases van het proces (oriëntatie, uitvoering en reflectie). Daarbij is er bijzondere aandacht voor de indicatoren die inzicht bieden in het leerproces, de koppeling tussen het project en de wiskunde vaardigheden, en de emotionele ervaringen.

4.2 RESULTATENOVERZICHT

In de volgende paragraaf worden de resultaten van de analyse per onderzoeksinstrument weergegeven. Daarbij is er aandacht voor de onderlinge verwevenheid van de resultaten, uitgesplitst in de drie gebruikte dataverzamelmethode.

OBSERVATIE

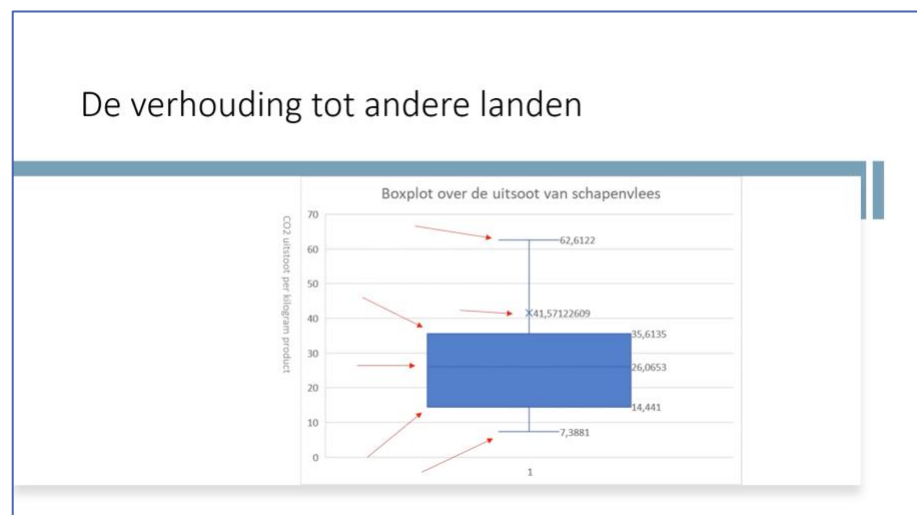
Het grootste deel van de door de leerlingen gestelde vragen werd bestempeld als oppervlakkig. Deze vragen hadden voornamelijk betrekking op de praktische en organisatorische aspecten van het project. Leerlingen stelden bijvoorbeeld vragen over het op te leveren eindproduct of de tijdsplanning. De vragen waren noodzakelijk voor het verloop van het project, maar gaven geen blijk van verhoogd inzicht in de lesstof. Bij alle leerlingen was het aandeel van oppervlakkige vragen veruit het grootst. Door het stellen van deze soort vragen ontstond bij de leerlingen een verfijnder beeld van de eisen van het op te leveren eindproduct.

Tegelijkertijd kan op basis van de onderzoeksgegevens van de observatie bij alle leerlingen een verhoogd inzicht worden vastgesteld. Dit kwam tot uiting wanneer leerling met hun vragen lieten blijken een koppeling te maken met de achterliggende lesstof of deze in de door hem onderzochte context te hanteren. Leerlingen stelden veel vragen over het gebruik van software en gaven daarmee te

kennen de onderzochte stof te beheersen en te willen toepassen in een voor hen nieuwe context. Een enkele keer was er daarbij sprake van verdieping, waarbij de leerling liet blijken op een manier met het onderzoek bezig te zijn die de lesstof ver ontsteeg. Zo kwam leerling 2 naar aanleiding van zijn onderzoek naar het benaderen van π met een betoog voor het gebruik van radialen boven graden als hoekeenheid. Dit laatste was niet bij alle leerlingen het geval. Een enkele keer was er sprake van persoonlijke vragen waaruit een emotioneel aspect van het proces kon worden afgeleid. Bijvoorbeeld leerling 4 die opgelucht was dat hij geen presentatie via Teams hoefde te verzorgen.

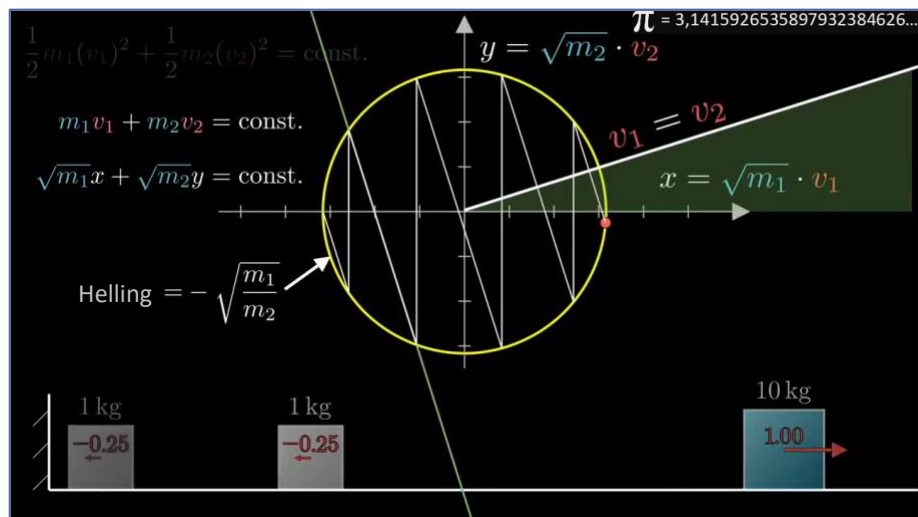
PRODUCTANALYSE

De leerlingen beschrijven in hun eindproducten zonder uitzondering een duidelijk verband met de achterliggende lesstof. Leerling 4 gebruikt bijvoorbeeld een boxplot om de uitstoot van de schapenvleesketen in verschillende Europese landen te vergelijken (zie figuur 2). Vaak ontstaat deze koppeling al bij de eerste fase van het onderzoeksproces en heeft de leerling op basis van voorkennis of persoonlijk interesse voor een bepaald onderwerp gekozen. Zo beschrijft leerling 1 hoe hij wiskundetrucjes gebruikt om familie en vrienden te verbazen en opent leerling 2 zijn presentatie met een enthousiast verhaal over zijn persoonlijke interesse in natuurkunde.



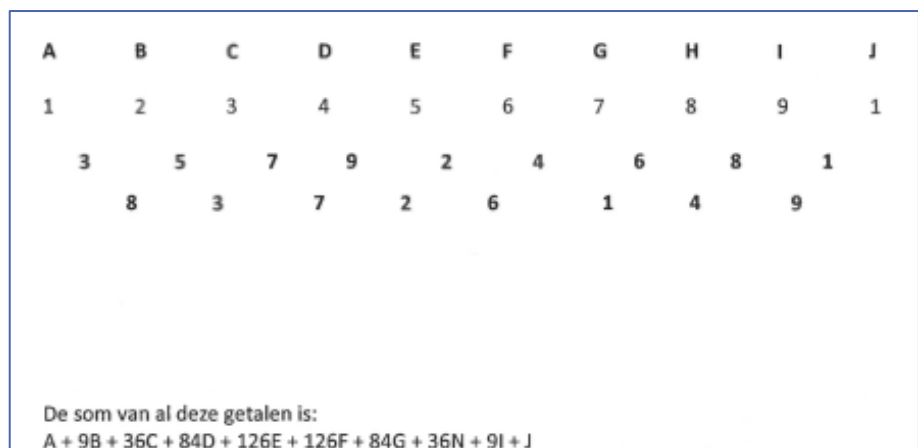
FIGUUR 2: DIA MET BOXPLOT WAARIN LEERLING 4 DE UITSTOOT BIJ DE PRODUCTIE VAN SCHAPENVLEES IN VERSCHILLENDE EUROPESE LANDEN VERGELIJKT (VAKVERDIEPING WISKUNDE)

Wanneer een persoonlijke motivatie deel uitmaakt van het eindproduct, blijkt hieruit dat de leerling een positieve houding heeft ten aanzien van wiskunde. Er wordt hierin beschreven dat de leerling in zijn vrije tijd actief bezig is met bepaalde aspecten van dit vak, vaak door het bekijken van vakinhoudelijk filmpjes op YouTube. De leerlingen plaatsen hun onderwerp in de context van het grotere geheel en beschrijven de koppeling tussen de praktijk en de theorie. Bij één leerling wordt wiskunde overduidelijk gekoppeld aan natuurkunde (zie figuur 3). In zijn presentatie beschrijft hij deze koppeling op een hoog abstractieniveau.



FIGUUR 3: DIA UIT PRESENTATIE VAN LEERLING 2 WAARIN DE WET VAN ENERGIEBEHOUD WORDT GEKOPPELD AAN HET BEREKENEN VAN π (VAKOVERSTIJGING NATUURKUNDE)

De kwaliteit van het werk is hoog en de leerlingen laten zien zich verdiept te hebben in het onderwerp. Vaak heeft dit geleid tot verrassende resultaten, zoals leerling 1 die de som van een reeks getallen visualiseert en in formulevorm beschrijft (zie figuur 4). De leerlingen hebben bovendien moeite gestoken in de vormgeving van hun werk en laten ook hiermee zien serieus en gemotiveerd te werk te zijn gegaan.



FIGUUR 4: LEERLING 1 VISUALISEERT EEN TRUCJE OM GETALLEN SNEL OP TE TELLEN EN BESCHRIJFT DE ACHTERLIGGENDE BEREKENING IN FORMULEVORM

SEMIGESTRUCTUREERD DIEPTE-INTERVIEW

Alle leerlingen kunnen een persoonlijk interesse aanhalen om hun onderwerpkeuze te motiveren. Twee leerlingen hebben een duidelijke affiniteit met wiskunde. Ze geven aan in hun vrije tijd wiskundige filmpjes van bekende YouTubers te bekijken en noemen concrete voorbeelden van kanalen die wiskundig van hoog niveau zijn, zoals 3Blue1brown, Numberphile en Eddie Woo. Hoewel bij twee leerlingen sprake lijkt te zijn van een sociaal wenselijk *interessant*, kunnen ook zij een koppeling maken met hun persoonlijke belevingswereld. De algemene indruk is dat alle leerlingen een onderwerp hebben gekozen dat in ieder geval een concrete betekenis voor hen heeft.

“ *Ik heb voor het onderwerp gekozen omdat het me interesseert en ik ook nog iets grappigs kon doen.*

– Leerling 1

Geen van de leerlingen antwoordt met een volmondig *ja* op de vraag of het project bij aanvang volledig duidelijk was. Gaandeweg werd dit echter duidelijker en voor geen van hen vormde dit uiteindelijk een probleem. In alle gevallen bood het beoordelingsmodel houvast. Twee leerlingen gaven aan bij het vak wetenschapsoriëntatie ervaring opgedaan te hebben bij het inrichten van een onderzoeksproject. Drie leerlingen halen het snel klaar zijn met huiswerk aan als voornaamste reden om het project uit te voeren. Ze hebben veel vrije tijd tijdens de coronamaatregelen of ze verkiezen het uitvoeren van een project boven het maken van bovenbouwopgaven. De te verdienen bonuspunten zijn daarbij mooi meegenomen. Eén leerling noemt dit als belangrijkste reden. Ook persoonlijk interesse en de mogelijkheid een zelfgekozen onderwerp te onderzoeken worden genoemd.

“ *Het was fijn dat ik tijdens de les iets kon doen wat me meer interesseerde dan het boek.*

– Leerling 2

De leerlingen beschrijven zelfstandig onder begeleiding werken als werkwijze met hun persoonlijke voorkeur. Twee leerlingen hebben op basis van hetzelfde Excel-bestand twee verschillende onderwerpen onderzocht. Zij beschrijven het als positief om individueel aan een project te werken, met de mogelijkheid elkaar vragen te stellen over Excel. Groepswerk tijdens het afstandsleren heeft niet de voorkeur, maar als het project op school uitgevoerd zou worden, ligt dat voor sommigen anders. Er worden door de leerlingen zowel positieve als negatieve kritieke punten in het proces beschreven. Positieve ervaringen vloeiden voornamelijk voort uit *ontdekkingen*. Leerlingen noemen het de samenhang tussen de lesstof en hun onderzoek en het terugvinden van bekende getalverzamelingen in de driehoek van Pascal.

“ *Het moment waarop hij die hoeken begon te tekenen. [...] Dat was het moment waarop alles samenklikte.*

– Leerling 2

Negatieve ervaringen ontstonden bij haperende software, maar soms ook bij het beschrijven of visualiseren van ontdekkingen. Twee leerlingen noemen het moeten wachten op een moment om vragen te stellen als negatief aspect. Ze zien tegelijkertijd in dat dit deels eigen verantwoordelijkheid was. Het was het bijvoorbeeld slim geweest om een lijst met vragen bij te houden, suggereert leerling 3. Bovendien is er geen enkele les geweest waarin de leerlingen niet al hun vragen hebben kunnen stellen. Leerling 1 kan thuis moeilijker motivatie opbrengen, leerling 3 kon zich thuis moeilijker concentreren. Beide geven aan de discipline van school te missen.

Leerlingen vonden het moeilijk om hun motivatie voor wiskunde in woorden te beschrijven. Ze beschrijven het project met positieve termen, maar geven niet aan dat het hen meer motiveert. Ze geven op verschillende momenten aan het project soms als moeilijk of uitdagend te ervaren. Twee leerlingen hebben het project aangegrepen om zichzelf uit te dagen. Leerling 2 deed dat met verdieping in

wiskunde, terwijl leerling 4 deze uitdaging zocht in het maken van animaties in PowerPoint.

“ *Ik vond het leuk om die presentatie te maken, daar heb ik voor mezelf ook wat uitdagingen in gegoooid met die animaties.*

– Leerling 4

De leerlingen hebben een voorkeur voor een zelfstandig project. Als redenen noemen zij motivatie. Opvallend is dat leerling 4 zich zorgen maakt over missen van de uitleg, terwijl zijn project dezelfde onderwerpen aanstipte. Leerlingen kijken kritisch naar hun eigen proces en het resultaat. Ze geven concrete voorbeelden van zaken die beter of meer verdiepend kunnen worden uitgewerkt. Ook praktische zaken, zoals het maken van een planning en het bijhouden van een vragen dragen de leerlingen zelf aan als verbeterpunten. Drie leerlingen geven aan de beperkte mogelijkheid om vragen te stellen als mogelijk verbeterpunt te zien. Over het algemeen zijn ze tevreden over de mogelijkheden die ze hebben gekregen. Bovendien beschrijven ze hun eigen verantwoordelijkheid in het stellen van vragen. Leerlingen geven aan het op prijs te stellen dat een presentatie als afronding niet verplicht is en kiezen liever voor een verslag, poster of opname.

5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

In hoofdstuk 5 wordt de context van het onderzoek samengevat en wordt de onderzoeksvraag beantwoord aan de hand van de resultaten zoals beschreven in hoofdstuk 4. Op grond van deze conclusie worden implicaties voor de beroepspraktijk omschreven en worden aanbevelingen gedaan voor toepassingen en mogelijk vervolgonderzoek. Daarnaast wordt er gereflecteerd op het procesverloop.

5.1 SAMENVATTING VAN CONTEXT EN ONDERZOEKSVRAAG

Wiskundig vaardige leerlingen werken tijdens de lessen zelfstandig en zijn vaak sneller klaar dan klasgenoten. Ze geven aan meer uitdaging te verlangen. Aanvullend lesmateriaal werd door hen als negatief ervaren en onder meer omschreven als *meer werk*. Vanuit dit uitgangspunt werd opzoek gegaan naar een andere verrijkmethode die beter aansloot bij de wensen van deze groep leerlingen. Op basis van bevindingen over het schoolbreed ontwikkelingsmodel en driedig verrijkmethode werden de leerlingen in staat gesteld tijdens een zestal lessen een zelfgekozen creatieve toepassing van wiskunde te onderzoeken. Daarbij werd onderzocht hoe leerlingen de koppeling met eerder verworven wiskundige vaardigheden in relatie met het project hebben ervaren.

5.2 BEANTWOORDING VAN DE ONDERZOEKSVRAAG

De gecombineerde resultaten van de drie dataverzamelmethodes schetsen bij alle leerlingen een beeld van het verloop van het verrijksproject, waarmee de onderzoeksvraag beantwoord kan worden. Het tijdens de analyse waargenomen inzicht in de onderzochte onderwerpen werd bij de productanalyse bevestigd. Bij alle vier was er daarbij sprake van een duidelijke koppeling met een of meerdere onderdelen van de eerder verworven lesstof. Tijdens de interviews waren de leerlingen bovendien in staat dit verband te expliciteren. Er was bij alle leerlingen sprake van een persoonlijk interesse in het gekozen onderwerp, hoewel de mate waarin dat gebeurde varieerde. Twee leerlingen laten een duidelijk algemeen interesse in wiskunde naar voren komen. Alle leerlingen hebben gekozen voor een onderwerp dat een relatie heeft met hun persoonlijke belevingswereld. Dit komt overeen met de eigenschappen van een type III-verrijksactiviteit (Renzulli, Reis, & Smith, 1981), zoals beschreven in paragraaf 2.1. Allen spreken hun voorkeur uit voor een zelfstandige invulling van het project met begeleiding van de docent wanneer hierom gevraagd wordt. Deze conclusie is enkel geldig tijdens het afstandsleren; leerlingen impliceren dat dit bij lessen op school anders ligt.

De leerlingen zijn kritisch over het procesverloop tijdens het project. Zowel bij de productanalyse als de interviews zijn indicatoren aan te wijzen voor de twijfel over het werk en de mogelijkheid dit uit te breiden. Dit voorgaande ondanks de goede resultaten die de leerlingen hebben behaald. Wanneer gevraagd naar verbeterpunten geven leerlingen naast organisatorische aspecten zoals planning, ook mogelijke verdiepingsrichtingen. Leerlingen die op basis van de observaties veel oppervlakkige vragen stelden, waren niet tevreden over de beschikbare tijd om deze te stellen. Ze realiseerden zich tegelijkertijd dat zij hierin een verantwoordelijk hadden. De leerlingen die grotendeels zelfstandig hebben gewerkt, stelden nauwelijks organisatorische vragen en gaven juist aan de vrije opzet te waarderen.

Leerlingen beschrijven het blootleggen van verbanden tussen het onderzochte onderwerp en eerdere lesstof, en het doen van ontdekkingen als positieve ervaringen tijdens het project. Negatieve ervaringen waren technisch of organisatorisch van aard. Een deel van deze aspecten wordt door de leerlingen in verband gebracht met de omstandigheden van het thuisonderwijs. Wanneer het geringe aandeel vakinhoudelijk vragen bij de observatie gekoppeld wordt aan de productanalyse en interviews, kan worden geconcludeerd dat de leerlingen vrijwel geen begeleiding op vakinhoud vereisen. De eindproducten laten immers een hoge beheersing van de vakinhoud zien, terwijl de docent op dit vlak weinig ondersteuning hoefde te bieden. Zelfstandigheid is geen vaardigheid die leerlingen van nature bezitten, al zijn er aanwijzingen dat vaardige leerlingen zelfstandiger zijn dan gemiddelde klasgenoten (Maker, 1994). De door leerlingen ervaren moeilijkheden met planning en aansturing kunnen hiermee verklaard worden.

Op basis van ervaringen op een Engelse school die vergelijkbaar is aan Het College hoe een online uitwisselingsplatform voor verrijkingsmateriaal door docenten als een positieve aanvulling op het regulier onderwijsprogramma wordt beschreven. Verrijkingsprojecten vormen daar een extra laag bovenop het bestaande lesaanbod (Jones & Simons, 1999). Het gebruik van ICT, zoals dat door alle leerlingen als vanzelfsprekendheid bij het project werd toegepast, wordt genoemd als middel om motivatie en nieuwsgierigheid ten aanzien van wiskunde te bevorderen (Oldknow, Taylor, & Tetlow, 2010). Kritieke negatieve momenten werden bij het ICT-gebruik van leerlingen waargenomen, waarbij de uiteindelijke uitkomst positief was.

Samengevat hebben de leerlingen met hun projecten voldaan aan de vraag naar een verrijkingsproject waarin de lesstof gerelateerd wordt aan een creatieve toepassing van een zelfgekozen onderwerp, zoals beschreven in het driedelig verrijkingsmodel (Renzulli J. , 1976). Er werd door de leerlingen een persoonlijk interesse in de gekozen onderwerpen beschreven. Leerlingen omschreven de uitdaging bovendien als een welkome invulling van lestijd. Er was een positieve houding ten aanzien het project en de leerlingen hebben kwalitatieve eindproducten opgeleverd. Onder de omstandigheden van het thuisonderwijs werd er veel van de leerlingen gevraagd. De leerlingen zijn kritisch over het procesverloop. Motivatie en concentratie zijn bij thuiswerken moeilijker voor hen op te brengen dan op school. Onder diezelfde omstandigheden verkiezen ze zelfstandig werken echter boven samenwerken. Sommige leerlingen geven aan liever striktere kaders voor het product te zien en vonden de informatie aan het begin van het project te summier, terwijl anderen de vrijheid op prijs stelden en gaandeweg de kadering van het eindproduct ontdekten.

5.3 IMPLICATIES EN AANBEVELINGEN

De onderwijsactiviteit kan toegepast worden om wiskundig vaardige leerlingen extra uit te dagen. De leerlingen ervaren dit als een goede invulling van opengestelde lestijd. Bij een uitvoering in de toekomst kan de onderwerpenlijst eventueel uitgebreid worden met onderwerpen die aansluiten bij eerder behandelde hoofdstukken voor de specifieke leerlingen. Daarnaast dient er rekening mee worden gehouden dat het verrijkingsproject wanneer op school uitgevoerd mogelijk anders ervaren wordt.

Bij het flankerend onderzoek werd het leerproces van de leerlingen blootgelegd. Daarbij was er aandacht voor het procesverloop, motivatie, interesse en nieuwe inzichten. De wiskundige aspecten hebben hierbij voornamelijk als

ontvankelijkheidseis voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag gediend. Het toevoegen van een kleinschalige verdediging van het eindproduct (zoals het stellen van vragen na afloop van een presentatie) voorziet niet enkel in een aanvullend dataverzamelingsinstrument, maar helpt ook om meer inzicht te krijgen in de beheersing van (vakverdiepende of theorie verbindende aspecten) het onderzochte wiskundige onderwerp. Dit kan bijdragen bij het beantwoorden van een meer vakspecifieke onderzoeksvraag. Bij een leerling die met zijn presentatie vakoverstijging en -verdieping op hoog niveau liet zien, heeft dit het beeld versterkt.

Op basis van het onderzoek kunnen nieuwe, verdiepende vragen worden geformuleerd. Een groepsproject op school zal vermoedelijk tot andere resultaten leiden dan een individueel project thuis. De invloed van het ontvangen van bonuspunten op de motivatie van leerlingen is bovendien niet duidelijk geworden op basis van dit onderzoek. De leerlingen noemen dit allemaal als een van de redenen om voor het project te kiezen, maar kozen voor het project wetende dat de coronamaatregelen het toekennen van bonuspunten in de weg kon zitten. De relevantie van de onderzoeksprojecten voor klasgenoten is tijdens het afstandsleren evenmin onderzocht. Als laatste bieden inzichten in het ICT-gebruik van leerlingen aanknopingspunten voor een volledig losstaand onderzoek.

5.4 REFLECTIE

Het procesverloop van dit onderzoek is op verschillende momenten van richting veranderd. Naar aanleiding van de initiële literatuurstudie is de onderzoeksgroep verlegd van hoogbegaafde leerlingen naar wiskundig vaardige leerlingen. Dit onderzoek werd beperkt door de maatregelen omtrent het coronavirus, waardoor rekening gehouden moest worden met de implicaties van afstandsleren. De onderzoeksvraag is voortgekomen uit ervaringen tijdens lessen op school, maar werd beantwoord aan de hand van ervaringen tijdens thuisonderwijs. Er was een directe aansluiting bij de context van de huidige beroepspraktijk, waarin maatregelen elkaar snel opvolgen. Het sterke vermoeden bestaat dat de onderwijsactiviteit eveneens een oplossing vormt binnen de context van de eerder geschetste verlegenheidssituatie. Dit verdient echter nader onderzoek.

De relatie tussen het onderzoek en de beroepspraktijk maakt de relevantie van literatuur voor de dagelijkse gang van zaken op school duidelijk. Er bestaat een hoge mate van toepasbaarheid van nieuwe inzichten in vakliteratuur als oplossing van problemen in de klas. Het bestaan van relevante verrijkingsmodellen is hiervan een concreet voorbeeld. Op persoonlijk vlak zijn er belangrijke conclusies getrokken met betrekking tot pedagogisch-didactisch handelen. De leerlingen stelden weinig inhoudelijke vragen, terwijl de leeropbrengsten hoog waren. Deze zelfgerichtheid sluit goed aan bij wat in de schoolvisie getypeerd wordt als de College-leerling. Concreet zal de betrokken docent zijn pedagogisch-didactisch handelen verder verfijnen door nog meer in te gaan op de behoeften van dit soort leerlingen. Met een verrijkingsproject kan wiskundig vaardige leerlingen relatief eenvoudig een relevante en uitdagende aanvulling op de lesstof worden geboden. Dat is een waardevolle aanvulling op het bestaande lesaanbod op de school.

BIBLIOGRAFIE

- Baum, S. M., Renzulli, J. S., & Hebert, T. P. (1995). Reversing Underachievement: Creative Productivity as a Systematic Intervention. *Gifted Child Quarterly*, Volume: 39 issue: 4, 224-235.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, Volume 44, 1-39.
- Clinkenbeard, P. R. (2012). Motivation and gifted students: Implications of theory and research. *Psychology in the Schools*, 622-630. Opgehaald van <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pits.21628>
- Deming, W. E. (1950). *Elementary Principles of the Statistical Control of Quality*. Tokyo, Japan: Nippon Kagaku Gijutsu Remmei.
- Donk, C. v., & Lanen, B. v. (2018). *Praktijkonderzoek in de school*. Bussum: Uitgeverij Coutinho.
- Doolaard, S., & Oudbier, M. (2010). *Onderwijsaanbod aan (hoog)begaafde leerlingen in het basisonderwijs*. Groningen: GION/Rijkuniversiteit Groningen.
- Heid, M. K. (1983). Characteristics and special needs of the gifted student in mathematics. *Mathematics Teacher*, 221-226.
- Heijthuijsen, J. v. (1689). Verhael der geschiedenis van't Clooster van onser Liever Vrouwen op die Hage beijen Eijndhoven. In J. v. Heijthuijsen. Eindhoven: Rijksarchief Limburg.
- Het College. (2019). *College Pocket, Schoolgids 2019-2020*. Weert.
- Het College. (2019). *Schooljaarplan 2019 - 2020*. Weert.
- Hoogeveen, L., Hell, J. G., & Verhoeven, L. (2012). Social-emotional characteristics of gifted accelerated and non-accelerated students in the Netherlands. *British Journal of Educational Psychology*, 585-605.
- Jones, K., & Simons, H. (1999). *Online Mathematics Enrichment: An Evaluation of the NRICH Project*. Southampton, Engeland: Southampton University.
- Joseph S. Renzulli, S. M. (2002). What is Schoolwide Enrichment: How Gifted Programs Relate to Total School Improvement. *Gifted Child Today*, vol 25, no 4, 18-64.
- Lüftenegger, M., Kollmayer, M., Bergsmann, E., Jöstl, G., Spiel, C., & Schober, B. (2015). Mathematically gifted students and high achievement: the role of motivation and classroom structure. *High Ability Studies*, 227-243.
- Lupart, J. L., & Pyryt, M. C. (1996). "Hidden Gifted" Students: Underachiever Prevalence and Profile. *Journal for the Education of the Gifted*.
- Maker, C. J. (1994). *Teaching models in education of the gifted*. Rockville, Marryland, Verenigde Staten: Aspen Press Ltd.
- Male, J. v. (2016, mei 18). *Methoden en technieken in kwalitatief onderzoek*. Opgehaald van Tijdschrift Kwalon: https://www.tijdschriftkwalon.nl/inhoud/tijdschrift_artikel/KW-16-2-6/Methoden-en-technieken-in-kwalitatief-onderzoek
- Marshall, G. (2019). Mathematics Students as Artists: Broadening the Mathematics Curriculum. *Journal of Humanistic Mathematics*, vol. 2, 192-210.

- Montague, M. (1991). Gifted and Learning-Disabled Gifted Students' Knowledge and Use of Mathematical Problem-Solving Strategies. *Journal for the Education of the Gifted*, 393-411.
- Moon, S. M. (2004). Social/Emotional Issues, Underachievement, and Counseling of Gifted and Talented Students. Thousand Oaks, Californië: Corwin Press.
- Oldknow, A. J., Taylor, R., & Tetlow, L. (2010). Teaching Mathematics Using ICT. Londen, Engeland: Continuum.
- Otis, N., Grouzet, F. M., & Pelletier, L. G. (2005). Latent Motivational Change in an Academic Setting: A 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Educational Psychology*, Vol 97(2), 170-183.
- Preckel, F., Goetz, T., Pekrun, R., & Kleine, M. (2008, voorjaar). Gender Differences in Gifted and Average-Ability Students: Comparing Girls' and Boys' Achievement, Self-Concept, Interest, and Motivation in Mathematics. *Gifted Child Quarterly*, 52(2), 146-159.
- Prodia. (2015). Algemeen Diagnostisch Protocol.
- Pólya, G. (1945). How to Solve It. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Reis, S. M., & McCoach, D. B. (2000). The Underachievement of Gifted Students: What Do We Know and Where Do We Go? *Gifted Child Quarterly*, volume 44, n 3, 152-170.
- Reis, S. M., & Renzulli, J. S. (1995). Curriculum Compacting: A Systematic Procedure for Modifying the Curriculum for Above Average Ability Students. *Renzulli Center for Creativity, Gifted Education, and Talent Development*.
- Renzulli, J. (1976). The Enrichment Triad Model: A guide for developing defensible programs for the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 303-326.
- Renzulli, J., Reis, S., & Smith, L. (1981). The Revolving-Door Model: A New Way of Identifying the Gifted. *Phi Delta Kappan*.
- Reulink, N., & Lindeman, L. (2005). Documentanalyse. In *Kwalitatief onderzoek* (pp. 18-20). Rijksuniversiteit Groningen.
- Rillero, P., & Allison, J. (1997). Creative Childhood Experiences in Mathematics and Science. Projects, Activity Series, and Centers for Early Childhood. Columbus, Ohio: ERIC Publications.
- Rotigel, J. V., & Fello, S. (2004). Mathematically Gifted Students: How Can We Meet Their Needs? *Gifted Child Today*, 46-65.
- Silverman, L. K. (2002). Asynchronous development. *The social and emotional development of gifted children. What do we know?*, 31-37.
- Whitmore, J. (1987). Conceptualizing the issue of underserved populations of gifted students. *Journal for the Education of the Gifted*, 141-154.
- Wigfield, A., & Cambria, J. (2010). Students' achievement values, goal orientations, and interest: Definitions, development, and relations to achievement outcomes. *Developmental Review Volume 30, Issue 1*, 1-35.
- Yildiz, A., Baltica, S., & Aytekin, C. (2019). A Comparison of Parents of Gifted Students and Non-Gifted Students: A Case of Expectations from Mathematics Education. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, vol. 48, nr. 1, 452-497.

BIJLAGEN

<u>Bijlage I: lijst met onderwerpen</u>	29
<u>Bijlage II: onderzoeksvoorstel</u>	30
<u>Bijlage III: beoordelingsmodellen</u>	31
<u>Bijlage IV: rekenmodel</u>	33
<u>Bijlage V: model participerende observatie</u>	34
<u>Bijlage VI: model productanalyse</u>	38
<u>Bijlage VII: model diepte-interview</u>	42
<u>Bijlage VIII: transscripties</u>	44
<u>Bijlage IX: horizontaal vergelijken diepte-interviews</u>	61
<u>Bijlage X: samenvatting leerlingmateriaal</u>	69

ONDERWERPEN ONDERZOEKSPROJECT WISKUNDE

Hieronder vind je voor alle onderwerpen van dit schooljaar een aantal YouTube-filmpjes met geschikte onderwerpen voor je onderzoek. Hoewel alle onderwerpen aansluiten bij de huidige of eerdere lesstof, wordt bij sommige meer verdieping vereist. Met sterren is aangegeven hoe de onderwerpen zich verhouden tot de lesstof.

- ★☆☆ sluit direct aan bij huidige of eerdere lesstof en vraagt je bekende theorie in een nieuwe context te gebruiken
- ★★☆ is iets moeilijker dan de huidige of eerdere lesstof en vraagt je bekende theorie in een nieuwe context te gebruiken
- ★★★ is beduidend moeilijker dan de huidige of eerdere lesstof en biedt vakoverstijgende contexten (welk vak is per onderdeel aangegeven)

Goniometrie

De goniometrische verhoudingen tangens, sinus en cosinus, alsmede de inversies arctangens, arcsinus en arccosinus toepassen om hoeken en lengtes te berekenen in driehoeken en praktische contexten.

- ★☆☆ **Pi berekenen met taarten** <https://www.youtube.com/watch?v=ZNiRzZ66YN0>
- ★☆☆ **Pi tot op de lengte van een landingsbaan nauwkeurig** <https://www.youtube.com/watch?v=0r3cEKZiLmg>
- ★★☆ **Methodes om pi berekenen** <https://www.youtube.com/watch?v=yJ-HwrOplps>
- ★★★ **Botsende blokken (natuurkunde)** <https://www.youtube.com/watch?v=jsYwFizhncE>

Analyse

Stelsels met meerdere variabelen oplossen, lineaire en kwadratische ongelijkheden, exponentiele en hyperbolische verbanden.

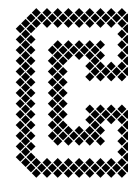
- ★☆☆ **Sierpinski-driehoek** <https://www.youtube.com/watch?v=j6WYSdHuWgY>
- ★★☆ **Gauss-Jordaneliminatie** https://www.youtube.com/watch?v=eYASx8_nyg
- ★★☆ **Van één naar een googol met LEGO** <https://www.youtube.com/watch?v=QwXK4e4uqXY>
- ★★★ **Coronavirus en exponentiële groei (wiskunde B)** <https://www.youtube.com/watch?v=Kas0tlxDvrg>

Statistiek

Excel gebruiken om grote dataverzamelingen te analyseren en visualiseren, telproblemen in de praktijk en de binominale verdeling.

- ★☆☆ **KNMI** <https://slo.nl/publish/pages/6600/voorbeeld-projectopdracht-informatie-en-statistiek.pdf>
- ★★☆ **Statistiek in Excel** <https://www.youtube.com/watch?v=UNtY8C4EVH8>
- ★★☆ **Cursus Excel** https://www.youtube.com/watch?v=RdTozKPY_OQ
- ★★★ **Binominale verdeling (wiskunde A)** <https://www.youtube.com/watch?v=8idr1WZ1A7Q>
- ★★★ **Monty Hall-probleem (wiskunde A)** <https://www.youtube.com/watch?v=TVq2ivVpZgQ>

VOORSTEL ONDERZOEKSPROJECT WISKUNDE



Het College
WEERT

Naam:

Klas:

Onderwerp:

Beschrijving

Leg hieronder in enkele zinnen uit 1) welk onderwerp je gaat onderzoeken, 2) hoe dit onderwerp samenhangt met de tot nu toe behandelde lesstof en 3) wat je persoonlijke interesse in dit onderwerp is.

Deelonderwerpen

Verdeel je onderzoek in tenminste drie deelonderwerpen

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Afronding

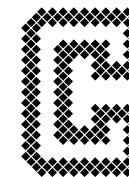
Kies hieronder op welke wijze je het onderzoek gaat afronden.

- ☐ presentatie
- ☐ verslag
- ☐ anders, namelijk:

Akkoord docent

Weert, [datum]

ⁱ In overleg met de docent is het mogelijk voor een andere afronding te kiezen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een video, website of app. In dit geval zal de docent een passend beoordelingsmodel ontwikkelen.



Het College
WFFRT

BIJLAGE III: BEOORDELINGSMODELLEN

BEOORDELINGSMODEL VERSLAG ONDERZOEKSPROJECT WISKUNDE (leerjaar 3, periode 4)

Naam:

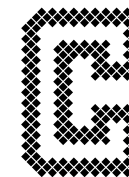
Klas:

Onderwerp:

Score ⁱ	3 (uitstekend)	2 (goed)	1 (voldoende)	0 (onvoldoende)
Basiselementen (1) <i>het verslag bevat een correcte titelpagina en inhoudsopgave, alsmede een samenvattend voorwoord met persoonlijke motivatie voor het onderwerp en een conclusie waarin wordt teruggeblikt op het proces dat de leerling heeft doorlopen</i>				
Inhoud (2) <i>de samenhang tussen het onderwerp en de wiskunde wordt duidelijk beschreven, het onderwerp spreekt aan en de relatie met wiskundige theorie is toegelicht</i>				
Diepgang (3) <i>in het verslag worden verschillende complexe wiskundige theorieën en concepten uitgelegd op een manier die begrijpelijk is voor leerlingen van leerjaar 3</i>				
Afbeeldingen (1) <i>de theorieën en concepten worden ondersteund met behulp van duidelijke illustraties, formules, grafieken en/of schema's</i>				
Spelling en opmaak (1) <i>het verslag is tekstueel in orde, bevat geen spel- en taalfouten, en heeft een overzichtelijke en aantrekkelijke vormgeving; voor uitstekend of goed: de tekst wordt ondersteund met vernieuwende of complexe vormgeving; het taalniveau is uitstekend</i>				
Totaalⁱⁱ				

ⁱ De score per onderdeel wordt toegekend door het arceren van het bijbehorende veld. Opmerkingen dienen in ditzelfde veld geplaatst te worden.

ⁱⁱ Bij het berekenen van de totalen dient per kolom de score (0, 1, 2 of 3) vermenigvuldigd te worden met de weging [(1), (2) of (3)]



BEOORDELINGSMODEL PRESENTATIE ONDERZOEKSPROJECT WISKUNDE (leerjaar 3, periode 4)

Naam:

Klas:

Onderwerp:

Score ⁱⁱⁱ	3 (uitstekend)	2 (goed)	1 (voldoende)	0 (onvoldoende)
Basiselementen (1) <i>de presentatie bevat een titeldia en een inhoudsopgave die mondeling wordt toegelicht; het voorwoord geeft een samenvatting van de persoonlijke motivatie; met de conclusie wordt gereflecteerd op het proces dat de leerling heeft doorlopen</i>				
Inhoud (2) <i>de samenhang tussen het onderwerp en de wiskunde wordt duidelijk toegelicht, het onderwerp spreekt aan en de relatie met wiskundige theorie wordt duidelijk besproken</i>				
Diepgang (3) <i>in de presentatie worden verschillende complexe wiskundige theorieën en concepten uitgelegd op een manier die begrijpelijk is voor leerlingen van leerjaar 3</i>				
Afbeeldingen (1) <i>de theorieën en concepten worden ondersteund met behulp van duidelijke illustraties, animaties, formules, grafieken en/of schema's</i>				
Taalgebruik en vormgeving (1) <i>de presentatie is tekstueel in orde, bevat geen spel- en taalfouten, en heeft een overzichtelijke en aantrekkelijke vormgeving</i> <i>het mondeling taalgebruik is een aanvulling op de presentatie; voor uitstekend of goed: de presentatie wordt ondersteund met vernieuwende of complexe animaties</i>				
Totaal^{iv}				

ⁱⁱⁱ De score per onderdeel wordt toegekend door het arceren van het bijbehorende veld. Opmerkingen dienen in ditzelfde veld geplaatst te worden.

^{iv} Bij het berekenen van de totalen dient per kolom de score (0, 1, 2 of 3) vermenigvuldigd te worden met de weging [(1), (2) of (3)]

BIJLAGE IV: REKENMODEL

Wanneer bij ieder onderdeel tenminste *voldoende* is gescoord wordt het resultaat op de volgende toets berekend middels onderstaande formule. Hiermee wordt het cijfer op de komende toets verhoogd met maximaal één punt (1,0) tot maximaal een 10,0.

$$cijfer\ toets\ periode\ 4 = \min \left\{ 10, \frac{punten\ toets + \frac{punten\ onderzoek}{24} \cdot 3}{3} \right\}$$

De bovenstaande berekening is een voorbeeld. Het werkelijke rekenmodel is afhankelijk van het aantal te behalen punten en de normering van de komende toets.

BIJLAGE V: MODEL PARTICIPERENDE OBSERVATIE

De dataverzameling is gebaseerd op de vragen die deelnemende leerlingen tijdens de afstandslessen via Microsoft Teams stelden (zowel via chat als spraak). Na afloop van iedere afstandsles werd het chatoverzicht gebruikt om de vragen per leerling te inventariseren. De vragen zijn gekwalificeerd op kwaliteit in drie categorieën, te weten **oppervlakkig** (vraag laat geen verhoogd inzicht blijken), **inzichtelijk** (leerling laat blijken een bepaalde samenhang, structuur of te doorzien en **verdiepend** (leerling toont aan verdiepend [wiskundig buiten de lesstof] of vakoverstijgend te denken). De aard van de vragen is opgedeeld in categorieën (te weten: wiskundig [lesstof], wiskundig [verdieping], organisatorisch of praktisch), met daarbij een korte toelichting. De blokhaken bevatten totalen per kwalificatie en per les. Oppervlakkige vragen zijn doorgaans samengevat, inzichtelijke en verdiepend vragen zijn uitgesplitst en concreet beschreven.

LEERLING 1

Les (blok) [aantal]	Aard van vragen [aantal]
Les 1 (blok 2) [4x]	
Oppervlakkig [2x]	Planning en tijdsindeling (organisatorisch) [2x]
Inzichtelijk [2x]	Koppeling wiskundetrucjes en lesstof algebra (wiskundig lesstof) [1x]
	Formulering onderzoeksvraag en bepalen deelonderwerpen (organisatorisch) [1x]
Les 2 (blok 4) [5x]	
Oppervlakkig [3x]	Visualisatie magisch vierkant met objecten en tabellen in Word (praktisch) [3x]
Inzichtelijk [2x]	Lesstof formules en letterrekenen (wiskundig lesstof) [1x]
	Formule opstellen bij een som van variabelen (wiskundig lesstof) [1x]
Les 3 (blok 2) [1x]	
Inzichtelijk [1x]	Visualisatie som van Fibonaccireeks in Word (praktisch) [1x]
Les 4 (blok 4) [3x]	
Inzichtelijk [1x]	Bijstellen onderzoeksvraag door beperking onderwerp trucjes (organisatorisch) [1x]
Verdiepend [2x]	Beperking en uitbreiding onderwerp (wiskundig verdieping) [1x]
	Verband driehoek van Pascal en Fibonaccireeks (wiskundig verdieping) [1x]
Les 5 (blok 2) [2x]	
Oppervlakkig [1x]	Visualisatie Fibonaccireeks in driehoek van Pascal in Word (praktisch) [1x]
Verdiepend [1x]	Fractalen en driehoek van Pascal (wiskundig verdieping) [1x]
Les 6 (blok 4) [1x]	
Oppervlakkig [1x]	Afronding en inleveren verslag (praktisch) [1x]

LEERLING 2

Les (blok) [aantal]	Aard van vragen [aantal]
Les 1 (blok 2) [2x]	
Oppervlakkig [1x]	Planning en tijdsindeling (organisatorisch) [1x]
Inzichtelijk [1x]	Hoeken, radialen en pi in goniometrie (wiskundig lesstof) [1x]
Les 2 (blok 4) [0x]	
—	Leerling heeft geen vragen over project gesteld tijdens deze les
Les 3 (blok 2) [0x]	
—	Leerling heeft geen vragen over project gesteld tijdens deze les
Les 4 (blok 4) [0x]	
—	Leerling heeft geen vragen over project gesteld tijdens deze les
Les 5 (blok 2) [0x]	
—	Leerling heeft geen vragen over project gesteld tijdens deze les
Les 6 (blok 4) [1x]	
Oppervlakkig [1x]	Afronding en planning presentatie (organisatorisch) [1x]

LEERLING 3

Les (blok) [aantal]	Aard van vragen [aantal]
Les 1 (blok 2) [13x]	
Oppervlakkig [11x]	Planning en tijdsindeling (organisatorisch) [4x]
	Dataverzameling filteren in Excel (praktisch) [3x]
	Formulering onderzoeksvraag (organisatorisch) [4x]
Inzichtelijk [2x]	Concrete toepassing van mediaan (wiskundig lesstof) [1x]
	Verantwoording keuze absolute of relatieve cijfers (wiskundig lesstof) [1x]
Les 2 (blok 4) [3x]	
Oppervlakkig [2x]	Formulering onderzoeksvraag (organisatorisch) [2x]
Inzichtelijk [1x]	Data vergelijken met gemiddelde (wiskundig lesstof) [1x]
Les 3 (blok 2) [4x]	
Oppervlakkig [2x]	Filteren van gegevens in combinatie met functies in Excel (praktisch) [1x]
	Invulling van project als verslag of poster (organisatorisch) [1x]
Inzichtelijk [2x]	Problemen bij berekenen modus en mediaan (wiskundig lesstof) [1x]
	Praktische betekenis van modus en mediaan (wiskundig lesstof) [1x]
Les 4 (blok 4) [6x]	
Oppervlakkig [2x]	Weergeven landen op een wereldkaart (praktisch) [2x]
Inzichtelijk [4x]	Procentuele toe- en afname om gegevens te vergelijken (wiskundig lesstof) [3x]
	Vergelijken met gemiddelde en invloed van schaalvergroting (wiskundig lesstof) [3x]
Les 5 (blok 2) [3x]	
Oppervlakkig [3x]	Projecteisen poster (organisatorisch) [2x]
	Vormgeving en indeling poster (praktisch) [1x]
Les 6 (blok 4) [9x]	
Oppervlakkig [6x]	Vormgeving en taalgebruik poster (praktisch) [6x]
Inzichtelijk [3x]	Beschrijving gebruikte onderzoeksmethodes op poster (organisatorisch) [2x]
	Indeling dataverzameling met betekenisvolle labels (wiskundig lesstof) [1x]

LEERLING 4

Les (blok) [aantal]	Aard van vragen [aantal]
Les 1 (blok 2) [4x]	
Oppervlakkig [3x]	Verwerken dataverzameling in Excel (praktisch) [1x]
	Formulering onderzoeksvraag (organisatorisch) [2x]
Inzichtelijk [1x]	Beperkte grootte van initiële dataset (wiskundig lesstof) [1x]
Les 2 (blok 4) [6x]	
Oppervlakkig [5x]	Filterfunctie in Excel (praktisch) [2x]
	Formulering onderzoeksvraag (organisatorisch) [3x]
Inzichtelijk [1x]	Relevantie van centrummaten bij kleine dataset (wiskundig lesstof) [1x]
Les 3 (blok 2) [5x]	
Oppervlakkig [4x]	Formulering onderzoeksvraag (organisatorisch) [4x]
Inzichtelijk [1x]	Geen modus bij gebruikte dataverzameling (wiskundig lesstof) [1x]
Les 4 (blok 4) [3x]	
Oppervlakkig [2x]	Toepassing van een histogram (wiskundig lesstof) [1x]
	Gebruik van verschillende diagrammen (wiskundig lesstof) [1x]
Inzichtelijk [1x]	Naar aanleiding van feedback: verschil relatief en absoluut (wiskundig lesstof) [1x]
Les 5 (blok 2) [9x]	
Oppervlakkig [4x]	Opmaak en indeling presentatie (organisatorisch) [4x]
Inzichtelijk [4x]	Gemiddelden kunnen niet vergeleken worden in cirkeldiagram (wiskundig lesstof) [3x]
	Herkomst gegevens (uit schattingen over totale uitstoot) (wiskundig lesstof) [1x]
Verdiepend [1x]	Uitbijters in een boxplot (wiskundig verdiepend) [1x]
Les 6 (blok 4) [4x]	
Oppervlakkig [4x]	Afronding presentatie (praktisch) [2x]
	Voorkeur voor opname, afkeer voor presentatie voor klas (persoonlijk) [1x]
	Vraag om feedback op presentatie (wiskundig lesstof) [1x]

BIJLAGE VI: MODEL PRODUCTANALYSE

LEERLING 1

Onderwerp: wiskundetrucjes

Afronding: verslag

Resultaat: 20/24 (83,3%)

Fase/aspect [aantal]	Pagina/dia	Indicator(en)
Oriëntatie [4x]		
Voorkennis wiskunde [2x]	2	Voorkeur voor hoofdrekenen (snel rekenen)
	2	Wiskundetrucjes ("ik wist dat ze er waren")
Persoonlijk interesse [2x]	2	Trucjes om familie en vrienden voor de gek te houden
	8 & 10	Triforce (computerspellenserie The Legend of Zelda)
Wiskundige inzichten [8x]		
Verband lesstof [3x]	4 & 11	Beschrijving wiskundetrucje met variabelen
	7	Bewijs somrij Fibonaccireeks
	11	Formule voor de som van een reeks optellingen
Wiskunde en het grotere geheel [4x]	5	Berekeningen met leeftijd en gewicht
	6	Kunst en muziek, Mona Lisa en de gulden snede
	9 & 10	Wiskundige mysteries (Fibonaccireeks en driehoek van Pascal)
	12	"In de wiskunde hangen veel dingen samen"
Vakoverstijging [1x]	6	Kunst en muziek
Reflectie [7x]		
Positieve ervaringen [3x]	12	"Vond het een leuk (project)"
	12	"Veel geleerd"
	12	"Fijn dat ik geen presentatie hoefde te geven"
Negatieve ervaringen [2x]	12	Moeite met verslag te beginnen
	12	Moeite trucjes schriftelijk uit te leggen (tegen mondeling)
Persoonlijke motivatie [1x]	12	"Als je een ding snapt, is [] makkelijker het andere te snappen"
Bijstellen [1x]	12	Betere planning maken

Onderwerp: pi of zo

Afronding: presentatie (live)

Resultaat: 20/24 (83,3%)

Fase/aspect [aantal]	Pagina/dia	Indicator(en)
Oriëntatie [4x]		
Voorkennis wiskunde [2x]	2	Formule van Leibniz en functie boogtangens
	3	Grafiek efficiënt tegen mooi (bij benaderen van pi)
Persoonlijk interesse [2x]	3	Leibniz en Monte Carlo niet “mooi”, botsende blokken wel
	3	Interesse in natuurkunde
Wiskundige inzichten [8x]		
Verband lesstof [4x]	23–26	Hellingsgetal en Pythagoras
	32–36	Middelpunts- en omtrekhoek
	33–36	Goniometrische verhoudingen driehoek
	38–39	Boogtangens bij het berekenen van pi
Wiskunde en het grotere geheel [2x]	20–26	Cirkelformule als representatie van experiment
	33–36	Verhouding en toenemende nauwkeurigheid
Vakoverstijging [2x]	13–36	Kinetische energie (natuurkunde)
	13–36	Wet van behoud van impuls (natuurkunde)
Reflectie [3x]		
Positieve ervaringen [1x]	Vraag ⁱ	Inzicht dat arctangens uiteindelijk leidde tot benadering pi
Negatieve ervaringen [1x]	Vraag	Verlies interesse en motivatie (afstandsonderwijs)
Persoonlijke motivatie [0x]	—	Niet aanwezig in presentatie
Bijstellen [1x]	41	“Eindelijk het einde”

ⁱ Vragen werden door docent gesteld aan het einde van de presentatie

Onderwerp: kippen en de uitstoot

Afronding: poster

Resultaat: 10/24 (41,7%)

Fase/aspect [aantal]	Pagina/dia	Indicator(en)
Oriëntatie [1x]		
Voorkennis wiskunde [1x]	Poster	Gemiddelde uitstoot om gegevens te ordenen in Excel
Persoonlijk interesse [0x]	—	Niet aanwezig op poster
Wiskundige inzichten [7x]		
Verband lesstof [3x]	Poster	“Ik twijfel er soms aan of ik meer had geleerd als ik gewoon allen mijn huiswerk had gemaakt. Nu liet ik de computer nogal veel maken en heb ik het gevoel dat ik niet alles heb gebruikt wat bijvoorbeeld in de toets zou kunnen komen”
	Poster	“Daarna heb ik de mediaan, gemiddelde en kwartiel berekend en in een boxplot gezet.” Conclusie bij deze boxplot ontbreekt
	Poster	Gemiddelde, Q_1 , Q_2 , Q_3 , kwartielafstand en spreidingsbreedte
Wiskunde en het grotere geheel [3x]	Poster	Productie van eieren over de hele wereld “Op het Excel bestand staat dat eieren als een van de weinige landbouwproducten vrijwel over de hele wereld wordt geproduceerd”
	Poster	“Uit de resultaten van het onderzoek kan de conclusie worden gesteld dat zodra een land/eiland(groep) meer gaat produceren de hoeveelheid CO ₂ uitstoot per kg product ook naar onder gaat”
	Poster	Grote hoeveelheid en variatie aan bronnen
Vakoverstijging [1x]	Poster	Wereldkaart met uitstoot per land (topografie)
Reflectie [6x]		
Positieve ervaringen [1x]	Poster	“Uiteindelijk ging dit project wel redelijk goed”
Negatieve ervaringen [4x]	Poster	“Het is niet mijn beste werk”
	Poster	“Nogal veel opstartproblemen, ook omdat niet nog niet helemaal goed wist wat ik wilde gaan doen of hoe ik het moest aanpakken”
	Poster	“Moeilijk soms om vragen te stellen”
	Poster	“[...] van thuis af moest werken was de concentratie soms erg laag”
Persoonlijke motivatie [0x]	—	Niet aanwezig op poster
Bijstellen [1x]	Poster	“Wel bij mocht staan was, misschien wat meer dingen zoals dingen die per se in een reflectie of inleiding zouden moeten”

Onderwerp: de productie van vlees in Europa

Afronding: presentatie (opname)

Resultaat: 18/24 (75%)

Fase/aspect [aantal]	Pagina/dia	Indicator(en)
Oriëntatie [1x]		
Voorkennis wiskunde [1x]	3	Gebruik Excel voor statische analyse
Persoonlijk interesse [0x]	—	Niet aanwezig in presentatie
Wiskundige inzichten [11x]		
Verband lesstof [7x]	4	Staafdiagram uitstoot per product per land
	5	Staafdiagram uitstoot per product in Hongarije
	6	Boxplot uitstoot schapenvlees per land
	6	Verband kwartielen en boxplot
	6	Berekenen spreidingsbreedte en kwartielafstand
	6	Uitbijterpunten in een boxplot (verdieping in lesstof)
	7	Cirkeldiagram absolute productie
Wiskunde en het grotere geheel [3x]	2	“Welk Europees land heeft de meeste uitstoot in vlees en wat voor soort vlees is dat en hoe verhoudt zich dat tot andere landen?”
	4	Uitstoot vlees (in Hongarije) is erg hoog, aanleiding voor nader onderzoek
	7	Geringe productie grootte schapenvlees en invloed uitstoot
Vakoverstijging [1x]	5	“Uitstoot productieketen vlees is erg hoog” (aardrijkskunde)
Reflectie [0x]		
Positieve ervaringen [0x]	—	Niet aanwezig in presentatie
Negatieve ervaringen [0x]	—	Niet aanwezig in presentatie
Persoonlijke motivatie [0x]	—	Niet aanwezig in presentatie
Bijstellen [0x]	—	Niet aanwezig in presentatie

BIJLAGE VII: MODEL DIEPTE-INTERVIEW

De tijdsindicaties zijn suggesties en dienen voornamelijk om het onderling belang van de verschillende onderdelen weer te geven.

1) Opening [±2 minuten]

- a) **Op gemak stellen.** Hoe ervaar je het leren op afstand? Heb je een leuk weekend gehad/ga je een leuk weekend tegemoet?
- b) Ik doe **onderzoek** naar **verdiepende lesactiviteiten** in de wiskundeles en ik stel het erg op prijs dat je me daarbij wil helpen. Dit interview is bedoeld om erachter te komen hoe je het wiskundeproject hebt ervaren. Er zijn geen foute antwoorden en je resultaat wordt niet beïnvloed door je antwoorden.
- c) **Ik gebruik een audio-opname van dit gesprek om een transcriptie uit te werken.** Daarvoor gebruik ik de opnamefunctie van Teams. **Ga je daarmee akkoord?** (Indien nodig: zou je de camera willen uitschakelen?)
- d) De vragen zijn verdeeld over de **drie fases** van het onderzoek: oriëntatie, uitvoering en reflectie (afronding). Een aantal vragen zijn gebaseerd op **zaken die me opvielen** tijdens het **zelfstandig werken** in de les/op afstand, en je **eindproduct**.

2) Oriëntatie (plannen) [± 3 minuten]

- a) Hoe ben je terechtgekomen op het **onderwerp** van je onderzoek? Is er een persoonlijk **interesse**?
- b) Wat was wel/niet **duidelijk** aanvang van het project? Wist je wat er van je verwacht werd?
- c) Waarom heb je ervoor **gekozen** om dit project uit te voeren?

3) Uitvoering (uitvoeren) [±3 minuten]

- a) Heb je voldoende **begeleiding** ervaren? Werk je liever zelfstandig of onder begeleiding? Werk je liever samen of alleen?
- b) Waren er tijdens de uitvoering van het onderzoek momenten waarop je bepaalde emoties ervoer (gefrustreerd, blij)? (Bij deze vraag kan verwezen worden naar een van de punten uit de productanalyse)
- c) Optioneel: hoe heeft het leren op afstand het project beïnvloed?

4) Reflectie (controleren en bijstellen) [±6 minuten]

- a) Hoe is je **motivatie** voor het vak wiskunde veranderd? Vond je het leuker/minder leuk? Werd je voldoende uitgedaagd?
- b) Wat heeft je **voorkeur**: leren via een project of met uitleg en huiswerk? Waarom?
- c) Welke zaken zou je bij een **volgend project** anders aanpakken? Waarom?
- d) Welke zaken zou ik de **volgende keer** anders aan moeten pakken? Waarom?

LEERLINGSPECIFIEKE VRAGEN [±6 MINUTEN]

1) Leerling I:

- a) In je bronnenlijst geef je verschillende links naar filmpjes en andere bronnen. Kun je aangeven hoe je op zoek bent gegaan naar de onderwerpen en waarom je juist deze uiteindelijk hebt gekozen.
- b) Je geeft aan de beschreven trucjes vaker te gebruiken bij familie en vrienden. Kun je daar meer over vertellen?
- c) Je geeft in het verslag aan dat je het soms moeilijk vond om zaken schriftelijk uit te leggen en een mondelinge toelichting wellicht makkelijker was geweest, maar tegelijkertijd ben je blij dat je een verslag hebt mogen schrijven. De trucjes zijn juist gericht op medeleerlingen. Kun je dat toelichten?
- d) Je geeft aan veel geleerd te hebben, iets dat ik terugzie in je verslag. Kun je uitleggen hoe de onderwerpen die je onderzocht hebt (magisch vierkant, Sierpińskidriehoek en Fibonaccireeks) verband houden met de lesstof van leerjaar 3?

2) Leerling II

- a) De formule van Leibniz heb je slechts kort toegelicht. Je geeft aan dat deze wel erg efficiënt is, maar niet mooi. Kun je daarover uitweiden?
- b) Ik heb het idee dat je in je vrije tijd vaker gerelateerde video's bekijkt. Klopt dat? Welke kanalen en onderwerpen hebben je interesse?
- c) Je hebt er zelfstandig gewerkt en nauwelijks vragen gesteld. Kun je beschrijven hoe je te werk bent gegaan?
- d) Je hebt een mooi verband tussen wiskunde en natuurkunde gelegd tijdens je presentatie. Zijn er vaker momenten waarop je dit vakoverstijgende aspect tegenkomt op school?

3) Leerling III

- a) Ik vind op je poster niks terug over je persoonlijke interesse of motivatie bij het onderwerp uitstoot. Waarom heb je voor dit onderwerp gekozen?
- b) Je geeft aan dat het soms moeilijk was om vragen te stellen. In principe was de tweede helft van iedere helft beschikbaar voor vragen. Kun je deze uitspraak toelichten?
- c) Je geeft aan dat het uiteindelijk *best goed ging*, maar dat het *niet je beste werk* was. Kun je hier meer over vertellen?
- d) Je geeft aan dat je concentratie tijdens het afstandsleren laag was. Kun je hierover meer vertellen?

4) Leerling IV

- a) Je gaf tijdens een vragenles aan zeker geen presentatie voor de klas te willen geven. Je koos echter wel voor afronding met een presentatie (die je uiteindelijk ook mocht opnemen). Kun je meer vertellen over deze tegenstelling?
- b) Met welke schoolvakken heeft jouw onderzoek (naast wiskunde) te maken? Kun je dit verband beschrijven?
- c) In je presentatie ga je diep in op uitbijterpunten — een onderwerp dat verder gaat dan de lesstof in het boek. Hoe heb je deze theorie gevonden en hoe heb je dat ervaren?
- d) Je geeft aan dat de uitstoot van de productie van schapenvlees in Hongarije erg hoog is, maar ook dat het aandeel in de totale productieketen verwaarloosbaar klein is. Welke conclusie kun je hieruit trekken?

BIJLAGE VIII: TRANSCRIPTIES

De interviews zijn op afstand gevoerd via Microsoft Teams. De gesprekken zijn opgenomen met behulp van de ingebouwde opnamefunctie van dit programma. Bij aanvang werd de leerling gevraagd de camera uit te schakelen, zodat enkel de audio werd opgenomen. Na transcriptie werden de opnames gewist. De eerste fase van het gesprek (waarbij de leerling onder andere welkom wordt geheten en op zijn gemak wordt gesteld) is niet opgenomen. De opnames lopen vanaf het moment dat de leerling daarvoor toestemming heeft gegeven. De opnames zijn achteraf handmatig getranscribeerd. Vragen en opmerkingen van de interviewer zijn *cursief*.

LEERLING 1

Oké, er zijn een aantal vragen en ik heb ze even verdeeld in een aantal categorieën en de eerste categorie is het begin, dus het zoeken van een onderwerp, daarna de uitvoering en daarna een terugblik. Ik heb ook nog een aantal vragen specifiek over jouw onderzoek. De eerst zijn dus algemene vragen. In totaal duurt het ongeveer een kwartier tot twintig minuten. Goed?

Oké.

De eerste stap, dat was het oriënteren en het plannen en toen ben je opzoek gegaan naar een onderwerp. Jij had wiskundetrucjes. Ik ben benieuwd hoe je op dat onderwerp bent gekomen.

YouTube.

Oké, door het algoritme van YouTube?

Door gewoon wiskundekanalen op te zoeken en te kijken wat mij aansprak.

Is dat iets dat je vaker doet?

Ligt eraan. Nu was het iets specifiek dan normaal, maar het kwam ook gewoon een keer langs als ik bijvoorbeeld in de vakantie zit.

Het is iets dat je vaker bekijkt op internet, op YouTube?

Soms. Niet heel vaak maar soms.

Welke kanalen gaat het om? Kun je een aantal namen noemen?

Daar ben ik echt heel slecht in. Numberphile en er is een of andere Amerikaanse docent die dat ook doet alleen ben ik de naam vergeten.

Oké, ik ken ze ook, ze komen ook geregeld voor in mijn tijdlijn van YouTube. Leuk om te weten.

Je bent dus doelgericht op zoek gegaan?

Uiteindelijk wel. Eerst zo van wat lijkt me leuk en daarna zo van dat. En daarna ging ik verder.

Leuk. Aan het begin van het project heb ik het bewust heel open gehouden. Was het duidelijk wat er door mijn van jou verwacht werd.

Op zich wel. Je kreeg dat beoordelingsblad en omdat ik gymnasium met wetenschapsoriëntatie heb gedaan zit er toch wel verschil tussen de vakken en weet je niet honderd procent wat je er wel in moet stoppen en wat je er niet in moet stoppen.

Als laatste bij deze stap. Waarom heb je er eigenlijk voor gekozen? Het was namelijk een optie die ik je aanbood en jij was een van de eersten die het deed.

Het huiswerk was redelijk snel klaar. Dan deed ik snel alle opdrachten en dan had ik wel de formatieve toetsen en dat soort dingen. Dan was het zo van als ik iets extra's kon doen hoefde ik ook niet de hele tijd niks te doen. Ik heb voor het onderwerp gekozen omdat het me interesseert en dat ik ook nog iets grappigs kon doen.

Het was dus echt een invulling van de tijd die je overhad?

Ja.

Met andere woorden, je deed liever het project dan niks?

Ja. Ik mocht niks anders doen.

(Lachend) Je mocht geen ander vak doen, heb ik gezegd.

Ja, toch, klopt.

Die trucjes, het lijkt me iets dat je vaker doet. Is het ook echt iets dat bijvoorbeeld bij familie of vrienden doet, de trucjes.

Soms, ligt eraan. Mijn zusje wil dan dat ik het gelijk uitleg en dan kan ik het niet meer ergens anders doen.

Het zijn natuurlijk ook een soort goocheltrucs voor de meeste mensen. Ik vond het ook leuk om te lezen hoe je het uitlegt. Dat was ook iets om te lezen in het verslag. Je gaf daarin aan dat je het moeilijk vond om dat schriftelijk doet. Waarom heb je daar toch voor gekozen? Liever dan een presentatie zoals [leerling 2] heeft gedaan?

Ik houd niet van presenteren. Ik durf echt niet voor een klas te staan.

Daardoor heb je het jezelf wel moeilijker gemaakt. Vooral iets visueels, dat wil je graag kunnen aanwijzen. Heb je dat idee ook.

Op zich wel. Ik heb nu een stuk meer moeten opschrijven, terwijl [leerling 2] het gewoon kon laten zien. Hij kon gewoon steekwoorden opschrijven. Waardoor het bij mij wel een stuk langer duurde.

Ik heb tijdens de lessen gemerkt dat je het soms moeilijk vond om dingen te visualiseren. Dat het frustrerend was om dat in Word voor elkaar te krijgen. Kun je daar wat over vertellen?

Het was meer zo van, stel je voor, ik moest die piramide maken voor de driehoek van Pascal. Dat kan niet in Word zelf, dan moet je echt iets vinden dat je gewoon kan invullen. Wat in het begin wel moeilijk was, maar als je er eenmaal een hebt gevonden gaat het wel.

Dat was ook deels het doel van het onderzoek, dat je dat zelf kon ervaren. Ik heb ondertussen ook al een aantal persoonlijke vragen gesteld, die gingen ook over de uitvoering.

Ik heb je redelijk zelfstandig laten werken, dat was ook de opzet. Is dat ook wat jij het liefst hebt, of heb je liever meer begeleiding?

Op zich was het fijn om zelf te werken, want dat maakt het ook fijner. Stel je voor, dan moet ik het weer opnieuw vragen, want dan is het gewoon gedaan. Dan is het weer van oké, dan hoef ik niks meer te doen. Dan wist ik ook gewoon het moet af. De motivatie werd er daardoor wel groter door.

Waren er bepaalde momenten waarop je, bijvoorbeeld zoals bij die grafieken waarop je bepaalde frustraties voelde?

Het verwoorden van dingen, was zo van nee, *scrap*, nee, weer opnieuw en dan op een begeven moment was het ook zo van nu laat ik het ook gewoon staan en ik ben er klaar meer. Dus die frustratie was er soms wel, maar er waren ook leuke momenten. Dan begreep je iets. Er waren ook trucjes die ik al eerder kende, die kon ik dan

gewoon opschrijven, wat het een stuk makkelijker maakte. Dingen die je in vorige jaren hebt geleerd, toen ik bijvoorbeeld met de Team Math Challengeⁱⁱ heb meegedaan, kon ik daar wel instoppen.

Je zei net dat er ook dingen zijn die je echt ontdekt hebt, daar werd je blij van. Wat voor dingen waren dat?

Dingen zoals de driehoek van Pascal en wat je daar allemaal niet in kan vinden.

Dat je ontdekte dat die dingen er inderdaad inzaten? Bijvoorbeeld de hockeysticks en de sommen die erin zaten.

Oké, dat waren de vragen over de uitvoering, dan even over achteraf. Daar heb ik vooral gekeken naar je verslag. Daar heb ik ook nog een aantal algemene vragen over. Het doel dan van dit soort projecten is om een deel van het huiswerk of de les te vervangen. Hoe kijk je tegen wiskunde aan door dit op deze manier te doen?

Het is aan de ene kant natuurlijk een stuk specifiekier naar wat je echt gaat kijken en wat je er allemaal (binnen het onderwerp) aan kan doen bijvoorbeeld. Het liep niet helemaal samen met de stof die we op dat moment deden, waardoor ik soms niet helemaal wist wat ik moest gebruiken. Bijvoorbeeld bij het project van nu is dat er een stuk makkelijker uit te halen.

Je gaf net al aan dat in vorige jaren dingen hebt gezien die je nu ook onderzocht hebt bij de wiskundetrucjes. Welke zaken of onderwerpen zijn dat?

De Fibonaccireeks kende ik al. En dingen zoals het magische vierkant had ik ook al eerder geleerd.

En de algemene onderwerpen van wiskunde, zag je die daar ook in terug? Bijvoorbeeld algebra, dus rekenen met letters, is iets dat ik terugzag in je verslag. Zag je die verbanden zelf ook?

Ja, voornamelijk bij de Fibonaccireeks kwam dat terug, omdat je daar toch dingen erbij en eraf doet. Dat was wel handig.

Dat heb je ook met letterrekenen laten zien.

Ja.

Dat vond ik ook een van de sterke kanten van je onderzoek. Daar gebruik je dus iets uit de lesstof, iets dat je al lang kent. Het is nu zo vanzelfsprekend. Daar ben je de wiskundetaal wel gaan gebruiken.

Wat zou je de volgende keer anders doen en wat zou je hetzelfde doen?

Er zit toch wel een verschil tussen projecten. Nu moest ik vooral leren hoe het op te schrijven om het uit te leggen. Ik kon de link tussen de hoofdstukken moeilijker leggen. Daarnaast is het misschien beter om een planning te maken.

Zou dat iets zijn dat ikzelf meer moet stimuleren? Zou ik meer moeten sturen, dus zeggen maak een planning en houd je daaraan, of is het eigenlijk wel goed om het je zelf te laten ervaren.

Het verschilt per persoon, want ik ben gewend, vanwege het feit dat ik wetenschapsoriëntatie de afgelopen drie jaar heb gehad, dat ik die planning sowieso al maak. Dan is het zo van oké, het is gewoon anders.

Dus voor jou persoonlijk hoeft het niet?

Nee, niet echt nee.

ⁱⁱ Oorspronkelijk Engels wiskundecompetitie die in Nederland voor leerlingen van TTO-scholen wordt georganiseerd

Zijn er andere die ik anders had moeten doen of die jij fijner had gevonden bij dit project?

Op zich niet. Je had natuurlijk wel lessen waar er heel de tijd uitleg werd gegeven en dan kon je niet echt een vraag stellen. Dan moest ik een hele dag wachten of een hele week. Dat maakt het dan soms wel moeilijk. Dan kon je dus gewoon niet verder. Was je vaker klaar met het huiswerk, dan was het zo van en nu?

Ik had eigenlijk twee rollen: jullie begeleider bij het onderzoek en het geven van lessen. Het was natuurlijk ook een keuze (om als groene differentiatiegroep zelfstandig te werken tijdens de uitleg). Was dat duidelijk?

Ja, ik was wel blij dat ik die keuze heb gemaakt.

Als laatste, het was een soort van beloning (het was iets dat alleen de groene groep mocht doen). Heb je het ook zo ervaren, al is het bonuspunten verhaal nu (door corona) iets ingewikkelder geworden?

Ik moest uiteindelijk gewoon iets gaan doen tijdens de les. Dus had ik zoiets van dan doe ik dat er gewoon bij, dan heb ik ook ergens mee bezig. Eigenlijk ook leuk en dan hoef ik niet steeds te wachten op dingen.

Dus het was wel leuk, maar niet echt als een beloning?

Nee (bevestigend).

Was dat anders geweest als ik je had kunnen belonen met 0,8 bonuspunten op de toets van periode 3? Had dat verschil gemaakt?

Ik weet het niet. Het zou fijn zijn geweest. Dan haal je niet steeds rondom dezelfde punten. Mijn gemiddelde veranderde dan misschien wat meer dan het normaal zou doen. Voor de rest heb ik er niet heel veel van gemerkt.

Het is dus niet zo dat je het alleen daarom hebt gedaan?

Nee.

Misschien kun je nog even je algemene indruk geven van deze vorm van lessen.

Dit is niet echt een periode die verschrikkelijk handig is met huiswerk (afstandsonderwijs door coronamaatregelen). Het was meer zo van ik moest de motivatie in het begin ervoor zoeken. Dan is het niet zo van dit moet. Ik hoef het niet te doen. Er staat nergens dat ik het moet doen.

Dat zijn al mijn vragen. Ik vind het heel fijn dat ik even met je heb mogen praten. Je hebt mij enorm geholpen.

LEERLING 2

Die vragen zijn als volgt verdeeld. Ze gaan een beetje over de fases die je hebt doorlopen bij het doen van dit project. Dus eerst het oriënteren, dus wat ga ik onderzoeken, vervolgens het uitvoeren daarvan en als laatste terugkijken. Bij jou is dat vooral gebaseerd op de presentatie die je hebt gegeven. (Weggelaten: uitslag van onderzoek met motivatie en persoonlijke feedback) Dit ook zodat je weet dat de beoordeling niet afhankelijk is van wat je in dit gesprek gaat zeggen. Dus je mag heel eerlijk zijn over wat je ervan vond.

Oké.

De allereerste vragen gaan over het vinden van een onderwerp. Daar ben ik bij jou meteen benieuwd naar, want het lijkt iets te zijn dat echt jouw persoonlijke interesse heeft. Hoe ben je gekomen bij pi en de drie manieren om pi te benaderen?

Ik was gewoon op YouTube rond aan het zoeken en ik vond zo'n video. Die zag er wel interessant uit. Het ging over die cirkels met die botsende blokken.

Ben je bewust gaan zoeken naar die video's over pi?

Nee, niet bewust. Wel gewoon op dat kanaal.

Is dat een kanaal dat je vaker bezoekt?

Ja.

Welk kanaal is dat trouwens?

3Blue1Brown.

Jij kijkt vaker dat soort filmpjes op YouTube?

Ja, af en toe wel.

Dus ze komen ook gewoon in je tijdlijn voorbij?

Ja.

Zijn er nog meer kanalen die je volgt of vaak bekijkt?

Niet echt heel veel meer. Vooral die.

Aan het begin van het project heb ik je behoorlijk vrij gelaten. Eigenlijk gewoon gezegd dit moet je uiteindelijk doen. Was het duidelijk wat ervan je verwacht werd?

Ja. Eigenlijk wel. Het moest gewoon iets gerelateerd aan wiskunde zijn, dat niet al te makkelijk was en je zelf snapte en uit kon leggen.

Precies. En het moest dus ook iets zijn waar we in de lessen mee bezig waren of waren geweest. Ben je ook zo bij pi uitgekomen?

Niet specifiek daarom.

Dus het kwam voornamelijk vanuit persoonlijk interesse?

Ja.

Als laatste over de oriëntatie, het was een keuze, je had ook gewoon huiswerk kunnen maken in de lessen. Waarom heb je gekozen voor dit project?

Uiteindelijk was huiswerk maken gewoon meer werk. Ik ben niet zo van meer werk. Daarom heb ik dit project gekozen.

Omdat je dacht: dat kan ik sneller doen?

Ja.

Niet omdat het leuker leek?

Dat ook wel, maar natuurlijk ook gewoon voor de extra punten.

Dat was een vraag die ik ook wilde stellen. Dus het was ook gewoon voor de extra punten?

Ja.

Ik heb gemerkt dat je heel zelfstandig hebt gewerkt tijdens de les, maar volgens mij heb je ook een deel in je eigen tijd gedaan. Je hebt weinig vragen gesteld. Heb je dat idee ook?

Ja. Als ik iets ga doen doe ik dat vaak zelf alleen.

Het heeft je persoonlijke voorkeur om dat zo aan te pakken?

Ja.

De begeleiding die ik je had kunnen bieden die had jij dus ook niet nodig?

Nee.

Daardoor heb ik niet zo'n heel goed beeld hoe bij jou het proces is verlopen. Kun je dat een beetje beschrijven, hoe jij het hebt aangepakt? Van begin tot eind, samengevat.

Het begin was natuurlijk vooral onderzoek. Wat kan ik doen? Hoe werkt het? Waar gaat het precies over? Daarna was het hoe ga ik dit presenteren? Vervolgens was het gewoon dieper gaan in ieder stuk en gewoon opschrijven hoe dat werkt. Vervolgens in een PowerPoint zetten en daarna een soort van script ontwikkelen.

Dus je hebt het ook van tevoren uitgeschreven?

Nee, niet echt specifiek uitgeschreven, maar voorbereid wat ik waar wil zeggen.

Je had natuurlijk als houvast de presentatie, dan heb je dat dus niet nodig.

Nee, inderdaad.

Ging het allemaal vlekkeloos, of waren er ook momenten waarop je even flink moest doorbijten? Het was namelijk een behoorlijk ingewikkeld onderwerp, zeker het gedeelte waarbij ook nog dingen van natuurkunde bijkwamen. Bijvoorbeeld de botsende blokken. Waren er momenten waarop je dacht o nee?

Er was een week waarin ik gewoon wat minder deed. Toen ik weer begon ging ik gewoon weer goed verder, zoals die week ervoor. Dat was een week waarin ik eigenlijk gewoon interesse verloor.

Dat dus niet omdat het niet lukte, maar het onderwerp waar je al mee bezig was interesseerde je toen niet.

Ja.

Hoe is de interesse de week daarop weer teruggekomen?

Ja, ik moest het toch afmaken en toen begon ik weer een keer en toen ging hij gewoon weer.

Waren er echt momenten waarop je dacht yes, ik snap het? Bijvoorbeeld tijdens het onderzoek dat je bezig was met de botsende blokken. Was er een moment waarop je dacht nu begrijp ik echt helemaal hoe dat het werkt?

Ja, dat was toch wel het moment waar hij die hoeken begon te tekenen. Dat moment dacht ik dat werkt zo, dan pak je de tangens daarvan en dan heb je die hoek, en dat was eigenlijk het moment waarop alles samenklikte.

Dat heb je ook heel mooi laten zien met die animaties waarin je die lijnen tekent en dan die hoeken laat zien. Dat was voor jou dus wel een mooi moment?

Ja.

Dat moment van inzicht had jij dus toen je het verband tussen die hoeken en π inzag?

Ja.

Omdat je heel duidelijk een verband had met natuurkunde, was dat ook omdat je een persoonlijk interesse hebt voor natuurkunde?

Ja. Dat is eigenlijk wel het vak waarin ik het meest wil verdergaan.

Heb je het daarom ook in die richting gestuurd?

Nou ja, die richting kwam er eigenlijk vanzelf. Die zat er al in en daar heb ik gewoon een beetje op uitgebreid.

Is dat vaker — want er zijn veel verbanden tussen natuurkunde en wiskunde, zijn er vaker momenten tijdens de lessen dat je denkt hier zit wel echt een link?

Niet heel vaak, maar af en toe toch wel een beetje.

Als je naar of zoek gaat of als het, zoals in dit geval, vanzelf komt?

Ja.

Wij proberen met de collega's van natuurkunde het onderling zo te communiceren dat bijvoorbeeld de goniometrische verhoudingen bij wiskunde (waar jij je onderzoek over hebt gedaan), worden aangeboden, zodat als jullie bij natuurkunde het over golfbeweging gaat hebt, je het dan ook weet. Heb je dat ook zo ervaren?

Ja, het kwam wel eerder bij wiskunde voor dan bij natuurkunde.

Dacht je toen ook wat fijn dat ik dat nu meteen kan toepassen?

Ik wist het natuurlijk al, omdat ik dit jaar al eens heb gedaan, maar het was wel handig ja.

Dat was een van de momenten waarop er een duidelijk verband is tussen wiskunde en natuurlijk, maar die zijn er natuurlijk wel vaker, zoals bij formules.

Dan even (het onderwerp) achteraf, de reflecties. Heeft het (project) ervoor gezorgd dat je meer of minder zin had in wiskunde?

Nou het heeft niet echt meer of minder bezorgd, dus het is eigenlijk gewoon neutraal gebleven.

Een van de redenen was dat het mij in jullie klas wel een goed idee leek was dat bijvoorbeeld doordat jij deze lesstof ook vorig jaar al hebt gezien, je niet altijd wist wat je moest doen. Huiswerk maken vond je daardoor niks. Heeft het (project) daar iets in veranderd?

Niet echt, eigenlijk.

Hou zou je dat beschrijven?

Ja, was wel fijn dat ik tijdens de les gewoon iets kon doen wat me nog wel meer interesseerde dan het boek.

Ik heb vaker wat dingetjes aangeboden die of verder gingen op de lesstof, een paar documentjes, je hebt ook de boeken van wiskunde B en Dⁱⁱⁱ. Welke van die mogelijkheden, het zijn er een soort van drie, bevat je het meest? Dus een project, of gewoon een werkblad of wiskunde B/D-stof?

Het project was toch nog wel het leukst. Op de tweede plek zou ik dan de boeken zetten, B en D, en daarna toch wel het werkblad.

Is dat ook iets waar je nu nog mee bezig bent, in deze tijd (afstandsleren door coronamaatregelen)?

Wel minder, maar nog wel een beetje af en toe.

ⁱⁱⁱ Wiskundeboeken uit de bovenbouw (leerjaar 4)

Oké, als je daar vragen over hebt, stel ze dan gewoon. In de les ben ik ook daar gewoon beschikbaar voor. Dus op afstand ook. Combinatoriek was je mee bezig, toch? Wiskunde D?

Ja.

Als je even terugkijkt op de manier waarop jij invulling hebt gegeven aan dit project en ook bezig bent geweest, welke dingen denk je heb je goed of fout gedaan en wat zou je anders doen de volgende keer?

De PowerPoint was een beetje niet echt geordend. Er zat af en toe gewoon een dia tussen die op de verkeerde plek stond. Soms was er iets niet goed ingekomen. Dat had in nog wel beter kunnen herhalen.

Dat was ook een van de kritische punten, een paar basiselementen in de PowerPoint die wat duidelijkheid zouden kunnen geven ontbraken. Maar over dat werken, je gaf eerder al aan dat je een week even niks had gedaan. Was daar (op dat vlak) iets te verbeteren geweest?

Ik denk het niet. Ik heb het gewoon af gekregen en meer informatie denk ik niet dat ik erin had kunnen krijgen. Dus ik denk dat het daarmee gewoon goed zit.

Het is ook helemaal niet erg en dat is meestal hoe zo'n project gaat, dat je even vastloopt. Dat hoort er allemaal bij. Er zijn dus geen dingen die je anders zou doen?

Nee.

Ik heb jou eigenlijk volledig losgelaten, ook omdat je zelf geen vragen hebt gesteld. Wat zijn de dingen die ik anders had kunnen doen? Als ik het nog eens zou organiseren volgend jaar?

Niet echt iets eigenlijk.

Dus het sluit aan bij jouw manier van werken en jouw leerstijl?

Ja.

Je gaf eerder aan er (voor dit project) niet nog eens voor te kiezen. Waarom?

Het hele idee van tijd is nu (tijdens de coronamaatregelen) een beetje weg, gewoon met af en toe gewoon een les ertussen gesprokkeld. Ja, zoveel puf heb ik niet om een project aan te nemen.

Zijn er nog dingen die ik vergeten ben, die je nog kwijt wil over dit project?

Nee, eigenlijk niet.

Fijn dat ik even met je mocht spreken. Ik zet de opname vast stil. Ik heb alle vragen gesteld en alle antwoorden gekregen.

LEERLING 3

De eerste vragen die gaan over de oriëntatie, dus het begin, de uitvoering komt daarna, reflectie en daarna, als ik die niet al eerder heb gesteld, een aantal persoonlijke vragen.

Ja.

Allereerst, het onderwerp dat je hebt gekozen kwam deels vanuit de dataverzameling, maar ook dat was een keuze en ik wil eigenlijk twee dingen weten. Hoe ben je gekomen tot de gegevens over uitstoot en hoe heb je gekozen voor, in jouw geval, kippen?

Ik ben bij kippen gekomen door te kijken wat de landen die ik had gekozen allemaal exporteerden. Dus dat werd al heel snel kippen, omdat dat het enige ding was dat alle landen überhaupt maakten. Dat ging snel.

Uitstoot heb ik gekozen omdat... Ten eerste vond ik dat het makkelijkste, omdat ik de andere [de andere door de docenten aangeboden dataverzamelingen] nog niet helemaal honderd procent snapte hoe ze werkten. En daarnaast was het ook het interessants.

Oké, dus het was wel een persoonlijk interesse?

Ja.

Is dat iets dat je vaker bekijkt, gewoon gegevens over het milieu, of gewoon het concept van milieu in het algemeen? Klimaatproblemen?

Je bent er soms wel mee bezig. Ik zit zelf op scouting, dus dan zijn we er wel eens mee bezig, maar het is niet dat er zeg maar mijn hele leven omdraait.

Nee, oké, maar het is wel iets waar je je bewust van bent?

Ja.

Duidelijk. En dan, daar las ik ook wat over in je tekst op de poster, maar wat was er duidelijk? Wist je wat je moest doen aan het begin van het project?

Op zich wel. Er was in het begin heel veel uitleg over alles. In het begin was het soms vaag wat er allemaal in moest. Ik ben vanuit wetenschapsoriëntatie gewend dat er letterlijk een boekje met meer dan honderd pagina's met allemaal appendices [wordt uitgereikt]. Dan is het zo van ik wil het niet lezen, maar het moet op een gegeven moment wel. Dan had je ook nog iets om op terug te vallen, dus dat was dan wel even fijn en nu was het zo van wat moet ik er nu eigenlijk in zetten.

Is dat gaandeweg duidelijk geworden?

Duidelijker, dat wel. Op het einde was het wel zo van wat moet ik, zijn er nog dingen die er per se op de poster moesten en dat wist ik dan niet helemaal.

Dus op het einde was het nog niet helemaal duidelijk? En dan als laatste [over de oriëntatie]: je hebt er (vrijwillig) voor gekozen om het project uit te voeren. Waarom heb je hiervoor gekozen?

Ik weet nog van vorig jaar dat dit voor mijn niet de moeilijkste hoofdstukken waren. Ik had gezien dat ik niet al te veel huiswerk had omdat ik alleen de dikgedrukte opgaven [opdrachten voor de groene differentiatiegroep] moet maken. Ik had nog redelijk veel vrije tijd, ondanks dat ik ook gewoon het huiswerk zou maken.

Zie je het [project] ook als een invulling van de tijd die je had tijdens de lessen, als een zinvolle besteding van die lessen?

In de lessen op zich wel. Soms was het wel moeilijk, dan had je een vraag hoe je iets moest doen en dan waren er op sommige momenten als je niet wist hoe je iets moest doen, dan kon je ook niet heel makkelijk verder werken en dat zijn lessen geweest waarin ik voornamelijk alleen maar huiswerk gemaakt heb tot laten we zeggen de laatste tien minuten, want toen kon ik vragen stellen.

Het [project] was bedoeld als iets dat je tijdens de lessen op school extra kon doen, heeft het afstandsleren daar invloed op gehad denk je?

Aan de ene kant heb ik het gevoel dat de uitleg langer was dan eerst. Dus bijvoorbeeld in vergelijking met voordat we naar huis gingen. Voor de rest is het een hele andere manier om met dingen te werken dan dat je daarvoor deed. We moesten bijvoorbeeld met Excel gaan werken. Dan was het zo van, oké, en nu?

Je gaf net aan het is ook een beetje wat je doet, een invulling van de lestijd, en die lestijd was nu thuis. Heeft dat invloed gehad op je keuze?

Ik denk het niet, want ik denk dat mijn concentratie thuis nog slechter is dan op school. Dus het was wel een gok. In het begin zeker.

Dan over de begeleiding, het gaat nu over de uitvoering. Daar heb je al het een en het ander over gezegd. Bijvoorbeeld dat er maar weinig tijd was om vragen te stellen. Wat ik daarover nog wil weten is over je er liever voor kiest om veel zelfstandig te werken of toch meer begeleiding zou willen hebben. Wat heeft jouw voorkeur?

Ik wist niet honderd procent hoe Excel werkt, waardoor ik uiteindelijk toch wel begeleiding moest vragen, omdat YouTube niet altijd alles had. Dan gebruikten ze een oudere versie van Excel en had ik zo van wie, wat, waar, wanneer en hoe.

Je hebt er [instructiefilmpjes over Excel] dus wel naar gezocht op YouTube?

Ja.

Zou je dit liever samen hebben gedaan of liever alleen?

Ik heb wel vaak met [leerling 4] besproken hoe bepaalde dingen moesten, dus wij hadden wel een vorm van communicatie, maar natuurlijk was het leuker als je dit bijvoorbeeld ook in een groepje had kunnen doen.

Heb je bepaalde frustraties gehad tijdens dit onderzoek of juist inzichten waarbij je denkt ik weet hoe het moet en dat je daar blij van werd?

Er waren wel dingen die ik heb geleerd, maar ik weet ook dat er momenten waren waarop ik en [leerling 4] gewoon zaten te appen zo van hoe lang moeten wij nog lachten tot die uitleg voorbij is. Dat was meestal tijdens de kernlessen, want dan werd er het volle uur gepraat. Dan was het zo van, nu mag ik nog een uur gaan wachten.

Dat waren mijn vragen over de uitvoering. Dan nu achteraf. Dat heb je ook vrij uitgebreid beschreven in de reflectie op je poster. Ik heb daar nog een paar aanvullende vragen over. Ben je puur afgaande op dit project, dus probeer even niet te kijken naar het afstandsleren, anders gaan kijken naar het vak wiskunde? Dus ben je er met meer zin of juist met tegenzin naar gaan kijken?

Ik weet het eigenlijk niet. Het was wel fijn dat je iets anders zoals Excel hebt kunnen gebruiken. Ik heb er ook veel van geleerd, maar daar [van Excel] kwam ook veel frustratie van.

Welke frustraties?

Het was soms heel moeilijk om, ik weet niet wat er steeds misging, maar mijn poster heb ik meer dan vier keer opnieuw moeten maken omdat de foto niet wilde plakken of omdat de tekst opeens vervormde.

Dus het waren vooral technische problemen? Ik weet dat het een moeilijke vraag is. Het was bedoeld om je wat meer uit te dagen dan tijdens de gewone lessen.

Zeker!

Als je terugkijkt, wat zou je anders doen de volgende keer?

Beter mijn vragen opschrijven, want die vergat ik als ik twee uur moest wachten. Dan was het aan het einde van het vierde blok zo van, wat wild eik ook alweer vragen. Dan wist ik dat ik of een mail moest gaan sturen of ik moest een week gaan wachten. Dat klonk niet altijd even aantrekkelijk.

Je hebt uiteindelijk volgens mijn nooit een mailtje gestuurd, dus je hebt uiteindelijk altijd gewacht?

Nee, uiteindelijk heb ik het aan nogal veel mensen moeten vragen. Heb ik op YouTube gekeken en ik heb mijn ouders gevraagd.

Je ouders hebben je geholpen met Excel, bedoel je dan?

Ja.

Wat zou ik anders moeten doen, of juist hetzelfde? En vooral, wat zijn je kritiekpunten op de manier waarop ik dit project heb ingericht.

Ik denk dat het misschien handig was geweest als we aan het begin, net voordat de les begon dat we dan misschien ook een klein beetje tijd hadden om snel een vraag te stellen zodat we niet nog langer hadden moeten wachten.

Ik maakte uit je eerdere antwoorden op dat er meestal een te klein gedeelte van de les hiervoor beschikbaar was.

Ja, dat was soms wel een *struggle*.

Was dat ook aan het begin, toen de lessen wel gewoon nog blokuren [van 75 minuten] waren?

Toen was er soms wel nog een redelijk lange uitleg, maar het was voornamelijk aan het einde, wanneer je eigenlijk toch alles wilde afronden en de laatste vragen had dat je toch wel lang moest wachten. Juist toen waren de lessen 60 minuten.

Zou je dit project nog steeds verkiezen voor het maken van huiswerk en het volgen van de uitleg. Je maakt ook een punt in je reflectie dat je twijfelt of dit project wel voldoende van de uitleg en het huiswerk heeft vervangen.

Ja, dat is omdat je op dit moment Excel alles laat doen en zelf reken je vrij weinig. Op een toets mogen we Excel niet gebruiken en dan is het toch wel meer werk. Ik weet wel hoe het moet [de mediaan of het gemiddelde berekenen], maar ik denk dat je niet leert niet hoe je het zelf moet gaan gebruiken als je het op papier zou moeten doen, zonder technologie.

Het was voor jou nu een bewuste keuze om dit [een combinatie van het project en uitleg] allebei te doen?

Ja.

Nog steeds het liefst zelfstandig? Want de uitleg die mocht je overslaan, heb je dit ook gedaan?

Ik ben vaak gewoon in de uitleg gesprongen uiteindelijk. Je kan namelijk wel wat dingen opnemen of terugkijken in de opnames [de uitleg van de lessen was terug te kijken in de digitale leeromgeving]. Ik heb wel bij delen van de uitleg gezeten, maar ik heb niet het volle blok meegeluisterd.

Eigenlijk een beetje hetzelfde als wanneer je gewoon in het lokaal zou zitten als we op school lessen zouden hebben?

Ja, ja.

Ik kreeg het idee dat je niet helemaal tevreden was met je resultaat, dat maak ik tenminste op uit je reflectie. Je schrijft niet mijn beste werk. Waar komt dat vandaan?

Ik was zeer rommelig tussendoor zacht gezegd soms. Het was voor mij soms niet helemaal duidelijk wat ik wel en niet moest doen. Het was niet zo dat ik er honderd procent vertrouwen in had op sommige momenten.

Dat had je achteraf ook [nog] niet?

Het verschilde, toen ik het echt af had en ingeleverd had, was ik blijer dan ik van tevoren was, maar het was niet wat ik durfde in te leveren bij die ene docent toen ik wetenschapsoriëntatie had, want dan dacht ik dat ik op mijn kop kreeg.

[Uitleg over score leerling door docent]

Speelde [het kunnen verdienen van bonuspunten] mee?

Niet echt, want het zou grappig zijn als ik lager had gehaald dan de andere punten en dat mijn gemiddelde dan ongeveer hetzelfde had gehad. Dat viel wel mee.

Het was bij aanvang van dit project ook nog niet duidelijk of er nog een toets kwam waaraan de bonuspunten konden worden toegevoegd. Het heeft dus weinig invloed gehad om dit project te kiezen?

Je gaf aan dat je concentratie tijdens het afstandsleren nog lager was dan tijdens de lessen op school.

Het is soms moeilijk als de onderste verdieping door mijn vader wordt ingenomen en mijn zusje hier nogal hard het geluid aan heeft staan als ze na de uitleg zit te gamen of te praten met klasgenoten en dat ik me hier zelf op zolder moet opsluiten. Ik kan het soms moeilijk verstaan omdat er dan iets gebeurt in de straat of omdat er hier mensen naar boven komen om te kijken naar de cv-ketel. Dan had ik zoiets van laat ook maar.

Ik kan het me heel goed voorstellen. Het is ook maar gewoon het beste ervan maken, meer kunnen we niet doen in deze tijd. Jij ervoer deze afleiding als erger dan op school?

Ja, op school is er nog dat kleine beetje discipline omdat er een docent zit. Dan is er tenslotte iemand die je vertelt wat je fout doet.

LEERLING 4

Dan gaan we nu beginnen met die eerste fase van het gesprek, en die gaat over de oriëntatie en het onderwerp dat je hebt gekozen. Waarom heb je gekozen voor uitstoot en hoe ben je verder gegaan van het hoofdonderwerp uitstoot en uiteindelijk de productie van vlees, waarop je uiteindelijk terecht bent gekomen?

Ik was met mijn vader aan het kijken, want u had wat onderwerpen doorgestuurd. Dus ik was met mijn vader aan het kijken wat het makkelijkst – niet het makkelijkst, maar wat ik het interessantste vond en wat heel erg in het nieuws is tegenwoordig is uitstoot van bepaalde dingen en niet zozeer uitstoot van iets, maar gewoon alles met het milieu. Ik vond het wel interessant dus heb ik daar uiteindelijk voor gekozen. Aangezien het tegenwoordig ook heel erg is met vegetarisch en wat vinden mensen wel of niet goed met eten en zo. Eerst wilde ik rijst doen, maar die gegevens waren te klein voor het onderzoek dat ik wilde doen. Dus uiteindelijk heb ik voor vlees gekozen, omdat dat best een groot onderwerp is. Je kunt er heel veel over vertellen en mensen vinden er ook heel veel van.

Het klinkt ook een beetje als iets waar je zelf ook mee bezig bent, waar je over nadenkt in het dagelijks leven. Jij gaf al aan dat het vaak in het nieuws komt. Klopt dat, ben je ermee bezig?

Ja, maar ik eet het wel gewoon. Het is wel zo dat je er soms meer over nadenkt. Wat er dan wel en niet goed is, en wij kopen tegenwoordig ook iets meer biologisch vlees dan voorheen. Dus we zijn er wel iets meer mee bezig dan voorheen.

Dat heeft jou ook een beetje jou bewogen om een onderzoek te doen naar vleesproductie. Je hebt een mailtje gekregen aan het begin van het project [met het beoordelingsmodel en mogelijke onderwerpen]. Was bij jou bij aanvang van het project duidelijk wat ervan je verwacht werd? Dus na de uitleg in de les en na dat mailtje.

Voor mij was wel het meeste duidelijk, ik snapte wat ik moest doen. Het was alleen wel wennen met Excel omdat ik daar nooit eerder mee gewerkt heb, maar ik begreep het wel.

Je wist ook wat je uiteindelijk specifiek moest doen als eindproduct? Wist je dat aan het begin al?

Ja. Ik heb wel af en toe vragen gesteld, omdat er af en toe wel wat kleine onduidelijkheden waren, maar ik snapte de lijn wel.

Dus het vormde geen probleem? Je wist niet alles aan het begin, maar je kon wel beginnen zonder alles al te weten?

Ja.

Dan de keuze om het project te doen, dat was een vrijwillige keuze. Waarom heb je ervoor gekozen?

Ten eerste vind ik het interessant om iets te onderzoeken, om te kijken naar bepaalde gegevens en daar iets uit te halen. Aangezien ik volgend jaar wiskunde B wil doen dacht ik het bonuspunt is niet zeker [door coronamaatregelen was dit bij aanvang van het project niet zeker], maar dat maakt me ook niet heel veel uit. Ik doe het project en daar leer ik al iets van, maar als ik dan het bonuspunt krijg dan heb ik tenminste. Dat was ook een reden die meespeelde. Maar dat maakte niet zo heel veel uit.

Dat wist je nog niet aan het begin, ik moest daar heel eerlijk over zijn. Ik wist nog niet of ik een bonuspunt kon toekennen, want ik wist niet of er een toets kwam.

Maar ik had ook met mijn ouders overlegd en zeiden het maakt niet uit of je dat bonuspunt krijgt, maar je laat ook zien dat je er iets voor gedaan hebt. En ik vond het interessant om te doen.

Dan gaan we naar de uitvoering en dat was ook een beetje raar omdat dat op afstand was. Dat was natuurlijk niet de oorspronkelijke bedoeling van dit project. Hoe heeft dat afstandsleren het project beïnvloed?

Ik denk dat ik er meer tijd voor heb gehad dan wanneer ik het op school had kunnen maken, want dan had ik misschien iets meer afleiding gehad. Ik vind het prima dat ik het gewoon met afstandsleren heb gedaan, want ik snapte alles en ik heb het gedaan zoals ik dacht dat het moest. Uiteindelijk maakt het voor mij niet zo'n heel groot verschil.

Het heeft het niet moeilijker gemaakt?

Nee.

Dan de begeleiding, dat was eigenlijk het vragenuurtje of de gedeeltes van de les waarin je vragen kon stellen. Hoe heb je dat ervaren?

Ik vond dat wel fijn, het was wel zo dat de uitleg soms iets langer duurde en dat [leerling 3] en ik dan appten jeetje het duurt wel erg lang, we willen wel nog vragen stellen. Uiteindelijk kon dat nog wel, maar ik heb alle vragen kunnen stellen over wat ik niet snapte. Dus ik vond het prima.

Het was frustrerend dat je moest wachten, maar je hebt uiteindelijk wel alle vragen kunnen stellen.

Ik heb ook het huiswerk gemaakt en tijdens de uitleg ging ik ook gewoon het huiswerk maken, en een beetje op de achtergrond meeluisteren met de uitleg, dus ik heb eigenlijk ook alles gevolgd.

Is dat jouw keuze? Je had enigszins begeleiding, maar het [project] was grotendeels zelfstandig. Wat heeft jouw voorkeur, zelfstandig of met meer begeleiding?

Zelfstandig. Mijn vader heeft ook een aantal keer aangeboden om mee te helpen. Ik vind het fijn als iemand helpt maar diegene moet wel genoeg kennis hebben. Dus uw begeleiding als vakdocent vind ik dan heel fijn,

alleen als mijn vader dan wil helpen moet hij eerst alle boeken doorlezen en dan kan hij me helpen. Dus ik vind het zelfstandig fijner.

Zelfstandig met begeleiding als je erom vraagt?

Ja.

Ik hoorde ook van Janne dat jullie met dezelfde dataverzameling overlegd hebben. Is dat ook hoe jij het het liefst had gezien? Zou je het liefst samen of alleen een project doen als deze?

Zo'n project zou ik liever alleen willen doen, maar wel met iemand die hetzelfde doet en waarmee ik kan overleggen. Als je het samen doet moet je gaan overleggen wie wat gaat doen en dan moet je uiteindelijk alles samenvoegen. Dat is wel moeilijker [op afstand] dan in een klaslokaal. Ik denk dat ik zo'n project zoals ik nu heb gedaan alleen fijner vind dan samen. Het is wel prettig dat [leerling 3] dezelfde dataverzameling had, zodat we af en toe elkaar nog dingen konden vragen.

Dat is ook een vorm van samenwerken, maar dan met een zelfstandig eindproduct. Was dat anders geweest als het niet op afstand was geweest, dus als het in de les was geweest. Had je het dan nog steeds op die manier zelfstandig gedaan?

Ja, dan hadden we denk ik gewoon samen langs elkaar aan een computer gezeten en dan hadden we gewoon ons eigen ding gedaan, en als we dan elkaar even wilden vragen om hier of daar naar te kijken, of even wilden helpen, hadden we dat denk ik gewoon gedaan.

Dat heeft het dus eigenlijk weinig veranderd, het afstandsleren?

Ja.

Dan de moeilijkste vraag over de uitvoering. Dat gaat eigenlijk over de emoties die je voelde en dan bedoel ik vooral momenten die frustrerend waren bijvoorbeeld. Je moet lang wachten. Of juist moment yes, ik snap het, ik heb iets ontdekt zijn er momenten daarin te herkennen.

Ik was heel blij dat ik op een gegeven moment alles gesorteerd had en dat ik ook wist wat ik precies wilde onderzoeken. Want in het begin toen ik keek naar al die getallen in dat uitstootding, dacht ik echt wat moet ik hiermee, wat moet ik met al die zeventig duizend getallen die hierin staan. Toen was het wel even van dit wordt wel even wat pittiger dan ik had verwacht, maar uiteindelijk bleek dat dat helemaal niet zo was dat ik alles moest gebruiken en dat ik gewoon een deel moest gebruiken. Ik heb voor de rest niet echt hele uitschieterende emoties gehad.

Het wachten heb je bijvoorbeeld niet zo ervaren?

Nee.

En ook niet op andere momenten?

Nee, ik heb niet echt een moment gehad waarop iets niet lukte. Wel met dat opnemen van de presentatie, dat je dan af en toe verspreekt en dat je dan helemaal opnieuw moet beginnen. Voor de rest heb ik niet echt iets van een frustratie of iets anders gehad.

Dat las ik ook in je mailtje, dat er iets misging bij dat opnemen.

Dat wel. Ik heb heel de presentatie opgenomen, daar heb ik uiteindelijk wel anderhalf uur over gedaan. Uiteindelijk dan hoor je dat het geluid dan niet goed was en dan moet je gaan uitzoeken hoe het geluid dan beter klinkt. Dan zegt hij op het einde dat hij niet kan opslaan en dan vraag ik me af wat ik dan mis heb gedaan. Is er weer iets met de audio. Dus ik heb [allerlei bestandsformaten] geprobeerd en dat lukte steeds niet. Zo kwam ik

uiteindelijk op een videobestand uit en zo heeft hem ook gekregen. Toen was ik wel blij dat dat gelukt was. Ik heb de presentatie ook gewoon weggeklikt, want het werkte nog steeds niet. Ik heb het wel als een kopie op mijn computer staan. Ik snap het nog steeds niet helemaal, maar hij is aangekomen.

Gelukkig wel. Maar dat was dus wel even meer werk dan het zou moeten zijn?

Ik had net een uur sporten gehad en ging weer aan mijn laptop zitten en ik wilde alles afmaken en opslaan, en toen deed hij het niet. Toen heb ik hem gewoon even laten staan zo van ik kijk er vanavond met mijn vader wel even naar. Toen ben ik na het eten naar mijn laptop gegaan en toen ben ik gaan kijken wat uiteindelijk wel lukte en toen heb ik hem overgezet naar een videobestand. Uiteindelijk heeft dat niet zo heel lang geduurd, maar het was wel even hopen dat het bestand heel bleef.

Gelukkig dat het uiteindelijk wel gelukt is. Ik kan het heel goed voorstellen hoe dat was. Is er nog iets anders dat je over de uitvoering kwijt wil? Over het proces dat je hebt doorlopen?

Ik heb niks dat ik daar nog over kwijt wil. Niet dat ik op dit moment kan verzinnen.

Dan de laatste fase, de reflectie. Bij een presentatie zit er dat [in het eindproduct] niet in. Dat wil ik nu mondeling bespreken. Allereerst, hoe kijk je nu tegen wiskunde aan. Vind je het vervelender nu of juist leuker om de lessen te volgen? Specifiek het project.

Ik heb het gewoon als prima ervaren. Ik vond het niet naar of stom, ik vond het gewoon oké. Wat moet ik erover zeggen, ik vond het gewoon prima.

Het zou ook een volledige vervanging kunnen zijn van de lessen over statistiek. Zou dat je voorkeur hebben?

Ik vond het wel fijn dat ik er wel nog huiswerk ernaast maakte, dan had ik wel gewoon nog dat ik dingen bleef herhalen. Zoals het nu ging vond ik het prima. Ik zou niet gewoon het hoofdstuk vervangen voor zo'n project. Dan weet ik niet of alles ook blijft bij iemand.

Daarbij gaf je aan dat je de uitleg op de achtergrond soms ook gewoon hebt gevolgd. Dus je hebt echt een combinatie gemaakt?

Ja.

Werd je voldoende uitgedaagd bij dit project?

Ja, ik denk het wel. Ik had soms wel het gevoel dat het een vrij klein en specifiek onderzoek was. Dat vond ik gewoon prima en ik heb dat gewoon uitgewerkt. Ik vond het leuk om die presentatie te maken, daar heb ik voor mezelf ook wat uitdagingen in gegooid met die animaties. Ik vond dat wel leuk om te doen.

Wat had je anders gedaan als je dit project nog een keer zou doen? En wat zou je hetzelfde doen?

Weet ik eigenlijk niet.

Ben je helemaal tevreden over hoe het is verlopen?

Ja, ik denk het wel. Ik denk dat ik de informatie die ik gezegd heb iets meer had kunnen uitbreiden, maar ik ben voor de rest wel tevreden over wat ik gemaakt heb.

Je zou niet tegen je eerdere zelf willen zeggen had dit anders gedaan?

Nee, ik heb alles op tijd afgekregen en ook goed bijgehouden. Ik kan op dit moment niet echt bedenken wat ik anders zou kunnen doen.

Dan over mijn aanpak. Dat gaat bijvoorbeeld over de opzet van dit project, maar ook met het vragenkaartje. Wat zou ik daarin anders kunnen doen?

Even nadenken. Weet ik ook niet. Ik vond het gewoon een leuk project en ik vond het gewoon prima aanpak van u ook gewoon goed. Tijdens en na de uitleg, dat duurde af en toe wat langer, maar dat is niet erg. Wij zijn dan zelfstandig aan het werken aan ons project en we kunnen ook gewoon een mail sturen, dus ik vond het gewoon prima.

Je had dus begrip voor het soms langer duren van de uitleg? Het was namelijk niet altijd precies de helft van de les die ik dan nog over had.

Ja, maar dat was ook niet erg. Ik had ook niet altijd vragen. Alleen dan stelde [leerling 3] een vraag en toen dacht ik ik moet even opletten. Dan was ik al uit de vergadering en dan stapte ik er weer in. Ik had wel altijd mijn laptop openstaan als ik bezig was met het project. Dan zag ik die meldingen binnenkomen en kwam ik weer even in de vergadering.

Dan was het fijn om even mee te kijken en stelde jij ook vragen?

Ja, dan dacht ik hier kan ik misschien ook wel een vragen over stellen, want dat begrijp ik niet helemaal. Dan deed ik dat gewoon.

Dan heb ik nog een paar vragen over de presentatie of dingen die me opvielen. Dat zijn vier vragen. Sommige hebben we misschien al besproken. De eerste gaat over een van de vragen in de chat. Je hebt gekozen voor een presentatie en uiteindelijk heb je die opgenomen. Je had het niet fijn gevonden om via Teams bijvoorbeeld de presentatie te geven. Je koos echter wel voor een presentatie. Daar ben ik benieuwd naar.

Ik dacht eerst aan een poster. Ik heb het daar met mijn vader even over gehad en zo, alleen mijn vader zei dat wanneer je een poster maakt — ik dacht dan kan ik dat knippen en plakken en er uiteindelijk een foto van maken — maar mijn vader dacht is dat wel handig om een poster te maken. Als je een poster maakt ziet er dat niet altijd even netjes uit en in een presentatie kun je alles vertellen wat je wil. Je kunt het duidelijk naar voren brengen en je kunt dia per dia. Een poster is alles samen. Ik heb erover nagedacht, want het is uiteindelijk wel mijn eigen keuze, maar toen heb ik voor de presentatie gekozen omdat die informatie dan iets duidelijker is dan wanneer het op een poster staat.

Dat was ook zo geweest als ik had gezegd dat je het moest presenteren in Teams?

Ja. Dan had ik niet mijn camera aangezet. Dat is een van de grootste redenen dat ik dat niet wilde doen, met camera.

Uiteindelijk was je wel blij dat het zo [via een opname] mocht, begrijp ik?

Ja, ik vond zo wel fijn. Dan kon rustig aan mijn bureau zitten en inspreken. Uiteindelijk had ik het andere ook niet heel erg gevonden, maar ik vind het gewoon prima zo.

Kun je een schoolvak noemen waar je onderzoek, naast wiskunde natuurlijk, mee te maken heeft?

Biologie. Met dieren en zo. Engels, misschien, omdat alles [de gegevensverzameling] in het Engels was.

Dat de uitbijterpunten, daar kwam je bij toeval op omdat Excel die tekende. Weet je nu waarom die bestaan en wat het nu daarvan is?

Ja, die getallen zijn zo veel hoger dan de andere getallen, dat die het gemiddelde [mediaan] en de hele boxplot uit elkaar zouden trekken. Dat zou niet logisch zijn.

De laatste vraag. Dat is een conclusie die je nog niet hebt getrokken in je presentatie. Ik ben benieuwd of je die wel hebt gezien. Je geeft aan dat schapenvlees, zeker in Hongarije, een enorme uitstoot heeft, maar in de cirkeldiagram bleek ook dat die keten verwaarloosbaar klein was. Wat voor conclusie kun je daaraan verbinden?

Dat schapen wel heel veel uitstoot hebben terwijl die niet veel geproduceerd worden. Dus er worden eigenlijk niet heel veel schapen in Hongarije geproduceerd, maar ze hebben wel heel veel uitstoot.

BIJLAGE IX: HORIZONTAAL VERGELIJKEN DIEPTE-INTERVIEWS

	Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Totaalbeeld
Oriëntatie					
Vraag 1 Hoe ben je terechtgekomen op het onderwerp van je onderzoek? Is er een persoonlijk interesse?	YouTube. Door gewoon wiskundekanalen op te zoeken en te kijken wat mij aansprak. Nu was het iets specifiekere dan normaal, maar het kwam ook gewoon een keer langs als ik bijvoorbeeld in de vakantie zit. Numberphile en er is een of andere Amerikaanse docent die dat ook doet alleen ben ik de naam vergeten [de Australiër Eddie Woo]	Ik was gewoon op YouTube rond aan het zoeken en ik vond zo'n video. Die zag er wel interessant uit. Het ging over die cirkels met die botsende blokken. Nee, niet bewust. Wel gewoon op dat kanaal. 3Blue1Brown. <i>Jij kijkt vaker dat soort filmpjes op YouTube?</i> Ja, af en toe wel.	Ten eerste vond ik dat het makkelijkste, omdat ik de andere [de andere door de docenten aangeboden dataverzamelingen] nog niet helemaal honderd procent snapte hoe ze werkten. En daarnaast was het ook het interessante. Je bent er soms wel mee bezig. Ik zit zelf op scouting, dus dan zijn we er wel eens mee bezig, maar het is niet dat er zeg maar mijn hele leven omdraait.	Ik was met mijn vader aan het kijken, want u had wat onderwerpen doorgestuurd. Dus ik was met mijn vader aan het kijken wat het makkelijkst – niet het makkelijkst, maar wat ik het interessantste vond en wat heel erg in het nieuws is tegenwoordig. Aangezien het tegenwoordig ook heel erg is met vegetarisch en wat vinden mensen wel of niet goed met eten en zo. [...] Je kunt er heel veel over vertellen en mensen vinden er ook heel veel van. [...] Wij kopen tegenwoordig ook iets meer biologisch vlees dan voorheen.	Alle leerlingen kunnen een persoonlijk interesse aanhalen om hun onderwerpkeuze te motiveren. Twee leerlingen hebben een duidelijke affiniteit met wiskunde. Ze geven aan in hun vrije tijd wiskundige filmpjes van bekende YouTubers te bekijken en noemen concrete voorbeelden van kanalen die wiskundig van hoog niveau zijn^{iv}. Hoewel bij twee leerlingen sprake lijkt te zijn van een sociaal wenselijk 'interessant', kunnen ook zij een koppeling maken met hun persoonlijke beleavingswereld. De algemene indruk is dat alle leerlingen een onderwerp hebben gekozen dat in ieder geval een concrete betekenis voor hen heeft.
Vraag 2 Wat was wel/niet duidelijk aanvang van het project? Wist je wat er van je verwacht werd?	Op zich wel. Je kreeg dat beoordelingsblad en omdat ik gymnasium met wetenschapsoriëntatie heb gedaan zit er toch wel verschil tussen de vakken en weet je niet honderd procent wat je er wel in moet stoppen en	Ja. Eigenlijk wel. Het moest gewoon iets gerelateerd aan wiskunde zijn, dat niet al te makkelijk was en je zelf snapte	Op zich wel. Er was in het begin heel veel uitleg over alles. In het begin was het soms vaag wat er allemaal in moest. Nu was het zo van wat moet ik er nu eigenlijk in zetten? Op het	Voor mij was wel het meeste duidelijk, ik snapte wat ik moest doen. Het was alleen wel wennen met Excel omdat ik daar nooit eerder mee gewerkt heb, maar ik begreep het wel.	Geen van de leerlingen antwoordt met een volmondig 'ja' op de vraag of het project bij aanvang volledig duidelijk was. Gaandeweg werd dit echter duidelijker. Bovendien bood het beoordelingsmodel hen houvast. Twee

^{iv} Leerlingen noemen 3Blue1brown, Numberphile en Eddie Woo, alle drie van hoge kwaliteit en vaak (voor de leerlingen) erg verdiepend

	wat je er niet in moet stoppen.	en uit kon leggen.	einde was het wel zo van wat moet ik, zijn er nog dingen die er per se op de poster moesten en dat wist ik dan niet helemaal .	Ja. Ik heb wel af en toe vragen gesteld, omdat er af en toe wel wat kleine onduidelijkheden waren, maar ik snapte de lijn wel.	leerlingen gaven aan bij het vak wetenschapsoriëntatie ervaring op te hebben gedaan bij het inrichten van een onderzoeksproject.
Vraag 3 Waarom heb je ervoor gekozen om dit project uit te voeren?	Het huiswerk was redelijk snel klaar . Dan deed ik snel alle opdrachten en dan had ik wel de formatieve toetsen en dat soort dingen. Dan was het zo van als ik iets extra's kon doen hoefde ik ook niet de hele tijd niks te doen . Ik heb voor het onderwerp gekozen omdat het me interesseert en dat ik ook nog iets grappigs kon doen . Ik mocht niks anders doen [niet aan een ander vak werken].	Uiteindelijk was huiswerk maken gewoon meer werk . Ik ben niet zo van meer werk. Daarom heb ik dit project gekozen. <i>Niet omdat het leuker leek?</i> Dat ook wel, maar natuurlijk ook gewoon voor de extra punten .	Ik weet nog van vorig jaar dat dit voor mijn niet de moeilijkste hoofdstukken waren. Ik had gezien dat ik niet al te veel huiswerk had omdat ik alleen de dikgedrukte opgaven [opdrachten voor de groene differentiatiegroep] moet maken. Ik had nog redelijk veel vrije tijd , ondanks dat ik ook gewoon het huiswerk zou maken.	Ten eerste vind ik het interessant om iets te onderzoeken , om te kijken naar bepaalde gegevens en daar iets uit te halen. Aangezien ik volgend jaar wiskunde B wil doen dacht ik het bonuspunt is niet zeker [door coronamaatregel en was dit bij aanvang van het project niet zeker], maar dat maakt me ook niet heel veel uit. Ik doe het project en daar leer ik al iets van, maar als ik dan het bonuspunt krijg dan heb ik dat tenminste.	Drie leerlingen halen het snel klaar zijn met huiswerk aan als voornaamste reden. Ze hebben veel vrije tijd tijdens de coronamaatregelen of ze verkiezen het uitvoeren van een project boven het maken van bovenbouwopgaven. De te verdienen bonuspunten zijn daarbij mooi meegenomen. Eén leerling noemt dit als belangrijkste reden. Ook persoonlijk interesse en de mogelijkheid iets te onderzoeken worden genoemd.
Uitvoering					
Vraag 4 Heb je voldoende begeleiding ervaren? Werk je liever zelfstandig of onder begeleiding? Werk je liever samen of alleen?	Op zich was het fijn om zelf te werken , want dat maakt het ook fijner. Stel je voor, dan moet ik het weer opnieuw vragen, want dan is het gewoon gedaan. Dan is het weer van oké, dan hoef ik niks meer te doen. Dan wist ik ook gewoon het moet af. De motivatie werd er daardoor wel groter door .	Ja. Als ik iets ga doen doe ik dat vaak zelf alleen . <i>De begeleiding die ik je had kunnen bieden die had jij dus ook niet nodig?</i> Nee.	Ik wist niet honderd procent hoe Excel werkt, waardoor ik uiteindelijk toch wel begeleiding moest vragen , omdat YouTube niet altijd alles had. Dan gebruikten ze een oudere versie van Excel en had ik zo van wie, wat, waar, wanneer en hoe. Ik heb wel vaak met [leerling 4] besproken hoe bepaalde dingen moesten, dus wij	Ik vond dat wel fijn, het was wel zo dat de uitleg soms iets langer duurde en dat [leerling 3] en ik dan appten jeetje het duurt wel erg lang, we willen wel nog vragen stellen. Uiteindelijk kon dat nog wel, maar ik heb alle vragen kunnen stellen over wat ik niet snapte. Dus ik vond het prima. Zelfstandig.	De leerlingen beschrijven zelfstandig onder begeleiding werken als de werkwijze met hun persoonlijke voorkeur. Twee leerlingen hebben op basis van dezelfde dataverzameling twee verschillende onderwerpen onderzocht. Zij beschrijven het als positief om individueel aan een project te werken, maar wel steun aan elkaar te vragen bij

			hadden wel een vorm van communicatie , maar natuurlijk was het leuker als je dit bijvoorbeeld ook in een groepje had kunnen doen.		bijvoorbeeld het werken met Excel. Groepswerk onder deze omstandigheden heeft niet hun voorkeur, maar op school ligt dat voor sommigen anders.
Vraag 5 Waren er tijdens de uitvoering van het onderzoek momenten waarop je bepaalde emoties ervoer (gefrustreerd, blij)?	Het verwoorden van dingen, was zo van nee, <i>scrap</i>, nee, weer opnieuw en dan op een begeven moment was het ook zo van nu laat ik het ook gewoon staan en ik ben er klaar mee. Dus die frustratie was er soms wel, maar er waren ook leuke momenten. Dan begreep je iets. Er waren ook trucjes die ik al eerder kende, die kon ik dan gewoon opschrijven, wat het een stuk makkelijker maakte. Dingen die je in vorige jaren hebt geleerd, toen ik bijvoorbeeld met de Team Math Challenge heb meegedaan, kon ik daar wel instoppen. Dingen zoals de driehoek van Pascal en wat je daar allemaal niet in kan vinden.	Er was een week waarin ik gewoon wat minder deed. Toen ik weer begon ging ik gewoon weer goed verder, zoals die week ervoor. Dat was een week waarin ik eigenlijk interesse verloor. Ja, ik moest het toch afmaken en toen begon ik weer een keer en toen ging hij gewoon weer. Ja, dat was toch wel het moment waar hij die hoeken begon te tekenen. Dat moment dacht ik dat werkt zo, dan pak je de tangens daarvan en dan heb je die hoek, en dat was eigenlijk het moment waarop alles samenklikte.	Er waren wel dingen die ik heb geleerd, maar ik weet ook dat er momenten waren waarop ik en [leerling 4] gewoon zaten te appen zo van hoe lang moeten wij nog lachten tot die uitleg voorbij is. Dat was meestal tijdens de kernlessen, want dan werd er het volle uur gepraat. Dan was het zo van, nu mag ik nog een uur gaan wachten. Het was soms heel moeilijk om, ik weet niet wat er steeds misging, maar mijn poster heb ik meer dan vier keer opnieuw moeten maken omdat de foto niet wilde plakken of omdat de tekst opeens vervormde.	Ik was heel blij dat ik op een gegeven moment alles gesorteerd had en dat ik ook wist wat ik precies wilde onderzoeken. Want in het begin toen ik keek naar al die getallen in dat uitstootding, dacht ik echt wat moet ik hiermee, wat moet ik met al die zeventig duizend getallen die hierin staan. Toen was het wel even van dit wordt wel even wat pittiger dan ik had verwacht, maar uiteindelijk bleek dat dat helemaal niet zo was dat ik alles moest gebruiken en dat ik gewoon een deel moest gebruiken Ik heb heel de presentatie opgenomen, daar heb ik uiteindelijk wel anderhalfuur over gedaan. Toen was ik wel blij dat dat gelukt was.	Er worden door de leerlingen zowel positieve als negatieve kritieke punten in het proces beschreven. Positieve ervaringen vloeiden voort uit 'ontdekkingen'. Leerlingen noemen het ontdekken van bekende concepten in de driehoek van Pascal en de samenhang tussen de lesstof en hun onderzoek. Negatieve ervaringen ontstonden bij haperende software, maar soms ook bij het beschrijven of visualiseren van ontdekkingen. Twee leerlingen noemen het moeten wachten op een moment om vragen te stellen als negatief aspect.

Vraag 6 Hoe heeft het leren op afstand het project beïnvloed?	Dit is niet echt een periode die verschrikkelijk handig is met huiswerk . Het was meer zo van ik moest de motivatie in het begin ervoor zoeken . Dan is het niet zo van dit moet . Ik hoef het niet te doen. Er staat nergens dat ik het moet doen.	Wel minder, maar nog wel een beetje af en toe.	Aan de ene kant heb ik het gevoel dat de uitleg langer was dan eerst. Dus bijvoorbeeld in vergelijking met voordat we naar huis gingen. Voor de rest is het een hele andere manier om met dingen te werken dan dat je daarvoor deed. We moesten bijvoorbeeld met Excel gaan werken. Dan was het zo van, oké, en nu? Ik denk het niet, want ik denk dat mijn concentratie thuis nog slechter is dan op school. Dus het was wel een gok. In het begin zeker.	Ik denk dat ik er meer tijd voor heb gehad dan wanneer ik het op school had kunnen maken, want dan had ik misschien iets meer afleiding gehad. Ik vind het prima dat ik het gewoon met afstandsleren heb gedaan, want ik snapte alles en ik heb het gedaan zoals ik dacht dat het moest. Uiteindelijk maakt het voor mij niet zo'n heel groot verschil .	Leerling 1 kan thuis moeilijker motivatie opbrengen, leerling 3 kon zich thuis moeilijker concentreren. Beide geven aan de discipline van school te missen.
Reflectie					
Vraag 7 Hoe is je motivatie voor het vak wiskunde veranderd? Vond je het leuker/minder leuk? Werd je voldoende uitgedaagd?	Het is aan de ene kant natuurlijk een stuk specifiek naar wat je echt gaat kijken en wat je er allemaal (binnen het onderwerp) aan kan doen bijvoorbeeld. Het liep niet helemaal samen met de stof die we op dat moment deden, waardoor ik soms niet helemaal wist wat ik moest gebruiken.	Nou het heeft niet echt meer of minder bezorgd, dus het is eigenlijk gewoon neutraal gebleven. Niet echt , eigenlijk. Ja, was wel fijn dat ik tijdens de les gewoon iets kon doen wat me nog wel meer interesseerde dan het boek .	Ik weet het eigenlijk niet. Het was wel fijn dat je iets anders zoals Excel hebt kunnen gebruiken. Ik heb er ook veel van geleerd, maar daar [van Excel] kwam ook veel frustratie van. Ik denk het niet, want ik denk dat mijn concentratie thuis nog slechter is dan op school. Dus het was wel een gok. In het begin zeker. Zeker!	Ik heb het gewoon als prima ervaren. Ik vond het niet naar of stom, ik vond het gewoon oké. Wat moet ik erover zeggen, ik vond het gewoon prima. Ik vond het leuk om die presentatie te maken, daar heb ik voor mezelf ook wat uitdagingen in gegooid met die animaties. Ik vond dat wel leuk om te doen.	Leerlingen vonden het moeilijk om hun motivatie voor wiskunde in woorden te beschrijven. Leerlingen geven op verschillende momenten aan het project soms als moeilijk of uitdagend te ervaren. Twee leerlingen hebben het project aangegrepen om zichzelf uit te dagen. Leerling 2 deed dat met verdieping in wiskunde, terwijl leerling 4 deze uitdaging zocht in het maken van animaties in PowerPoint.
Vraag 8	Op zich was het fijn om zelf te werken ,	Het project was toch	Ik weet wel hoe het moet [de	Ik vond het wel fijn dat ik er wel	De leerlingen hebben een

Wat heeft je voorkeur: leren via een project of met uitleg en huiswerk? Waarom?	want dat maakt het ook fijner. Stel je voor, dan moet ik het weer opnieuw vragen, want dan is het gewoon gedaan. Dan is het weer van oké, dan hoef ik niks meer te doen. Dan wist ik ook gewoon het moet af . De motivatie werd er daardoor wel groter door.	nog wel het leukst . Op de tweede plek zou ik dan de boeken zetten, B en D, en daarna toch wel het werkblad.	mediaan of het gemiddelde berekenen], maar ik denk dat je niet leert niet hoe je het zelf moet gaan gebruiken als je het op papier zou moeten doen, zonder technologie.	nog huiswerk ernaast maakte, dan had ik wel gewoon nog dat ik dingen bleef herhalen. Zoals het nu ging vond ik het prima. Ik zou niet gewoon het hoofdstuk vervangen voor zo'n project. Dan weet ik niet of alles ook blijft bij iemand.	voorkeur voor een zelfstandig project. Als redenen noemen zij motivatie, Opvallend is dat leerling 4 zich zorgen maakt over missen van de uitleg.
Vraag 9 Welke zaken zou je bij een volgend project anders aanpakken? Waarom?	Er zit toch wel een verschil tussen projecten. Nu moest ik vooral leren hoe het op te schrijven om het uit te leggen. Ik kon de link tussen de hoofdstukken moeilijker leggen. Daarnaast is het misschien beter om een planning te maken .	De PowerPoint was een beetje niet echt geordend. Er zat af en toe gewoon een dia tussen die op de verkeerde plek stond. Soms was er iets niet goed ingekomen. Dat had in nog wel beter kunnen herhalen. Ik denk het niet. Ik heb het gewoon af gekregen en meer informatie denk ik niet dat ik erin had kunnen krijgen. Dus ik denk dat het daarmee gewoon goed zit.	Beter mijn vragen opschrijven, want die vergat ik als ik twee uur moest wachten. Dan was het aan het einde van het vierde blok zo van, wat wild eik ook alweer vragen. Dan wist ik dat ik of een mail moest gaan sturen of ik moest een week gaan wachten. Dat klonk niet altijd even aantrekkelijk.	Ja, ik denk het wel. Ik denk dat ik de informatie die ik gezegd heb iets meer had kunnen uitbreiden , maar ik ben voor de rest wel tevreden over wat ik gemaakt heb. Nee, ik heb alles op tijd afgekregen en ook goed bijgehouden. Ik kan op dit moment niet echt bedenken wat ik anders zou kunnen doen.	Leerlingen kijken kritisch naar hun eigen proces en het resultaat. Ze geven concrete voorbeelden van zaken die beter of meer verdiepend kunnen worden uitgewerkt. Ook praktische zaken, zoals het maken van een planning en het bijhouden van een vragen dragen de leerlingen zelf aan als verbeterpunten.
Vraag 10 Welke zaken zou ik de volgende keer anders aan moeten pakken? Waarom?	Op zich niet. Je had natuurlijk wel lessen waar er heel de tijd uitleg werd gegeven en dan kon je niet echt een vraag stellen . Dan moest ik een hele dag	Niet echt iets eigenlijk.	Ik denk dat het misschien handig was geweest als we aan het begin, net voordat de les begon dat we dan misschien ook een klein	Ik vond het gewoon een leuk project en ik vond het gewoon prima aanpak van u ook gewoon goed. Tijdens en na de uitleg, dat	Drie leerlingen geven aan de beperkte mogelijkheid om vragen te stellen als mogelijk verbeterpunt te zien. Over het

	wachten of een hele week. Dat maakt het dan soms wel moeilijk. Dan kon je dus gewoon niet verder. Was je vaker klaar met het huiswerk, dan was het zo van en nu?		beetje tijd hadden om snel een vraag te stellen zodat we niet nog langer hadden moeten wachten.	duurde af en toe wat langer, maar dat is niet erg. Wij zijn dan zelfstandig aan het werken aan ons project en we kunnen ook gewoon een mail sturen, dus ik vond het gewoon prima.	algemeen zijn ze tevreden. Bovendien beschrijven ze hun eigen verantwoordelijkheid in het stellen van vragen.
--	---	--	---	---	--

	Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4
Leerlingspecifieke vragen				
Vraag a	<i>In je bronnenlijst geef je verschillende links naar filmpjes en andere bronnen. Kun je aangeven hoe je op zoek bent gegaan naar de onderwerpen en waarom je juist deze uiteindelijk hebt gekozen.</i> YouTube. Door gewoon wiskundekanalen op te zoeken en te kijken wat mij aansprak.	<i>Omdat je heel duidelijk een verband had met natuurkunde, was dat ook omdat je een persoonlijk interesse hebt voor natuurkunde?</i> Ja. Dat is eigenlijk wel het vak waarin ik het meest wil verdergaan. Nou ja, die richting kwam er eigenlijk vanzelf. Die zat er al in en daar heb ik gewoon een beetje op uitgebreid.	<i>Ik vind op je poster niks terug over je persoonlijke interesse of motivatie bij het onderwerp uitstoot. Waarom heb je voor dit onderwerp gekozen?</i> Je bent er soms wel mee bezig. Ik zit zelf op scouting, dus dan zijn we er wel eens mee bezig, maar het is niet dat er zeg maar mijn hele leven omdraait.	<i>Met welke schoolvakken heeft jouw onderzoek (naast wiskunde) te maken? Kun je dit verband beschrijven?</i> Biologie. Met dieren en zo. Engels, misschien, omdat alles [de gegevensverzameling] in het Engels was.
Vraag b	<i>Je geeft aan de beschreven trucjes vaker te gebruiken bij familie en vrienden. Kun je daar meer over vertellen?</i> Soms, ligt eraan. Mijn zusje wil dan dat ik het gelijk uitleg en dan kan ik het niet meer ergens anders doen.	<i>Ik heb het idee dat je in je vrije tijd vaker gerelateerde video's bekijkt. Klopt dat? Welke kanalen en onderwerpen hebben je interesse?</i> Ja, af en toe wel. 3Blue1Brown. Niet echt heel veel meer. Vooral die.	<i>Je geeft aan dat het soms moeilijk was om vragen te stellen. In principe was de tweede helft van iedere helft beschikbaar voor vragen. Kun je deze uitspraak toelichten?</i> In de lessen op zich wel. Soms was het wel moeilijk, dan had je een vraag hoe je iets moest doen en dan waren er op sommige momenten als je niet wist hoe je iets moest doen, dan kon je ook niet heel makkelijk verder werken en dat	Als je een poster maakt ziet er dat niet altijd even netjes uit en in een presentatie kun je alles vertellen wat je wil. Je kunt het duidelijk naar voren brengen en je kunt dia per dia. Een poster is alles samen. Ik heb erover nagedacht, want het is uiteindelijk wel mijn eigen keuze, maar toen heb ik voor de presentatie gekozen omdat die informatie dan iets duidelijker is dan wanneer het op een poster staat.

			zijn lessen geweest waarin ik voornamelijk alleen maar huiswerk gemaakt heb tot laten we zeggen de laatste tien minuten, want toen kon ik vragen stellen.	Ja, ik vond zo wel fijn. Dan kon rustig aan mijn bureau zitten en inspreken. Uiteindelijk had ik het andere ook niet heel erg gevonden, maar ik vind het gewoon prima zo.
Vraag c	Ik houd niet van presenteren. Ik durf echt niet voor een klas te staan. Ik heb nu een stuk meer moeten opschrijven, terwijl [leerling 2] het gewoon kon laten zien. Hij kon gewoon steekwoorden opschrijven. Waardoor het bij mij wel een stuk langer duurde. Het was meer zo van, stel je voor, ik moest die piramide maken voor de driehoek van Pascal. Dat kan niet in Word zelf, dan moet je echt iets vinden dat je gewoon kan invullen. Wat in het begin wel moeilijk was, maar als je er eenmaal een hebt gevonden gaat het wel.	<i>Je hebt er zelfstandig gewerkt en nauwelijks vragen gesteld. Kun je beschrijven hoe je te werk bent gegaan?</i> Het begin was natuurlijk vooral onderzoek. Wat kan ik doen? Hoe werkt het? Waar gaat het precies over? Daarna was het hoe ga ik dit presenteren? Vervolgens was het gewoon dieper gaan in ieder stuk en gewoon opschrijven hoe dat werkt. Vervolgens in een PowerPoint zetten en daarna een soort van script ontwikkelen.	<i>Ik kreeg het idee dat je niet helemaal tevreden was met je resultaat, dat maak ik tenminste op uit je reflectie. Je schrijft niet mijn beste werk. Waar komt dat vandaan?</i> Ik was zeer rommelig tussendoor zacht gezegd soms. Het was voor mij soms niet helemaal duidelijk wat ik wel en niet moest doen. Het was niet zo dat ik er honderd procent vertrouwen in had op sommige momenten. Het verschilde, toen ik het echt af had en ingeleverd had, was ik blijer dan ik van tevoren was, maar het was niet wat ik durfde in te leveren bij die ene docent toen ik wetenschapsoriëntatie had, want dan dacht ik dat ik op mijn kop kreeg.	Ja, die getallen zijn zo veel hoger dan de andere getallen, dat die het gemiddelde [mediaan] en de hele boxplot uit elkaar zouden trekken. Dat zou niet logisch zijn.
Vraag d	<i>Je geeft aan veel geleerd te hebben, iets dat ik terugzie in je verslag. Kun je uitleggen hoe de onderwerpen die je onderzocht hebt (magisch vierkant, Sierpińskidriehoek en Fibonaccireeks) verband houden met de lesstof van leerjaar 3?</i> Ja, voornamelijk bij de Fibonaccireeks kwam dat terug, omdat je daar toch dingen erbij en eraf	<i>Je hebt een mooi verband tussen wiskunde en natuurkunde gelegd tijdens je presentatie. Zijn er vaker momenten waarop je dit vakoverstijgende aspect tegenkomt op school?</i> Niet heel vaak, maar af en toe toch wel een beetje. Ik wist het natuurlijk al, omdat ik dit jaar al eens heb gedaan,	<i>Je gaf aan dat je concentratie tijdens het afstandsleren nog lager was dan tijdens de lessen op school.</i> Het is soms moeilijk als de onderste verdieping door mijn vader wordt ingenomen en mijn zusje hier nogal hard het geluid aan heeft staan als ze na de uitleg zit te gamen of te praten met klasgenoten en dat ik me hier zelf op zolder moet opsluiten. Ik kan het soms moeilijk	Dat schapen wel heel veel uitstoot hebben terwijl die niet veel geproduceerd worden. Dus er worden eigenlijk niet heel veel schapen in Hongarije geproduceerd, maar ze hebben wel heel veel uitstoot.

	doet. Dat was wel handig. <i>Dat heb je ook met letterrekenen laten zien.</i> Ja.	maar het was wel handig ja.	verstaan omdat er dan iets gebeurt in de straat of omdat er hier mensen naar boven komen om te kijken naar de cv-ketel. Dan had ik zoiets van laat ook maar.	
--	--	------------------------------------	---	--

BIJLAGE X: SAMENVATTING LEERLINGMATERIAAL

LEERLING 1

N - 20	1	12	7
11	8	N - 21	2
5	10	3	N - 18
4	N - 19	6	9

Stel je voor het getal zou 34 zijn dan zou je het zo moeten doen.

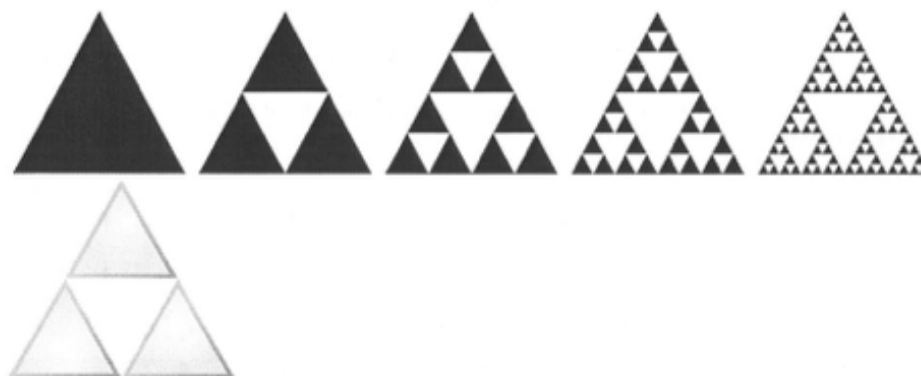
34 - 20	1	12	7
11	8	34 - 21	2
5	10	3	34 - 18
4	34 - 19	6	9

Het dit zou het resultaat zijn.

14	1	12	7
11	8	13	2
5	10	3	16
4	15	6	9

De truc is alleen nu nog om het een beetje mooi te verkopen. Omdat mensen liever niet hun leeftijd of gewicht zeggen (zeker dames) vraag je gewoon om een getal tussen de 21 en 65 anders maak je het alleen maar moeilijk voor jezelf. Probeer de getallen steeds anders neer te zetten anders gaan ze merken dat je steeds dezelfde getallen plaatst.

Wat als we de even nummers nu als een 0 opschrijven en de oneven als een 1. En alle 1 die diagonaal of verticaal met elkaar verbonden zijn zou arceren. Komt dit eruit:



Het lijkt een beetje op de Triforce van Zelda of niet soms. De driehoek dit hieruit komt is de driehoek van Sierpinski. Wat dat inhoudt is dat je steeds de driehoek in een andere gelijke driehoek weg haalt door er een onderste boven in te zetten.

Natuurlijk zijn er nog veel meer dingen te vinden in de driehoek van Pascal, maar dat zijn er zoveel dat ze waarschijnlijk nog niet allemaal ontdekt zijn.

Voor het trucje dat hierbij hoort heb je nogal wat ruimte nodig.

Je gaat ze vragen voor 10 willekeurige getallen tussen de 1 en de 9.

Voor het gemak kan je er A t/m J boven schrijven.

Als voorbeeld gebruiken we de getallen 1 t/m 9 + 1.

Je gaat de ander nu vragen om de 1 + de 2 te doen en dan de 2+3 om het eronder te zetten. Net zoals in de driehoek van Pascal. Dit moeten ze blijven doen tot ze maar op een getal uitkomen. Maar iedere keer dat het getal 10 of hoger is moeten ze er 9 van af halen. Zodat we niet op een te groot getal uitkomen.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
	3	5	7	9	2	4	6	8	1
		8	3	7	2	6	1	4	9

De som van al deze getalen is:

$$A + 9B + 36C + 84D + 126E + 126F + 84G + 36H + 9I + J$$

Omdat we steeds die negens weg hebben gehaald moeten we dat nu ook doen.

$$A + 3D + 3G + J$$

Natuurlijk kunnen hier nog steeds negens in zitten daarom delen we het nog een keer door 9

$$(A + 3D + 3G + J) : 9 =$$

Hier komt een breuk:

$$Q \frac{R}{9}$$

R is hierbij het antwoord dat uitkomt als laatste getal.

$$\pi = 3,1415926535897932384626...$$

Verschillende manieren

- Leibniz formule
- Monte Carlo
- Botsende blokken

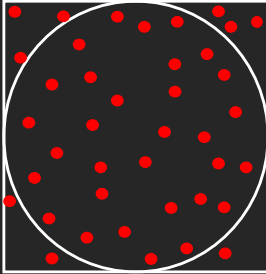
$$\pi = 3,1415926535897932384626...$$

Leibniz formule

$$1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} \dots = \frac{\pi}{4}$$

Monte Carlo

Maar hoe bereken je zo π ?



Stap 1. Verdeel de punten over het hele gebied van de cirkel.

punten in totaal: 40
punten in cirkel: 31

$$\times 4 = 3.1775$$

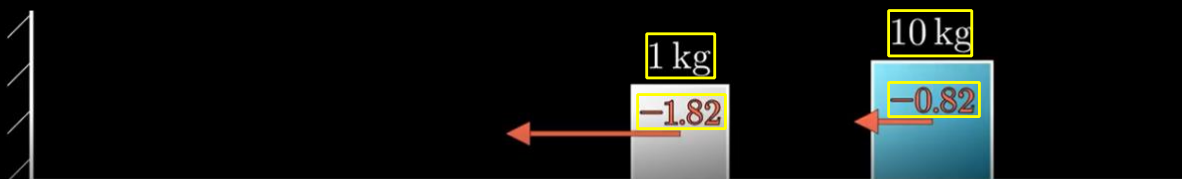
Botsende blokken

Maar waarom is dit π ?

$$\text{Kinetische Energie} = \frac{1}{2} m v^2$$

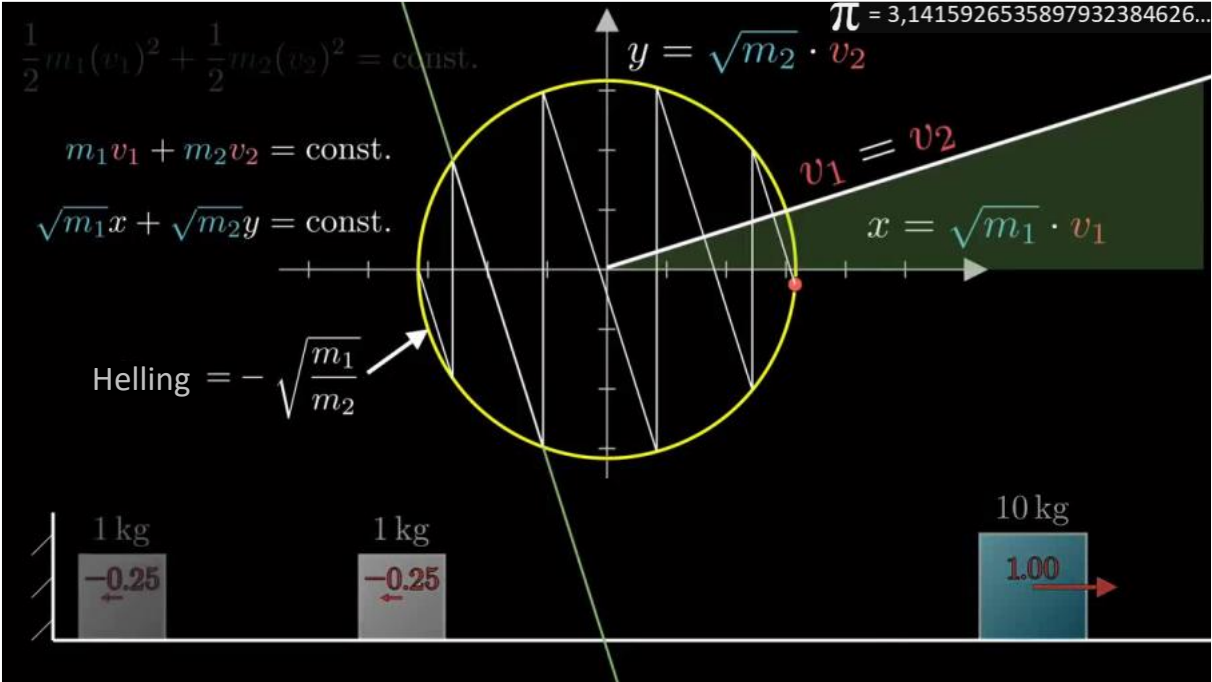
$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

Energie blok 1 + Energie blok 2 = constant getal



$\pi = 3,1415926535897932384626\dots$

Massaverhouding	θ Formule	θ value
$m_1 : m_2$	$\arctan(\sqrt{m_2}/\sqrt{m_1})$	
100 : 1	$\arctan(1/10)$	0.0996686524...
10,000 : 1	$\arctan(1/100)$	0.0099996666...
1,000,000 : 1	$\arctan(1/1,000)$	0.0009999996...
100,000,000 : 1	$\arctan(1/10,000)$	0.0000999999...
10,000,000,000 : 1	$\arctan(1/100,000)$	0.0000099999...



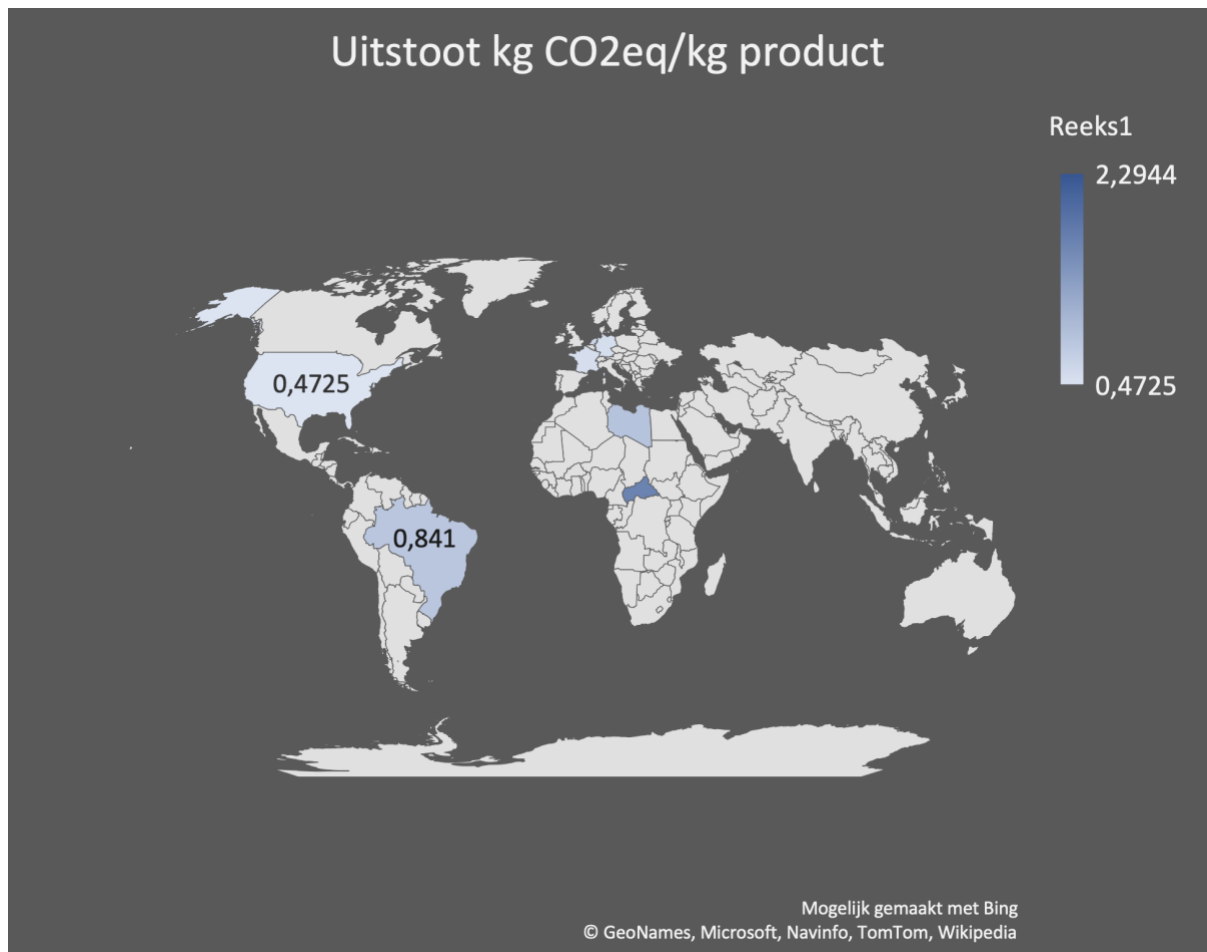


Fig. 5: landen op de wereldkaart

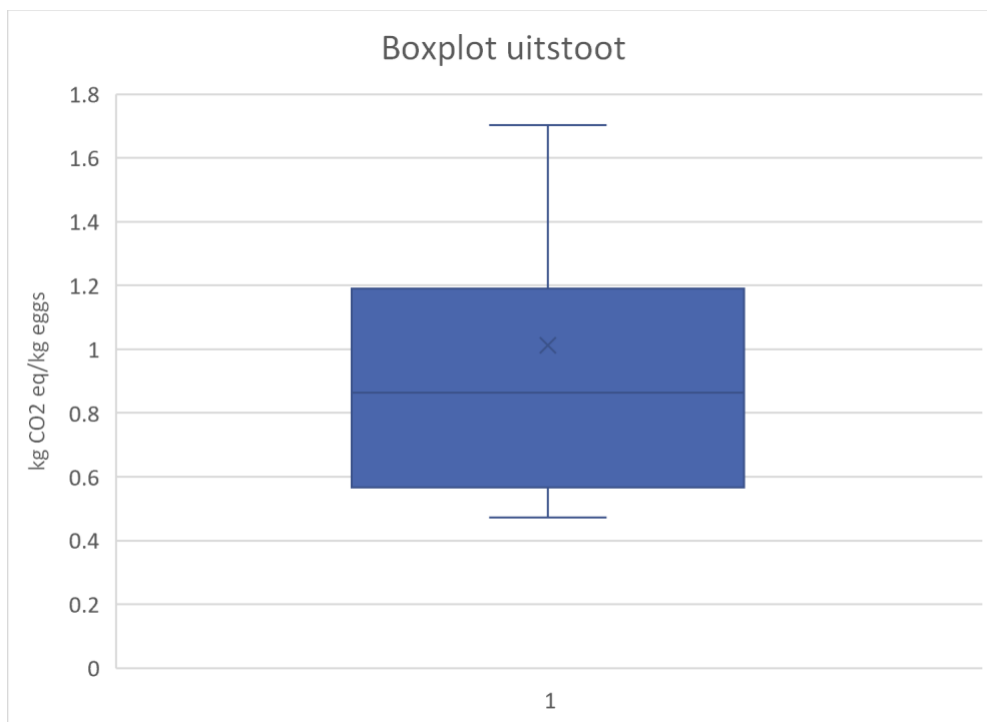


Fig. 3: boxplot

	countries ranked lowest to highest Emissions	Incomparison to average	Incomparison to min.	Incomparison to max.
1	United States of America	46,72%	100%	20,59%
2	France	53,16%	113,78%	23,43%
3	Germany	53,75%	115,05%	23,69%
4	Netherlands	62,46%	133,69%	27,53%
5	Brazil	83,16%	177,99%	36,65%
6	Libya	87,60%	187,49%	38,61%
7	Dominica	91,51%	195,85%	40,33%
8	Antigua and Barbuda	126,31%	270,35%	55,67%
9	Central African Republic	168,45%	360,55%	74,25%
10	Kiribati	226,87%	485,59%	100%

Fig. 6: de landen met het gemiddelde, het min. en het max. vergeleken

Land	kg CO2eq/kg eggs	Y2016F
Brazil	0,841	Fc
France	0,5376	Fc
Germany	0,5436	Fc
Netherlands	0,6317	Fc
United States of America	0,4725	Fc

Fig. 7: overzicht grootste exportlanden

Mediaan	0,5436
Gemiddelde	0,60528
Q1	0,5376
Q2	0,5436
Q3	0,6317
Spreidingsbreedte	0,3685
Kwartielafstand	0,0941

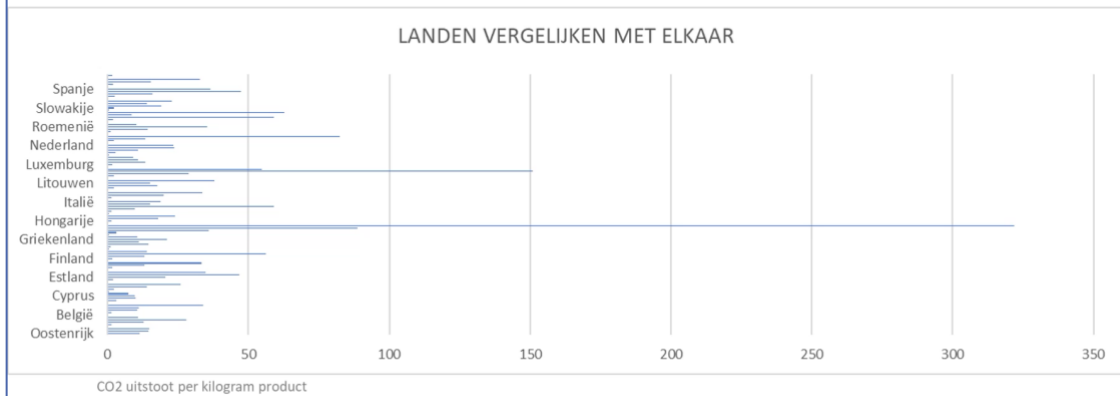
Fig. 8: berekende informatie (mediaan, gemiddelde en kwartiel)



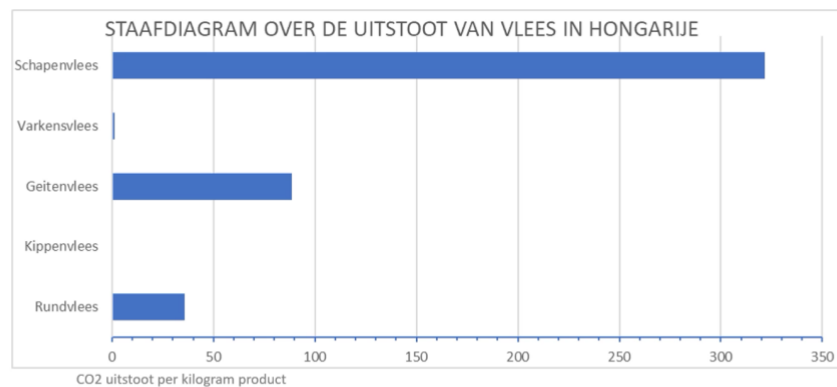
Onderzoeksvraag

Welk Europese land heeft de meeste uitstoot in vlees en wat voor soort vlees is dat en hoe verhoudt zich dat tot andere landen?

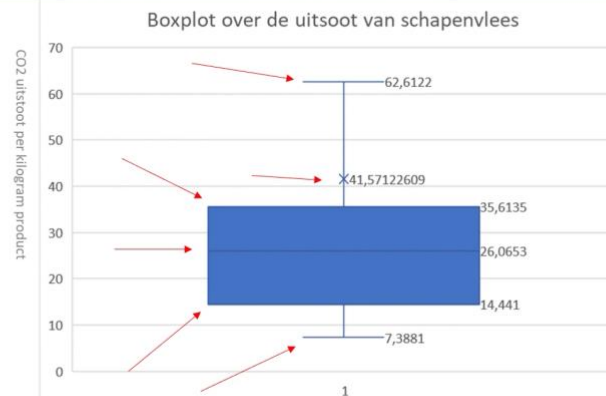
Landen vergelijken met elkaar



Vlees in Hongarije



De verhouding tot andere landen



De productie van producten in Hongarije

