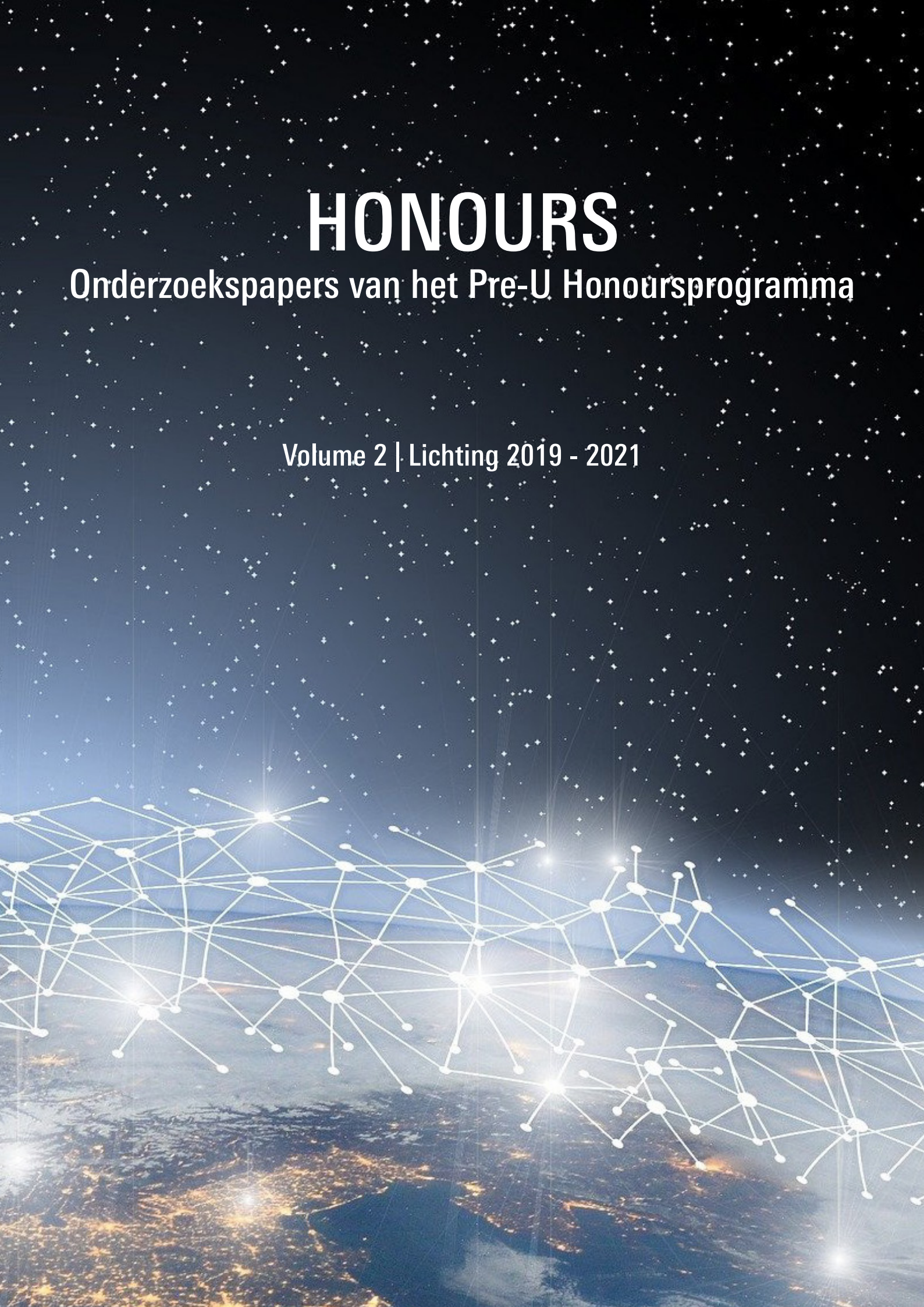


HONOURS

Onderzoekspapers van het Pre-U Honoursprogramma

Volume 2 | Lichting 2019 - 2021



**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Pre-University

Inhoudsopgave

TECHNOLOGIE

L.J. van Assen, W.H.M. Heijne et al. “Haalbaarheidsonderzoek naar het gebruik van Reverse Elektrolyse in Nederland”

L.W.H. Hofmeijer, N. Wilgenhof et al. “De effectiviteit van abstracte en concrete oefenopgaven bij natuurkundeleerlingen op het middelbaar onderwijs”

L. Malki, L. Meijer, M. de Winter et al. “Luminol chemoluminescentie en de toepassingen daarvan voor het vervangen van elektrisch licht”

P.A.J. Lukens, S.A. van de Pol et al. “De toegevoegde houdbaarheid en schadelijkheid van kaliumsorbaat (E202) en natriumbenzoaat (E211)”

S. Huysmans, M.A. Kroese et al. “De invloed van diverse pH-verlagers op plantengroei van de basische grond van Mars”

NATUURWETENSCHAP

Henrike Koenderink, Jasmijn Oude Nijhuis et al. “Boom het zwaargewicht in de strijd tegen klimaatverandering”

N.J.Z. Bickes, Z. Proost et al. “Beïnvloeding van de levenskwaliteit van PKU-patiënten door middel van een home monitoring apparaat”

A. Arabou, K. Krikour et al. “Taste-memory connection: Het effect van smaak op het geheugen van adolescenten van 17 en 18 jaar”

W.F.G. Rorink, T.P. van Ommeren et al. “De invloed van lichtvervuiling op de groei en ontwikkeling van planten”

GEDRAG

R. Alfares, A.H.P. Roerdink et al. “Het verband tussen het concentratievermogen en het opleidingsniveau van jonge adolescenten”

I.Z. Hemme, C. Muller et al. “De invloed van kleur en vorm van animatiefiguren op emotie-interpretatie”

MAATSCHAPPIJ

A. van den Berg, R. Fokkink et al. “Verduurzamen energieverbruik in verzorgingshuizen”

K. Peelen, B. Neplenbroek et al. “De elite nader beschouwd - Een vergelijking tussen de elite uit de tweede helft van de negentiende eeuw en de hedendaagse elite in Nederland”

B. Bosschers, R.A. Vermaas et al. “Attitudes of pre-university students towards the topic of breadwinners and the influence of their parental role models”

X.L. Küpers, M.E. Woord, T.H.B. Haarhuis et al. “De rol van technologie bij het oplossen van de krappe arbeidsmarkt onder lasser”

Voorwoord

Dit is een bijzonder boekwerk: de tweede uitgave van 'HONOURS – Onderzoekspapers van het Pre-U Honoursprogramma'. Vorig jaar waagden we met derde lichting van het Pre-U Honoursprogramma een sprong in het diepe. In plaats van het gebruikelijke lange verslag kregen de deelnemende leerlingen de opdracht om de bevindingen van hun onderzoeken te condenseren in een bondig, begrijpelijk paper. Niet alleen dat: ze moesten elkaars werk van peerreview voorzien en de feedback van een editor verwerken in hun eindproduct. Onvoorstelbaar knap en ik beschreef in het voorwoord van de eerste uitgave met veel woorden mijn trots.

Nu heeft de vierde lichting van het Pre-U Honoursprogramma na anderhalf jaar hard werken de eindstreep gehaald en wederom een prachtige verzameling gepeerreviewde papers over ver uiteenlopende onderwerpen opgeleverd. De uitdaging was nog groter dan een jaar geleden: door de COVID-19 pandemie waren de leerlingen, de docenten en de UT-studenten die de begeleiding van de onderzoeken verzorgden aangewezen op digitale hulpmiddelen om de verbinding met elkaar te vinden en samen naar dit resultaat toe te werken. En juist die sociale interactie en de reflectie daarop staan centraal in academische vorming en zijn voorwaardelijk voor succesvolle samenwerkingen en voor grote (wetenschappelijke) resultaten. Het resultaat spreekt voor zich: ondanks deze uitdagende omstandigheden ligt er weer een journal, de opbrengst van de collectieve inspanning van de Honoursgemeenschap met de leerlingen als verbindend middelpunt.

Ik kan daarom weinig anders dan mijzelf herhalen om mijn trots uit te spreken. Trots op de leerlingen, die een enorm intensief proces van leren, incasseren en reflecteren heb doorlopen om deze eindstreep te halen en zich niet hebben laten afschrikken door de hoge lat. Trots op de docenten, die gedurfd hebben de lat zo hoog te leggen, de schoolse didactiek en structuur los te laten en te vertrouwen in de groeigerichte leermentaliteit en het zelfsturend leervermogen van deze leerlingen. Trots op de UT-studenten die als begeleiders een sleutelrol hebben gespeeld in het proces en trots op de programmacoördinatoren die met een grote taakvolwassenheid het volledige Honoursprogramma georganiseerd hebben en achter de schermen altijd de leerlingen op het hoofdpodium hebben gezet.

Dan rest mij om je heel veel leesplezier te wensen. En verwondering: over de inhoud, maar vooral over de context waarin deze tot stand is gekomen. Razend knap!

Sander Wenderich
Projectleider Pre-U Honoursprogramma

Colofon

Dit is een bundel van de papers die geschreven zijn door de studenten van het Pre-U Honoursprogramma, lichting 2019-2021. In het tweede jaar van het programma voerden zij in tweetallen (en soms drietallen) zelfstandig een onderzoek uit om een eigen onderzoeksvraag te beantwoorden. Daarover schreven zij een paper, dat gepeerreviewed is door medestudenten, UT-studenten en docenten van het Honoursprogramma. De ontvangen feedback is verwerkt en het eindresultaat is in deze bundel te lezen.

Jaar: 2021
Oplage: 75 stuks

Vormgeving:
Milou Gankema

Druk- en bindwerk: Gildeprint,
Enschede

Haalbaarheidsonderzoek naar het gebruik van Reverse Elektrodialysis in Nederland

L.J. van Assen¹, W.H.M. Heijne², L.M. Brenneisen¹, H. Steenbergen², R. Timmerije³, E.M. Meijer³

¹Bataafs Lyceum, Hengelo

²Twents Carmel College Lyceumstraat, Oldenzaal

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In this study, the feasibility of using Reverse Electrolysis for generating clean energy in the Netherlands is examined. The current usage, possible locations, the potential (now and in 20 years) and the cost of the energy and the plants have been taken into account. The (research)company REDstack has a pilot plant on the Afsluitdijk, which had a maximum power delivery of 50 kW in 2016. The target is to connect this power plant to the energy grid. There are 10 different locations in the Netherlands suitable for the use of Reverse Electrolysis. The locations with the best prospects were the Afsluitdijk, Haringvliet and Nieuwe Waterweg. A theoretical potential of 1440 MW (4,1% of Dutch usage) and technical potential of 864 MW (2,4% of Dutch usage) are calculated. The Levelized Cost Of Electricity (LCOE) is used to compare RED and wind power. Technologies to manufacture the used membrane are very expensive. The LCOE lies between 0,27 and 0,33 €/kWh, but will drop to around 0,10 €/kWh due to innovation in membrane technologies. This is comparable to the LCOE of wind power. Building the three power plants will cost around €8,5 billion. A yearly sum of 0,45-0,65 billion € is needed to maintain the plants, depending on the membrane price. RED will only have potential in the Netherlands if the membrane price drops.

Inleiding

Het klimaat op aarde verandert drastisch door broeikasgassen zoals koolstofdioxide. Om dit te voorkomen heeft de Europese Unie het klimaatakkoord opgesteld, waarin staat dat de uitstoot van CO₂ in Europa in 2030 met 49% omlaag moet vergeleken met 1990. De Nederlandse overheid heeft hiervoor een plan opgesteld waarin staat dat de uitstoot van de energiesector van 20,2 Mton naar 12,4 Mton moet. Hoewel er veel maatregelen worden getroffen worden deze doelen niet gehaald [1]. Fossiele brandstoffen moeten worden vervangen door groenere energiebronnen.

Eén van die duurzame energiebronnen is het opwekken van energie met het gebruik van verschil in zoutconcentraties. In 1954 werd er door R.E. Pattle voor het eerst gesproken over deze vorm van energie opwekken [2]. Deze wijze van energie opwekken heet ook wel salinity gradient power, osmotische energie of blauwe energie. Vanaf 1954 is de interesse hierin toegenomen, onder andere omdat het een duurzame energietechnologie is. De technologie maakt gebruik van zout en zoet water, waardoor er geen uitputting van materialen plaatsvindt en het ook niet afhankelijk is van omstandigheden zoals het weer. Het enige restproduct is brak water en er is tijdens het proces van het energie opwekken geen uitstoot van verontreinigende gassen. Als er bij de tien meest geschikte rivieren voor blauwe energie van de wereld gecommmercialiseerde RED centrales zouden worden gebruikt (voorwaarde is dat de het vermogen per centrale in de MW zit, wat totaal zou zorgen voor productie van 30 TWh), zou er 12 Mton minder koolstofdioxide worden uitgestoten [3]. De totale energie gerelateerde CO₂ uitstoot van 2019 in de wereld was 33 Gton [4]. Als er dus in Nederland op grote schaal blauwe energie kan worden gebruikt zou dat kunnen bijdragen aan de verminderde uitstoot van koolstofdioxide.

Blauwe energie is niet heel bekend en wordt wereldwijd ook niet veel toegepast. Er moet meer onderzoek worden gedaan naar het opschalen en het gebruik van blauwe energie in het commerciële elektriciteitsnet. Nederland is een van de

koplopers in dat onderzoek. Op de Afsluitdijk is een installatie gebouwd waar wordt getest met het in praktijk brengen van Reverse Elektrodialysis (RED). Er wordt echter nog niet veel stroom opgewekt met dit project.

Om achter de haalbaarheid van blauwe energie in Nederland te komen, moeten de verschillende aspecten van RED goed worden onderzocht. Dit is nog niet duidelijk gepubliceerd. In dit onderzoek wordt gekeken in hoeverre Reverse Elektrodialysis een toekomst heeft in Nederland.

Werkplan

De vraag of Reverse Elektrodialysis in Nederland een toekomst heeft, wordt beantwoord door middel van een literatuuronderzoek, interviews en berekeningen van de kosten en het vermogen. In dit onderzoek wordt er voornamelijk gekeken naar RED, omdat dit in Nederland bij de Afsluitdijk al redelijk op gang is en er plannen zijn om dit op te schalen.

Er zitten enkele voorwaarden aan het hebben van een toekomst voor RED in Nederland. Omdat windenergie een veelgebruikte en vanzelfsprekende duurzame energiebron is, wordt er in dit onderzoek voornamelijk windenergie met blauwe energie vergeleken om de eisen van de toekomst van blauwe energie vorm te geven.

Als toekomst wordt er in dit onderzoek gekeken naar een periode van 20 jaar. Blauwe energie staat namelijk nog erg in de kinderschoenen en er zal nog veel onderzoek moeten worden gedaan om het op grote schaal in gebruik te kunnen nemen, wat tijd kost. Aangezien blauwe energie nog niet zover ontwikkeld is en nu nog in de onderzoeksfase zit, wordt het in dit onderzoek als toekomst gezien als blauwe energie 0,5% van de totale Nederlandse elektriciteitsbehoefte voorziet. Na deze periode wordt er verwacht dat dit aandeel groter wordt door in de toekomst verbeterde technieken van RED. In dit onderzoek wordt uitgegaan van 10 cent per kWh voor blauwe energie als een redelijke prijs over 20 jaar. Ter vergelijking: In 2015 leverden 2525 windmolens samen 2950 MW, wat rond de 5% van de totale Nederlandse elektriciteitsbehoefte was

[5]. Windenergie op land kost nu ongeveer 7 cent per kWh [6], maar deze techniek is al veel verder in de ontwikkeling, waardoor de productie van energie goedkoper is. Bij deze doelen voor de toekomst wordt er daarom niet verwacht dat de prijs van RED binnen 20 jaar naar het niveau van windmolens kan worden verlaagd. In dit onderzoek wordt niet verder op de invloed van RED op het milieu ingegaan. De invloed van RED-centrales op het leven rond en in de rivieren verschilt erg per locatie van de centrales.

In dit onderzoek wordt de hoofdvraag “In hoeverre heeft Reverse Elektrodialysis in Nederland een toekomst?” beantwoord door middel van de deelvragen:

- *“In hoeverre wordt Reverse Elektrodialysis in Nederland al toegepast?”*
- *“Welke plekken in Nederland zijn geschikt voor Reverse Elektrodialysis?”*
- *“Hoeveel vermogen kan Reverse Elektrodialysis leveren?”*
- *“Wat zijn de kosten van een installatie en wat kost de energie voor een producent?”*

Om de kosten van RED te kunnen vergelijken met de kosten van andere duurzame energiebronnen wordt de LCOE van de mogelijke locaties berekend. Dit wordt gedaan met het berekende theoretische potentieel voor verschillende scenario's met betrekking tot de kosten van de membranen. Dit wordt gedaan omdat hier nog veel verandering in kan komen. De kosten worden dan vergeleken met de kosten van windmolens, omdat er veel informatie beschikbaar is over het gebruik en de ontwikkeling van windenergie. Ook wordt dit tegenwoordig al veel toegepast in Nederland. De LCOE wordt internationaal gebruikt om de kosten van energie te bepalen en deze te kunnen vergelijken met andere energiebronnen. Er worden veel variabelen meegenomen en er is met deze methode veel onderzoek gedaan naar verschillende energiebronnen. Daarom is in dit onderzoek ook voor de methode gekozen.

Naast dat er voor een literatuurstudie gekozen is, zijn er ook een drie interviews afgenomen. Er zijn vragen betreft het opschalen van RED in Nederland aan Catarina Cerqueira da Silva Simões, een PhD-researcher binnen Wetsus in samenwerking met de Universiteit van Twente gesteld. Wetsus is een bedrijf dat veel onderzoek doet naar RED. Vragen wat betreft het vervuilingprobleem van membranen binnen de installaties zijn gesteld aan Barbara Vital, een PhD-researcher binnen Wetsus. Verder zijn er vragen vergelijkbaar met de deelvragen in dit onderzoek gesteld aan Joost Veerman, Research manager REDstack BV. In de discussie worden de resultaten van dit onderzoek vergeleken met de antwoorden van dit interview.

Toepassing RED

De twee meest gebruikte methodes van blauwe energie zijn Pressure Retarded Osmosis (PRO), waar gebruik wordt gemaakt van osmotische druk, en Reverse Elektrodialysis (RED), waar gebruik wordt gemaakt van elektrochemie. In het kort wordt bij PRO de twee verschillende waterstromen (zout en zoet) aan beide zijdes van een membraan geplaatst, waarbij de zoutwaterzijde onder druk wordt gezet. Door het (semipermeabele) membraan kan alleen water stromen, waardoor er water van de zoetwaterstroom door het membraan naar de zoutwaterzijde stroomt. Hierdoor wordt het zoutwater verdund. De onder druk gezette verdunde stroming van zout water wordt in twee stromingen opgesplitst. Een deel van de stroming gaat door een turbine heen waarmee energie wordt opgewekt. De rest van het water wordt in een drukwisselaar

geplaatst om het binnenstromende zeewater onder druk te brengen [7].

Bij RED wordt er ook gebruik gemaakt van semipermeabele membranen. De semipermeabele membranen zijn gestapeld in zo genoemde stacks. De helft van de membranen zijn semipermeabel voor chloride-ionen de andere helft zijn semipermeabel voor natrium-ionen. In de stack wordt afwisselend tussen de membranen zout en zoetwaterstromen aangevoerd. De natrium en chloride ionen veroorzaken aan de ijzeren anode oxidatie en aan de ijzeren kathode reductie [8] [9].

Er zijn een paar verschillen in de technieken RED en PRO met betrekking tot de opbrengst. Een verschil is dat RED meer stroom opwekt met gebruik van rivier en zeewater, terwijl PRO meer opbrengt met geconcentreerde zoutoplossing. Een ander verschil is dat de kosten voor de RED-membranen nu nog een stuk hoger zijn dan de membranen die bij PRO gebruikt worden [10].

De laatste jaren is er over de wereld veel onderzoek gedaan naar RED, dat voor vooruitgang heeft gezorgd in deze technologie. Voordat RED echter commercieel toegepast kan worden, moet er nog onderzoek naar worden gedaan. De punten waaraan gewerkt moet worden zijn: het ontwerp van taakgerichte RED-membranen, elektroden en stacks, de ontwikkeling van antifouling strategieën voor een hoger vermogen, het creëren van nieuwe marktkansen en het verlagen van de kosten van de membranen [11] (interview Catarina Simões, zie bijlagen). Verschillende antifouling technieken worden nu onderzocht. Deze technieken verminderen de vervuiling van de membranen en kunnen aan de levensduur van de membranen bijdragen, wat de kosten kan verlagen. De technieken die veelbelovend in de toekomst zijn, zijn: flow reversal en air sparging. Bij flow reversal (stroomomkering) wordt door een wissel van de waterstromen (zout en zoet) op de compartimenten een “osmotische schok” veroorzaakt. Dit plotseling verschil in zoutgradiënt kan het loslaten van vervuiling bevorderen. Bij air sparging wordt samengeperste lucht (of CO₂) bij de watertoevoer in de stacks bijgevoegd. De hoge druk van het lucht kan dan vervuiling meevoeren (interview Barbara Vital, zie bijlagen).

Nederland is de koploper in de wereld op het gebied van het toepassen van RED, daarom gaat dit onderzoek dieper in op deze methode. De fase waarin Nederland nu zit, is het opschalen van proefinstallaties naar uiteindelijk commerciële centrales. Het opschalen van een installatie bestaat uit een paar onderdelen. De oppervlakte van de membranen moet vergroot worden. Dit kan op twee manieren: Het aantal cel paren in een stack en de breedte/lengthe van de membranen vergroten. Hierna kan het systeem zelf vergroot worden, wat wel voor meer grondoppervlakte zorgt. Een ander onderdeel van het opschalen is het gebruik maken van meerdere stacks in plaats van één, dit zorgt ervoor dat het totaal aan gevraagde vermogen verdeeld wordt tussen de stacks, wat productiever is (interview Catarina Simões, zie bijlagen).

Sinds mei 2014 staat er een RED-proefinstallatie op de Afsluitdijk. Dit is een project van REDstack, dat als doel heeft om de prestaties van de RED-technologie te onderzoeken en te verbeteren. REDstack werkt aan dit project samen met Fujifilm en Wetsus. Fujifilm ontwikkelt de membranen, bouwt de stacks en kijkt naar de vervuilingproblematiek van de membranen (de antifouling technieken). Wetsus neemt het wetenschappelijk onderzoek van het project op zich [12].

Volgens Professor David Vermaas van de Universiteit van Delft verbruikte de centrale op de Afsluitdijk in 2016 220 m³ zoet en zout water per uur. Hiermee heeft de centrale een maximale capaciteit van 50 kW [13].

Op 26 januari 2021 werd er op de site van REDstack medegedeeld dat het proces van energie opwekken in 2020 op drie punten verbeterd is. De opbrengst is verhoogd, met gevolg dat er een kostenverlaging heeft plaatsgevonden. Hiernaast is de waterinname aangepast met een andere vormgeving en een lage instroomsnelheid wat als gevolg heeft dat er minder organismen en kleideeltjes het systeem binnenkomen. Ook de voorbehandeling van het water door middel van filters is verbeterd, waardoor de membranen niet verstopt raken. Een ander gevolg is dat de meeste meegekomen organismen ongedeerd de zee weer in kunnen.

Voordat de centrale commercieel aantrekkelijk kan zijn is er een tussenstap nodig, om de markt aan te kunnen tonen dat het opschalen ook met een grote installatie haalbaar is. Deze tussenstap bestaat uit het opschalen van de installatie naar een vermogen van 0,5 MW. Voor dit plan is er echter nog financiering nodig. [14]

Andere stappen zijn het opwekken van de elektriciteit goedkoper maken, het opschalen van de centrale en de opgewekte elektriciteit aansluiten op het elektriciteitsnet [15]. REDstack hoopt ook op andere locaties (proef)centrales te kunnen plaatsen. Naast het project op de Afsluitdijk heeft REDstack sinds 2015 onder meer de mogelijkheid onderzocht van een centrale in Katwijk. Op 30 januari 2020 werd echter bekend dat dit vanwege een financieringsprobleem niet doorging [16].

Op 27 juli 2020 werd een artikel op de site van omroep Zeeland geplaatst over een plan van REDstack om een proefcentrale tussen het zoete Volkerakmeer en de zoute Oosterschelde te bouwen. REDstack is bezig met het vinden van een financier met een bedrag van 35 miljoen euro om de centrale ook daadwerkelijk te kunnen bouwen [17].

Geschikte locaties

Deze deelvraag is grotendeels gebaseerd op de thesis: "Feasibility of a power plant: Blue energy in the Dutch Delta" [18]

Voorwaarden voor een geschikte locatie

Er zijn meerdere voorwaarden waaraan een locatie moet voldoen om geschikt te zijn voor een (succesvolle) blauwe energiecentrale die op RED-technologie is gebaseerd.

De potentie van blauwe energie is erg afhankelijk van het zoutgehalte in beide waterstromen. Hoe groter het verschil hoe meer energie er opgewekt kan worden. Het onderzoek (Dutch Delta alternatives) gaat ervan uit dat de locatie niet economisch geschikt is, als de concentratie van het zoet water hoger is dan 1 g/l NaCl. Ditzelfde geldt voor de zoutwater stroom als die lager is dan 25 g/l.

Voor een grote krachtinstallatie (een krachtinstallatie die 100-500MW kan opwekken) is ongeveer 100-500 m³/s water van beide waterstromen nodig. Het hoeveelheid afvalwater, bestaande uit brak water, is in het geval van een groot krachtinstallatie minstens 200-1.000 m³/s.

De stroming met zout water moet goed gescheiden zijn van de stroming met zoet water anders is er een kans dat de concentraties elkaar beïnvloeden. Dit kan worden gedaan met een dam, een dijk, sluisen of combinaties van deze.

Hierbij moet ook rekening worden gehouden met het brakke afvalwater, dat de zout-water-aanvoer ook kan beïnvloeden. De volgende locaties zijn geschikt voor een blauwe energie centrale.

Lauwersoog

Door middel van sluisen wordt het zoete Lauwersmeer (op de grens van Groningen en Friesland) gescheiden van de zoute Waddenzee. Doordat het brakke afvalwater direct in de zee komt, is een scheiding tussen het brakke afvalwater en het zoute water moeilijk. Zie afbeelding 3 voor een overzicht van de locatie. Door grote verschillen in waterafvoer (een afvoer van gemiddeld 42 m³/s) gedurende het jaar is er een grote buffer nodig. Als deze buffer niet mogelijk is, voldoet de locatie niet aan de eisen voor een grote krachtcentrale, maar heeft deze wel een potentie voor een kleine krachtcentrale. Een ander nadeel is de locatie naast een natuurpark ligt, waardoor het bouwen van een blauwe energiecentrale politiek een moeilijke beslissing is.

Afsluitdijk

Hier staat sinds 2014 de blue energy proefinstallatie van REDstack. De Afsluitdijk scheidt het zoute Waddenzee water van het zoete IJsselmeer. Zie afbeelding 4 voor een overzicht van de locatie. Het IJsselmeer wordt gevoed door de IJssel, welke een gemiddelde stroming van 340 m³/s heeft. Aan de beide einden van de dijk staan meerdere sluisen die het water van het meer met een stroming van gemiddeld 450 m³/s afvoert in de Waddenzee. Het afvoeren van het zoete water is wel afhankelijk van de waterhoogte van de Waddenzee. Doordat het IJsselmeer groot is (1100 km²) kunnen de verschillen in het afvoeren van het zoete water gereguleerd worden door het meer als buffer te gebruiken. Er is een waterschommeling in het meer mogelijk van 50 cm, dat zorgt voor een buffer van 0,55 km³. Hierdoor kan er gedurende minstens 14 dagen een gemiddelde afvoer van 450 m³/s verzekerd worden.

Het zoutgehalte in het IJsselmeer is rond de 0,2-0,5 g/l. Door de afvoer van zoet water in de Waddenzee is de concentratie van het zout water moeilijker te bepalen. Zonder die afvoer ligt de concentratie rond de 28 g/l. Berekeningen tonen aan dat de zoutconcentratie van het zeewater niet erg beïnvloed zal worden. Op deze locatie is het dus mogelijk dat er een grote krachtcentrale gebouwd wordt.

IJmuiden

Het Noordzeekanaal ligt tussen Amsterdam en IJmuiden. Bij IJmuiden stroomt het water van het kanaal de Noordzee in. Verschillende sluisen en een gemaal zorgen voor de scheiding tussen het kanaal en de Noordzee. Zie afbeelding 5 voor een overzicht van de locatie. De waterstromen zijn enigszins onregelmatig. Op deze locatie is de mogelijkheid voor een buffer klein. Deze buffer is namelijk voor een wateraanvoer voor negen achtereenvolgende uren. Door verschillen tussen de waterpeilen van de Waddenzee en het kanaal komt er vaak zout water het kanaal in. In het kanaal stroomt het zoete en zoute water daardoor in lagen. Het zoutgehalte van de onderste stroming ligt rond de 20 g/l. De bovenste stroming heeft een zoutgehalte dat varieert tussen 3 g/l en 8 g/l. Door de lagen stromingen is de potentie op zijn hoogst 0,8 MW. Als het systeem volledig veranderd zou worden, door te zorgen dat de zuilen gevuld zouden worden met zoet water in plaats van zout water, dan zou er ongeveer 40 m³/s gebruikt kunnen worden

voor de energiecentrale wat zorgt voor een potentie voor een kleine krachtcentrale.

Rioolwaterzuiveringsinstallaties

Een andere mogelijkheid voor een locatie zou bij een rioolwaterzuiveringsinstallatie kunnen zijn. Het afvalwater van een installatie is zoet en relatief schoon voor het gebruik voor een energiecentrale. Als een installatie dicht bij de zee ligt zou hier misschien een kleine energiecentrale geplaatst kunnen worden. In Den Haag zijn twee van zulke plekken: Harnaspolder en Houtrust. De afvoer van deze twee locaties samen zou ongeveer 2,5 m³/s zijn. Dit zouden kleine krachtcentrales kunnen worden.

De Delta

Als er naar het gebied de Delta gekeken wordt, kan het rivierwater van de Rijn op twee (noemenswaardige) verschillende manieren de Noordzee in stromen. Het grootste deel stroomt via de Nieuwe Waterweg de Noordzee in. Een andere manier is dat het zoete water via de Hollands diep en Haringvliet stroomt. Het grootste instrument dat de Rijn reguleert zijn de sluisen van Haringvliet. Als het waterpeil van de Noordzee laag staat, dan worden de sluisen geopend en kan water van de Rijn via Haringvliet de zee instromen. Als het waterpeil hoger staat, dan zijn de sluisen dicht en stroomt bijna al het water via de Nieuwe Waterweg de zee in.

Botlek

Dit gebied ligt in de Rotterdamse haven. Het zoute water komt uit de Oude Maas, deze heeft een stroming van gemiddeld 600-700 m³/s. Het zoete water kan gehaald worden uit het Hartelkanaal, deze heeft een stroming van ongeveer 100 m³/s. Door de grootte van het kanaal zou een gemiddelde afvoer van 500-700 m³/s mogelijk kunnen zijn. Voor een goede scheiding tussen de stromingen zouden er aanpassingen getroffen moeten worden onder ander het sluiten van de oude Maas en het Hartelkanaal. Zie afbeelding 7 voor een overzicht van de locatie. Als deze aanpassingen worden doorgevoerd zou een gemiddelde stroming van 500 m³/s mogelijk zijn, dit zorgt voor een hoge potentie waardoor een grote centrale gebouwd kan worden. Wel zullen deze aanpassingen een enorme impact hebben op de scheepsvaart die door de sluisen vaart.

Nieuwe Waterweg

Een mogelijke energiecentrale bij de Nieuwe Waterweg zou het zoute water aangevoerd krijgen uit het Calandkanaal en het zoete water uit de Nieuwe Waterweg zelf (1.500 m³/s). Met deze stromingen kan er een potentie van 1000 MW zijn. Voor een goede scheiding tussen de waterstromingen is er een afsluiting van de Nieuwe Waterweg nodig. Zie afbeelding 8 voor een overzicht van de locatie. De afsluiting van de Nieuwe Waterweg heeft echter veel impact op de scheepsvaart.

Maasvlakte

Bij een mogelijke energiecentrale op de Maasvlakte zou het zoete water worden aangevoerd door de Hartelkanaal via de Dintelhaven. Er zijn echter wel aanpassingen nodig om te zorgen dat de waterstromen gescheiden blijven. Hier zijn meerdere opties voor. Een mogelijkheid is het verkrijgen van het zoute water uit de Noordzee. Hiervoor is de aanleg van leidingen nodig. Een tweede mogelijkheid is het afvoeren van het brakke afvalwater in de Hoek van Holland. Hiervoor is

ook een aanleg van leidingen nodig. Zie afbeelding 9 voor een overzicht van de locatie. Ook hier is de potentie hoog genoeg voor het bouwen van een grote krachtcentrale.

Haringvlietssluisen

De Haringvliet wordt vooral gebruikt als afvoer van zoet water naar de Noordzee. Bij een hoge afvoer van de Rijn en een lage zeewater peil, worden de sluisen van de Haringvliet geopend. De afvoer van het rivierwater van de Rijn via de Nieuwe Waterweg wordt zoveel mogelijk boven de 1.500 m³/s gehouden en kan tot maximaal 3000 m³/s afvoeren. Bij een energiecentrale wordt het zoete water uit de Haringvliet verkregen en het zoute water rechtstreeks uit de zee. Zie afbeelding 10 voor een overzicht van de locatie. Ook hier kan het afvoeren van het brakke afvalwater voor verandering van het zoutgehalte van het zeewater zorgen. Daarnaast staan de Haringvlietssluisen sinds begin 2019 op een kiertje. Dit is om de vismigratie in Nederland te stimuleren. Aangezien er nog met de “ideale kier” wordt geëxperimenteerd is er nog veel onduidelijkheid over de toekomst van de scheiding tussen het zout en zoetwater. Door de kier is de duidelijke scheiding tussen zout en zoetwater licht veranderd, wat invloed kan hebben op een mogelijke energiecentrale [19].

Een ander probleem is dat de zoutconcentratie in het watergebied rond Rotterdam stijgt, doordat het zoete water wordt omgeleid naar de mogelijke centrale bij de Haringvlietssluisen. Dit kan eventueel opgelost door een of meerdere barrières te plaatsen. Als de invloeden van boven genoemde punten geminimaliseerd kan worden kan er een zeer grote energiecentrale gebouwd worden met een zeer hoge potentie.

Krammersluisen

De Philipsdam scheidt het zoete Volkerak-Zoommeer en de zoute Oosterschelde. Het zoute water kan zowel van de Oosterschelde als het Grevelingenmeer gehaald worden. Zie afbeelding 11 voor een overzicht van de locatie.

In de Volkerak zit een alg die zo is gegroeid dat die sinds 1994 als gevaarlijk wordt gezien. Een mogelijkheid om dit probleem op te lossen is door het water in het meer weer brak of zout te maken. De alg kan hier niet in overleven. Dit heeft als gevolg dat er geen energiecentrale mogelijk is op deze locatie.

Op 10 november 2019 stond er in de Provinciale Zeeuwse Courant dat het kabinet besloten heeft dat Zeeland eerst genoeg beschikking moet hebben van zoet water, voordat de Volkerak zout gemaakt kan worden. Dit is nog niet het geval dus het zout maken van het meer wordt nog een tijdje uitgesteld [20].

De riviermonding van de Oosterschelde is open, maar kan bij storm gesloten worden. De zoutgraad wordt grotendeels door de zee gereguleerd. Het zoutgehalte van de Oosterschelde is overal even hoog en zit op 25-30 g/l.

Sinds 1978 staat een sluis in de Brouwersdam open, waardoor er water vanuit de Noordzee het Grevelingenmeer instroomt. Het zoutgehalte van het meer is nu even zout als de Noordzee. Naar schatting zou hier een middelmatig-grote krachtcentrale gebouwd kunnen worden mits het Volkerakmeer zoet blijft.

Vermogen RED

Om economisch aantrekkelijk te zijn, moeten de centrales voldoende vermogen hebben.

In Nederland wordt het grootste gedeelte van het zoete water aangevoerd door de Rijn en de Maas [21]. Deze komen uit in de IJssel, de Nieuwe Waterweg en de Delta. Bij het

IJsselmeer kan bij de Afsluitdijk energie worden gewonnen. In de Delta kan er het meeste energie worden gewonnen bij de Haringvlietssluisen. Als dit wordt gedaan, wordt de zoetwateraanvoer bij de Krammersluizen afgesloten. Hetzelfde geldt voor de Maasvlakte en de Botlek, omdat die na de Nieuwe Waterweg liggen. Eerder bleek al dat een centrale bij Lauwersoog en IJmuiden niet veel energie kan opleveren. Hierom wordt er voor deze locaties geen vermogen berekend.

Theoretisch

Het theoretisch potentieel is het hoogste vermogen dat een RED-centrale kan bereiken op een bepaalde plek. Volgens onderzoek [22] moet bij het berekenen van het theoretisch potentieel rekening worden gehouden met de gemiddelde zoutgraad van het zoete (C_d in mol L⁻¹) en zoute (C_c in mol L⁻¹) water, temperatuur (T in °K) en de afvoer van het water (Q in m³ s⁻¹). R is de gasconstante. Het kan worden berekend met formule 1:

$$U = Q \times 2RT \left(C_d \ln \frac{2C_d}{C_d + C_c} + C_c \ln \frac{2C_c}{C_d + C_c} \right) \quad (1)$$

De zoutgraden komen uit een onderzoek van Rijkswaterstaat [21]. De berekende waarden staan samen met de gebruikte gegevens in tabel 1. Voor de temperatuur is de gemiddelde watertemperatuur door het jaar genomen, waardoor het potentieel ook een gemiddelde is. Het theoretisch potentieel wordt berekend op een vermogen van 1440 MW. Dat is 45,4 PJ per jaar. Het Nederlandse elektriciteitsverbruik in 2019 was 1115 PJ [23]. Met blauwe energie kunnen we theoretisch dus 4,1% van de totale energiebehoefte of 22,7% van alle huishoudens voorzien.

Technisch (huidig)

De hoogste efficiëntie is behaald in een opstelling in Barcelona, dat is 27% [24]. Dit zou betekenen dat er op dit moment in Nederland maar een vermogen van ongeveer 345,6 MW mogelijk is, oftewel ongeveer 11 PJ/jaar. Dit is genoeg om 0,977% van de energiebehoefte te voorzien.

Technisch (over 20 jaar)

Volgens onderzoek [22], zal het rendement omhoog gaan naar 70%. Het zoutwater kan niet altijd goed worden aangevoerd en de centrale zelf verbruikt ook stroom. Hierdoor zal het technisch potentieel ongeveer 60% van het theoretisch potentieel zijn en zal er dus meer energie kunnen worden gewonnen dan in de huidige situatie. Dit betekent dat er over 20 jaar een vermogen van 864 MW mogelijk is, dus 27,2 PJ per jaar. Dat is 2,4% van het Nederlandse energieverbruik.

Kosten RED

De Levelized Cost Of Electricity (LCOE) [25] kan worden gebruikt om kosten van verschillende energiebronnen te vergelijken. Hiermee kunnen de kosten van de productie van stroom worden berekend, in € per kWh. Deze is afhankelijk van de kosten van het voorbereiden (K_{pr} in € m⁻³ dag) en van de stacks (K_{mem} in € m⁻¹), de Currency Adjustance Factor (CAF in € y⁻¹), de residentie tijd (t in s), de hoogte van de stack (h in m) en het geleverde vermogen van de centrale (P_{net} in W):

$$LCOE = \frac{1}{P_{net}} \left(\frac{K_{mem}}{CAF} + 2 \frac{K_{pr} h}{t CAF} \right) \quad (2)$$

De CAF is afhankelijk van de levensduur van de centrale (Γ in y) en de afschrijving (r in € y⁻¹) [25]:

$$CAF = \frac{1}{r} \left(1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^\Gamma \right) \quad (3)$$

Producent

De LCOE is berekend met de huidige membraankosten van 15 €/m² [25] en voorbereidingskosten van 20 €/m³/dag [26]. Hieruit bleek dat er met de technologieën die nu beschikbaar zijn, een prijs van 0,27 tot 0,33 €/kWh mogelijk is.

Doordat er in de toekomst prijsverlaging van de membranen komt, door verbetering van het productieproces, zal de LCOE worden verlaagd naar onder de 0,10 €/kWh [27]. Dit is berekend met een membraanprijs van 2 €/m². Deze prijs is te vergelijken met windenergie op zee en is lager dan biogas of gas.

Installatie

In tabel 2 staan de prijs en levensduur en die komen uit onderzoek van Post [22]. Hierin is te zien dat de membranen het duurst zijn, omdat ze per meter veel kosten en niet lang meegaan. Ze kunnen nu voor een prijs van 15 €/m² worden geproduceerd. Uit onderzoek [18] blijkt dat een prijs van 2 €/m² op grote schaal haalbaar zal zijn. Verder is in de tabel te zien een enkele centrale ongeveer 2,6 miljard zal kosten. Voor een centrale bij de Nieuwe Waterweg komt er ongeveer €600 miljoen bij voor veranderingen zoals sluizen in de Oude Maas en het Hartelkanaal [22]. In de Haringvliet en de IJssel zijn er bijna geen veranderingen nodig. Om energie door middel van RED te winnen op deze locaties is een start kapitaal van ongeveer €8,5 miljard nodig en heeft elk jaar onderhoudskosten van 0,27 miljard euro [28].

Conclusie

Het bedrijf REDstack past in Nederland al blauwe energie (RED) op de Afsluitdijk toe in de vorm van een pilotcentrale. Het doel van deze pilot is het reduceren van de kosten van het opwekken van de elektriciteit, het opschalen van de centrale en de opgewekte elektriciteit uiteindelijk aan te sluiten op het elektriciteitsnet. Voordat dit haalbaar is, moet er op verschillende punten nog onderzoek worden gedaan. REDstack kijkt daarnaast ook naar andere mogelijke locaties in Nederland om (pilot)centrales te plaatsen.

Door een onderzoek met actuele informatie te vergelijken is gebleken dat er op meerdere plekken in Nederland energiecentrales mogelijk zijn. De locaties Krammersluizen, Haringvliet, Maasvlakte, Nieuwe Waterweg en de Botlek hebben individueel de potentie voor een grote energiecentrale. Er moeten bij meerdere locaties wel aanpassingen aan de huidige situatie worden gedaan, wat invloed heeft op de scheepvaart en de aanvoer van water voor andere locaties. Daarom zou het plaatsen van een energiecentrale op meerdere van deze locaties een moeilijke beslissing zijn, wat goed afgewogen moet worden.

Als de eerder genoemde aanpassingen worden uitgevoerd op de locaties met de meeste potentie (Afsluitdijk, Nieuwe Waterweg, Haringvliet) is er technisch een vermogen van 345,6 MW mogelijk. Dit is genoeg om 0,997% van Nederland te voorzien van energie. Over 20 jaar wordt verwacht dat de efficiëntie is verhoogd naar 70%, waardoor er 864 MW mogelijk zal zijn. Dit zou nu 2,4% van het totale Nederlandse energieverbruik zijn. Dit is meer dan de eis van 0,5% die er in dit onderzoek werd gesteld. RED kan dus genoeg energie opwekken om rendabel te zijn.

De hoge kosten van de membranen zorgen momenteel voor ongeveer de helft van de jaarlijkse onderhoudskosten. Dit is heel veel, waardoor de LCOE ongeveer 3 keer zo veel is als die van windenergie. Als de prijs van membranen van 15 €/m² zakt naar 2 €/m², zal de LCOE zakken naar het niveau van windenergie. Ook de kosten voor het bouwen en onderhoud van de centrales zijn veel groter dan van bijvoorbeeld een concurrerende duurzame energiebron zoals een windmolenpark.

De verwachting in dit onderzoek was dat RED over 20 jaar wel zou kunnen concurreren met windenergie. Dit is niet het geval. Wanneer de prijs van de membranen naar ongeveer 2 €/m² zakt, zal RED een goed alternatief kunnen zijn voor fossiele brandstoffen. Dan zal het dus een toekomst hebben in Nederland.

Discussie

Wat direct opvalt in dit onderzoek is dat RED nog in de onderzoeksfase zit. Al in de eerste deelvraag kunnen er op verschillende vragen geen duidelijk antwoord worden gevonden. Dit komt ook terug in de gegeven antwoorden van de interviews. Hierin wordt duidelijk dat diverse onderzoeken nog lopen.

Bij de deelvraag “Welke plekken in Nederland zijn geschikt voor RED?”, komt bijna alle informatie uit één bron, ook bestaande andere bronnen baseren hun informatie op deze bron. Deze bron is ook wat gedateerd (2009). Het zou raadzaam zijn deze locaties opnieuw kritisch te beoordelen, om te kijken of de situatie van de locaties gewijzigd zijn. Uit de bron komt naar voren dat voor diverse locaties veel aanpassingen nodig zijn. Hierover moeten de lokale, provinciale of landelijke overheden beslissen. Om een goede conclusie te kunnen trekken uit deze deelvraag is er dus overleg met verschillende instanties nodig. Hier zou in een ander onderzoek verder op in kunnen worden gegaan. Vanwege de bovengenoemde aspecten ligt de validiteit van deze deelvraag lager dan bij de ander deelvragen.

Het theoretisch potentieel is berekend met vier variabelen: temperatuur, waterafvoer en zoutgraden van het zoete en zoute water. In praktijk zijn er veel meer aspecten die invloed hebben op het vermogen, zoals zeestromingen die problemen in de brakwaterafvoer veroorzaken en verschillen in waterstanden, waardoor er op sommige tijden geen zoet- of zout water kan worden aangevoerd. Doordat hier niet genoeg informatie over beschikbaar was, is dit niet in dit onderzoek meegenomen. Bij het berekenen van het technisch potentieel in de toekomst is ook geen rekening gehouden met de opwarming van de aarde, omdat het niet zeker is of en hoe veel de temperatuur zal stijgen. Dit zal naar verwachting echter een minimaal effect hebben op het vermogen, omdat de temperatuur over twintig jaar weinig zal zijn gestegen.

De berekende waarden zijn door het niet meenemen van verschillende variabelen minder betrouwbaar. De technische potentiëlen zijn berekend met een formule. Dit wil zeggen dat het een theoretische waarde is. Er zullen ook nog factoren zijn die nog niet zijn ontdekt, omdat er nog geen grote testopstellingen zijn bij riviermonden. De enige manier om deze te ontdekken is door een grote testopstelling te bouwen. Deze factoren zijn dus ook niet meegenomen in de formule.

Het verhoogde rendement is een verwachting, waarop een grote foutmarge zit. Ditzelfde geldt voor de kosten van de membranen. Veel van de factoren die de prijs beïnvloeden kunnen nu niet worden voorspeld. Deze variabelen zijn dus

niet heel betrouwbaar. In de kosten zijn de salarissen van de arbeidskrachten niet meegenomen.

De rest van het onderzoek is gebaseerd op veel verschillende, voornamelijk onafhankelijke bronnen. Door de onderzoeken kritisch te bekijken, is vastgesteld of deze betrouwbaar zijn, waarna is overwogen of ze gebruikt konden worden. Opvallend is wel dat er maar een paar kleine groepen onderzoekers onderzoek doen naar blauwe energie. Met andere woorden komt er dus veel informatie van dezelfde bron. Het zou voor de diversiteit van de informatie goed zijn als er meer onderzoekers uit verschillende vakgebieden gaan samenwerken aan het onderwerp blauwe energie. Dit leidt tot meer diverse inzichten in dit onderwerp.

Belangrijke punten die nader onderzocht moet worden om een volledig antwoord te geven op de hoofdvraag zijn: de financiële haalbaarheid, de invloed van de RED-centrales op het milieu, de invloed van klimaatverandering en de invloed van nieuwere technieken op de membranen op de kosten.

Het bedrijf REDstack is de enige uitvoerende van RED in Nederland. Daardoor is dit bedrijf niet erg objectief, omdat blauwe energie hun product is. Vanwege de betrouwbaarheid van dit onderzoek is er besloten om pas nadat er een conclusie gevormd was, deze te vergelijken met de antwoorden uit het interview met REDstack (zie bijlagen).

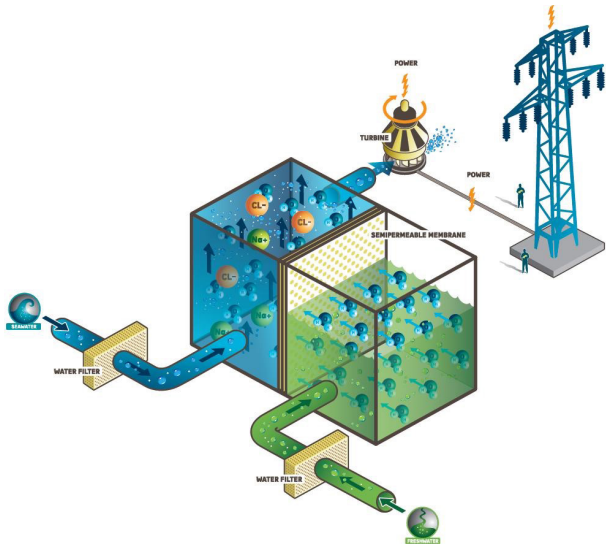
De verwachtingen op het gebied van het vermogen van de energiecentrales werden door REDstack in het verleden vooral geschat. De tijd die het kost om dat vermogen te bereiken was toen en is nu nog steeds moeilijk te bepalen. Dit wordt veroorzaakt vanwege de constante vooruitgang van deze techniek. In dit onderzoek zijn de aspecten waar RED aan moet voldoen voordat er van een toekomst gesproken kan worden (zie werkplan), om dezelfde redenen moeilijk te bepalen geweest. Deze kunnen in de toekomst als onlogisch worden gezien. Op het gebied van geschikte locaties zijn de uitkomsten van dit onderzoek ongeveer gelijk aan die van REDstack. Een van de twee gebruikte bronnen door REDstack is ook in dit onderzoek gebruikt. Tussen het verwachte vermogen van REDstack en ons onderzoek zit een groot verschil. Dit is te verklaren door een andere wijze van het berekenen van het technisch potentieel. Het zou interessant zijn om deze twee benaderingen van het technisch potentieel met elkaar te vergelijken. Ook over de LCOE heeft REDstack een andere verwachting dan ons onderzoek. Ze hebben een duidelijkere verwachting van de periode wanneer de kosten van RED tot een bepaald bedrag gedaald is. Dit zorgt ervoor dat volgens REDstack RED onze eis haalt van een LCOE van 0,10 €/kWh binnen de gestelde 20 jaar. Hiermee komen de conclusies van REDstack erop uit dat RED wel in Nederland een toekomst heeft. Vanwege een redelijk groot verschil tussen de conclusies van REDstack en die van dit onderzoek, is het zeer interessant om te onderzoeken wat precies voor deze verschillen heeft gezorgd.

Bibliografie

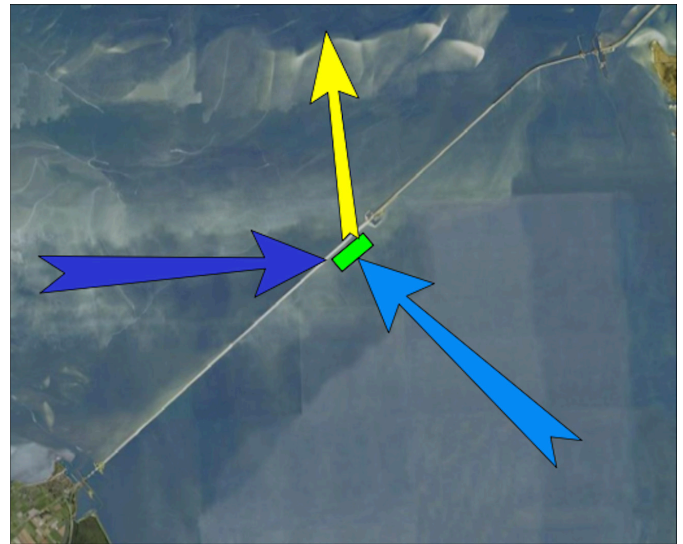
[1] Planbureau voor de Leefomgeving, „Klimaatakkoord: steviger beleidspakket, maar doel van 49% reductie van CO₂ word niet gehaald,” 1 november 2019. [Online]. Available: <https://www.pbl.nl/nieuws/2019/klimaatakkoord-steviger-beleidspakket-maar-doel-van-49-emissiereductie-naar-verwachting-niet-gehaald>.

[2] R. Pattle, „Production of Electric Power by mixing Fresh and Salt Water in the Hydroelectric Pile,” *Nature*, vol.

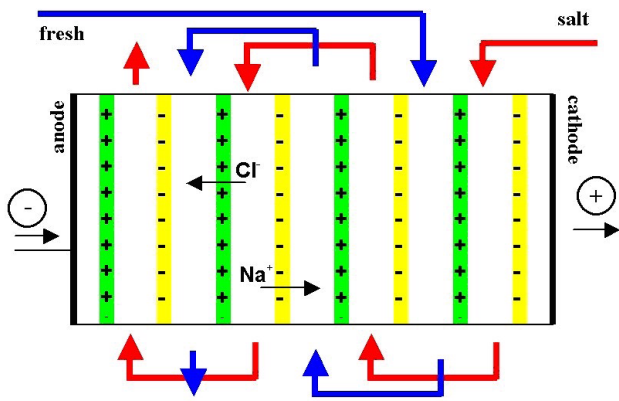
- 4431 <https://doi.org/10.1038/174660a0>, 1954.
- [3] Y. Kang, J.-H. Han, J. Jang, K. Jang, C.-M. Kim en I. Kim, „Developments and future prospects of reverse electro dialysis for salinity gradient power generation: Influence of ion exchange membranes and electrodes,” *Desalination*, vol. 491 <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114540>, 2020.
- [4] IEA, „Global CO2 emissions in 2019,” 11 februari 2020. [Online]. Available: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>. [Geopend 24 november 2020].
- [5] Wind op land, „Windenergie op land,” [Online]. Available: <https://www.windenergie.nl/windenergie-op-land/feiten-en-cijfers>. [Geopend 1 september 2020].
- [6] Vastelastenbond, „Windenergie | Alles over windmolens in Nederland,” [Online]. Available: <https://www.vastelastenbond.nl/energie/windenergie-alles-over-windmolens-in-nederland/>. [Geopend 3 september 2020].
- [7] S. E. S. W. K. N. Øystein S. Skråmestø, „Power Production based on Osmotic Pressure,” [Online]. Available: https://www.statkraft.com/globalassets/old-contains-the-old-folder-structure/documents/waterpower_xvi_-_power_production_based_on_osmotic_pressure_tcm21-4795.pdf. [Geopend 26 november 2020].
- [8] CTCN, „Osmotic power,” [Online]. Available: <https://www.ctc-n.org/technologies/osmotic-power>. [Geopend 25 oktober 2020].
- [9] REDstack, „Blue energy,” [Online]. Available: <https://www.redstack.nl/nl/technologie/blue-energy>. [Geopend 25 oktober 2020].
- [10] J. W. Post, J. Veerman, H. V. Hamelers, G. J. Euverink, S. J. Metz, K. Nymeyer en C. J. Buisman, „Salinity-gradient power: Evaluation of pressure-retarded osmosis and reverse electro dialysis,” *Journal of membrane science*, vol. 288, pp. 218-230, http://www.emrg.it/Lezioni_Energia_Rinnovabile/OSMOSI.pdf, 2007.
- [11] K. Nijmeijer en E. Güler, „Reverse electro dialysis for salinity gradient power generation: challenges and future perspectives,” *Journal of Membrane Science & Research*, vol. 4 <https://doi.org/10.22079/JMSR.2018.86747.1193>, 2018.
- [12] REDstack, „Afsluitdijk,” [Online]. Available: <https://www.redstack.nl/nl/projecten/36/afsluitdijk>. [Geopend 22 oktober 2020].
- [13] P. Grad, „Osmotic power: a huge and untapped resource,” 15 7 2016. [Online]. Available: <https://esdnews.com.au/osmotic-power-huge-untapped-resource/>. [Geopend 22 oktober 2020].
- [14] REDstack, „Plan uitbreiden energiewinning uit water op de Afsluitdijk,” 26 Januari 2021. [Online]. Available: <https://deafsluitdijk.nl/nieuws/plan-uitbreiden-energie-winning-uit-water-op-de-afsluitdijk/>. [Geopend 29 Januari 2021].
- [15] De Afsluitdijk, „Blue Energy: Wanneer,” [Online]. Available: <https://deafsluitdijk.nl/projecten/blue-energy/wanneer/>. [Geopend 22 oktober 2020].
- [16] REDstack, „Blue Energy Demo Katwijk - Intentieverklaring niet verlengd,” 30 1 2020. [Online]. Available: <https://www.redstack.nl/nl/nieuws/95/blue-energy-demo-katwijk--intentieverklaring-niet-verlengd>. [Geopend 22 oktober 2020].
- [17] Omroep Zeeland, „Gezocht! Miljoenen om energie uit water te halen,” 27 7 2020. [Online]. Available: <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/121442/Gezocht-Miljoenen-om-energie-uit-water-te-halen>. [Geopend 22 oktober 2020].
- [18] R. W. Quak, „Feasibility of a power plant: Blue energy in the Dutch Delta (master thesis),” TUDelft, 2009. [Online]. Available: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:42a9b47d-3430-4278-abfd-965ff667e31d>.
- [19] Rijkswaterstaat, „Ontdekkingsreis naar de optimale kieropening,” 13 oktober 2020. [Online]. Available: <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2020/10/ontdekkingsreis-naar-de-optimale-kieropening.aspx>. [Geopend 15 oktober 2020].
- [20] Provinciale Zeeuwse Courant, „Volkerak wordt voorlopig niet zout, nu zorgen dat er straks voldoende zoet water is,” 10 november 2019. [Online]. Available: <https://www.pzc.nl/opinie/volkerak-wordt-voorlopig-niet-zout-nu-zorgen-dat-er-straks-voldoende-zoet-water-is~ab02a9f1/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>. [Geopend 15 oktober 2020].
- [21] Rijkswaterstaat, „waterinfo,” 2019-2020. [Online]. Available: <https://waterinfo.rws.nl/#/kaart/zouten/>. [Geopend november 2020].
- [22] J. Post, *Blue energy: Electricity production from salinity gradients by reverse electro dialysis (thesis)*, <https://edepot.wur.nl/12605>, 2009.
- [23] Centraal Bureau Statistiek, „Energie in Nederland,” 2016-2020. [Online]. Available: https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2019/01/EBN_Infographic2019_14JAN19.pdf. [Geopend november 2020].
- [24] C. Tristán, M. Fallanza, R. Ibáñez en I. Ortiz, „Recovery of salinity gradient energy in desalination plants by reverse,” *Desalination*, vol. 496, 2020.
- [25] A. Weiner, R. McGovern en J. Lienhard, „A new reverse electro dialysis design strategy which significantly reduces the levelized cost of electricity,” *Journal of Membrane Science*, nr. 493, pp. 605-614 <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2015.05.058>, 2015.
- [26] J. W. Post, C. H. Goeting, J. Valk, S. Goinga, J. Veerman, H. V. M. Hamelers en P. J. F. M. Hack, „Towards implementation of reverse electro dialysis for power generation from salinity gradients,” *Desalination and Water Treatment*, vol. 16, nr. 1-3, pp. 182-193, 2010.
- [27] C. Kost, S. Shammugam, V. Jülch, H. Nguyen en T. Schlegl, „Levelized cost of electricity renewable energy technologies,” maart 2018. [Online]. Available: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf.
- [28] Vaste Lasten Bond, 2019. [Online]. Available: www.vastelastenbond.nl/energie/windenergie-alles-over-windmolens-in-nederland/.
- [29] F. Giacalone, M. Papapetroe, G. Kosmadakis, A. Tamburini, G. Micale en A. Cipollina, „Application of reverse electro dialysis to site-specific types of saline solutions: a techno-economic assessment,” *Energy*, nr. 181, pp. 532-547, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.161>, 2019.



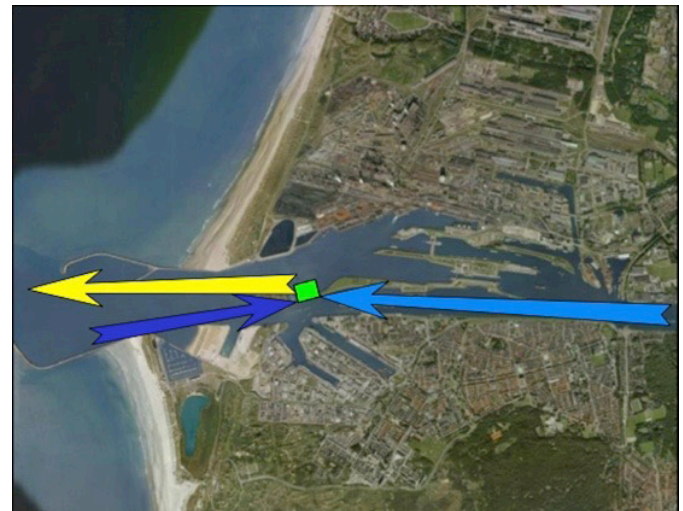
Afbeelding 1, De werking van het opwekken van energie met PRO [8]



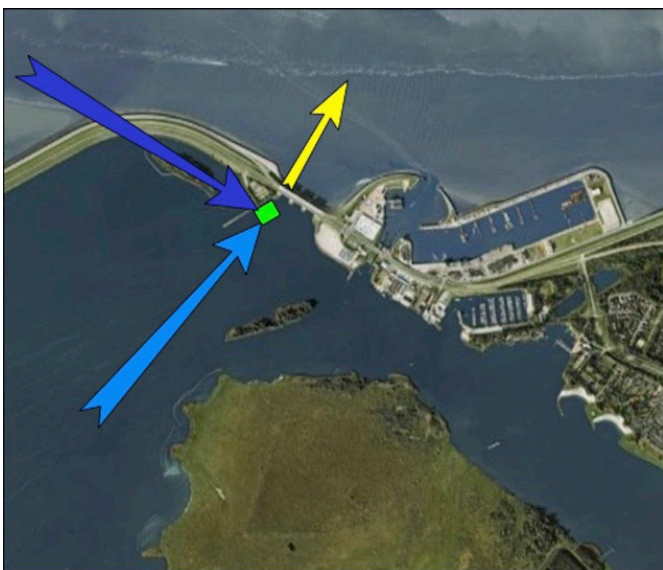
Afbeelding 4, De locatie van de energiecentrale op de Afsluitdijk (donkerblauw: zout water, lichtblauw: zoet water, geel: brak water) [20]



Afbeelding 2, De werking van het opwekken van energie met RED [8]

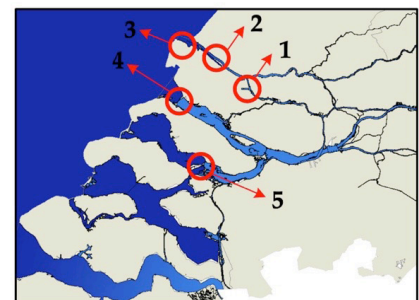


Afbeelding 5, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij IJmuiden (donkerblauw: zout water, lichtblauw: zoet water, geel: brak water) [20]

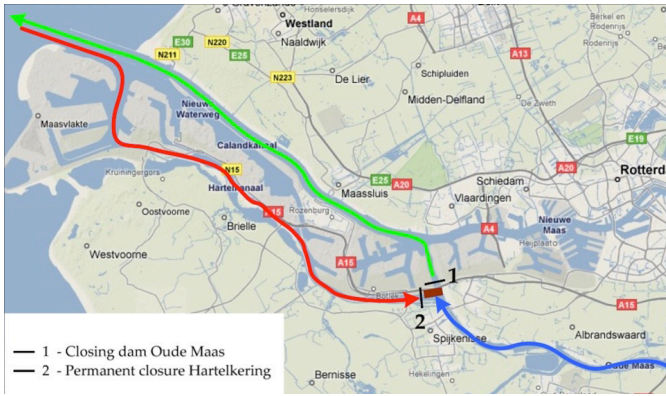


Afbeelding 3, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij Lauwersoog (donkerblauw: zout water, lichtblauw: zoet water, geel: brak water) [20]

1. Botlek
2. Nieuwe Waterweg
3. Maasvlakte
4. Haringvlietsluizen
5. Krammersluizen



Afbeelding 6, Overzicht van de mogelijke locaties voor energiecentrales in de Delta



Afbeelding 7, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij de Botlek (donkerblauw: zoet water, rood: zout water, groen: brak afvalwater) [20]



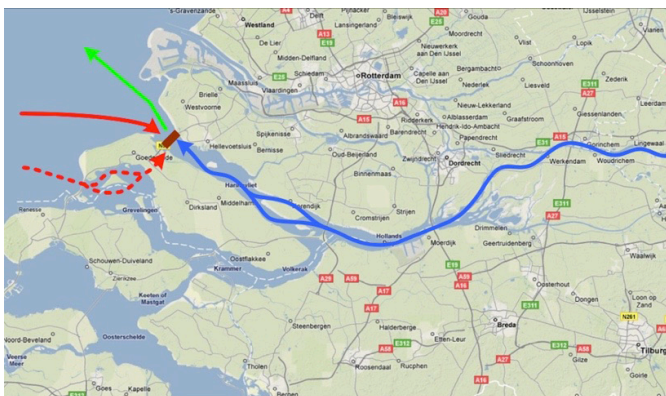
Afbeelding 11, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij Krammer-sluisen (blauw: zoet water, rood: zout water, groen: brak water) [20]



Afbeelding 8, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij de Nieuwe Waterweg (blauw: zoet water, rood: zout water, groen: brak water) [20]



Afbeelding 9, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij de Maasvlakte (blauw: zoet water, rood: zout water, groen: brak water) [20]



Afbeelding 10, Een mogelijke locatie voor een energiecentrale bij de Haring-vlietsluisen (blauw: zoet water, rood: zout water, groen: brak water) [20]

Rivier	Q (m ³ /s)	T (°K)	C _c (mg/L)	C _a (mg/L)	Vermogen (MW)	Energie per jaar (PJ)
IJssel	450	285	17048	116	390	12.3
Nieuwe Waterweg	1500	285	17048	120	386	12.2
Haringvliet	1500	285	16895	60	654	20.6
Totaal	3450	-	-	-	1440	45.4

Tabel 1: het theoretisch potentieel van RED in Nederland

Kostenpost	Prijs (miljoen €)	Levensduur (jaar)	afschrijving (miljoen € per jaar)
Membranen	630	5-10	63-126
Vorbewerking	1000	20	50
Pompen	150	20	7.5
Pijpen	200	20	10
Connectie stroomnetwerk	100	20	5
Gebouw, infrastructuur, land	600	40 (∞ voor land)	11.3
Totaal	2680	-	147-210

Tabel 2: prijs en levensduur van de onderdelen van een RED centrale [22]

De effectiviteit van abstracte en concrete oefenopgaven bij natuurkunde leerlingen op het middelbaar onderwijs

L.W.H. Hofmeijer¹, N. Wilgenhof², T. Susan¹, M. Stegeman², I.N. Wijma³, E.M. Meijer³

¹Het Assink Lyceum, Haaksbergen

²Staring College, Lochem

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main purpose of this study is to investigate which category of practice questions in a physics chapter about electricity, concrete or abstract, leads to the best academic improvement for students in 3 vwo. 67 students were divided into three groups. The first and second group received study material with respectively concrete and abstract questions; the third group, as a control group, received an even mix of those categories. The material consists of various questions, covering all necessary topics. Academic improvement was measured and compared with both a baseline measurement and a 40 minute-during final test. Results showed that the performance of the group with concrete material was significantly lower than both the abstract group and the combination group. This is remarkable because currently, standard homework material mostly consists of concrete questions.

Introductie

Volgens de VN staat Nederland in 2020 op plaats 5 in de Global Knowledge Index en is daarmee de vijfde meest concurrerende kenniseconomie ter wereld. Dit wil zeggen dat Nederland relatief goed is in het omzetten van nieuwe kennis en innovatie naar economische groei. [1] Wetenschap speelt een cruciale rol in het verkrijgen van deze nieuwe kennis en dus draagt het bètaonderwijs bij aan de economische groei en welvaart van Nederland. Middelbare scholen bieden leerlingen een basiskennis in dit vakgebied en geven toegang tot de bètastudies en daarmee professionele wetenschap. Nederland heeft daarom belang bij het verbeteren van de bètavakken op het voortgezet onderwijs.

Voor verbetering van het natuurkundeonderwijs zal moeten worden nagegaan of de huidige manier van oefenopgaven aanbieden past bij het hedendaagse onderwijs. Natuurkunde leerlingen op het voortgezet onderwijs krijgen namelijk meestal concrete situaties en objecten als oefenmateriaal voorgeschoteld. Deze concrete aspecten verwijzen naar fysieke objecten of fenomenen. Dit biedt leerlingen de mogelijkheid om een beeld te schetsen van waar de opgave over gaat, waardoor leerlingen de theorie zouden gaan begrijpen. Voor abstract oefenmateriaal is echter ook wat te zeggen: abstracte situaties zorgen ervoor dat leerlingen een begrip van de theorie ontwikkelen, zonder dat zij van een bepaalde situatie of opzet afhankelijk zijn.

Met behulp van eerder onderzoek en de Cambridge Dictionary zijn voor dit paper de volgende definities van concreet en abstract tot stand gekomen: concrete informatie heeft een fysieke representatie in ruimte en tijd en is dus te linken met fenomenen of objecten die bestaan, bestonden of kunnen bestaan. Voorbeelden van concrete informatie zijn: een handleiding van een apparaat, het beschrijven van een experiment en begrippen als een dynamo of mixer. Concrete natuurkunde opgaven bieden dus een voorstelling van een realistische situatie of handeling [2]. Abstracte informatie heeft geen fysieke representatie in ruimte en tijd en kan dus ook niet bestaan. Abstracte begrippen zijn vaak gegeneraliseerd; voorbeelden van abstracte begrippen zijn vermogen en lading; verder is het weergegeven van bijvoorbeeld een mixer als een

vierkantje abstract. Abstracte natuurkundeopgaven bieden minder houvast dan wanneer sprake is van een voorstelling van een realistische situatie of handeling [3]. Voor een voorbeeld van een abstracte en een concrete opgave, zie figuur 1.

Om terug te komen op de tegenstelling van concreet en abstract oefenmateriaal, een studie over 16-17 jarige natuurkunde leerlingen in Italië vond een voordeel van abstracte stof. Door middel van eye-tracking technologie werd aangetoond dat abstracte illustraties kunnen zorgen voor een efficiëntere tekstverwerking. [4] Ook op andere gebieden in de wetenschap komen voordelen van abstractie naar boven; onderzoek naar situaties en illustraties bij 11-12 jarige wiskunde leerlingen toonde aan dat concreetheid het begrijpen van wiskundige concepten kan tegengaan. [5]

Vanwege bovenstaande tegenstelling wordt in dit experiment de toetsprestatie van natuurkunde leerlingen gemeten wanneer concreet tegenover abstract zelfstudiemateriaal wordt aangeboden. Het studiemateriaal is speciaal voor dit experiment ontworpen en gaat over elektriciteit. De doelgroep bestaat uit 3-vwo-leerlingen op het Staring College in Lochem. De vraagstelling luidt: Welke soort huiswerkopgaven bij natuurkunde, concreet of abstract, resulteert in de beste toetsresultaten bij leerlingen uit 3 vwo op het Staring College bij een hoofdstuk over elektriciteit?

De hypothese is dat ondanks alle beschreven punten vóór abstract materiaal, het concrete materiaal toch tot net iets grotere vooruitgang in cijfers en daarmee betere resultaten gaat leiden. Dit is omdat het goed mogelijk is dat uitgevers en docenten uit ervaring van wat wel en niet werkt hebben besloten om veel concreet materiaal aan te bieden. Het vraagstuk blijft echter relevant omdat ongeacht welke van de twee betere resultaten oplevert, de verhouding tussen concreet en abstract van belang is. Een zekere combinatie van concreet en abstract materiaal blijkt optimaal te zijn. [6]

Materiaal en methode

Alle 3-vwo-leerlingen van het Staring College deden mee met het experiment. In totaal ging het om 103 leerlingen. Ook was een combinatieklas betrokken bij het onderzoek; een extra 9 havoleerlingen doorliepen het experiment, deze leerlingen werden niet meegenomen in de dataverzameling en resultaten.

De in totaal 4 klassen waren verspreid over twee docenten met 53 en 59 leerlingen. Alle havo-leerlingen waren ondergebracht in één klas.

Voor dit experiment waren de leerlingen verdeeld in drie groepen. Eén groep kreeg alleen abstracte opgaven, een andere groep kreeg alleen concrete opgaven en de derde groep kreeg als controlegroep een gelijke verdeling van abstracte en concrete opgaven.

Ter voorbereiding van het ontwerpen van de materialen zijn de leerdoelen per paragraaf opgesteld en is de bestaande toets over het hoofdstuk bestudeerd. Daarna zijn alle 28 opgaven expliciet voor dit experiment gemaakt. Hierbij is er rekening mee gehouden de verschillen in onderwerp tussen de abstracte en concrete opgaven zo klein mogelijk te houden. Dat wil zeggen: het concept en niveau van de opgaven zijn gelijk gebleven, alleen de abstracte of concrete aspecten van de opgaven zijn verschillend.

De aantrekkelijkheid van een opgave is ook een belangrijke factor; wanneer een leerling een opgave met meer plezier maakt blijft diens aandacht langer bij de opgaven en zou de leerlingen er meer van kunnen leren. Onderzoek bij natuurkundig en biologisch onderwijs laat zien dat concrete stof als aantrekkelijker wordt ervaren. [7]

Het niveau van de toets is van een dergelijk niveau dat de leerlingen alle opgaven kunnen maken met de kennis uit het boek. Dit is gedaan met hulp van de docenten om het niveau zo passend mogelijk te maken. De opgaven van de nulmeting zijn van een lager niveau. Als de nulmeting net zo moeilijk gemaakt wordt als de eindtoets, kunnen leerlingen bijna niks invullen, omdat ze de stof nog nooit gezien hebben. Zo scoren de ze niet zo laag dat er geen verschil tussen leerlingen meetbaar is.

Vooraf aan het experiment werd de leerlingen kort verteld wat er ging gebeuren, omdat het er tijdens het experiment anders aan toe zou gaan dan de leerlingen van normale les gewend zijn. Bij deze toelichting werd verteld wat er van de leerlingen verwacht werd, namelijk het maken en inleveren van huiswerk; en waarom zowel de leerlingen zelf als het onderzoek belang zouden hebben bij een goed verloop. Ook werd hier de eerste beloning aangekondigd, meer hierover verderop in de methode. De leerlingen kregen hier verder voor het eerst te horen dat er drie verschillende groepen gemaakt zouden gaan worden die verschillende huiswerkopgaven kregen. Wat het verschil precies was, werd niet verteld.

In de eerste week van het experiment is een nulmeting afgenomen in de vorm van een oriënterende toets, deze bestaat uit vijf korte opgaven over verschillende onderwerpen van het hoofdstuk. De toets was bedoeld om in 15 tot 20 minuten voltooid te worden.

Gedurende de vier weken van het aanbod van het studiemateriaal ontvingen alle leerlingen één keer per week het verplichte wekelijkse studiemateriaal. De leerlingen dienden de ontvangen opgaven in het schrift uit te werken. Van het gemaakte werk stuurden ze per e-mail foto's als bewijs dat ze het gemaakt hadden. De leerlingen kregen uitwerkingen van de opgaven een week na het uitdelen van de opgaven om het voor zichzelf te kunnen nakijken. Dit was de eigen verantwoordelijkheid van de leerling en was niet verplicht.

In de drie lessen per week behandelden de docenten de normale lesstof uit het boek, hoofdstuk 6 Schakelingen van de lesmethode Newton. De docenten werd verzocht het maken van de opgaven uit het boek te vermijden. Voorbeeldopgaven in de klas van de docent om de stof uit te leggen waren niet

uitgesloten, de docent hoefde geen rekening te houden met het experiment om zijn eigen opgaven te gebruiken sinds dit de docent te veel zou beperken. De docent kon dus zowel concrete als abstracte voorbeelden op het bord behandelen.

Om de leerlingen te stimuleren het oefenmateriaal met voldoende aandacht en inzet te voltooien en in te leveren, zijn er twee beloningen ingesteld. Ten eerste, wanneer de leerlingen de nulmeting en het huiswerk over de drie paragrafen op tijd en voldoende inleveren, krijgen de leerlingen 1,0 punt bovenop wat hun cijfer in eerste instantie zou zijn. Onder voldoende inleveren wordt verstaan dat de opgaven geprobeerd zijn, het antwoord hoeft dus niet per se juist te zijn. De leerlingen moeten dus voor elke paragraaf iets ingeleverd hebben waardoor zichtbaar was dat ze er echt mee bezig zijn geweest. De leerlingen maakten na het afsluiten van alle opgaven twee toetsen, eerst de afsluitende toets van ons experiment, later de originele toets van het Staring College. De tweede beloning hield in, dat voor de leerlingen de beste van deze twee toetsen telde. Deze tweede beloning kregen de leerlingen pas na het onderzoek te horen om te voorkomen dat leerlingen extra opgaven uit de methode zouden gaan maken om beter te scoren voor de toets van het experiment, wat de validiteit zou aantasten.

De toets aan het eind van het experiment is specifiek voor dit onderzoek gemaakt, bestaat uit 5 opgaven en was voor alle leerlingen hetzelfde. In de toets zat een gelijke verhouding abstracte en concrete opgaven. Het is gemaakt met oog op de behandelde stof en de beschikbare tijd. De toets wordt in één natuurkundeles van 40 minuten afgenomen in toetsopstelling. Alleen het gebruik van een pen, papier, een rekenmachine en een formuleblad met alle nodige formules is toegestaan.

Elke opgave van de toets heeft een vooraf bepaald aantal punten dat behaald kan worden. Om het cijfer van een leerling te bepalen, wordt het behaalde aantal punten gedeeld door het maximale aantal. Door deze verhouding te vermenigvuldigen met 9 en er 1 bij op te tellen worden de behaalde resultaten van de leerlingen uiteengezet op een schaal van 1 tot 10.

Niet alle resultaten van alle leerlingen zijn in de analyse meegenomen. Het inclusie criterium was daarom dat de resultaten van een leerling deze niet werden meegenomen in de analyse, als de leerling niet elke week zijn of haar huiswerk had ingeleverd. Dit betekent dat alleen de leerlingen die elke week iets hebben ingeleverd waaruit blijkt dat ze de opgaven in ieder geval geprobeerd hebben, meegeteld worden. Wanneer er iets ontbreekt wordt die persoon uit de dataset verwijderd.

Met de overgebleven data werd een analyse gemaakt om de resultaten van het onderzoek te bepalen. Als analyse wordt een ANOVA-toets (Analysis of Variance) gebruikt. Deze statistische methode is een toetsingsmethode om aan te tonen of er tussen scores van groepen gegevens een significant verschil aanwezig is. [8] Voor dit onderzoek wordt een one-way ANOVA-toets uitgevoerd, omdat we de afhankelijke variabele testen van slechts één wijze van groeperen. [9] [10] Bij een ANOVA-toets worden verschillende varianties (de mate van gelijke verdeling) van de gegevens berekend. [11] De “between-group” variantie is het verschil tussen de gemiddelden van de groepen en dat van het totaal. Bij de “within-group” variantie gaat het om de verschillen tussen individuele resultaten en het gemiddelde van hun groep. Bij “within-group” varianties worden dus de leerlingen binnen een groep vergeleken, terwijl bij een “between-group” variantie de hele groepen met elkaar vergeleken worden. De totale variantie

is dan de som van de “between-group” variantie en de “within-group” variantie.

De verschillende varianties worden zo verwerkt dat er een gemiddelde van wordt uitgerekend om uiteindelijk tot de F-waarde te komen. [12]

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de applicatie SPSS. In SPSS kunnen gegevens worden ingevoerd, waarna het programma zelf de ANOVA-toets uitvoert en een aantal tabellen als resultaat geeft. De F-tabel is een tabel met kritieke F-waarden. Deze vaste waarden zijn afhankelijk van het aantal leergroepen en metingen die zijn gedaan (de vrijheidsgraden). Deze F-waarden geven de minimale F-waarde die gemeten moet zijn om van een significant verschil te kunnen spreken. Dat wil zeggen: als de gemeten F-waarde groter is dan de waarde uit de F-tabel bij de corresponderende vrijheidsgraden, is er een significant verschil aanwezig. [13]

Met dit programma worden meerdere analyses uitgevoerd. Er worden analyses uitgevoerd tussen telkens twee van de drie groepen, om te testen of er een significant verschil tussen zit. Op basis van deze resultaten kan een conclusie worden getrokken over welke categorie het meest geschikt is voor het halen van hoge toetscijfers.

Daarnaast wordt er een analyse uitgevoerd tussen de vier klassen om te checken of daar significante verschillen tussen zitten. Hiermee kan gekeken worden naar verschillen in toetsresultaten tussen de klassen.

Resultaten

Het experiment is uitgevoerd met 103 leerlingen. Daarvan kunnen er 45 niet meegerekend worden in de resultaten vanwege onder andere missende datapunten. Uiteindelijk zijn er 67 leerlingen die zijn meegerekend.

Het gemiddelde cijfer van alle leerlingen voor de eindtoets was een 5,6. De groep met abstracte opgaven had gemiddeld een 5,8; de groep met concrete opgaven had gemiddeld een 6,4; en de groep met beide soorten opgaven had gemiddeld een 4,8. Zie figuur 2.

Uit de ANOVA-toets blijkt dat er wel een significant verschil zit tussen abstract en concreet ($F(1,44) = 5,996$; $p = .018$) en tussen beide en concreet zit ook een significant verschil ($F(1,42) = 21,825$; $p < .001$). Tussen abstract en beide zit geen significant verschil ($F(1,42) = 1,748$; $p = .193$).

Bij de nulmeting zit er geen verschil tussen de resultaten van de drie groepen ($F(2,64) = 1,737$; $p = .184$). Het gemiddelde niveau van de groepen was in het begin dus gelijk.

Tussen de klassen zijn ook een aantal verschillen in prestatie te zien. De ene docent gaf les aan klas 1 en 3, terwijl klas 2 en 4 van een tweede docent les kregen.

Conclusie

Er is gedurende vier weken huiswerk aangeboden met opgaven die horen bij verschillende typen lesstof. Hieruit is gebleken dat de gemiddelde vooruitgang in toetscijfer van de groepen abstract en beide onderling niet significant verschillen, maar dat er tussen deze twee en de concrete groep wel een significant verschil zit. De groep met abstracte en de groep met zowel abstracte als concrete huiswerkopgaven hebben beter gescoord dan de groep met alleen concrete opgaven. Hieruit is op te maken dat wanneer leerlingen alleen maar concrete opgaven krijgen, ze de stof minder goed opnemen dan wanneer er zowel abstracte als concrete opgaven gebruikt worden, of zelfs alleen maar abstracte. Hieruit is af te leiden dat wanneer abstract

materiaal meer voorkomt in oefenopgaven, leerlingen meer vooruit kunnen gaan in cijfers, en daarmee een betere kennis van de stof opdoen. Dit is een verrijking van de basiskennis, en dit kan hypothetisch gezien bijdragen aan de keuze van leerlingen om verder te studeren binnen de natuurkunde, wat kenniseconomie verder zou stimuleren.

Discussie

Data

Om de leerlingen te stimuleren al het studiemateriaal voldoende door te nemen waren er twee beloningen ingesteld, zoals in de methode is uitgelegd. Deze beloningen lijken te hebben geholpen; van de 103 deelnemers hebben 28 leerlingen de nulmeting of het wekelijkse studiemateriaal niet elke week voldoende ingeleverd. Dit is naar zeggen van de docenten en uit eigen ervaring een zeer acceptabele participatiegraad. Naast het niet voldoende inleveren van het huiswerk zijn er ook leerlingen die ziek waren of in quarantaine zaten op het moment van toetsafname. Daarnaast zijn een aantal mensen tijdens het experiment gestopt met de vwo-klas. Uiteindelijk zijn er 67 leerlingen over. 59,8% van de deelnemers heeft dus bruikbare data opgeleverd.

Tussen de vier klassen zijn een paar verschillen op te merken. Ten eerste is één van de klassen een gymnasiumklas, terwijl de andere drie klassen onder atheneum vallen. Hier kan een verschil in motivatie zijn geweest bij het maken van de opgaven. Met de resultaten is dit niet meteen te garanderen; de gemiddelde score van de gymnasiumklas bij de eindtoets ligt op de tweede plaats. Bij de klas met de hoogste gemiddelde score is bevestigd dat er enkele antwoorden door de leerlingen zijn ingezien voor het maken van de toets. Dit geeft de leerlingen een oneerlijk voordeel. Deze klas heeft ook het hoogste cijfer gehaald, dit kan dus een grote impact gehad hebben. Het is bij het verwerken van de gegevens niet meegenomen; de ANOVA-toets compenseert hier voor een deel voor bij het bepalen van de significantie van de verschillen. Een ander verschil tussen klassen zijn de verschillende docenten. De twee docenten waren vrij om zelfgemaakte opgaven te behandelen in de les. Dit levert een verschil in uitleg en daarmee ook voorkennis van leerlingen bij de toets op. De ene docent gaf les aan klas 1 en 3, terwijl klas 2 en 4 van een tweede docent les kregen. Onder docent 1 heeft klas 1 een verschil van 0,08 punten geboekt, terwijl klas 3 een verandering had van -1,16 punten. Onder docent 2 had klas 2 een verschil van -0,20 punten, terwijl klas 4 veranderde met 2,08 punten. Beide docenten hebben dus zowel een klas met positief als negatief verschil in cijfer.

Betrouwbaarheid

Omdat dit experiment uitgevoerd moest worden binnen de mogelijkheden van de school, zijn er onderdelen waar de betrouwbaarheid in het geding komt. Zo liep de planning van het Staring College op een dergelijke manier dat de planning van dit onderzoek niet meer helemaal rondkwam. Tussen het aanbieden van het studiemateriaal van week 4, en het afnemen zat slechts vier dagen in plaats van de beloofde week. Daarom is besloten om de lesstof van deze vierde week niet in de toets mee te nemen.

Alle leerlingen hadden dezelfde omstandigheden in de klas, en ook de klassen hadden hetzelfde aantal uren les. Omdat de leerlingen uit verschillende groepen met elkaar zaten tijdens de lessen en daarbuiten, is er wel overleg geweest tussen de groepen. Dit zou voorkomen kunnen worden door

de groepen te verdelen over verschillende scholen of jaren, echter zal dat andere variabelen met zich mee brengen die een dergelijke keuze minder aantrekkelijk maken. De leerlingen zijn wel geregeld gevraagd om zoveel mogelijk zelfstandig te werken.

Om de vooruitgang van de leerlingen te meten, is vooraf aan het aanbieden van het huiswerk een nulmeting afgenomen. De nulmeting dekte dezelfde leerdoelen als de eindtoets. Een verschil tussen de nulmeting en de eindmeting is dat de nulmeting in 15 minuten gemaakt diende te worden, terwijl voor de eindmeting 40 minuten beschikbaar waren. De resultaten van de nulmeting zijn dus minder nauwkeurig bepaald dan de resultaten van de eindmeting. De omstandigheden bij het afnemen van de nulmeting en de eindmeting waren gelijk, behalve dat bij de nulmeting de tafels van leerlingen niet uit elkaar stonden. Overleg tussen de leerlingen bij de nulmeting is dus niet uitgesloten. Zoals in de methode is uitgelegd, is de nulmeting makkelijker gemaakt dan de toets, om de ervoor te zorgen dat leerlingen niet nog niks wisten van de gevraagde stof. Dit verschil in niveau is terug te zien in de resultaten. Een aantal leerlingen heeft voor de nulmeting een hoger cijfer gehaald dan voor de toets. Dit komt dus niet doordat de kennis van de leerlingen achteruit is gegaan, maar doordat het niveau van de toetsen verschilde.

Het coronavirus heeft weinig tot geen invloed gehad op het onderzoek in de periode van het aanbieden van het studiemateriaal. In de laatste week, van de toets, moest één klas echter volledig in quarantaine. De toets is dan ook online afgenomen. De leerlingen hadden een camera aangezet en hadden dezelfde hoeveelheid tijd als alle andere leerlingen. De toets is een minuut voor de les aangeleverd per mail. Wanneer de leerlingen de toets naar eigen zeggen hadden voltooid dienden zij deze met behulp van een foto van het schrift in te leveren per mail. Het gebruik van het methodeboek, het studiemateriaal of een smartphone tijdens het maken van de toets is niet uitgesloten.

Leerlingen uit 3 vwo zijn de doelgroep. Een voordeel van deze groep is dat de cijfers nog niet mee tellen voor het eindexamen. Daardoor heeft het experiment in dit geen leerjaar geen invloed op de eindexamencijfers van leerlingen, in tegenstelling tot de bovenbouw. Bovendien heeft een licht afwijkende toetsprestatie van leerlingen ten gevolge van het studiemateriaal nauwelijks tot geen negatief effect op de studieloopbaan van de leerling, omdat toetsen niet meetellen voor het schoolexamen. Daarnaast hebben leerlingen in 3 vwo nog geen profielkeuze gemaakt; dit betekent dat leerlingen natuurkunde niet kunnen hebben laten vallen. Daardoor worden meer verschillende typen leerlingen bestudeerd, omdat er zo naast voor natuurkunde gemotiveerde leerlingen ook leerlingen bij zitten die het vak minder interessant vinden. Dit helpt voor een compleet beeld van het leerproces bij verschillende leerlingen in het onderwijs.

Hypothese

Interessant aan de resultaten is dat de groep leerlingen met gemengde opgaven zo hoog heeft gescoord. Hieruit blijkt dat concrete vragen wel degelijk iets toevoegen, maar op zichzelf niet. Wat dan het beste zal werken, is een combinatie van abstracte en concrete opgaven. Dit is in lijn met onze hypothese en het onderzoek van Mcneil en Uttal. [6]

Toekomst

Om een goed beeld te krijgen van de geschiktheid van abstracte

en concrete opgaven bij het vak natuurkunde, is het nodig om verschillende onderwerpen te behandelen. In dit onderzoek is het onderwerp schakelingen en elektriciteit behandeld; dit sluit niet uit dat andere onderwerpen andere resultaten kunnen opleveren. Zo zijn de begrippen die bij elektriciteit horen van nature erg abstract, terwijl een onderwerp als beweging een concrete basis heeft.

In dit onderzoek is gekeken naar het veranderen van huiswerkopgaven. De lessen zijn hier nog niet veranderd. Door onderzoek te doen naar het gebruik van abstractie en concreetheid in de lessen, kunne deze beter aansluiten op de huiswerkopgaven. Hierdoor worden zowel de lessen als het huiswerk effectiever in het overdragen van de kennis.

Verder zou in vervolgonderzoek de doelgroep uitgebreid kunnen worden naar leerlingen en studenten van andere onderwijssoorten en -niveaus. Door vervolgens onderzoeken te vergelijken zou een beeld kunnen worden geschetst over een eventueel verloop van de effectiviteit en de voorkeur voor het soort opgaven. Andere onderzoeksgegevens laten namelijk zien dat in het wetenschappelijk onderwijs de effectiviteit van abstract materiaal stijgt naarmate het niveau van begrip bij een student stijgt. [14]

Eindconclusie

Alle onvolkomenheden in acht nemend valt te twisten over de betrouwbaarheid van de bevindingen. De resultaten zijn uiteindelijk gebaseerd op gegevens van 67 leerlingen. De omstandigheden waren voor de leerlingen vrijwel gelijk en het experiment duurde vier weken. Aan de andere kant heeft de nulmeting verbeterpunten, is vernomen dat er waarschijnlijk fraude is gepleegd door een deel van de leerlingen en heeft een deel van de leerlingen de toets online moeten afnemen. Alles in overweging genomen hebben de resultaten een significant verschil laten zien ten gunste van het gebruik van abstracte en een mix van abstracte en concrete oefeningen ten opzichte van enkel het gebruik van concrete oefeningen. Een resultaat dat de makers van natuurkunde methodes ter harte zouden moeten nemen.

Bibliografie

- [1] “UNDP-MBRKknowFoundation-Global-Knowledge-Index-2020-EN.”
- [2] Cambridge University Press, “CONCRETE | meaning in the Cambridge English Dictionary,” 2021. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/concrete?q=+concrete> (accessed Jan. 06, 2021).
- [3] Cambridge University Press, “ABSTRACT | meaning in the Cambridge English Dictionary,” 2021. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/abstract> (accessed Jan. 06, 2021).
- [4] L. Mason, P. Pluchino, M. C. Tornatora, and N. Ariasi, “An Eye-Tracking Study of Learning From Science Text With Concrete and Abstract Illustrations,” *J. Exp. Educ.*, vol. 81, no. 3, pp. 356–384, 2013, doi: 10.1080/00220973.2012.727885.
- [5] J. A. Kaminski, V. M. Sloutsky, and A. F. Heckler, “Do Children Need Concrete Instantiations to Learn an Abstract Concept?,” 2006.
- [6] N. M. Mcneil and D. H. Uttal, “Rethinking the Use of Concrete Materials in Learning: Perspectives From Development and Education,” 2009.
- [7] P. Schwille, “Biology and the art of abstraction,” *Biophys. Rev.*, vol. 9, no. 4, pp. 273–275, 2017, doi: 10.1007/

s12551-017-0277-3.

[8] N. Van Geloven, "One-way ANOVA - WikiStatistiek," 2016. https://wikistatistiek.amc.nl/index.php/One-way_ANOVA (accessed Jan. 06, 2021).

[9] L. Van Heijst, "ANOVA Uitvoeren en Interpreteren (Stappenplan met GIF's)," 2020. <https://www.scribbr.nl/statistiek/anova/> (accessed Jan. 06, 2021).

[10] Scriptium, "Variabelen: de verschillende soorten variabelen | Wetenschap: Onderzoek," 2016. <https://www.scriptium.nl/de-verschillende-soorten-variabelen/> (accessed Jan. 06, 2021).

[11] Infonu, "De ANOVA of variantie-analyse | Wetenschap: Wiskunde," 2015. <https://wetenschap.infonu.nl/wiskunde/162735-de-anova-of-variantie-analyse.html> (accessed Jan. 06, 2021).

[12] C. Taylor, "Example of ANOVA Calculation," 2018. <https://www.thoughtco.com/example-of-an-anova-calculation-3126404> (accessed Jan. 06, 2021).

[13] University of Sussex, "Table of critical values for the F distribution," 2005. [http://users.sussex.ac.uk/~grahamh/RM1web/F-ratio table 2005.pdf](http://users.sussex.ac.uk/~grahamh/RM1web/F-ratio%20table%202005.pdf) (accessed Jan. 06, 2021).

[14] N. S. Podolefsky and N. D. Finkelstein, "Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves," 2007, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.3.010109.

Tabel 1. Aantal leerlingen

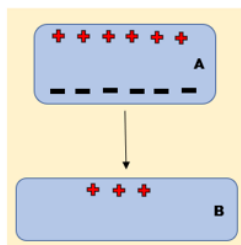
	Begin	Eind
Abstract	33	23
Beide	35	21
Concreet	35	23
Totaal	103	67

	Nulmeting	Eindtoets	Vershil
Abstract	5,04	5,81	0,77
Beide	5,62	6,37	0,75
Concreet	5,89	4,77	-1,12

Tabel 2. Resultaten nulmeting en eindtoets

Abstract

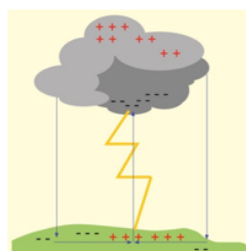
- Object A staat onder grote spanning. De bovenkant van A is positief en de onderkant heeft een negatieve lading.



Leg uit waardoor de bovenkant van object B positief geladen wordt. Gebruik tussen de 30 en 50 woorden en gebruik het woord elektronen.

Concreet

- Tussen de onderkant van een onweerswolk en de aarde bestaat een grote spanning. De bovenkant van de onweerswolk is positief en de onderkant negatief.



Leg uit dat het aardoppervlak onder de wolk positief geladen wordt. Gebruik tussen de 30 en 50 woorden en gebruik het woord elektronen.

Figuur 1. Voorbeeld van een abstracte en een concrete opgave

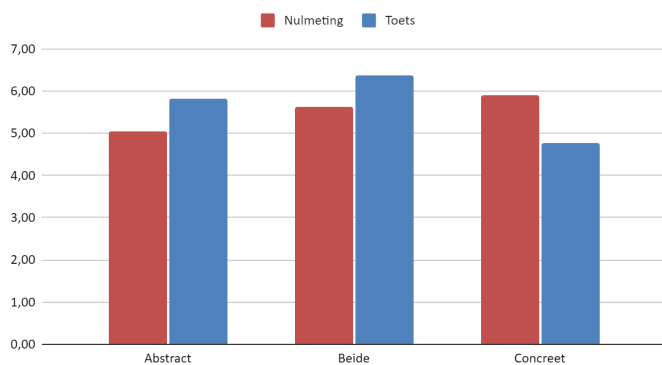
	Vrijheidsgraden	Kritieke F-waarde	Gemeten F-waarde
Abstract-Beide	1.42	4.07	1.748
Beide-Concreet	1.42	4.07	21.825
Concreet-Abstract	1.44	4.06	5.996

Tabel 3. Resultaten ANOVA-toets

	Gemiddelde cijfer nulmeting	Gemiddelde cijfer toets	Vershil
Klas 1	5,93	6,01	0,08
Klas 2	4,85	4,65	-0,20
Klas 3	5,90	4,74	-1,16
Klas 4	5,03	7,11	2,08

Tabel 4. Behaalde cijfers per klas

Gemiddeldes nulmeting en toets per categorie



Figuur 2. Gemiddeldes van de nulmeting en toets per categorie

Luminol chemoluminescentie en de toepassingen daarvan voor het vervangen van elektrisch licht

L. Malki¹, L. Meijer², M. de Winter¹, S.G. Veltkamp¹, M. ter Harmse², E. Krolis³, E.M. Meijer³

¹Het Erasmus, Almelo

²CSG Reggesteyn, Nijverdal

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Potential alternatives for electric light haven't really been explored. These alternatives, however, could be useful for a myriad of applications: in situations where there is a lack of infrastructure and/or localised climate concerns. One of those alternatives could be luminescence.

The previously conducted research on luminescence didn't particularly endeavour to make it substitute electric light in the future. This research focuses on the chemiluminescence reaction of luminol with hydrogen peroxide and the effect of temperature and different catalysts on the duration of the reaction and the intensity of the emitted light.

The catalysts that were used are: cobalt(II) nitrate, iron(III) nitrate and copper(II) sulfate. The temperatures that were used are 9 °C and 21 °C. The results show that chemiluminescence isn't a suitable replacement for electric light in general lighting applications. Though it still proves to be useful everyday in analytical applications. Possible future research directions are the suitability of phosphorescence as an electric light replacement; a look at the exact cause for the start of the reaction when certain catalysts were added and why the reaction started prior to adding any oxidizer.

Inleiding

Alternatieven voor elektrisch licht

Vroeger maakte de mens licht door het verhitten van stoffen aan de hand van een verbrandingsproces. Op 21 oktober 1879 brandde voor het eerst de gloeilamp van Thomas Edison met koolstofvezel (Capelleveen, n.d.). Dit werd als een hele vooruitgang gezien ten opzichte van de bestaande verlichtingsbronnen in die tijd, zoals kaarsen en olielampen. Zijn eerste lamp hield het maar een paar uur uit. Toch slaagde Edison er later in om lampen te maken met een veel langere levensduur. Gloeilampen berusten op het principe van verhitte elektrische stroom: elektrische stroom verhit een gloeidraad, daardoor heeft de lamp een laag rendement, in de orde van 5% (Dirken, 2013, 13). Alternatieven die een hoger rendement hebben, maken ook gebruik van elektrische energie. Voor elektrisch licht is er momenteel eigenlijk geen alternatief. Hoewel er gebruik kan worden gemaakt van kaarsen en andere lichtbronnen die door verbranding mogelijk zijn gemaakt, kunnen deze onder de meeste omstandigheden niet op tegen op de efficiëntie, het gemak en de veiligheid van elektrisch licht. Tegenwoordig wordt het meeste elektrische licht gemaakt met led-lampen (Dirken, 2013, 10). Die kunnen namelijk in het hele zichtbare licht spectrum gemaakt worden en zijn zuinig. Led-lampen gebruiken een klein stukje silicium, waar stroom doorheen wordt geleid, waardoor het stukje silicium fotonen gaat afgeven. Dit zorgt ervoor dat er licht ontstaat. Het nadeel van ledlampen is dat die niet kunnen functioneren zonder elektriciteit. Er zijn naast verbranding en elektrisch licht ook andere manieren om licht te verkrijgen. Een paar alternatieven zijn radioactieve stoffen en luminescentie. Radioactieve stoffen zijn meestal niet veilig, omdat er radioactieve straling vrijkomt, waarvan gammastraling het meest schadelijk is. Radioactieve straling kan het DNA beschadigen. Is luminescentie dan een goed alternatief voor elektrisch licht?

Luminescentie

Luminescentie is het verschijnsel van uitzenden van energie in de vorm van licht door een koud materiaal. Denk hierbij

aan bijvoorbeeld een glowstick, die licht geeft door een luminescentiereactie of de lichtgevende wijzers van horloges. Er zijn verschillende soorten luminescentie. Chemoluminescentie en fotoluminescentie zijn voor dit onderzoek het meest relevant en zullen verder worden toegelicht. De oorzaak van luminescentie is dat een deeltje (een elektron, atoom of molecuul) vanuit een aangeslagen toestand terugvalt naar de grondtoestand. De grondtoestand houdt in dat in een stof de elektronen in de banen zijn die de laagste energie hebben. Bij de aangeslagen toestand neemt een elektron energie op en daardoor gaat het naar een baan verder van de kern, dit wordt excitatie genoemd. Elektronen in een schil verder van de kern hebben dus een hogere energie dan die in een schil dichterbij de kern. Deze situatie is echter niet stabiel. Daarom 'springen' de elektronen weer naar de grondtoestand. Daarbij wordt er energie uitgezonden. Bij terugval van dat elektron neemt de betrokken energie de vorm aan van een foton met een bepaalde golflengte. Bij luminescentie wordt deze energie in de vorm van licht uitgezonden.

Luminescentie wordt (nog) niet gebruikt als vervanging voor elektrisch licht. Dat komt doordat er nog geen manier is gevonden om het uitgezonden licht in het geval van chemoluminescentie fel genoeg te maken en er nauwelijks onderzoek is gedaan naar de mogelijke persistente luminescentie-eigenschappen van materialen in het geval van fotoluminescentie. Met persistente luminescentie-eigenschappen worden eigenschappen bedoeld die ervoor zorgen dat de uitzending van licht doorgaat nadat de excitatie van elektronen is geëindigd (Universiteit Gent, n.d.).

Fotoluminescentie

Er is sprake van fotoluminescentie als er gebruik gemaakt wordt van licht voor het aanslaan van elektronen of atomen. Materialen die dit gedrag vertonen worden fosfors genoemd. Deze zijn niet hetzelfde als het scheikundige element fosfor met symbool P. Veel fosfors bestaan uit een kristallijn gastrooster waaraan een hoeveelheid luminescente centra of activators zijn toegevoegd. Hoewel het gastrooster een belangrijke rol speelt, is het niet zelf verantwoordelijk voor de lichtproductie.

Het zijn de activators die hiervoor zorgen. Het idee wordt met figuur 1 verduidelijkt (Botterman, 2010).

De activator zorgt voor de lichtproductie. Wanneer straling van een externe lichtbron de activator bereikt, kan absorptie optreden waardoor er een overgang plaatsvindt van de grondtoestand naar een geëxciteerde toestand. Bij het terugkeren naar de grondtoestand zendt het materiaal licht uit. Als de energie van de aangeslagen gebruikt wordt om de vibratieniveaus van de omgeving te exciteren via fotonen, dan zal het materiaal opwarmen (Botterman, 2010).

Chemoluminescentie

Er is sprake van chemoluminescentie wanneer de excitatie van een elektron plaatsvindt door middel van een chemische reactie. Meestal gebeurt dit door oxidatie. De overgang gaat vaak gepaard met trillings- en rotatieveranderingen in het molecuul. Vervolgens vervallen de aangeslagen moleculen, daarbij vindt er emissie van licht plaats. Dit proces kan aangepast worden, maar deze kernprincipen blijven altijd gelden (Lytle, 1966).

Het verloop van oxidatiereacties

Oxidatiereacties kenmerken zich door de overdracht van elektronen. Het deeltje dat elektronen afstaat is de reductor. Het deeltje dat elektronen op kan nemen is de oxidator. Een reductor reageert altijd met een oxidator. De reactie kan in twee halfreacties worden opgesplitst: het afgeven van de elektronen door de reductor en het opnemen van de elektronen door de oxidator. Hoe een reactie verloopt is afhankelijk van de standaardelektrodepotentiaal (V^0), deze drukt een theoretisch spanningsverschil uit tussen twee stoffen. Een oxidator is sterker naarmate de standaardelektrodepotentiaal hoger is. Een sterke reductor heeft juist een lage standaard elektrodepotentiaal (Malmberg, n.d.).

Onderzochte chemische stoffen op het gebied van chemoluminescentie

Hoewel luminescentiereacties al sinds de Griekse oudheid werden geconstateerd, werd chemoluminescentie voor het eerst gerapporteerd in 1669. Het was de scheikundige Henning Brand gelukt om uit urine een witte glimmende substantie over te houden. Dat kwam door de stof fosfor (Barnett, N. en Lewis, S. 1996). In de 19e eeuw werd er ontdekt dat vrij eenvoudige chemische verbindingen ook chemoluminescentie konden veroorzaken. Zo werd er bij de reactie tussen zuurstof en 2,4,5-trifenyylimidazool groen licht uitgezonden.

In 1928 werden de luminescente eigenschappen van 5-amino-2,3-dihydro-1,4-ftaalazinedion, oftewel luminol, ontdekt.

Afbakening

Er is gekozen om luminol-chemoluminescentie te onderzoeken, aangezien dit mogelijk was met de beschikbare middelen en faciliteiten. Daarnaast is er besloten slechts een paar variabelen te variëren in verband met de haalbaarheid. De twee gekozen variabelen zijn: het gebruik van één van de gekozen katalysatoren en variatie van de temperatuur.

Deze variabelen zijn gekozen omdat ze meetbaar zijn met de aanwezige meetapparatuur en een redelijk impact hebben op de reactie als geheel. Deze aanname is gebaseerd op de literatuur. Verder is geprobeerd de rest van de omstandigheden gelijk te houden. Er is voor gekozen om deze variabelen te variëren bij een reactie tussen luminol en waterstofperoxide.

De luminolreactie

Luminol is een van de stoffen waarbij er door een oxidatiereactie chemoluminescentie kan optreden. Bij de oxidatie van luminol, zoals te zien in figuur 2, komt er een elektron in de aangeslagen toestand. Het molecuul met daarin een elektron in de aangeslagen toestand wordt aangeduid met *. Bij het terugvallen naar de grondtoestand van een elektron wordt er een foton uitgezonden met een golflengte die overeenkomt met de golflengte van het blauwe gedeelte van het zichtbare licht, tussen 450 en 495 nm (Merényi, 1990).

De impact van temperatuur op chemoluminescentie bij luminol

De verwachte impact van temperatuur op de chemoluminescentiereactie van luminol is dat een hogere temperatuur zal leiden tot een hogere reactiesnelheid. Dit kan verklaard worden aan de hand van het botsende deeltjesmodel. Dit is een model dat verklaart hoe stoffen met elkaar reageren. Dit model gaat uit van het principe dat deeltjes met elkaar moeten botsen voordat ze kunnen reageren. Het botsen moet met voldoende energie gebeuren, zodat de activeringsenergie van de reactie wordt bereikt. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller deeltjes bewegen, dus hoe hoger de kinetische energie van de moleculen is. Bij een hogere temperatuur zijn er dus steeds meer moleculen die de activeringsenergie bereiken (Malmberg, n.d., 116). Hieruit volgt dat er een positief verband is tussen de reactiesnelheid en de temperatuur. Wanneer de reactie tussen waterstofperoxide en luminol sneller verloopt, zullen de deeltjes sneller in de aangeslagen toestand komen. Dit zal ertoe leiden dat de periode van het uitzenden van licht korter wordt. Bij een lagere temperatuur zal de reactie langer duren, omdat het langer duurt voordat alle deeltjes gereageerd hebben. Door bij kamertemperatuur (21 graden Celsius) en een lagere temperatuur te meten, kan vastgesteld worden of de lagere temperatuur de reactiesnelheid negatief en de reactietijd positief beïnvloedt. Een temperatuur van 9 graden Celsius is hiervoor geschikt aangezien deze te behalen is met redelijk simpele middelen en het verschil met 21 graden groot genoeg is voor een valide meting.

De impact van verschillende katalysatoren op Chemoluminescentie bij luminol

Er zijn verschillende katalysatoren die een invloed hebben op de snelheid waarmee de reactie tussen luminol en waterstofperoxide verloopt. Doordat deze katalysatoren de reactiesnelheid vergroten, zorgen deze er voor dat de lichtintensiteit groter wordt. De reactie zal echter korter duren, omdat alle beginstoffen sneller volledig gereageerd zijn.

Luminol wordt veel gebruikt voor de analyse van verschillende stoffen en in de forensische

wetenschappen. Dit is zo omdat een groot aantal organische en anorganische stoffen de luminolreactie kunnen katalyseren. Hier wordt het licht gebruikt om de aanwezigheid van een stof te bepalen. Hiernaast zijn er meer ingewikkelde toepassingen van chemoluminescentie bij de analyse van stoffen (Aslan, 2009). Enkele stoffen die als katalysator fungeren zijn, koper $2+$ kobalt $2+$ en ijzer $3+$ (Chang, 1980).

Het verband tussen de structuur van de stoffen de eigenschappen van het uitgezonden licht

Tegenwoordig verlopen de meeste chemoluminescentiereacties volgens het mechanisme in figuur 3.

In organische moleculen, zoals luminol, kan er sprake zijn van een dubbele binding: er zijn twee gemeenschappelijke elektronenparen. Deze bindingen zijn echter niet aan elkaar gelijk. Eén van de elektronenparen is namelijk minder stabiel dan de andere. De stabielere binding wordt de sigma-binding (σ -binding) genoemd en is hetzelfde als een enkele binding. Het andere, minder stabiele elektronenpaar is de pi-binding (π -binding) (Startpagina molchemie, 2020).

Bij chemoluminescentie zijn de meest voorkomende transitiepaden van een π (pi)-binding naar een π^* -binding. Dit heeft te maken met de manier waarop de moleculaire orbitalen zijn gevuld. Het vullen daarvan gebeurt volgens het uitsluitingsprincipe van Pauli (een kwantummechanisch principe dat stelt dat twee identieke fermionen (elektronen, protonen en neutronen) niet dezelfde kwantumtoestand kunnen bezetten) en de regel van Hund (in een subniveau van een hoofdniveau van de energietoestand van een elektron, worden de elektronen over de orbitalen verdeeld zodanig dat er zo veel mogelijk ongepaarde elektronen voorkomen) (Regel van Hund, 2014). Het is immers zo dat twee elektronen in eenzelfde orbitaal meer repulsie ondervinden dan twee elektronen in twee verschillende orbitalen. Een π^* -binding is een binding in een antibindende orbitaal. De bindende moleculaire orbitalen concentreren de elektronendensiteit tussen de nucleï en zijn dus lager in energie dan de atomaire orbitalen van waaruit deze zijn afgeleid, terwijl de antibindende moleculaire orbitalen een verlaagde elektronendensiteit bezitten tussen de twee kernen en dus verhoogd zijn in energie ten opzichte van de atomaire orbitalen van waaruit deze zijn opgebouwd (Molloy, 2004). Zo'n moleculair orbitaaldiagram voor waterstof is weergegeven in figuur 4.

De grootte van de lichtsterkte die wordt uitgezonden bij een luminescentiereactie

In het deeltjesmodel wordt licht opgevat als een verzameling fotonen met energie

($h \cdot f$, waarbij h de constante van Planck is, een getal dat door hem is gedefinieerd en f de frequentie) en impuls ($h \cdot f/c$) (Moors, 1983, 50). Aangezien h een constante is, hebben de energie en de frequentie een verband met elkaar. Als f groter wordt en dus de golflengte kleiner, dan bevat het foton meer energie. De λ_{\max} bij luminol chemoluminescentie is 445 nm (Chasteen, 1999). De energie van een lichtbron per tijdseenheid (het vermogen) bepaalt de lichtsterkte. Onder lichtsterkte wordt verstaan: het stralingsvermogen dat een bron per eenheid van ruimtehoek uitzendt, gecorrigeerd voor de spectrale gevoeligheid van het menselijk oog (Lichtsterkte (fotometrie), n.d.). Daarnaast is de lichtsterkte afhankelijk van de hoeveelheid uitgezonden fotonen en de verdeling van die fotonen over de omliggende ruimte. Een kleine ruimte is immers makkelijker te verlichten. Om de relatieve lichtintensiteit van licht voor het menselijk oog te bepalen is er een formule ontwikkeld. Deze luidt: $L = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B$ (Stokes, 1996). Deze formule is gebaseerd op het feit dat de perceptie van de intensiteit van het licht van de verschillende kleuren bij mensen verschilt, over de bevolking verdeeld zijn: 64% van de kegels gevoelig voor rood (R), 32% voor groen (G) en 2% voor blauw licht (B), hoewel de blauwe kegels het meest gevoelig zijn voor licht (Ackerman, 1962).

Omdat deze L-waarde de intensiteit van licht vergelijkt aan de hand van kleur en de gemeten kleur kan veranderen door de

gebruikte camera-instellingen bij het meten, is deze L-waarde relatief. Daarnaast is deze formule slechts effectief binnen een bepaald lichtsterkte bereik.

Onderzoeksvraag

Aan de hand van het theoretische kader en het aanwezige kennisgat op het gebied van chemoluminescentie met als doel verlichting is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

- Welke combinatie van temperatuur en katalysator bij een luminol chemoluminescentiereactie is optimaal voor het vervangen van elektrisch licht?

Deelvragen

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd. Al deze deelvragen hebben betrekking op bepaalde aspecten bij het verlichten met chemoluminescentie.

- Hoe kan er met behulp van chemoluminescentie langer dan een uur licht gegeven worden?
- Welke van de volgende twee temperaturen, 9 of 21 graden Celsius, zorgt voor een zo hoog mogelijke initiële lichtintensiteit bij reactie tussen luminol en waterstofperoxide?
- Welke van de volgende drie katalysatoren, kopersulfaat, kobaltnitrat of ijzernitrat, zorgt voor een zo hoog mogelijke initiële lichtintensiteit bij reactie tussen luminol en waterstofperoxide?

Methode

Om de hoofdvraag te beantwoorden is een experiment uitgevoerd. De methode voor het starten van de luminescentiereactie is gebaseerd op een lesbrief van de Universiteit Utrecht (Universiteit Utrecht 2012) en op een lesbrief van de Universiteit van Carolina (NCSU 2005). Er zijn echter aanpassingen gemaakt. Zo is er een temperatuurcomponent toegevoegd met ijswater en zijn er meer katalysatoren gebruikt. Bovendien zijn er aanpassingen gemaakt aan de methode, welke nodig bleken te zijn voor een valide onderzoek volgende uit de bevindingen opgedaan tijdens een verkennend experiment. Zo zijn de concentraties van de stoffen en de verhoudingen daartussen aangepast. Hieronder is het uitgevoerde werkplan en een schematische tekening van de opstelling in figuur 5 te zien. De metingen zijn uitgevoerd door foto's te maken met een Samsung A51 2020.

Oplossingen

Eerst werd er 14,2 gram natriumbicarbonaat toegevoegd aan een bekeerglas. Daarna werd er 100 ml demiwater toegevoegd. Nadat de natriumbicarbonaat opgelost was, werd er 0,16 gram luminol toegevoegd. Het werd daarna met demiwater aangevuld tot 400 ml en afgedekt.

Hierna werd er een tweede oplossing gemaakt door eerst 40 milliliter 3% waterstofperoxide aan een tweede bekeerglas toe te voegen en daarna het bekeerglas aan te vullen met demiwater tot 400 ml en af te dekken.

Nulmeting

De camera werd op 25 cm van het reactie bekeerglas geplaatst. Van de eerste oplossing werd er 50 ml in een bekeerglas gegoten. Hierna werd er 50 ml van de tweede oplossing in een ander bekeerglas gegoten. Vervolgens werd de inhoud van beide bekeerglazen met een temperatuur van 21 graden Celcius

aan elkaar toegevoegd. Dit werd gedaan in een verduisterde ruimte. Vervolgens werden er op bepaalde momenten foto's van de reactie gemaakt. De eerste 5 minuten werd dit gedaan om de 30 seconden en daarna om het half uur, waardoor de lichtsterkte en lichtduur bepaald konden worden. Voor het maken van de foto's moesten de sluitertijd en schuttergrote van de camera worden ingesteld op F2,0 4" 4,60 mm ISO 400 en constant zijn. Ook moest de afstand van de camera tot het bekeerglas constant zijn, in dit geval 25 cm. Met dezelfde instellingen werd ook een foto gemaakt van een 40 Watt gloeilamp op diezelfde afstand.

Lage temperatuur

Twee nieuwe bekeerglazen werden opnieuw gevuld en geplaatst in een ijsbad waar deze gekoeld werden tot 9 graden Celsius. Beide bekeerglazen werden hierna aan elkaar toegevoegd en de metingen herhaald.

De katalysatoren

Er werden opnieuw bekeerglazen met 50 ml van de twee verschillende oplossingen gevuld. Vervolgens werd er 0,2 g kopersulfaat pentahydraat in 5 ml water opgelost. Daarna werden alle drie de glazen aan elkaar toegevoegd bij 9 en 21 graden Celsius. De metingen werden herhaald. Dezelfde stappen werden herhaald met kobalt(II)nitraat of ijzer(III)nitraat nonahydraat als katalysator. Hierdoor zijn er metingen uitgevoerd bij acht verschillende reacties.

Analyse

Om de resultaten te analyseren is er gekozen om de sRGB-waarde van een representatief punt te bepalen. Dit is gedaan door eerst het representatieve punt te bepalen. Dit werd gedaan door eerst een vierhoekige overlay op de gemaakte foto te leggen, vervolgens werden met het Mac-programma digitale kleurenmeter de sRGB-waarden van elk van de hoekpunten en het middelpunt van de vierhoek bepaald, waarbij de maximale grootte van het diafragma was ingesteld. Daarna is er gekozen voor de middelste kleurwaarde. Vervolgens zijn de waarden van dat representatieve punt ingevuld in de formule $L = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B$ en daarmee is de relatieve lichtintensiteit bepaald.

Deze L-waarde is vervolgens gebruikt om de lichtintensiteit tegen de tijd uit te zetten om te bepalen welke samenstelling het meest geschikt is voor het vervangen van elektrisch licht. Omdat deze L-waarde de intensiteit van licht vergelijkt aan de hand van kleur en de gemeten kleur kan veranderen door de gebruikte camera-instellingen bij het meten, is deze L-waarde relatief.

Resultaten

Waarnemingen tijdens het experiment

Uit het onderzoek is gebleken dat het toevoegen van alleen de katalysatoren aan de luminoloplossing (en dus zonder de waterstofperoxide die in dit onderzoek als oxidator werd gebruikt) ook zorgt voor een lichte luminescentie. Hier is verder geen onderzoek naar gedaan. Er werd echter geprobeerd dit effect te minimaliseren. Nadat de oplossingen bij elkaar waren gevoegd, is er een reactie opgetreden waarbij er luminescentie plaatsvond. Bij alle reacties kon er blauw licht worden waargenomen. De intensiteit en duur van dit licht was per reactie verschillend.

Meetresultaten

De gemaakte foto's zijn verwerkt aan de hand van de analysemethode en de resultaten hiervan zijn vervolgens verwerkt in de figuren 6, 7 en 8. Daarnaast is er een foto van een 40 Watt gloeilamp gemaakt met dezelfde instellingen deze resulteerde in een L-waarde van 255.

In de grafieken zijn de effecten van de verschillende temperaturen en katalysatoren te zien. De metingen van de oplossing zonder katalysator bij 9 graden Celsius zijn ook opgenomen. De keuze is gemaakt om alle metingen gedaan na 150 seconden niet weer te geven. Dit is gedaan om de grafiek leesbaarder te maken. Daarnaast waren de lichtsterktes na dit moment zeer laag. Vanwege de zeer kleine hoeveelheid licht is er vooral gekeken naar de lichtintensiteit in de eerste 2,5 minuten van de reacties.

In figuur 6, waarin de L-waarde uitgezet is tegen de tijd, is de L-waarde het grootst is voor kobaltnitraat bij een temperatuur van 9 graden, namelijk 185,5. Verder is te zien dat er voor alle katalysatoren behalve kobaltnitraat geldt dat een lagere temperatuur tot een hogere L-waarde leidt. Daarnaast is het opvallend dat het verschil tussen initiële lichtintensiteit tussen 9 en 21 graden het grootst is bij het gebruik van ijzernitraat als katalysator. Verder is in figuur 7, waarin de L-waarde uitgezet is tegen de tijd, te zien dat de initiële lichtsterkte bij een temperatuur van 21 graden hoger is dan bij 9 graden. Na zo'n 25 seconden is de lichtsterkte bij 9 graden hoger. In figuur 8, waarin de L-waarde uitgezet is tegen de tijd, is te zien dat eerst kobaltnitraat, dan ijzernitraat, dan kopersulfaat en dan zonder katalysator de hoogste lichtintensiteit gaf. Alle reacties, behalve die met kobaltnitraat als gekozen katalysator hadden een reactietijd die langer was dan een uur. Kobaltnitraat had een reactietijd van 3.30 minuten voor 21 graden Celsius en 9.30 minuten voor 9 graden Celsius.

Conclusie

Hoe kan er met behulp van chemoluminescentie langer dan een uur licht gegeven worden?

Er kan langer dan een uur licht gegenereerd worden door de luminolreactie. Dit kan zowel met als zonder katalysatoren en op een temperatuur van 21 graden Celsius met een zeer grote waarschijnlijkheid dat het ook op de lagere temperatuur kan. De enige katalysator waarbij dit niet mogelijk is, is kobaltnitraat. Bij het gebruik van deze katalysator duurde de reactie 3.30 minuten bij 21 graden Celsius en 9.30 minuten bij 9 graden Celsius.

Welke van de volgende twee temperaturen, 9 of 21 graden Celsius, zorgt voor een zo hoog mogelijke initiële lichtintensiteit bij reactie tussen luminol en waterstofperoxide?

Uit figuur 7 is af te leiden dat de initiële lichtintensiteit bij een temperatuur van 21 graden Celsius gemiddeld hoger was dan bij een temperatuur van 9 graden Celsius. Echter is de impact van het laten verlopen van de reactie bij een hogere temperatuur op de lichtsterkte van de reactie afhankelijk van de gebruikte katalysator. Bij het gebruik van de katalysator kobaltnitraat was de initiële lichtintensiteit bij een temperatuur van 9 graden Celsius juist hoger dan bij een temperatuur van 21 graden Celsius.

Welke van de volgende drie katalysatoren, kopersulfaat, kobaltnitraat of ijzernitraat, zorgt voor een zo hoog

mogelijke initiële lichtintensiteit bij reactie tussen luminol en waterstofperoxide?

De katalysator kobaltnitrat zorgt voor de hoogste gemeten initiële lichtintensiteit bij de reactie tussen luminol en waterstofperoxide, dit is uit figuur 8 af te lezen. Vervolgens gaf ijzernitrat de hoogste initiële lichtintensiteit en daarna kwam kopersulfaat.

Welke combinatie van temperatuur en katalysator bij een luminol chemoluminescentiereactie is optimaal voor het vervangen van elektrisch licht?

De optimale combinatie van katalysator en temperatuur voor de luminescentie reactie met als doel het vervangen van licht is volgens de resultaten een kobalt 2+ katalysator bij een lage temperatuur (9 graden Celcius). Aangezien alleen bij deze reactie de relatieve lichtsterkte enigszins, voor ongeveer een minuut, in de buurt kwam van de relatieve lichtsterkte van elektrisch licht. Er is namelijk een L-waarde gemeten van 185,5 voor de reactie met kobaltnitrat en een L-waarde van 255 bij elektrisch licht. Dit maakt deze combinatie optimaal voor het vervangen van elektrisch licht.

Discussie

Ten eerst was het voornaamste probleem dat er niet met het juiste meetapparaat, namelijk een spectrofotometer, gemeten kon worden. Het regelen van de spectrofotometer was onmogelijk en de ter beschikking gestelde lichtsterktemeter was onvoldoende gevoelig voor de lage lichtsterktes waarmee gewerkt werd. Daarom moest er een alternatief worden bedacht en dat was het vaststellen van de sRGB-waardes. Echter is het zo dat er alleen op één punt van de foto kan worden gemeten. Telkens als er een ander punt werd gepakt, werd er net een andere sRGB-waarde gegeven. Er is geprobeerd dit op te lossen met de overlay om zo een meer representatief punt te krijgen. Het was echter nog steeds lastig om bij alle foto's eenzelfde, vergelijkbaar punt te kiezen. Dit maakt het onderzoek minder betrouwbaar. Daar moet tegenin gebracht worden dat de kleur en lichtsterkte over het algemeen redelijk uniform verdeeld waren over het bekersglas. Dit zorgde voor voldoende betrouwbare metingen.

Er zijn fouten gemaakt. Zo hadden de hoeveelheden beter kunnen worden afgemeten met pipetten in plaats van met maatcilinders. De resultaten zijn betrouwbaar, maar hadden betrouwbaarder kunnen zijn door meer metingen per meetcombinatie, bestaande uit een temperatuur gekoppeld aan een katalysator, uit te voeren.

Voor het vervangen van elektrisch licht is chemoluminescentie wat minder geschikt. Fosforescentie is waarschijnlijk een betere optie, aangezien er fosfors zijn met persistente-luminescentie eigenschappen, zoals strontiumluminaat gedoteerd met europium en dysprosium die 16 uur lang licht blijft geven na excitatie (Botterman, 2010). Bovendien hoeven er niet voortdurend stoffen toegevoegd te worden om de reactie op gang te houden. Er hoeft dan enkel excitatie plaats te vinden. Dit maakt het al met al waarschijnlijk meer geschikt om elektrisch licht te vervangen dan chemoluminescentie. Vervolgonderzoek op dit gebied zou dan ook nuttig zijn.

Daarnaast is er een mogelijk validiteits- en nauwkeurighedsprobleem met het gebruik van de relatieve in plaats van de absolute lichtintensiteit. De gebruikte L-waarde

werd berekend aan de hand van kleur bij bepaalde vaste camera-instellingen. Omdat de oplossingen dezelfde kleur hadden en dezelfde kleur licht hadden afgegeven, kon er dus op een valide manier aan de hand van de gemeten kleur een relatieve lichtintensiteit bepaald worden. Een belangrijke tekortkoming van deze methode is het feit dat de relatieve lichtintensiteit over een groot spectrum niet nauwkeurig gemeten kan worden. Aangezien zowel een kaars en een zeer felle lamp deze maximale waarde van 255 geven, is het moeilijk om de relatieve lichtintensiteit van bijvoorbeeld de kobaltnitratoplossing te vergelijken met die van daglicht. De formule heeft namelijk een bereik van 0-255, maar is geschikt om de verschillende katalysatoren onderling te vergelijken.

Er moet echter gezegd worden dat de gegevens in de grafieken niet helemaal compleet zijn. Aangezien de metingen zijn uitgevoerd in een periode van vier uur. Na deze vier uur zijn er geen metingen meer gedaan, terwijl er nog (erg zwak) licht werd uitgezonden door al de verschillende samenstellingen, behalve degene die kobaltnitrat als katalysator hadden. Zo lopen de reacties van zowel kopersulfaat bij 21 en bij 9 graden Celsius als de reacties zonder katalysator bij 21 en 9 graden Celsius langer door dan 4 uur. De meetinterval is daarnaast niet altijd volledig constant geweest. Een belangrijk discussiepunt is dat er bij de lage-temperatuur metingen de temperatuur niet gedurende de hele proef constant werd gehouden. Alleen voordat de stoffen aan elkaar werden toegevoegd, werden ze kouder gemaakt, maar nadat ze met elkaar gereageerd hebben, werd er geen rekening gehouden met de temperatuur. Dat zou een reden kunnen zijn voor het feit dat er bij de koude temperatuur metingen van luminol zonder katalysator en bij de metingen met kobaltnitrat en kopersulfaat als katalysatoren na een tijdje het licht ineens feller werd, doordat ze opwarmden. Het viel echter ook op dat bij de meting met ijzernitrat als katalysator bij 21 graden Celsius de oplossing na 44 minuten meer licht gaf. Het kan echter zo zijn dat de uitgangsstoffen aanvankelijk niet helemaal met elkaar hadden gereageerd door klontering en dat, volgens het botsende-deeltjesmodel, de deeltjes later met elkaar in aanraking kwamen, waardoor er later nog meer licht werd geëmitteerd.

Om elektrisch licht te vervangen met chemoluminescentie moet de intensiteit van het uitgezonden licht ongeveer vergelijkbaar zijn. Dat was bij geen enkele meting het geval. Dit bleek uit de metingen gedaan met een lichtsterktemeter die de lichtsterkte van lampen meet, waar ook de kobaltnitratoplossing niet in de buurt kwam elektrisch licht. Bovendien is het constant vervangen van luminol en waterstofperoxide die de hele tijd worden verbruikt niet heel erg anders dan het verbranden van olie in een olielamp voor licht. Daarbij komt dat het energie kost om de stoffen te maken die in de reactie gebruikt worden en dat luminol gemaakt wordt van grondstoffen die gewonnen zijn uit aardolie. Dit maakt luminol een inefficiënte en slechte vervanger van elektrisch licht.

Het starten van de reactie bij het toevoegen van alleen de katalysator kan veroorzaakt zijn door het reeds in de oplossing opgeloste zuurstof, of door de werking van nitraationen als zwakke oxidator in het licht basische milieu. Vervolgonderzoek is nodig om de werkelijke reden hiervan te duiden. Voor vervolgonderzoek moet ook onderzocht worden of fosforescentie een goed alternatief is voor elektrisch licht, wat het geval lijkt te zijn. Ook zou onderzoek kunnen worden

gedaan naar de reden van de zo grote impact van de lagere reactietemperatuur op de lichtintensiteit bij het gebruik van de katalysator ijzernitrat.

Bibliografie

Botterman, J. (2010, juni 2). Persistente luminescentie in zeldzame aardgedoteerde oxynitrides. (persistente luminescentie in oxynitrides), 70. Geraadpleegd op 23 juni 2020, van: https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/458/757/RUG01-001458757_2011_0001_AC.pdf

Barnett, N. en Lewis, S. (1996). Tripping the light fantastic. *Analysis europa* March/April, 28-33.

Chasteen, T. G. (z.d.). Luminol and TCPO Chemiluminescence. Luminol. Geraadpleegd op 28 november 2020, van: https://www.shsu.edu/%7Eechm_tgc/JPPdir/JPP1999/

Capelleveen, R. (n.d.). Thomas Alva Edison (1847-1931). AbsoluteFacts.nl Geraadpleegd op 10 september 2020, van: <https://www.absolutefacts.nl/wetenschap/data/edisonthomas.htm>

Dirken, M. (2013). *Newton* (4e ed.). ThiemeMeulenhoff.

Els, K. Universiteit Utrecht. (2012, april 2). Lesbrief Luminescentie. lesbrief_luminescentie_2012. Geraadpleegd op 23 juni 2020, van: https://www.uu.nl/sites/default/files/lesbrief_luminescentie_2012.pdf

Govorova, N. I., Lyzlova, S. N., Sharonov, S. N., & Lankovskii, O. I. (1987, oktober 10). Characteristics of luminol chemiluminescence induced by the catalytic action of myeloperoxidase. abstract. Geraadpleegd op 8 oktober 2020, van: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2827790/>

Graaf, A. d., Keeven, P., & Rossem, P. v. (2007, juni 15). Forensisch onderzoek Every contact leaves a trace. Geraadpleegd op 30 september 2020, van: www.betavak-nl.nl. <https://www.betapartners.nl/wp-content/uploads/havoforensischonderzoek.pdf>

Greenlane. (2019, februari 1). Chemiluminescentie: Wat het is en hoe het werkt. Geraadpleegd op 8 oktober 2020, van: <https://www.greelane.com/nl/science-tech-math/wetenschap/chemiluminescence-definition-4142622/>

Khan, P. (2015, mei 11). Luminol-Based Chemiluminescent Signals: Clinical and Non-clinical Application and Future Uses. Geraadpleegd op 8 oktober 2020, van: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4426882/#S8title>

Koster, P., & Slooten, B. v. (2005). Chemoluminescentie Een eerste onderzoek naar de maakbaarheid van meerkleurige lichtsticks. dijs.biz. http://www.dijs.biz/pw_b&p.pdf

Merényi, G. (1990, Januari/maart). Luminol chemiluminescence: Chemistry, excitation, emitter. (Bioluminescence and Chemiluminescence). Geraadpleegd op 17 september 2020, van: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bio.1170050111>

Mortier, T. (2016). Moleculair orbitaal diagram voor H₂. Leuven-Limburg.NCSU. (2005). NCSU – Dept. of Chemistry – Lecture Demonstrations Light and Electron Transitions Chemiluminescence with Luminol. Luminol-Luminol. Geraadpleegd op 24 september 2020, van: <https://projects.ncsu.edu/project/chemistrydemos/Light/Luminol.pdf>

Hercules, D. M., & Lytle, F. E. (1966). Chemiluminescence from Reduction Reactions. *Journal of the*

American Chemical Society, 88(20), 4745–4746. Geraadpleegd op 1 oktober 2020, van: <https://doi.org/10.1021/ja00972a052>

A Standard Default Color Space for the Internet - sRGB, Version 1.10. M. Stokes; M.

Anderson; S. Chandrasekar; R. Motta. 1996. Geraadpleegd op 16 november 2020, van: <https://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB.html>

Chang, C. A., & Patterson, H. H. (1980). Halide ion enhancement of chromium(III), iron(II), and cobalt(II) catalysis of luminol chemiluminescence. *Analytical Chemistry*, 52(4), 653–656. Geraadpleegd op 17 september 2020, van: <https://doi.org/10.1021/ac50054a014>

Berdagué, P., Lesot, P., Jacob, J., Terwilliger, V. J., & Le Milbeau, C. (2016). Contribution of NAD 2D-NMR in liquid crystals to the determination of hydrogen isotope profile of methyl groups in miliacin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 173, 337–351. Geraadpleegd op 5 november 2020, van: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2015.10.004>

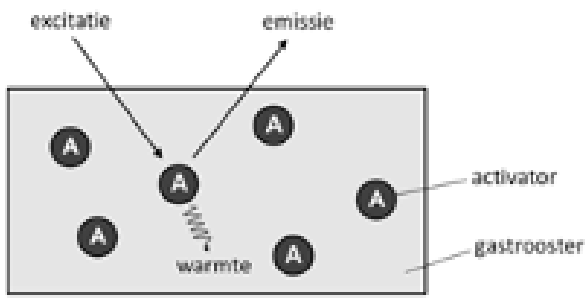
Optics References. (z.d.). hyperphysics. Geraadpleegd op 21 november 2020, van: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Optics/optref.html#c1>

Universiteit Gent. (n.d.). ZnGa₂O₄:Cr³⁺ als Persistente Fosfor voor in vivo Beeldvorming. Geraadpleegd op 30 juni 2020, van: https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/213/906/RUG01-002213906_2015_0001_AC.pdf

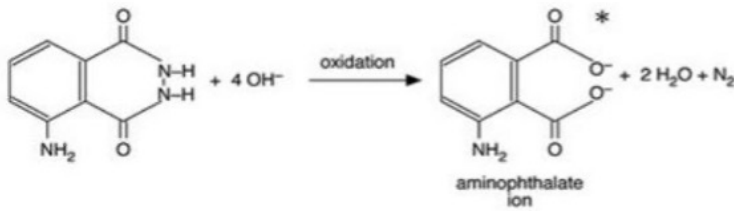
Wikipedia-bijdragers. (2020, 18 januari). Luminol. Wikipedia. Geraadpleegd op 23 juni 2020, van: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Luminol>

Merényi, G. (1990, 1 januari). Luminol chemiluminescence: Chemistry, excitation, emitter. Wiley Online Library. Geraadpleegd op 17 september 2020, van: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bio.1170050111>

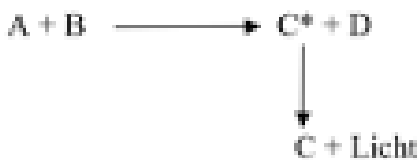
Khan, P., Idrees, D., Moxley, M. A., Corbett, J. A., Ahmad, F., von Figura, G., Sly, W. S., Waheed, A., & Hassan, M. I. (2014). Luminol-Based Chemiluminescent Signals: Clinical and Non-clinical Application and Future Uses. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 173(2), 333–355. Geraadpleegd op 8 oktober 2020, van: <https://doi.org/10.1007/s12010-014-0850-1>



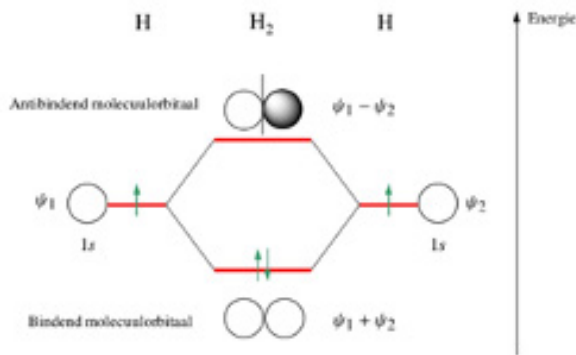
Figuur 1: Luminescent materiaal bestaande uit een gastrooster en activators. De activator zorgt voor de lichtproductie. Wanneer straling van een externe lichtbron de activator bereikt, kan absorptie optreden waardoor er een overgang plaatsvindt van de grondtoestand naar een geëxciteerde toestand. Bij het terugkeren naar de grondtoestand zendt het materiaal licht uit. Als de energie van de aangeslagen gebruikt wordt om de vibratieniveaus van de omgeving te exciteren via fotonen, dan zal het materiaal opwarmen (Botterman, 2010).



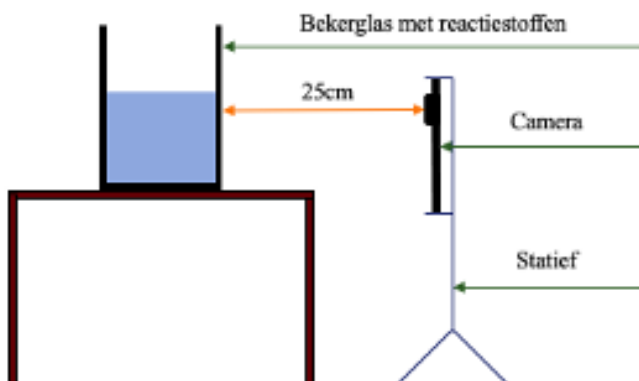
Figuur 2: De oxidatiereactie van luminol: hierbij komt er een elektron in de aangeslagen toestand. Luminol, de reductor, staat elektronen af aan de oxidator (OH-) (Els, 2012).



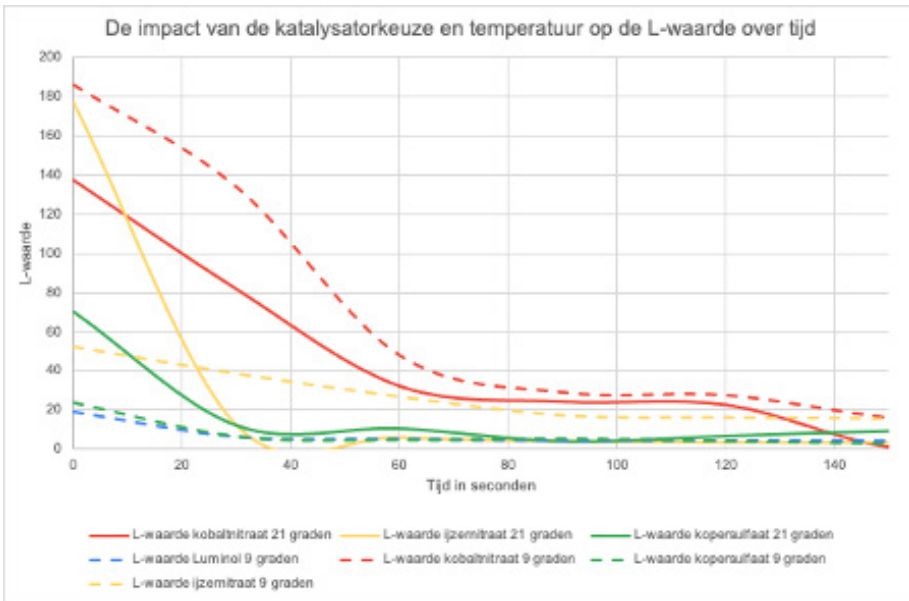
Figuur 3: Het schematische verloop van de meeste chemoluminescentiereacties, Hierbij zijn A en B de beginstoffen. C en D zijn de reactieproducten. C* geeft een stof in de geëxciteerde toestand aan.



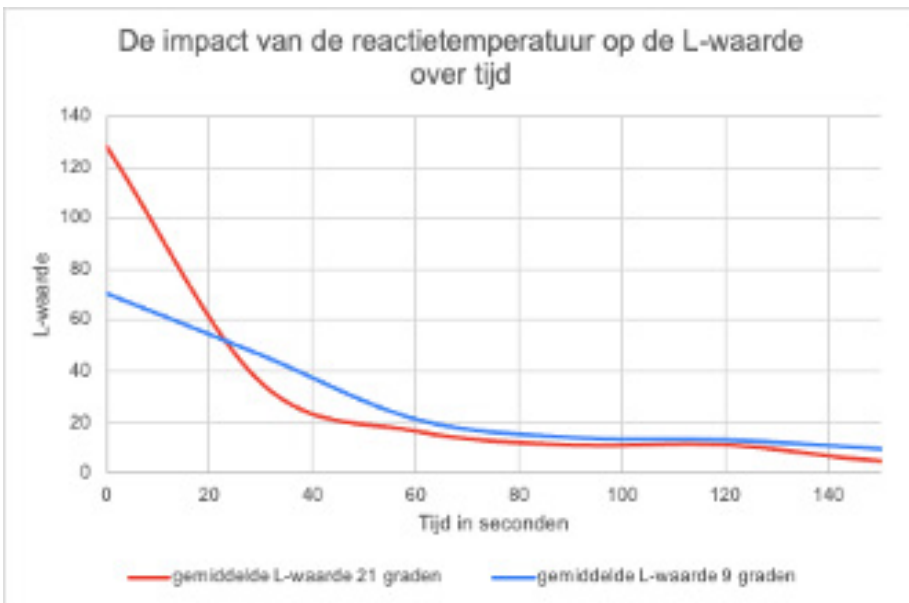
Figuur 4: Moleculaire orbitaal voor H₂: wanneer twee waterstofatomen elkaar naderen om te binden en op die manier een molecuul H₂ te vormen, zullen de twee elektronen, één van elk van de twee atomen, interageren met elkaar. Deze interactie kan worden geschreven als in-fase en constructief, wanneer de twee elektronengolven dezelfde amplitude (Ψ) hebben of uit-fase en destructief wanneer de twee elektronen tegengestelde amplitude hebben. Deze twee nieuwe elektronengolven (Ψ_{bindend} en $\Psi_{\text{antibindend}}$) kunnen geschreven worden in termen van elektronengolven geassocieerd met elk van de afzonderlijke waterstofatomen (Ψ_1 , Ψ_2). $\Psi_{\text{bindend}} = \Psi_1 + \Psi_2$ en $\Psi_{\text{antibindend}} = \Psi_1 - \Psi_2$ (Mortier, 2016).



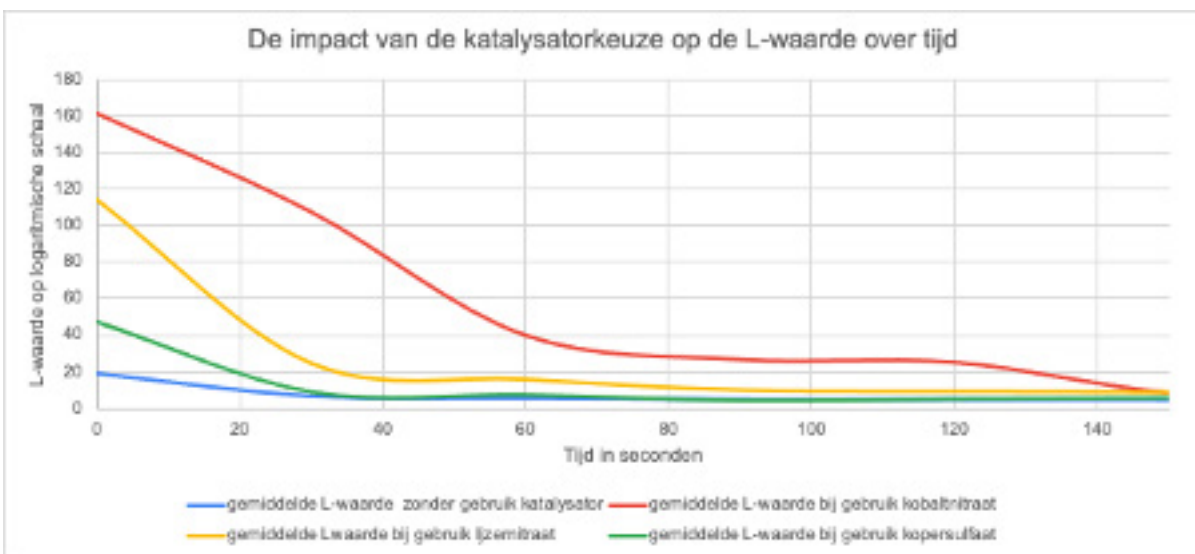
Figuur 5: Een schematische niet-schaalcorrecte weergave van de gebruikte meetopstelling, Hier zijn de (telefoon)camera, het statief en bekglas met de reactiestoffen weergegeven.



Figuur 6: De impact van de katalysatorkeuze en temperatuur op de L-waarde over tijd, Hier is te zien dat de lichtsterkte bij kobaltnitraat bij een temperatuur van 9 graden het hoogst is en langer hoog blijft. Daarnaast is te zien dat alle katalysatoren behalve kobaltnitraat bij 21 graden een hogere L-waarde verzorgen dan bij 9 graden.



Figuur 7: De Impact van de verschillende temperaturen, in dit figuur is te zien dat een temperatuur van 9 graden reactietemperatuur zorgt voor een lagere initiële L-waarde dan de temperatuur van 21, dit geldt tot ongeveer 25 seconden. Hierna wordt de L-waarde bij een temperatuur van 9 hoger dan die bij een temperatuur van 21 graden.



Figuur 8: De impact van de verschillende katalysatoren, Hier is te zien dat kobaltnitraat aan het begin van de reactie veruit het licht met de grootste intensiteit creëert, verder is te zien dat eerst kobaltnitraat, dan ijzernitraat, dan kopersulfaat en dan zonder katalysator de hoogste lichtintensiteit gaf.

De toegevoegde houdbaarheid en schadelijkheid van kalium-sorbaat (E202) en natriumbenzoaat (E211)

P.A.J. Lukens¹, S.A. van de Pol², M. Voortman¹, M.P. Schilpzand², R. Schram³, M.N.A. Bijman³

¹Twents Carmel College, Oldenzaal

²Etty Hillesum Lyceum, locatie het Vlier, Deventer

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Nowadays, almost all our food contains E-numbers. Within one product, different E-numbers can be used with the same purpose. When all circumstances are equal, it is not clear which E-number can be used best. In this study, two preservatives, potassium sorbate (E202) and sodium benzoate (E211) are compared based on added shelf life and harmfulness. Using gathered data regarding those two properties, it can be decided which E-number is best to use. The added shelf life was investigated by means of an experiment in which both preservatives were added to petri dishes with strawberry juice. It was then measured when fungus developed. The harmfulness was investigated with a literature search in which sources were consulted that examined the harmfulness of various components of the E-numbers. The E-numbers themselves, their individual components and possible reaction products were examined. The added shelf life was greatest in Potassium sorbate. The harmfulness was least in Potassium sorbate. Thus, Potassium sorbate is best used based on both the added shelf life and the harmfulness.

1. Inleiding

In de voedingsindustrie worden veel E-nummers gebruikt. Dit zijn stoffen die worden toegevoegd om eigenschappen van voedingsmiddelen te verbeteren, bijvoorbeeld kleur, smaak of houdbaarheid. 75% van het dieet van westerse samenlevingen bevat tegenwoordig bewerkte voedingsmiddelen (Zengin, Yüzbaşıoğlu, Ünal, Yilmaz, & Aksoy, 2011). De European Food Safety Authority (EFSA) kent aan deze stoffen een E-nummer toe nadat de Aanvaardbare Dagelijkse Inname (ADI) en de noodzakelijkheid is vastgesteld. Deze stelt dus dat de stof alleen veilig is als je tot een bepaalde hoeveelheid van deze stof binnenkrijgt. Bij het overschrijden van de ADI kan het wel schade opleveren (Voedingscentrum, 2020). Van een aantal E-nummers is aangetoond dat deze ook binnen de ADI al gezondheidsrisico's op kunnen leveren (Gouget & Jansen, 2017). Bovendien is niet duidelijk wat er gebeurt wanneer E-nummers gecombineerd worden en verschilt de tolerantie per persoon (Gouget & Jansen, 2017). Het is bekend dat er mensen in het ziekenhuis worden opgenomen als gevolg van het consumeren van producten met E-nummers (Makwana, Choudhary, Dogra, Kohli, & Haddock, 2014). Het is dus duidelijk dat er schade wordt ondervonden van E-nummers, maar het is nog steeds toegestaan ze in producten te gebruiken. Er is dus nieuw onderzoek nodig naar de schadelijkheid van E-nummers.

De E-nummers die de houdbaarheid verbeteren (E200-E252) worden conserveringsmiddelen genoemd en gaan bederf van voedingsmiddelen en cosmeticaproducten als gevolg van bacteriën en schimmels tegen. Deze conserveringsmiddelen veranderen de omstandigheden dusdanig dat micro-organismen niet in staat zijn te groeien of te overleven, of zijn specifiek dodelijk voor micro-organismen (Wikipedia, 2020). Elk conserveringsmiddel heeft een pH-waarde waarin de werking optimaal is. Daardoor verschilt het gebruikte conserveringsmiddel per product. Binnen eenzelfde product kunnen wel verschillende conserveringsmiddelen gebruikt worden doordat hun optimale pH-waarde overeenkomt. Per producent verschilt de keuze welk conserveringsmiddel gebruikt wordt. Deze keuze hangt vaak af van de toegevoegde

houdbaarheid of de prijs, terwijl de mogelijke schadelijkheid buiten beschouwing wordt gelaten (Gouget & Jansen, 2017). Het is belangrijk om ook de toegevoegde houdbaarheid te onderzoeken, om duidelijk te hebben in welke mate het conserveringsmiddel nodig is en of het ook daadwerkelijk waarde toevoegt aan het product.

In dit onderzoek worden twee conserveringsmiddelen vergeleken op basis van toegevoegde houdbaarheid van het product én mogelijke schadelijkheid voor de consument, respectievelijk door middel van een experiment en literatuuronderzoek. Voor het onderzoeken van de schadelijkheid is gekozen voor een literatuuronderzoek vanwege de gevaren die kunnen ontstaan bij de proefpersonen bij een in vivo (in het lichaam) experiment en vanwege het ontbreken van middelen voor een experiment. Voor houdbaarheid is gekozen voor een experiment vanwege de ontbrekende theorie in de literatuur. In het experiment worden de veel gebruikte E-nummers kalium-sorbaat (E202) en natriumbenzoaat (E211) onderzocht. In de realiteit wordt veelal gebruik gemaakt van natriumbenzoaat (Linke, Casagrande, & Cardoso, 2018). Dit komt door het prijsverschil. De prijs van natriumbenzoaat is voor 25 kilo €99,70 en van kalium-sorbaat €279,86 (Natural Spices, Onbekend). Beide hebben een optimale pH-waarde van pH < 5,0 en worden vaak gebruikt in vruchtensappen (Voedingscentrum, 2020).

Hierbij is de onderzoeksvraag geformuleerd: 'Welk E-nummer heeft de beste toepassing op basis van toegevoegde houdbaarheid en schadelijkheid gekozen tussen kalium-sorbaat en natriumbenzoaat?'

2. Methode

Met een experiment wordt de toegevoegde houdbaarheid bepaald, doordat er weinig literatuur beschikbaar was om de toegevoegde houdbaarheid theoretisch te bepalen. Voor het onderzoek naar schadelijkheid is juist voor een literatuuronderzoek gekozen, omdat een experiment niet verantwoord zou zijn voor de proefpersonen en de middelen voor een experiment niet aanwezig waren.

2.1 Methode houdbaarheid

De conserveringsmiddelen natriumbenzoaat (E211) en kaliumsorbaat (E202) zijn beide gekocht bij Van Beekum Specerijen. Bij deze middelen is op basis van het onderzoek van de Landbouwniversiteit in Wageningen (Kamsteeg, 1988) geconcludeerd dat de toegestane concentratie voor beide middelen tot 2000 parts per million (ppm) is. Er is een hoeveelheid van 1000 ppm aangehouden om aan de ADI te blijven voldoen. Om de gewenste pH te bereiken wordt aardbeiensap als testproduct gebruikt. Aardbeien hebben gemiddeld een pH tussen de 3,0 en 3,5 (Gezondheidsnet, 2012). Dit is nodig om de optimale pH-waarde van natriumbenzoaat en kaliumsorbaat te bereiken: $pH < 5,0$.

De aardbeien zijn afgespoeld en de kroontjes zijn verwijderd. 200 gram aardbeien is met 300 mL water twee minuten geblenderd tot er geen grove stukken meer te zien waren. Dit mengsel is gezeefd en in een maatbeker gedaan. In drie bekeerglazen is vervolgens elk 165 gram aardbeiensap gevoegd. Aan bekeerglas 1 werd 0,165 gram natriumbenzoaat toegevoegd en opgelost in het sap. Aan bekeerglas 2 werd 0,165 gram kaliumsorbaat toegevoegd en opgelost in het sap. Aan bekeerglas 3 werd niks toegevoegd, dit was de controlegroep. 30 petrischaaltjes zijn gemarkeerd met een C (Controlegroep, 10 schaaltes), N (Natriumbenzoaat, 10 schaaltes) of K (Kaliumsorbaat, 10 schaaltes). Aan de petrischaaltjes die gemarkeerd waren met de N, werd 15 gram van bekeerglas 1 toegevoegd. Aan de petrischaaltjes die gemarkeerd waren met K werd 15 gram van bekeerglas 2 toegevoegd. Aan de petrischaaltjes die gemarkeerd waren met C werd 15 gram van bekeerglas 3 toegevoegd. Deze petrischaaltjes werden in een doos van 57x34x33 cm geplaatst waarvan de bovenkant was afgesneden. Door het afdekken van het licht van buiten de omgeving van de doos is er een constante temperatuur en verlichting gehandhaafd in de omgeving van de petrischaaltjes. Een computergestuurde timelapsecamera, gemonteerd aan een statief, werd gericht op de petrischaaltjes. Deze is door middel van het computerprogramma Time Lapse Creator ingesteld op 1 foto per half uur, waardoor achteraf het tijdstip van de beschimmeling vastgesteld kon worden. De opstelling (zie fig. 1) is elke 6 uur gecontroleerd en is pas afgebroken nadat bij alle petrischaaltjes schimmel was vastgesteld.

Vervolgens is het onderzoek voor een tweede keer uitgevoerd. Dit keer is de hoeveelheid aardbeiensap vergroot, omdat was gebleken dat er bij de vorige hoeveelheid uitdroging ontstond. De hoeveelheid vloeistof is verdubbeld, waardoor van tevoren 400 gram aardbeien werd geblenderd met 600 mL water. Vervolgens werd in drie maatbekers elk 330 gram aardbeiensap toegevoegd. Aan bekeerglas 1 werd 0,33 gram natriumbenzoaat toegevoegd en opgelost in het sap. Aan bekeerglas 2 werd 0,33 gram kaliumsorbaat toegevoegd en opgelost in het sap. Aan bekeerglas 3 werd wederom niks toegevoegd. Aan alle petrischaaltjes werd in plaats van 15 gram 30 gram toegevoegd. De variabelen zijn hetzelfde als bij het eerste experiment gehouden.

2.2 Methode schadelijkheid

Om de schadelijkheid vast te stellen, werd een lijst met trefwoorden opgesteld die zoekresultaten konden geven die bruikbaar zijn voor het onderzoek. Daarbij moet men denken aan trefwoorden als '(geno)toxicity', 'harmfulness', 'effect'

en 'metabolism'. Voor een zo groot mogelijk zoekveld zijn er Engelse zoektermen gebruikt. Ook werd een lijst opgesteld van websites die wetenschappelijke artikelen aanbieden. Deze wetenschappelijke artikelen moesten in lijn zijn met het doel van ons onderzoek en moesten kunnen leiden tot bruikbare resultaten. De trefwoorden werden vervolgens in combinatie met de term 'sodiumbenzoate' of 'potassiumsorbate', na het wissen van de cookies, bij deze websites ingevoerd waarna mogelijk nuttige artikelen verschenen. De cookies zijn verwijderd om te voorkomen dat er informatie gefilterd wordt door algoritmes en niet alles aan ons getoond werd. Deze artikelen werden eerst geselecteerd op basis van de titel en daarna op abstract. Van de geselecteerde artikelen werd de bruikbare informatie genoteerd en geformuleerd tot een statement. De herkomst van deze informatie is direct achter het statement en in de bibliografie genoteerd. De lijstjes van trefwoorden en sites zijn tijdens het onderzoek meerdere malen aangepast wanneer er nieuwe inzichten waren. Een aantal bronnen komt niet voort uit dit stappenplan en zijn gehaald uit de bibliografieën van andere gevonden onderzoeken.

3. Resultaten

De resultaten van het onderzoek bestaan uit de onderdelen houdbaarheid en schadelijkheid, die beiden met verschillende methoden zijn behaald.

3.1 Resultaten houdbaarheid:

Dertig petrischaaltjes gevuld met aardbeiensap zijn voor 16 dagen laten staan in een doos die was voorzien van een constante temperatuur en licht. Deze schaaltes verschilden van elkaar door de toevoeging van natriumbenzoaat (E211), kaliumsorbaat (E202) of de controlegroep. Er zijn twee metingen uitgevoerd, waarbij de eerste meting 10 gram aardbeiensap per petrischaal bevat en meting 2 30 gram. De waarnemingen zijn te zien in Figuur 2a en b. Dit zijn de gemiddelde waarnemingen van de 10 petrischaaltjes. Op de reuk zit een marge van 6 uur vanwege de metingen om de 6 uur.

De volgende resultaten zijn waargenomen:

1. Bij de controlegroep ontstaat er als eerst schimmel. Deze schimmel bestaat uit groene cilinders.
2. De afwijking van de geur van de controlegroep ontstaat als eerst net als de schimmel.
3. De lichte en de grote geurafwijking van de controlegroep ontstaan bij beide metingen tegelijk binnen de marge.
4. De lichte geurafwijking van natriumbenzoaat ontstaat bij meting 1 eerder dan bij meting 2.
5. De lichte geurafwijking bij beide metingen ontstaat het eerst bij natriumbenzoaat.
6. De soort schimmel is bij de controlegroep anders dan bij natriumbenzoaat en kaliumsorbaat.
7. Bij meting 2 ontstaat er eerder schimmel bij natriumbenzoaat dan bij kaliumsorbaat.

De resultaten zijn verwerkt in grafieken (zie fig. 2a & 2b). Om de waargenomen resultaten te beoordelen, moet er worden gekeken naar welke lijnen als eerst stijgen. De lijnen die als eerst stijgen, hebben als eerst een afwijking ten opzichte van het begin. Het toekennen van de score is gebaseerd op de mate van de groei en reuk. Bij de groei is gekeken naar de hoeveelheid oppervlakte die de schimmel vult ten opzichte van het begin. Een score van 0 betekent geen afwijking ten opzichte van het

begin, een score van 10 betekent dat de aardbeiensap volledig is beschimmeld. De reuk is onderverdeeld in twee niveau's; een licht reukverschil en een duidelijk reukverschil. Een licht reukverschil heeft score 5 en een duidelijk reukverschil heeft score 10. Een score van 0 betekent geen reukverschil ten opzichte van het begin.

3.2 Resultaten van onderzoek over schadelijkheid

3.2.1 Theoretisch kader kaliumsorbaat

Kaliumsorbaat is het kaliumzout van sorbinezuur en wordt gemaakt door sorbinezuur te neutraliseren met kaliumhydroxide. Het heeft een ADI van 25 mg/kg lichaamsgewicht. Na consumptie van kaliumsorbaat wordt het door middel van diffusie volledig geabsorbeerd en verspreid in het lichaam. Een gemiddelde volwassene weegt 70 kg en bevat ongeveer 5 liter bloed. Voor een persoon van 70 kg komt de inname van de ADI neer op totaal 1750 mg en dus een concentratie in het bloed van 350 mg/L. De inname van de ADI brengt de concentratie van kaliumsorbaat in het bloed op gemiddeld 350 mg/L. Het is goed oplosbaar in water, waardoor kaliumsorbaat zich volledig ontbindt in K^+ en het sorbaation dat verder reageert tot sorbinezuur (Walker, 1990) (Deghan, Mohammadi, Mohammadzadeh-Aghdash, & Dolatabadi, 2018). Sorbinezuur is ook de werkzame stof van kaliumsorbaat. Met de massapercentages van de twee componenten worden de concentraties van de producten in het lichaam na inname van de ADI berekend. $[K^+] = 26\%$ van 350 mg/L = 91,0 mg/L. $[Sb^-] = 74\%$ van 350 mg/L = 259,0 mg/L. Sb^- staat hier voor het sorbaation en is niet op die manier terug te vinden in het periodiek systeem. Het sorbaation reageert verder tot sorbinezuur waardoor er in het bloed een concentratie sorbinezuur van 261,3 mg/L ontstaat. Het verloop van de concentraties is weergegeven in een diagram (zie fig. 3a)

3.2.2 De schadelijkheid van kaliumsorbaat

In een onderzoek van de University of Ankara werden verschillende concentraties (125, 250, 500 en 1000 mg/L) kaliumsorbaat toegevoegd aan geïsoleerde lymfocyten. Bij alle concentraties werden DNA-strengbreuken geconstateerd, wat wijst op genotoxiciteit (Mamur, Yüzbaşoğlu, Ünal, & Yilmaz, 2010). Dat betekent dat deze stof langzaam het DNA in de celkern verandert en mutaties veroorzaakt met ziektes als gevolg. De concentraties van 125 en 250 mg/L vallen binnen de ADI en kunnen dus ook daadwerkelijk DNA-schade veroorzaken in ons lichaam. De stof die hier schade toebrengt is de sorbaatgroep van kaliumsorbaat (Mamur, Yüzbaşoğlu, Ünal, & Yilmaz, 2010).

Kaliumsorbaat kan in aanwezigheid van glucose bindingen aangaan met het aminozuur Lysine-190 van Human Serum Albumin (HSA). HSA is een eiwit verantwoordelijk voor het transport van verschillende hormonen en vetzuren en regelt de osmotische druk. De binding kan zorgen voor een verandering in de secundaire en tertiaire structuur van HSA waardoor oxidatieve stress en amyloïdose van HSA kunnen ontstaan (Taghavi, et al., 2013). Oxidatieve stress is een teveel aan reactieve zuurstofgroepen met beschadigingen in de mitochondriën als gevolg. Amyloïdose is een opeenhoping van amyloïde plaques, die voor verstoppingen in de bloedvaten en dus een verstoorde werking van organen kunnen zorgen. In het onderzoek is gebruik gemaakt van een concentratie

van 1000 mg/L en valt buiten de ADI. Deze concentratie is slechts gebruikt om aan te tonen dat de binding ontstaat en dus wordt het onderzoek toch meegenomen in de evaluatie van de schadelijkheid. Het is onbekend welke hoeveelheid van kaliumsorbaatgebonden-HSA schade oplevert.

3.2.3 De schadelijkheid van kalium

K^+ is een ion dat van nature voorkomt in het menselijk lichaam met een gemiddelde waarde van 3,5 – 5,0 mmol/L. Komt de waarde hoger dan 5,0 mmol/L dan spreekt men van hyperkaliëmie (Mahoney, et al., 2005). Het komt weinig voor doordat de nieren het teveel aan kalium uitscheiden. Bij slecht functionerende nieren komt hyperkaliëmie wel voor maar in dit onderzoek is uitgegaan van een gezonde persoon. Hyperkaliëmie wordt daarmee uitgesloten als gevolg van de inname van de ADI van kaliumsorbaat.

3.2.4 De schadelijkheid van sorbinezuur

Verscheidene onderzoeken hebben uitgewezen dat sorbinezuur in bepaalde concentraties kan reageren met nitrieten tot verschillende genotoxische stoffen als 1,4-dinitro-2-methylpyrrool ($C_5H_5N_3O_4$), ethylnitrolozuur ($C_2H_4N_2O_3$) en acetonitriloxide (C_2H_3NO) (Namiki, Udaka, Osawa, Tsuji, & Kada, 1980) (Walker, 1990) (Pérez-Prior, et al., 2008) (Pérez-Prior, et al., 2009). Het is onbekend hoeveel van deze stoffen er ontstaat en hoeveel er nodig is om schadelijk te zijn. De gebruikte concentratie is hoger dan de ADI, maar is slechts gebruikt om aan te tonen dat de reacties plaatsvinden. Het onderzoek wordt dus toch meegenomen in de evaluatie van de schadelijkheid.

Kaliumsorbaat wordt vaak in combinatie met vitamine C (ascorbinezuur) en ijzertzouten gebruikt om de remming van voedselbederf te verhogen. Een combinatie van sorbinezuur en een van deze twee stoffen leidt tot oxidatie van sorbinezuur waarbij de producten het DNA kunnen beschadigen (Kitano, Fukuwa, Ohtsui, Masuda, & Yamaguchi, 2002). Het is niet bekend welke hoeveelheid van deze stoffen nodig is om schade aan te richten. De gebruikte concentratie is hoger dan de ADI, maar is slechts gebruikt om de reacties aan te tonen. Het onderzoek wordt dus toch meegenomen in de evaluatie van de schadelijkheid.

3.2.5 Theoretisch kader natriumbenzoaat

Benzoëzuur is de werkzame stof in natriumbenzoaat, maar vanwege de lage oplosbaarheid wordt het geneutraliseerd met natriumhydroxide, waarna natriumbenzoaat ontstaat dat wel goed oplosbaar is in water (Wibbertman, Kielhorn, Koennecker, Mangelsdorf, & Melber, 2000). Benzoëzuur heeft een ADI van 5 mg/kg lichaamsgewicht. Voor een persoon van 70 kg komt dit dus op 350 mg. In 5 liter bloed dus een concentratie van 70 mg/L. Na consumptie ontbindt het zich volledig in de losse componenten Na^+ en het benzoaat-ion dat in het lichaam weer verder reageert tot benzoëzuur (Wibbertmann, et al., 2000). Met de massapercentages van de componenten wordt de concentratie berekend. $[Na^+] = 16\%$ van 70 mg/L = 11,2 mg/L. $[Benzoaat-ion] = 84\%$ van 70 mg/L = 58,8 mg/L. Het benzoaat-ion reageert verder tot benzoëzuur waardoor er in het bloed een concentratie benzoëzuur ontstaat van 59,8 mg/L. Het verloop van de concentraties is weergegeven in een diagram (zie fig. 3b).

3.2.6 De schadelijkheid van natriumbenzoaat

Hetzelfde onderzoek dat bij kaliumsorbaat is uitgevoerd bij menselijke lymfocyten is ook uitgevoerd met natriumbenzoaat. Bij alle gebruikte concentraties (6.25, 12.5, 25, 50, en 100 mg/L) werden DNA-strengbreuken gevonden. Natriumbenzoaat is dus ook genotoxisch (Zengin, et al., 2011). De concentraties van 6.25, 12.5, 25 en 50 mg/L vallen binnen de ADI en kunnen dus ook daadwerkelijk schade veroorzaken in ons lichaam. De stof die hier schade toebrengt is de opgeloste benzoaatgroep van natriumbenzoaat (Zengin, et al., 2011).

3.2.7 De schadelijkheid van natrium

Ook Na⁺ komt van nature voor in het menselijk lichaam. Een concentratie tussen de 135 en 145 mmol/L wordt als een normaal niveau beschouwd. Komt deze waarde boven de 145 mmol/L dan wordt er gesproken van hypernatriëmie met vaak milde gevolgen als dorst en droog slijmvlies (Nederlandse Vereniging voor Preventief Gezondheidsonderzoek, sd.). Het lichaam reageert met een dorstreflex en uitscheiding van Na⁺ door de nieren waardoor het peil snel weer normaal wordt. Hypernatriëmie komt dus weinig voor bij gezonde personen en kan worden uitgesloten als gevolg van de inname van de ADI van natriumbenzoaat.

3.2.8 De schadelijkheid van benzoëzuur

Net als sorbaat kan benzoëzuur reageren met vitamine C en de ijzertzouten waarbij de giftige stof benzeen wordt gevormd (Gardner & Lawrence, 1993). Benzeen is moeilijk te verwerken door het lichaam waardoor alle concentraties van benzeen leiden tot DNA-schade (Rongli, et al., 2021). Het is een kankerverwekkende stof en hoe vaker en intensiever er contact met benzeen is, hoe groter de kans dat er inderdaad kanker ontstaat (Rongli, et al., 2021).

3.2.9 Vergelijking kaliumsorbaat en natriumbenzoaat

Kaliumsorbaat en natriumbenzoaat zijn in gelijke hoeveelheden toegevoegd aan het aardbeiensap en worden op die manier vergeleken. Bij de lymfocytenonderzoeken is te zien dat natriumbenzoaat bij een lagere concentratie (6,25 mg/L) DNA-schade oplevert dan kaliumsorbaat (125 mg/L). Bij natriumbenzoaat kan de kankerverwekkende stof benzeen ontstaan als nevenproduct, die bij elke concentratie schadelijk is.

4. Conclusie

Kaliumsorbaat (E202) heeft de beste toepassing op basis van zowel de toegevoegde houdbaarheid als de schadelijkheid. De conclusie is gebaseerd op de waarnemingen van het experiment dat de houdbaarheid meet en het literatuuronderzoek dat de schadelijkheid meet. Uit de resultaten volgt dat de belangrijkste waarnemingen voor houdbaarheid de lichte geurafwijkingen zijn die bij beide metingen het eerst ontstaat bij natriumbenzoaat en dat bij meting 2 eerder schimmels ontstaan bij natriumbenzoaat dan bij kaliumsorbaat. Bij het literatuuronderzoek waren het lymfocytenonderzoek en het ontstaan van benzeen bij natriumbenzoaat doorslaggevend. Daaruit bleek dat kaliumsorbaat het minst schadelijk was.

5. Discussie

De definitie van houdbaarheid was duidelijk weergegeven, waardoor de inhoudsvaliditeit voldoende is. Het onderzoeksinstrument heeft specifiek de houdbaarheid

gemeten. Door te kijken naar de schimmelvorming van het aardbeiensap in de petrischaaltjes en te ruiken of er een afwijking zit bij de geur ten opzichte van het begin, zijn er geen andere variabelen gemeten dan de houdbaarheid. Dit betekent dat de indrukvaliditeit goed is en dit betekent voor het onderzoek dat er een duidelijk resultaat was die bruikbaar was voor het onderzoek. Er is echter tijdens het experiment één soort meting gebruikt, namelijk de Time Lapse camera en het reukvermogen van de mens. Voor de houdbaarheid is namelijk literatuur nauwelijks geraadpleegd, want er was geen informatie te vinden over de toegevoegde houdbaarheid van een product door een conserveringsmiddel. Dit zorgt ervoor dat er geen vergelijkingsmateriaal is en dit maakt de criteriumvaliditeit minder. De meetinstrumenten zoals de weegschaal zijn twee keer gecontroleerd om zo de validiteit van de meetinstrumenten te verhogen. De variabelen zijn tijdens het onderzoek goed meegenomen. Deze zijn voor de start van het onderzoek vastgelegd en er is rekening mee gehouden tijdens het onderzoek. De belangrijkste variabelen waren temperatuur, licht en luchtvochtigheid. Deze zijn bewust op de alledaagse praktijk gehouden, zodat de resultaten ook gelden buiten de testomgeving. Dit maakt de ecologische validiteit groter.

Later is gebleken dat er een belangrijke variabele vergeten was, waardoor er minder resultaten waren bij het eerste experiment. De vochtverdamping was vergeten, waardoor het aardbeiensap in de petrischaaltjes al snel uitdroogde. Hierdoor stopte het aardbeiensap met vervormen. Dit heeft een lichte invloed gehad op de resultaten, maar er zijn genoeg resultaten overgebleven om een conclusie uit te trekken, omdat de aardbeiensap in de petrischaaltjes een degelijk verschil hadden ten opzichte van het begin. De resultaten zijn daarbij niet veranderd, maar slechts in aantal afgenomen. Dit is te zien aan de vergelijking tussen experiment 1 en 2. De schimmels blijven tegelijk groeien, maar in experiment 2 kunnen de schimmels langer doorgroeien, doordat er een dusdanig groot volume is dat er geen uitdroging plaatsvindt. Ook zijn in het tweede experiment de overige variabelen niet veranderd, want alleen de hoeveelheid aardbeiensap in de petrischaaltjes is aangepast. Dit zorgt ervoor dat alleen de hoeveelheid van het aardbeiensap het resultaat kan veranderen. De data-analyse heeft ook invloed gehad op de validiteit. Door de Time Lapse camera waren de zichtbare waarnemingen zeer exact waargenomen. Dit was echter moeilijk in een tabel te zetten, omdat de grootte van de schimmels niet exact op die tijd groeiden vanwege de 30 minuten tussen elke foto. De schimmels waren later zichtbaar op beeld dan in de werkelijkheid. Hierdoor kan er een licht verschil zitten in de resultaten van de waarnemingen en de werkelijke waarneming. Dit maakt geen verschil voor de uitkomst van de resultaten, want tussen de opmerkelijke waarnemingen zat minimaal 5 uur. De geurwaarnemingen waren minder exact. Dit komt door de manier van meten. Dit moest met eigen zintuigen gebeuren, waardoor er een marge van 6 uur aan de tabel zit. Ook kan de reuk per persoon verschillen, waardoor de interne validiteit minder is. Dit kan de resultaten lichtelijk hebben beïnvloed, maar door de stabiele resultaten van het vormen van schimmels is de kans klein dat dit veel invloed heeft gehad op onze resultaten, omdat de resultaten van de geur en vorming van schimmels met elkaar overeenkomen.

Het literatuuronderzoek is gebaseerd op wetenschappelijke artikelen die op internet gevonden konden worden. Vaak moest worden ingelogd om het hele artikel te kunnen lezen. Bij een aantal websites kon met een studentenaccount van de UT ingelogd worden, maar niet bij alle websites. Daardoor werd het zoekbeeld iets verkleind en is het onderzoek dus minder valide. Door alleen het abstract te lezen is geprobeerd toch alle nuttige informatie te vinden. Met een lijstje van zoektermen is er geprobeerd het hele onderwerp te dekken, maar deze was zelf opgesteld. De algemene kennis van het onderwerp was beperkt en kon nooit alle aspecten van het onderwerp omvatten. Door het lijstje steeds aan te passen wanneer er nieuwe kennis was, is het onderwerp zo goed als mogelijk gedekt. Deze kennis is verworven door de gevonden onderzoeken te lezen en bronnenlijsten door te zoeken, waardoor het zoekbeeld ingeperkt werd tot wat er te vinden was met de huidige zoektermen. Daarnaast krijgt men bij een zoektocht op het web te maken met een informatiefuik, maar deze was te omzeilen door steeds de cookies te verwijderen. Het is mogelijk dat een andere onderzoeker andere resultaten krijgt, doordat deze niet kan inloggen op de websites waar in dit onderzoek is ingelogd, of doordat deze een lijstje heeft opgesteld met andere zoektermen dan de zoektermen die in dit onderzoek zijn gebruikt. Wanneer dezelfde websites en hetzelfde lijstje worden gebruikt komen er wel dezelfde resultaten uit. Dat wil zeggen tot de publicatiedatum van deze paper. Onderzoeken na dato gepubliceerd zijn in dit onderzoek niet meer meegenomen en kunnen dus leiden tot andere resultaten.

De consistentie van de methode van het experiment is ook erg betrouwbaar. Dit komt door het aantal petrischaaltjes dat er is gebruikt. Door het gebruik van 10 petrischaaltjes per groep, werd de betrouwbaarheid groter. De verschillende groepen petrischaaltjes kregen op exact hetzelfde moment de veranderingen. Dit betekent dat de variabelen exact hetzelfde waren bij elk petrischaaltje. Om deze gelijke variabelen te bereiken waren de deuren gesloten en afgeplakt en was het daglicht afgenomen. Er scheen een constant licht op de petrischaaltjes. Ook doordat het onderzoek tweemaal is uitgevoerd is het onderzoek betrouwbaarder geworden. Het eerste experiment had minder resultaten, maar hierdoor was wel duidelijk wat bij het tweede experiment beter zou kunnen. Het volume van het aardbeiensap is verhoogd bij het tweede experiment in verband met de uitdroging. Er zijn bij experiment 1 toch resultaten te zien, ook al zijn de groepen aardbeiensap met conserveringsmiddelen niet dusdanig beschimmeld. De resultaten van experiment 2 maakten experiment 1 betrouwbaarder. Er waren namelijk meer resultaten bij experiment 2 en deze resultaten kwamen overeen met de resultaten van experiment 1. Dit onderzoek is dus herhaalbaar en dit betekent dat de resultaten bij een herhaalonderzoek gelijk zullen zijn aan dit onderzoek. Door het gebruik van een controlegroep met dezelfde grootte als de andere groepen, was te zien dat de conserveringsmiddelen duidelijk werkten op het aardbeiensap. Van tevoren was het ook niet duidelijk welk conserveringsmiddel een hogere schadelijkheid had, waardoor een vooringenomen stelling geen invloed had op de resultaten. Het reukvermogen is niet beïnvloed door eerdere resultaten. Toch is de betrouwbaarheid van de resultaten iets minder door de marge op het reukvermogen. Dit is bij elk persoon verschillend. Dit had uiteindelijk verbeterd kunnen worden door meerdere personen te laten ruiken aan de petrischaaltjes.

De gebruikte bronnen zijn van te voren op betrouwbaarheid beoordeeld. Daarbij waren de auteurs gecontroleerd op objectiviteit en feitelijkheid, is er gekozen voor zo recent mogelijke bronnen en is informatie alleen gebruikt als het gecontroleerd was en ook door andere bronnen bevestigd kon worden. Er is gebruik gemaakt van artikelen die gepubliceerd zijn in een wetenschappelijk tijdschrift om zo de betrouwbaarheid zo groot mogelijk te maken. Daarnaast is ook de relevantie beoordeeld. Niet alle gevonden informatie was relevant voor het onderzoek en er is daarom ook veel geschrapt. Alle gebruikte bronnen hebben geholpen bij het beantwoorden van de hoofdvraag en zijn daarom relevant. Het was belangrijk om zelf ook scherp te blijven. Foute interpretaties leiden tot foute conclusies. De verwachting is dat dit in het onderzoek niet het geval is, omdat alle informatie ook bij andere bronnen gecheckt is en dus minder snel fout geïnterpreteerd kon worden. Verder viel bijvoorbeeld op dat in veel onderzoeken de term kaliumsorbaat en sorbaat door elkaar gebruikt werden. Dit komt waarschijnlijk doordat kaliumsorbaat oplost in water en de resultaten dus zowel kaliumsorbaat als sorbaat bevatten. Dit heeft geen invloed op de resultaten van dit onderzoek, omdat beide stoffen worden geanalyseerd. Ook viel op dat in sommige onderzoeken die de schadelijkheid van de E-nummers beoordeelden de schadelijkheid op reactieproducten gebaseerd is. In dit onderzoek is dit later ook verwerkt, omdat ook dit mee kon wegen in de keuze voor een E-nummer.

In dit onderzoek kwam kaliumsorbaat als beste naar voren. In de realiteit wordt er echter veel gebruik gemaakt van natriumbenzoaat (Linke, Casagrande, & Cardoso, 2018). Dit komt door het verschil in prijs. De prijs van natriumbenzoaat is voor 25 kilo €99,70 en van kaliumsorbaat €279,86 (Natural Spices, Onbekend). Dit verschil is erg groot, vooral als dit in grote hoeveelheden wordt verkocht. Als er dan wordt gekeken naar de schadelijkheid en de houdbaarheid is dit een slechte keuze. Door de hogere schadelijkheid en de lagere toegevoegde houdbaarheid van natriumbenzoaat ten opzichte van kaliumsorbaat, zou kaliumsorbaat een betere toepassing hebben. Hieruit blijkt dat producenten vooral naar de prijs kijken in keuze van het E-nummer. Hoe goedkoper het middel is, hoe goedkoper het is om het product te produceren, hoe aantrekkelijker het is voor klanten om te kopen. Dit verklaart het gebruik van natriumbenzoaat. Om bedrijven kaliumsorbaat te laten gebruiken, kunnen deze bedrijven gaan adverteren met de lage schadelijkheid en de langere houdbaarheid van kaliumsorbaat. Consumenten zullen dan eerder kiezen voor het product met kaliumsorbaat.

Natriumbenzoaat is dus de schadelijkste van de twee E-nummers. Er moet vervolgens gekeken worden naar de hoeveelheid natriumbenzoaat die men daadwerkelijk binnenkrijgt en of er in de werkelijkheid ook schade kan ontstaan. Daarbij moet het totaal van hoeveelheden van alle conserveringsmiddelen met een benzoaatgroep genomen worden, omdat benzoaat de werkzame en schadelijke stof is in natriumbenzoaat. Benzoaten wordt voornamelijk gebruikt in frisdranken, vruchtensappen en jam. De hoeveelheid die gemiddeld via jam ons lichaam binnenkomt is 3 mg/dag (El-Ziney, 2009). Nederlanders consumeren gemiddeld 1708 g/dag aan niet-alcoholische dranken, waaronder frisdranken en vruchtensappen (RIVM, 2018). 1708 gram aan frisdrank en vruchtensap bevat ongeveer 182 mg benzoaten. Dat komt op

een totale inname van 185 mg/dag. In 5 liter bloed geeft dat een concentratie van maximaal 37 mg/L. De concentraties binnen de ADI die schade aan lymfocyten opleverden waren vastgesteld op 6.25, 12.5, 25 en 50 mg/L. Op 50 mg/L na liggen al deze concentraties onder de concentratie die men bij een gemiddeld eetpatroon binnenkrijgt. Uit deze berekening blijkt dat natriumbenzoaat in de werkelijkheid ook schadelijk kan zijn en de berekening vult de conclusie dus aan.

De stelling dat ook binnen de ADI al gezondheidsrisico's van E-nummers worden ondervonden (Gouget & Jansen, 2017), wordt door dit onderzoek ondersteund. Bij beide E-nummers werd er schadelijkheid gevonden. De schadelijkheid is vooral een gevolg geweest van de benzoaat- of sorbaatgroep van de E-nummers. Zorgwekkend is dat er nog zes door de EFSA goedgekeurde conserveringsmiddelen zijn met een benzoaat- of sorbaatgroep en dus hoogstwaarschijnlijk ook schade opleveren (E-nummers, sd) (Keshavarz, Gharagheizi, Shokrolahi, & Zakinejad, 2012). 75% van het dieet van westerse samenlevingen bevat tegenwoordig E-nummers, en dit getal stijgt steeds meer. Daardoor wordt de kans ook steeds groter dat de gevolgen zichtbaar gaan worden (Zengin, Yüzbaşıoğlu, Ünal, Yilmaz, & Aksoy, 2011). Ondanks de schadelijkheid is ook gebleken dat E-nummers wel degelijk invloed hebben op de houdbaarheid van producten. De vraag is of dit effect opweegt tegen de schadelijkheid.

Voor een vervolgonderzoek zou het interessant zijn om de schadelijkheid van de E-nummers met een experiment te onderzoeken. Zo kunnen de effecten van een E-nummer in de praktijk gezien worden om zo een beter oordeel te vellen. Bovendien is het interessant om het gedrag van E-nummers in het menselijk lichaam nader te onderzoeken. Het theoretisch kader geeft een model voor het verloop van de concentraties, maar is volledig theoretisch opgesteld. Zo is het mogelijk dat er op bepaalde plekken in het lichaam ophoping plaatsvindt en er op een specifiek punt een veel hogere concentratie is dan in dit onderzoek is berekend. Daarnaast kan dit onderzoek uitgevoerd worden met andere E-nummers, zodat er meer duidelijkheid ontstaat over de E-nummers in zijn totaal. Er zijn immers verschillende categorieën in het hoofdonderwerp E-nummers. Enkele interessante categorieën die kunnen worden onderzocht zijn kleurstoffen en verdikkingsmiddelen. Uit dit onderzoek bleek dat beide E-nummers schade opleveren. Dit geldt ook bij concentraties onder de ADI. Het is kiezen tussen twee kwaden en een onderzoek naar vervangers voor deze E-nummers kan daarom uitkomst bieden. In het beste geval levert dat een stof op die evenveel toegevoegde houdbaarheid heeft, maar er geen schade aan het menselijk lichaam wordt ondervonden. Ook is het interessant om te kijken naar de houdbaarheid van andere producten met de onderzochte E-nummers. In dit onderzoek is gekeken naar aardbeiensap, maar de vraag is of er dezelfde resultaten zullen uitkomen bij een volledig ander product met dezelfde pH-waarde.

6. Bronnen

Bakar, E., & Aktac, T. (2014). Effects of sodium benzoate and citric acid on serum, liver and kidney tissue total sialic acid levels: An ultrastructural study. *Journal of Applied Biological Sciences*, 8(2), 9-15.

Dehghan, P., Mohammadi, A., Mohammadzadeh-Aghdash, H., & Dolatabadi, J. E. (2018). Pharmacokinetic

and toxicological aspects of potassium sorbate food additive and its constituents. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 80, 123-130.

Eberechukwu, S., Amadikwa, A., & Okechukwu, M. (2007). Effect of oral intake of sodium benzoate on some haematological parameters of wistar albino rats. *Scientific Research and Essays*, 2(1), 6-9.

El-Ziney, M. G. (2009). GC-MS Analysis of Benzoate and Sorbate in Saudi Dairy and Food Products with Estimation of Daily Exposure. *Journal of Food Technology*, 7(4), 127-134.

E-nummers. (geen datum). Opgehaald op Januari 2021 van Voedingscentrum.nl: <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/e-nummers.aspx>

Fujitani, T. (1993). Short-term effect of sodium benzoate in F344 rats and B6C3F1 mice. *Toxicology Letters*, 69(2), 171-179.

Gardner, L. K., & Lawrence, G. D. (1993). Benzene production from decarboxylation of benzoic acid in the presence of ascorbic acid and a transition-metal catalyst. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(5), 693-695.

Gezondheidsnet. (5. september 2012). De pH-waarde van groenten en fruit. Van Gezondheidsnet.nl: <https://www.gezondheidsnet.nl/groente-en-fruit/de-ph-waarde-van-groenten-en-fruit/opgehaald>

Gouget, C., & Jansen, W. (2017). Wat zit er in uw eten? In C. Gouget, & W. Jansen, *Wat zit er in uw eten?* (S. 6-11). Bilthoven: Bouillon Culinaire Journalistiek.

Kamaya, Y., Fukaya, Y., & Suzuki, K. (2005). Acute toxicity of benzoic acids to the crustacean *Daphnia magna*. *Chemosphere*, 59, 255-261.

Kamsteeg, J. (1988). All E-numbers and the most important other additives. Wageningen: Landbouwwuniversiteit Wageningen.

Keshavarz, M. H., Gharagheizi, F., Shokrolahi, A., & Zakinejad, S. (2012). Accurate prediction of the toxicity of benzoic acid compounds in mice via oral without using any computer codes. *Journal of Hazardous Materials*(237-238), 79-101.

Kitano, K., Fukukawa, T., Ohtsuji, Y., Masuda, T., & Yamaguchi, H. (2002). Mutagenicity and DNA-damaging activity caused by decomposed products of potassium sorbate reacting with ascorbic acid in the presence of Fe salt. *Food and Chemical Toxicology*, 1589-1594.

Linke, B. G., Casagrande, T. A., & Cardoso, L. A. (2018). Food additives and their health effects: A review on preservative sodium benzoate. *African Journal of Biotechnology*, 10(17), 306-310.

Lu, N., & Shen, M. (2006). Research on mutagenicity of sodium benzoate in bonemarrow cells. *Journal of Jilin Agricultural University*, 28(4), 466-468.

Mahoney, B. A., Smith, W. A., Lo, D., Tsoi, K., Tonelli, M., & Clase, C. (2005). Emergency interventions for hyperkalaemia. Hamilton, Canada: Cochrane Database of Systematic Reviews.

Makwana, S., Choudhary, R., Dogra, N., Kohli, P., & Haddock, J. (2014). Nanoencapsulation and immobilization of cinnamaldehyde for developing antimicrobial food packaging material. *LWT-Food Scientific Technology*, 470-476.

Mamur, S., Yüzbaşıoğlu, D., Ünal, F., & Yilmaz, S. (2010). Does potassium sorbate induce genotoxic or mutagenic effects in lymphocytes? *Toxicology in Vitro*, 790-794.

Namiki, M., Udaka, S., Osawa, T., Tsuji, K., & Kada, T. (1980). Formation of mutagens by sorbic acid-nitrite reaction: Effects of reaction conditions on biological activities. *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 21-28.

Nederlandse Vereniging voor Preventief Gezondheidsonderzoek. (geen datum). Natrium. Opgehaald op Oktober 2020 van testjegezondheid.nl: <https://testjegezondheid.nl/wiki/natrium>

Pérez-Prior, M. T., Gómez-Bombarelli, R., González-Pérez, M., Manso, J. A., Garcia-Santos, M. P., Calle, E., & Casado, J. (2009). Sorbate–Nitrite Interactions: Acetonitrile Oxide as an Alkylating Agent. *Chemical Research in Toxicology*, 1320-1324.

Pérez-Prior, M. T., Manso, J. A., Gómez-Bombarelli, R., González-Pérez, M., Garcia-Santos, M. P., Calle, E., . . . Casado, J. (2008). Reactivity of Some Products Formed by the Reaction of Sorbic Acid with Sodium Nitrite: Decomposition of 1,4-Dinitro-2-methylpyrrole and Ethylnitrolic Acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11824-11829.

RIVM. (2018). Voedselconsumptie 2012 - 2016. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven: Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.

Rongli, S., Kai, X., Shuangbin, J., Yungiu, P., Lingling, Y., Lihong, Y., . . . Yuepu, P. (2021). Toxicity in hematopoietic stem cells from bone marrow and peripheral blood in mice after benzene exposure: Single-cell transcriptome sequencing analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*(207).

Sohrabi, D., Rahnama, M., Shams, A. M., & Fakheri, F. (2007). The effects of sodium benzoate (c6h5coona) on ovaries and its hormones and gonadotropins on female balb/c mice. *Journal of Shakrekord University of Medical Sciences*, 9(3), 67-70.

Taghavi, F., Habibi-Rezaei, M., Bohlooli, M., Farhadi, M., Maghami, P., Moosavi-Movahedi, A. A., . . . Sheibani, N. (2013). Potassium sorbate as an AGE activator for human serum albumin in the presence and absence of glucose. *International Journal of Biological Macromolecules*(62), 146-154.

Voedingscentrum. (14. oktober 2020). E-nummers. Van Voedingscentrum.nl: <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/e-nummers.aspx> opgehaald

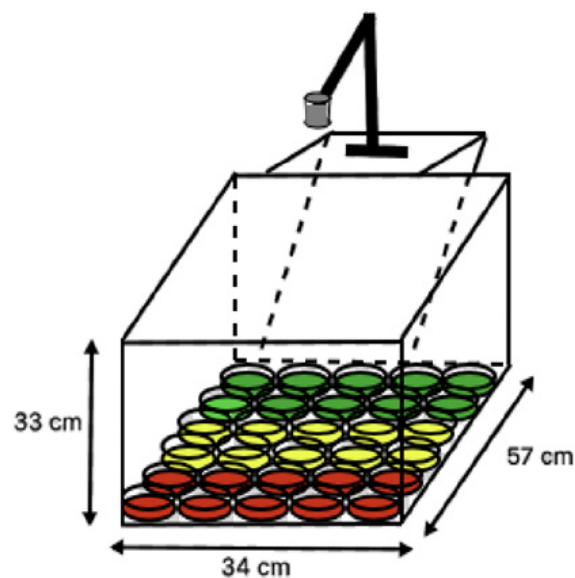
Walker, R. (1990). Toxicology of sorbic acid and sorbates. *Food Additives & Contaminants*, 671-676.

Wibbertmann, A., Kielhorn, J., Koennecker, G., Mangelsdorf, I., & Melber, C. (2000). Benzoic Acid and Sodium Benzoate. Fraunhofer Institute for Toxicology and Aerosol Research. Geneve: World Health Organization.

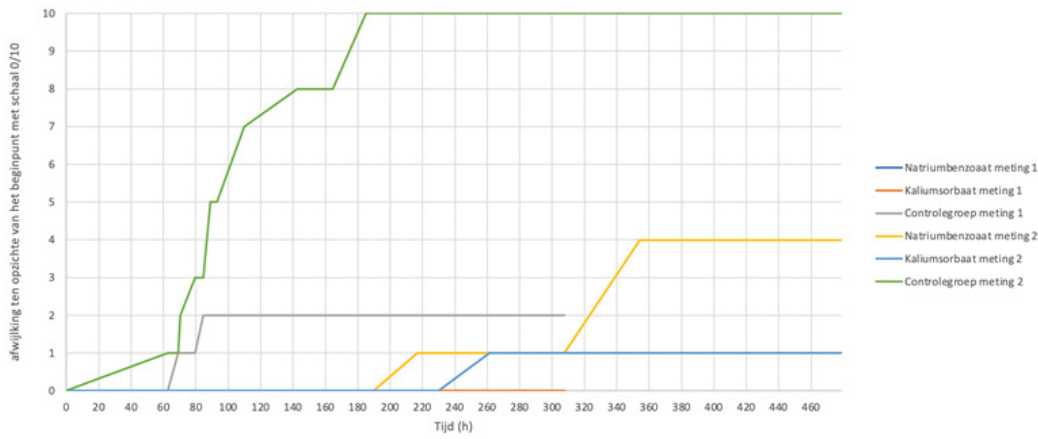
Wikipedia. (1. augustus 2020). Conserveermiddel. Van Wikipedia.org: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Conserveermiddel> opgehaald

Yilmaz, S., Unal, F., & Yuzbasioglu, D. (2009). The in vitro genotoxicity of benzoic acid in human peripheral blood lymphocytes. *Cytotechnology*, 60(55), 1-3.

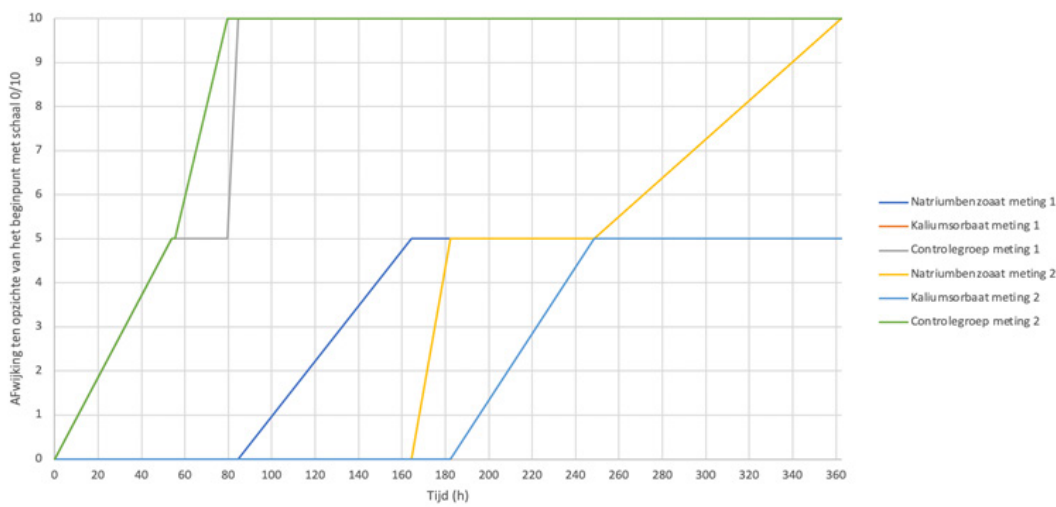
Zengin, N., Yüzbaşıoğlu, D., Ünal, F., Yilmaz, S., & Aksoy, H. (2011). The evaluation of the genotoxicity of two food preservatives: Sodium benzoate and potassium benzoate. *Food and Chemical Toxicology*, 763-769.



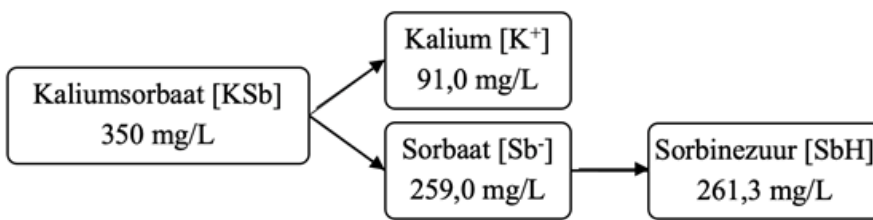
Figuur 1: Opstelling van onderzoek naar houdbaarheid



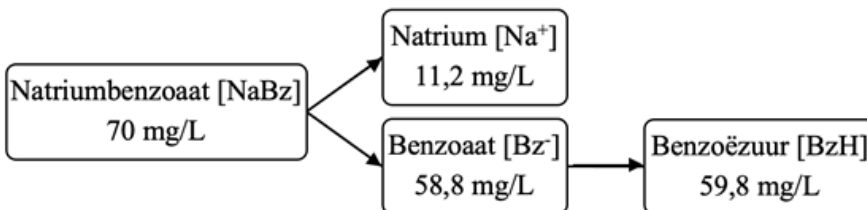
Figuur 2a: Afwijkende verandering ten opzichte van het begin op basis van zicht bij natriumbenzoaat, kaliumsorbaat en controlegroep in tijd met schaal 0/10 bij meting 1 en 2.



Figuur 2b: Afwijkende verandering ten opzichte van het begin op basis van reuk bij natriumbenzoaat, kaliumsorbaat en controlegroep in tijd met schaal 0/10 bij meting 1 en 2.



Figuur 3a: Verloop van concentraties in het bloed na inname ADI van kaliumsorbaat



Figuur 3b: Verloop van concentraties in het bloed na inname ADI van natriumbenzoaat

De invloed van diverse pH-verlagers op plantengroei van de basische grond van Mars

S. Huysmans¹, M.A. Kroese², H.E. Lemstra¹, T.J. Bosgoed², Z.H.W. Easton³, M.N.A. Bijman³

¹Carmel College Salland, locatie Hofstedelaan, Raalte

²Etty Hillesum Lyceum, locatie het Vlier, Deventer

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main goal of this study was to gain knowledge about the effect of pH reducers on the alkaline soil of Mars. As a starting point previous studies by W. Wamelink (2014), from University of Wageningen, about the possibility of plant growth on the moon and Mars soil, were used. These studies showed potential of plant growth on Mars soil, but did not give an answer to the following question: What's the possibility of stimulating the plant growth on Mars soil? Several characteristic variables of Mars soil were investigated. One of them was the high pH-value. On Earth soil, pH reducers would be used, for instance aluminium sulphate, iron (II)sulphate and sulphur, to improve the soil for plant growth. Furthermore, rye was chosen because of its high success rate and its ability to grow without much water. The optimal pH-range for rye is between 5,0 – 6,5, while the pH-value of the Mars soil is between 8 – 9. This led to the following question: How can the pH value of Mars' alkaline soil (8 - 9) be lowered to 5.0 - 6.5, under room circumstances, for the optimal growth of rye by adding the pH reducers aluminium sulphate, iron (II)sulphate and sulphur? In order to provide an answer to the research question, various data is collected by observing the growth of rye over 50 days. Multiple measurements were taken. For example, weekly pH measurements and daily photos of the growth. Concludingly, there was found a causal relation between the addition of pH-reducer and the growth of rye. The pH-reducer aluminium sulphate had the most positive effect on the growth of rye. Secondly, sulphur also had a positive effect on the growth, but not as effective as aluminium sulphate. Lastly, iron(II)sulphate had a negative effect on the growth of rye. However, there are always some points of improvements for this research.

1. Theoretisch kader

1.1 Leefbaarheid aarde

De mens wordt ook wel eens de 'vernietiger van de aarde' genoemd. Sinds de industriële revolutie is de hoeveelheid broeikasgassen toegenomen, met als gevolg dat de gemiddelde temperatuur op aarde toeneemt. Er komt een moment dat de mensheid erin slaagt de aarde onleefbaar te maken. Ofwel via de opwarming van de aarde, ofwel via een oncontroleerbare gebeurtenis zoals een asteroïde-inslag die ook de dino's van de mat veegde (Kraaijvanger C., 2017). "Tegen dan zijn we maar beter een 'multiplanetaire' soort" aldus Elon Musk, Canadees-Amerikaans ondernemer en oprichter van SpaceX. Dit allemaal om het voortbestaan van de mensheid te verlengen (Heack, 2016).

1.2 Alternatieve leefomgeving

De aarde wordt dus voor de mens minder leefbaar en daarom moet er een alternatieve leefomgeving voor de mens worden gevonden. Nu kan de mens niet zomaar overal leven, sterker nog: ze is vrij beperkt. Het is noodzakelijk om rekening te houden met de temperatuur, het stralingsniveau, het klimaat, etc. voor een goede gezondheid van de mens.

Met al deze eisen in ons achterhoofd is er een gebied in ons zonnestelsel vastgesteld waarbinnen leven mogelijk is: 'the habitable zone', oftewel 'de bewoonbare zone'. In deze bewoonbare zone is voornamelijk de focus gelegd op de temperatuur waarbij water in een vloeibare vorm kan voorkomen: de hoofdvoorwaarde van ons leven. Planeten uit ons zonnestelsel die binnen deze bewoonbare zone vallen zijn de aarde en Mars (ZiaRia, 2018). De enige planeet om ons voortbestaan op te verlengen is dus Mars.

In de afgelopen jaren zijn onderzoekers druk bezig geweest met het plan om Mars te koloniseren. Één van deze projecten

wordt geleid door SpaceX en Elon Musk. Hun doel is om in 2024 de eerste mensen op Mars te zetten. Volgens de planning gaan in 2022 twee onbemande ruimteschepen naar Mars. Het doel van deze eerste missie is om de beste bron van water te vinden. Als dat succesvol verloopt zullen er in 2024 nog vier ruimteschepen naar Mars vertrekken, waarvan twee bemand. Deze tweede missie heeft als doel een zeer lange reeks zonnepanelen te installeren. Met deze zonnepanelen kan koolstofdioxide uit de atmosfeer worden gehaald. Omdat er al water aanwezig is kan er samen met koolstofdioxide, methaan en zuurstof worden gevormd. Wanneer deze basis is gelegd, zullen meerdere bemande vluchten volgen om de paar 'huizen' uit te breiden tot een dorp, vervolgens tot een stad en misschien hierna wel tot steden (TechInsider, 2017).

Tijdens een bemande ruimtevaart moet er aan veel dingen worden gedacht. Zoals bijvoorbeeld welk soort eten moet worden meegenomen? Hoeveel eten moet er meegenomen worden? Ook moet er gedacht worden aan het gewicht dat er meegenomen wordt, want meer gewicht betekent meer brandstof. Stel je voor, de eerste mensen vertrekken naar Mars. Zij willen eten gaan verbouwen op Mars. Dit kan alleen met geschikte grond en andere benodigdheden. Om eten te verbouwen op Mars moet er een keuze worden gemaakt tussen de grond van aarde en de grond van Mars. De rationele keuze is om voor de grond van Mars te kiezen. Op deze manier hoeft men geen grond van aarde mee te nemen, waardoor er minder gewicht zou worden meegenomen in de raket. Een ander argument is dat na een bepaalde tijd de voorraad aan grond van de aarde en eten op zal raken. Om überhaupt Mars te bereiken is men acht maanden verder, dit zou betekenen dat men een reis van in totaal zestien maanden opnieuw moet afleggen om de voorraden van de grond van aarde en het eten bij te vullen (Kraaijvanger T., 2015). Dit kost natuurlijk veel geld terwijl

men ook gebruik kan maken van de grond van Mars.

1.3.1 Eigenschappen van Mars

Het klimaat op Mars maakt het niet mogelijk om planten buiten te laten groeien. De temperatuur op Mars kan variëren tussen -140°C en 20°C , de atmosfeer bestaat voornamelijk uit koolstofdioxide en er ontstaan geregeld zandstormen (Geographic, 2016). Om deze reden zal het verbouwen van planten binnen de ondergrondse Marsbasis plaatsvinden, zie figuur 1. De temperatuur, lichtintensiteit en luchtvochtigheid zijn hier te variëren naar optimale omstandigheden voor de plant. Toch blijven er omstandigheden die verschillen van de omstandigheden op aarde.

Neem als voorbeeld de zwaartekracht, deze is op aarde drie keer groter dan op Mars (Kuuke, 2016). Planten hebben verschillende manieren van groeien; ze kunnen naar het licht toe groeien (fototropie) of tegen de zwaartekracht in groeien (geotropie) (Marianne Gommers, 2010). Aangezien de zwaartekracht op Mars dus minder is, zal de plant daar meer horizontaal in plaats van verticaal groeien. Dit kan nadelig zijn voor de soort plant die verbouwd gaat worden. Dit is dus één van de mindere eigenschappen van de situatie op Mars. Aangezien de zwaartekracht op aarde relatief gezien veel groter is, is het onderzoek gericht op de grond van Mars, die een vaste vorm heeft en bewerkbaar is.

1.3.2 Plantengroei op Mars

Volgens een onderzoek van Wamelink (2014), ecooloog en exobioloog (ruimtelandbouwer), is plantengroei op Mars mogelijk. Er is een verband tussen de ontkieming en de kwaliteit van de zaadjes. Hoe beter de kwaliteit is, hoe hoger het ontkiemingspercentage. Dit is het geval bij wortel, tuinkers en tomaat. Er waren ook planten die bloemen of zaadjes gingen produceren. Dit kwam maar bij drie soorten planten voor: rogge, 'Brassica rapa' (field mustard) en tuinkers. Daarnaast bleek dat de Mars simulant het beste uit het experiment kwam en de Maan simulant het slechtste. De Mars simulant deed het voor de meeste plantensoorten vaak beter dan de grond van aarde. De planten afkomstig van de Mars simulant hadden ook een hogere biomassa dan de andere twee simulanten (G. W. Wieger Wamelink, 2014).

Zoals eerder werd gezegd, doelen de ruimtevaartorganisaties niet alleen op het bezoeken van Mars maar ook op het koloniseren ervan. Men zou de landbouwoppervlakte kunnen vergroten of een manier kunnen vinden om de landbouw efficiënter te maken. Ondanks de vele onderzoeken naar de grond van Mars, was er niet één te vinden die inging op het efficiënter maken van de landbouw door middel van het stimuleren van de groei van planten. Het doel van dit onderzoek is om erachter te komen hoe de groei van planten op Mars kan worden gestimuleerd.

1.3.3 Grond van Mars

Marsbodem kenmerkt zich door zijn slechte wateropname, hoge concentratie aan zware metalen en de te hoge pH-waarde (Groen Kennisnet, 2019). Deze eigenschappen maken landbouw op deze grond ingewikkeld.

De slechte wateropname van de grond van Mars is niet per se voor elke plant een beperkende factor. Gewassen zoals rabarber, rogge en artisjok kunnen namelijk prima leven met een kleine hoeveelheid water tot hun beschikking, sterker

nog ze leven beter met een kleine hoeveelheid water. Deze planten hebben een sterk en uitgebreid wortelstelsel en houden water goed vast, waardoor ze al genoeg hebben aan een kleine hoeveelheid water. Omdat deze eigenschap voor veel planten dus geen beperkende factor is, is de relevantie om naar deze eigenschap onderzoek te doen minder groot (Darwinkel, 1999). Een andere eigenschap van de Marsbodem is de hoge concentratie zware metalen. Planten kunnen vrij goed tegen de metalen. IJzer en mangaan zijn zelfs in kleine hoeveelheden nodig. De metalen kunnen echter ophopen in planten en vooral als deze zich in eetbare delen bevinden, kan dit voor mensen problemen veroorzaken (Wamelink, 2016).

Ook de hoge pH-waarde is belemmerend voor de plantengroei op Marsbodem. De pH-range van grond van aarde is 5,5-6,5 en de pH-range op Mars is 8,0-9,0 (Gazet van Antwerpen, 2008). De optimale pH-range voor veel planten is vaak 6,0-6,5 (Deseyn, 2017). Deze eigenschap is te meten en aan te passen.

1.4.1 Rogge

Zoals al eerder gezegd, blijkt uit onderzoek van de Universiteit van Wageningen dat rogge een van de hoogste slagingspercentages heeft op de grond van Mars. Dit komt onder andere doordat de plant geen moeite heeft met het watertekort (Wamelink, 2020). Naast rogge zijn er ook nog veel andere planten die goed groeien onder de omstandigheden van Mars. De reden dat er gekozen is voor rogge, is vanwege de vele toepassingen (koek, gebak, brood, etc. (aHealthylife, sd)). In vergelijking met andere graansoorten vult rogge goed en het kan zelfs dienen als een vervanger voor rijst (Francesca, 2014).

Met het oog op het onderzoek is rogge ook een realistische keus. Rogge wordt vrij lang, hierdoor is de groei makkelijk bij te houden en zijn verschillen goed waar te nemen. Voor rogge is de optimale pH-range van grond waarin het zich bevindt 5,5 - 6,0 (VLM, 2015).

1.4.2 pH-verlagers

De pH-waarde wordt uitgedrukt in een schaal die loopt van 1 tot 14 (zie figuur 2). De pH is sterk van invloed op de beschikbaarheid van mineralen, bodemstructuur en bodemleven (PLAGRON, sd). Is de grond te zuur, dan kan een plant minder stikstof, fosfor en kali opnemen (Stijn Moermans (Bodemkundige Dienst van België) Dominique Van Haecke, 2016). Een gewas dat veel fosfor nodig heeft, zal er sterk onder lijden.

De pH-verlagers die in dit onderzoek worden gebruikt, moeten al effect kunnen hebben op korte termijn (maximaal 10 dagen) én de pH van de grond minimaal 1,5 kunnen verlagen. Deze eis is gesteld om de haalbaarheid van het onderzoek te vergroten. PH-verlagers die aan deze voorwaarden voldoen zijn aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ijzer(II)sulfaat (FeSO_4) en zwavel (S). $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en FeSO_4 . De pH-verlagers $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en FeSO_4 zijn hydrofiele stoffen en kunnen daardoor als vloeistof aan de grond worden toegevoegd. Zodra het oplost, maken deze stoffen zuur aan in de grond, waardoor het dus gelijk werkt. Zwavel daarentegen werkt wat langzamer, maar is goedkoper en een stuk krachtiger (Purdue university, sd). Omdat S hydrofoob is, moet het in vaste vorm worden toegevoegd aan de grond. Dit heeft als gevolg dat bepaalde gebieden in grond zuurder zullen zijn en andere juist basischer. In tegenstelling tot $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en FeSO_4 , zal S dus minder goed verdeeld zijn over de Marsgrond en dit verschil zal ook meegenomen worden in

het onderzoek (Wamelink, 2020).

1.5 Onderzoeksvraag

Kortom, het vinden van een alternatieve leefomgeving voor de mens is essentieel. “Voedsel lokaal verbouwen is met name heel belangrijk voor onze missie waarbinnen mensen zich permanent op Mars gaan vestigen,” stelt Bas Lansdorp, CEO en medeoprichter van Mars One. Het is mogelijk en ook effectiever om Marsgrond te gebruiken voor deze plantengroei. De grond van Mars heeft echter een relatief hoge pH-waarde. Door het toevoegen van, de voor ons bekende, pH-verlagers, zou er een betere situatie voor de plant, rogge, gecreëerd kunnen worden.

De onderzoeksvraag is als volgt:

Hoe kan de pH-waarde van de basische grond (8 - 9) van Mars worden verlaagd naar 5,0 – 6,5, onder kameromstandigheden, voor de optimale groei van rogge door het toevoegen van de pH-verlagers aluminiumsulfaat, ijzer(II)sulfaat en zwavel?

2. Materiaal en methode

Dit onderzoek is gestart in september 2020 en afgerond in november 2020. De gebruikte Mars simulant, mms-2, is besteld via de webshop ‘<https://www.ruimtevaartwinkel.nl>’. Mms-2 wordt beschreven als ijzerrijk basalt met een goed geologisch analoog aan het oppervlak van Mars (Schaap, sd).

2.1.1 Experimenten

In dit onderzoek zijn er 5 verschillende experimenten:

- (1) Grond van aarde met 5 roggezaadjes;
- (2) Mms-2 zonder pH-verlager met 5 roggezaadjes;
- (3) Mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq) met 5 roggezaadjes;
- (4) Mms-2 met FeSO_4 (aq) met 5 roggezaadjes;
- (5) Mms-2 met S (s) met 5 roggezaadjes.

Experimentomschrijvingen en opstelling zijn te zien in tabel 3. Een systematisch bovenaanzicht is te zien in figuur 4. Elk experiment is in triplo uitgevoerd. Deze potjes zijn plastic bekertjes, gehalveerd met een schaar. Vervolgens zijn er, door middel van een hamer en een priem, aan de onderkant van de potjes kleine gaatjes gemaakt voor het opnemen van het water. Aan de grond is organisch materiaal toegevoegd, verkregen door de WUR. De volumeverhouding tussen organisch materiaal en mms-2 is telkens 1:1, met een gewichtsverhouding van 4:17. De volumeverhouding is bepaald door de mms-2 en het organisch materiaal in een maatbeker te plaatsen en vervolgens te vullen tot dezelfde hoogte.

2.1.2 Hoeveelheid pH-verlager

De hoeveelheid $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ is als volgt bepaald: de pH-waarde van mms-2 is 8,0-9,0 en de gewilde pH-waarde is 6,5-5,0. Om de pH-waarde van 0,93 m² (=0,93*103 cm²) grond met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ ±1,5-2,0 te verlagen is 1,80 pond (=816,5 g) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ berekend (HGIC, 2012). Mms-2 in het potje had een hoogte van 2,20 cm en een diameter van 3,80 cm. Omdat het organisch materiaal al een verlaagde pH-waarde had, werd er bij het bepalen van de hoeveelheid pH-verlager alleen gekeken naar mms-2. Omdat het potje cilindervormig is, is het volume als volgt berekend:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Met als r 1,90 cm en als h 2,20 cm. Hieruit volgde een volume van 24,95 cm².

Mms-2 had dus een volume van 24,95 cm².

Daaruit volgde dat er 2,19 gram $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ gebruikt moest worden om de pH-waarde ±1,5-2,0 te verlagen.

Voor de hoeveelheid FeSO_4 in experiment 4 golden dezelfde hoeveelheden als bij $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$. Er was dus wederom 2,19 gram pH-verlager gebruikt.

Deze hoeveelheid S in experiment 5 is als volgt bepaald: de pH-waarde van mms-2 is 8,0-9,0 en de gewenste pH-waarde is 6,5-5,0. Om de pH-waarde van 0,93 m² (=9,3*103 cm²) grond met S ±1,5-2,0 te verlagen is 0,30 pond (=136 g) S berekend (HGIC, 2012). De afmetingen van potje 13 t/m 15 waren hetzelfde als potje 7 t/m 12 en had dus ook een volume van 24,95 cm².

Daaruit volgde dat er 0,365 gram S moest worden gebruikt om de pH-waarde met ±1,5-2,0 te verlagen.

2.2.1 Opstelling

Nadat de verschillende pH-verlagers waren toegevoegd, zijn de roggezaadjes geplaatst op de oppervlakte van de grond, zodat de ontkieming tijdens de eerste 24 uur goed te zien was. De potjes waren opgesteld in 3 rijen, 5 potjes per rij, met aan beide kanten van de middelste rij een statief met daaraan een 40 Watt gloeilamp, zie figuur 3. De hoogte van de gloeilamp was telkens afgestemd op de hoogte van de rogge; minimaal 15 cm boven de hoogste rogge stengel. Deze opstelling bleef 50 dagen staan. Na 7 dagen zijn er statieven naast elke rij geplaatst waartussen touw werd gespannen, om te voorkomen dat de roggestengels knakten.

De eerste 5 dagen zijn er over de potjes laagjes transparante folie geplaatst. De transparante folie werd vastgehouden door een elastiekje. Na deze 5 dagen begon het de roggestengels te hinderen en is deze eraf gehaald. Alle potjes waren vanaf het begin in Petrischaaltjes geplaatst met daarin een laagje water met een hoogte van ±8 mm. Het water werd elke dag bijgevuld en voor elk weekend was er een laagje water met een hoogte van ±15mm toegevoegd. Dit onderzoek heeft deels plaatsgevonden in de herfstvakantie (11 oktober - 19 oktober). In deze periode waren alle potjes in een maatbeker met 100 mL demiwater gezet samen met een pipet van 3 mL demiwater, zie figuur 5.

2.2.2 Metingen

Alles is bijgehouden in een logboek. De volgende metingen zijn gedurende 50 dagen uitgevoerd:

- Wekelijkse pH-meting;
- Noteren van aantal ontkiemde zaadjes na 24 uur;
- Elke dag foto maken;
- Temperatuurmeting van dag 13-18 (94 uur).

De temperatuur is gemeten vanuit de middelste rij op een hoogte van 20 centimeter (de lampen hingen op 40 centimeter hoogte).

Na 50 dagen is de biomassa van de rogge gewogen. Hierin is onderscheid gemaakt tussen het versgewicht en het drooggewicht. Om het versgewicht te bepalen zijn de stengels vlak boven het zaadje afgeknijpt. De stengels zijn vervolgens gewogen. Dit is het versgewicht: de massa van de stengels en de massa van het vocht. Het drooggewicht is bepaald door de stengels te drogen in een droogstoof voor 48 uur bij een temperatuur van 65 graden. Vervolgens zijn de stengels weer gewogen, dit is het drooggewicht. Aan de hand van het versgewicht en het drooggewicht is het percentage vocht in de stengels bepaald. Het drooggewicht is stabiel en betrouwbaarder in tegenstelling tot versgewicht aangezien

deze afhankelijk is van hoeveelheid opgenomen/verdampte water die dag.

Hiernaast is ook de lengte van iedere roggestengel gemeten. Dit is de lengte vanaf het zaadje tot aan het hoogste punt van de stengel.

3 Resultaten

3.1 Lengte

Alle lengtes van alle stengels binnen één experiment zijn bij elkaar opgeteld. Deze uitkomst is vervolgens gedeeld door 3, het aantal potjes per experiment. Behalve bij experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq), hier is de uitkomst van de som gedeeld door 2. De resultaten hiervan zijn te zien in figuur 6. In dit figuur is te zien dat experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq), de grootste lengte heeft, namelijk 224 cm. Experiment 4, mms-2 met FeSO_4 (aq), heeft de kleinste lengte, namelijk 134,3 cm.

3.2 Massa

Als massa wordt het versgewicht genomen. Door complicaties zijn de resultaten van het drooggewicht zodanig onbetrouwbaar dat deze niet mee kunnen worden genomen in de resultaten. Alle massa's van alle stengels binnen één experiment zijn bij elkaar opgeteld. Dit resultaat is vervolgens gedeeld door 3, het aantal potjes per experiment. Hier geldt weer hetzelfde voor experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq). De resultaten hiervan zijn te zien in figuur 7. In dit figuur is te zien dat experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq), de grootste massa heeft, namelijk 2280 mg en experiment 4, mms-2 met FeSO_4 (aq), de kleinste massa, namelijk 1067 mg.

3.3 Massa-lengte verhouding

De gemiddelde massa per experiment is gedeeld door de gemiddelde lengte per experiment. De resultaten hiervan zijn te zien in figuur 8. Uit de resultaten blijkt dat experiment 1, grond van aarde, de hoogste massa-lengte verhouding heeft, namelijk 12,1 mg/cm. Experiment 4, mms-2 met FeSO_4 (aq), heeft de laagste massa-lengte verhouding, namelijk 7,41 mg/cm.

3.4 pH-waarde

De pH-waardes die zijn uitgevoerd tijdens dit onderzoek zijn te zien in tabel 4 en tabel 5. In deze tabellen is te zien dat de pH-waardes van alle experimenten met pH-verlager zijn verlaagd tot de optimale pH-range van rogge, namelijk 5,0 - 6,5. Experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq), is het meest verlaagd en komt uit op een pH-waarde van 5,5. Experiment 5, mms-2 met S (s), heeft van de experimenten met pH-verlager, de hoogste pH-waarde van 6,2.

3.5 Temperatuur

In figuur 9 is de temperatuurmeting te zien. Hieruit blijkt dat dat de temperatuur constant was van dag 13 tot dag 18. De pieken en dalen die te zien zijn, zijn te verklaren door deuren en ramen die open hebben gestaan in het begin van de schooldag.

4. Conclusie

De basische grond van Mars kan worden verlaagd naar de optimale groei van rogge door middel van het toevoegen van de pH-verlagers, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$, FeSO_4 en S. Op basis van drie groeifactoren, heeft het toevoegen van de pH-verlager $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ de meest positieve invloed op de groei van rogge. Het toevoegen van $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ heeft gezorgd voor een hogere massa,

lengte én massa-lengte-verhouding. Daaropvolgend heeft de pH-verlager S ook een positief effect, maar niet zo'n positief effect als het toevoegen van $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$. Daarnaast heeft de pH-verlager FeSO_4 een negatief effect op de groei van rogge.

5 Discussie

Naar aanleiding van de resultaten is duidelijk geworden dat er specifieke verschillen zijn tussen de pH-verlagers en het effect dat zij hebben op de basische grond van Mars. Echter, moet er in dit onderzoek rekening worden gehouden met verschillende verbeterpunten.

5.1 Interpretatie van de resultaten

In dit onderzoek zijn er conclusies getrokken op basis van drie verschillende groeifactoren: massa, lengte en massa-lengte-verhouding. Het doel van dit onderzoek is om erachter te komen welke pH-verlagers de groei van rogge het meest positief beïnvloedt. Echter, is het begrip 'groei' zeer discutabel. Wanneer groeit een plant optimaal? Is dit wanneer het een grote lengte, grote massa of grote massa-lengteverhouding heeft? In dit onderzoek is geprobeerd een balans te zoeken tussen deze drie factoren. De conclusie is getrokken door deze drie groeifactoren even zwaar mee te laten tellen.

Zoals in de conclusie is benoemd, heeft $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ het meest positieve effect op de groei van rogge. De rogge met de toegevoegde pH-verlager $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ heeft een hogere massa, lengte en massa-lengte-verhouding dan de rogge in mms-2 zonder pH-verlager. Ten tweede, had de rogge met de toegevoegde pH-verlager FeSO_4 een lagere massa, lengte en massa-lengte-verhouding dan de rogge in mms-2 zonder pH-verlager. Het toevoegen van FeSO_4 heeft dus een negatief effect op de groei van rogge. Ten derde, had de rogge met de toegevoegde pH-verlager S een hogere massa en lengte dan de rogge in mms-2 zonder een pH-verlager. Dus heeft het toevoegen van S een positieve invloed op de groei van rogge.

5.2 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van dit onderzoek berust op de nauwkeurigheid van de uitgevoerde metingen. Dit onderzoek is in triplo uitgevoerd, waardoor nauwkeurigheidfouten zijn geminimaliseerd in de resultaten. De resultaten zijn over het algemeen vrij constant op één experiment na. In experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq), heeft potje 7 namelijk een zeer afwijkend resultaat. De massa, lengte en pH-waarde van dit potje zijn buitengewoon laag. De oorzaak hiervan ligt bij de te lage pH-waarde. Bij het toevoegen van $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq) is er hoogstwaarschijnlijk te veel aan potje 7 toegevoegd. Dit heeft als gevolg dat potje 7 een pH-waarde van 4,6 heeft. Potje 7 is dus geen goede representatie voor experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq). Hierin zou namelijk een pH-waarde tussen 5,0 en 6,5 bereikt moeten worden. Enerzijds is dit natuurlijk een fout. Anderzijds kunnen we door deze fout wel concluderen dat rogge niet onder een pH-waarde van 4,6 (of lager) kan groeien. Dit bleek ook uit het onderzoek van Geert Baert van de Universiteit Gent waarop de pH-range van 5,0-6,5 van rogge in dit onderzoek is gebaseerd (VLM, 2015). Door deze overmaat aan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq) in potje 7 zou gedacht kunnen worden dat een ander potje een te kleine hoeveelheid $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq) heeft kunnen krijgen. Toch is de gemiddelde pH-waarde van potje 8 en 9 (ook behorende tot experiment 3, mms-2 met $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ (aq)) wel tussen de 5,0 en 6,5. Deze 'toedienfout' heeft dus, op potje 7 na, geen verdere invloed op de resultaten.

Verder is er in de resultaten benoemd dat door complicaties de resultaten van het drooggewicht onbruikbaar zijn. Omdat de stengels zo dun zijn, is er twijfel aanwezig over de hoeveelheid vocht dat er bij het drogen uit de stengel zou gaan. Om deze reden zijn eerst alleen experiment 1, grond van aarde en experiment 5, mms-2 met S (s), voor 24 uur in de droogstoof geplaatst op ± 70 graden. Na 24 uur is het percentage vocht dat de stengel heeft verlaten berekend. Dit geeft wel degelijk resultaat. Daarom zijn vervolgens experiment 2, 3 en 4 ook in de droogstoof geplaatst. Bij het plaatsen van de stengels in de droogstoof is de temperatuur ± 65 graden. Uit de resultaten blijkt dat experimenten 1, grond van aarde en 5, mms-2 met S (s), een aanzienlijk hoger percentage vochtverlies hebben na 48 uur, namelijk 81,0%. Experiment 2, 3 en 4 hebben een lager percentage vochtverlies, namelijk 72%-75%. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de verschillende temperaturen, waaronder de experimenten in de droogstoof hebben gezeten, een grote invloed op de resultaten hebben gehad. Hierdoor zijn deze resultaten onbetrouwbaar.

Uit de resultaten blijkt echter dat de experimenten die op dezelfde dag in de droogstoof hebben gedroogd vergelijkbare resultaten leveren. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het percentage vochtverlies tussen de verschillende experimenten zo goed als gelijk zijn als ze allemaal bij gelijke temperaturen worden gedroogd. Dus kan er ook met het versgewicht verder worden gewerkt.

5.3 Validiteit

Zoals in de resultaten te zien is, is de pH-waarde van de mms-2 7,0 terwijl deze tussen 8 en 9 zou moeten zijn. Dit komt doordat er in dit onderzoek organisch materiaal aan elk experiment is toegevoegd. Op deze manier kan het slagingspercentage per experiment worden verhoogd. Echter, hierbij is er geen rekening gehouden met de pH-waarde van het organisch materiaal. De pH van het organisch materiaal is namelijk tussen de 5 en 6. Dit organisch materiaal is met een volumeverhouding van 1:1 gemengd met de mms-2. Met als gevolg dat experiment 2, dat een pH tussen 8 en 9 zou moeten hebben, een pH-waarde van 7 heeft. De resultaten van experiment 2, mms-2 zonder pH-verlager, zijn dus niet echt representatief voor de groei van rogge op de 'basische' mms-2. De pH-waarde is echter nog wel steeds hoger dan de pH-waarde in experiment 3, 4 en 5. Hierdoor kunnen alsnog valide conclusies getrokken worden op basis van een hoge pH-waarde ten opzichte van een lage pH-waarde.

Verder is zwavel, zoals in de methode omschreven, hydrofoob. Hierdoor moet het in vaste vorm worden toegevoegd. Op sommige plekken is de grond dus erg zuur en op sommige plekken is de pH-waarde onveranderd. De omstandigheden waar de pH onveranderd is, kunnen we gelijkstellen aan experiment 2, mms-2 zonder pH-verlager. Uit de resultaten blijkt dat experiment 2, mms-2 zonder pH-verlager en experiment 5, mms-2 met S (s), zowel een vergelijkbare lengte als massa hebben. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het toevoegen van S in een vaste vorm een minder groot effect heeft op de groei in tegenstelling tot de pH-verlagers die in een vloeibare vorm zijn toegevoegd. De pH-verlagers die in vloeibare vorm zijn toegevoegd, hebben zich namelijk beter over de grond kunnen verdelen.

5.4 Beperkingen van onderzoek

Aan dit onderzoek zitten een aantal beperkingen, waardoor

het niet naar zijn beste doen is uitgevoerd. De eerste en misschien wel meest belangrijke limitatie van dit onderzoek is de tijdsduur van de metingen. Deadlines moesten worden gehaald waardoor de metingen, maar 50 dagen hebben kunnen duren. Eerder onderzoek naar de groei van rogge toont aan dat ongeveer 60 dagen na de ontkieming, het bloeistadium van de rogge zou moeten beginnen. Doordat dit onderzoek maar 50 dagen heeft geduurd, is dit stadium (en de volgende groeistadia) niet waargenomen. Natuurlijk is er een kans dat er een pas een significant verschil in de groei zou zijn in deze volgende groeistadia. Uit het onderzoek van Wieger Wamelink van de WUR zijn overigens wél significant verschillen in de plantengroei gevonden (G. W. Wieger Wamelink, 2014). Ondanks dat dit onderzoek 50 dagen duurde. Uit deze resultaten zijn ook valide conclusies getrokken. Om pH-verlagers daadwerkelijk op Mars te kunnen gebruiken is het wel essentieel dat hier nog verder onderzoek naar zal worden gedaan.

Daarnaast is binnen deze 50 dagen ook nog een vakantieperiode gevallen. Onze proefopstelling is opgesteld op een middelbare school, die in de vakantieperiode gesloten was. Gedurende een periode van 9 dagen zijn er geen pH-metingen uitgevoerd, zijn ze niet dagelijks gewaterd en is er geen afwijkende groei waargenomen. Voor sommige van deze problemen is een oplossing gevonden. In figuur 5 is een aangepaste opstelling voor de vakantie te zien. In deze aangepaste opstelling zijn de Petri-schaaltjes onder elk potje vervangen door een bekersglas met 100 mL demiwater. Ook is er een pipet met 3 mL demiwater boven in de grond geplaatst. Op deze manier heeft de rogge alsnog voldoende water binnengekregen in deze vakantieperiode. Ook zijn er extra touwtjes opgehangen boven de roggestengels. Naar verwachting zou de rogge namelijk in 9 dagen tijd veel groeien. Deze touwtjes hebben voorkomen dat ze zo lang zijn geworden, dat ze knakken en vervolgens afbreken. Deze aangepaste opstelling is gelijk na de vakantie weer aangepast naar de normale opstelling, zie figuur 3. Ook is op de laatste dag voor de vakantie en de eerste dag na de vakantie een pH-meting gedaan om deze periode zonder pH-meting zo minimaal mogelijk te maken. Door deze aanpassingen heeft de rogge goed door kunnen groeien in de vakantie en zijn de problemen zeer beperkt gebleven. Het was natuurlijk beter geweest als de omgeving van de rogge niet aangepast zou zijn geweest.

Bovendien heeft de opstelling tussen twee open lokalen gestaan, waar veel circulatie van leerlingen plaatsvindt. Dit is natuurlijk allesbehalve vergelijkbaar met de omstandigheden binnen de toekomstige Marsbasis. Op de plek van onze proefopstelling varieert de luchtvochtigheid sterk. Ook is de zwaartekracht, zoals al eerder benoemd, niet te vergelijken met die op Mars. Naar verwachting zou de temperatuur ook sterk variëren, maar uit figuur 9 blijkt dat deze vrij constant blijft gedurende één schoolweek. De plek van het onderzoek heeft het onderzoek zeer gelimiteerd. Een betere nabootsing van de situatie binnen de toekomstige Marsbasis had nog realistischere resultaten gegeven.

Verder is in figuur 4 te zien dat alle drie de uitvoeringen van één experiment naast elkaar zijn geplaatst. Omdat de lampen in het midden hebben gehangen, is het mogelijk dat experiment 1, grond van aarde, en 5, mms-2 met S (s), hierdoor minder licht hebben ontvangen. Deze hebben namelijk het verst van de lampen af gestaan. De uitvoeringen per experiment hadden beter willekeurig geplaatst kunnen worden om deze

onzekerheid uit te sluiten. Desondanks hebben de lampen erg hoog gehangen waardoor de verschillen in afstanden tot de lamp en het potje erg minimaal zijn geweest.

Ten slotte zijn er wekelijkse pH-metingen gedaan. Dit is gedaan met pH-papier met een pH-range van 4,5 tot 10,0. Ondanks de beperkte pH-range is pH-papier nog steeds niet de meest nauwkeurige manier om de pH-waarde te meten. Een pH-waarde van 5,0 en 6,0 verschillen op het pH-papier namelijk erg weinig waardoor hier hoogstwaarschijnlijk wel eens nauwkeurigheidfouten in zijn gemaakt. Om deze fouten te beperken zijn er zes pH-metingen gedaan gedurende de 50 dagen. Dus elk potje heeft zes metingen en elk experiment 18 metingen. Hiervan is vervolgens het gemiddelde berekend. Toch zou door een nauwkeurigere pH-meting het onderzoek kunnen worden verbeterd en onzekerheden kunnen worden uitgesloten.

5.5 Aanbevelingen voor een vervolgonderzoek

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn verschillende vervolgonderzoeken mogelijk. Er kan bijvoorbeeld worden gekeken naar andere variabelen, zoals de hoeveelheid zware metalen in de grond van Mars en het effect van deze stoffen op een plant. Welke stoffen komen er vrij wanneer de pH van een bodem wordt verlaagd door een bepaalde pH-verlager? Wellicht hopen giftige stoffen zich op in de eetbare gedeeltes van een plant. Dit zal betekenen dat de plant niet meer eetbaar is en niet kan worden verwerkt tot andere producten. Hiermee moet rekening worden gehouden in een vervolgonderzoek. Ook zou er gekeken kunnen worden naar het verschil in voedingsstofrijkheid tussen de geogste roggen op aarde en Mars. Zal één van de twee voedingsstofrijker zijn of zal het tegenovergestelde worden bewezen?

Ten slotte kan men de methode veranderen door een ander soort plant en andere pH-verlagers te onderzoeken. Ook zal een ander soort lichtbron invloed kunnen hebben op dit onderzoek. Om de plantengroei nog meer te stimuleren zou in het vervolg alleen rood en blauw licht gebruikt kunnen worden. Hierdoor zal het uitgezonde licht efficiënter gebruikt kunnen worden (Canna Research, sd).

In afwachting van vervolgonderzoeken is het voor bedrijven, zoals SpaceX, te overwegen om de plantengroei op Mars te stimuleren door bepaalde groeistimulatoren, zoals pH-verlagers toe te voegen aan de basische grond van Mars. Onderzoeken over groeistimulatoren op Mars zijn erg beperkt in de wetenschap. Het is klaarblijkelijk een gat in de kennis.

6 Bibliografie

aHealthyLife. (sd). De voedingswaarde van rogge. Opgehaald van <https://www.ahealthylife.nl>: <https://www.ahealthylife.nl/de-voedingswaarde-van-rogge/#>

Canna Research. (sd). Het effect van het lichtspectrum op de ontwikkeling van planten. Opgehaald van <https://www.canna.nl>: <https://www.canna.nl/het-effect-van-het-lichtspectrum-op-ontwikkeling-van-planten>

Darwinkel, A. (1999). Teelt van winterroge. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl>: <https://edepot.wur.nl/119933>

Deseyn, T. (2017, augustus 26). pH zuurtegraad in de moestuin. Opgehaald van <https://www.moestuinweetjes.com>: <https://www.moestuinweetjes.com/ph-zuurtegraad-moestuin/>

Francesca. (2014, oktober 13). 10x vervangers voor witte rijst. Opgehaald van <https://www.francescakookt.nl>:

<https://www.francescakookt.nl/10x-vervangers-voor-witte-rijst/#:~:text=Rogge,het%20daarna%20in%20een%20gerecht.>

G. W. Wieger Wamelink, J. Y. (2014, augustus 27). Can Plants Grow on Mars and the Moon: A Growth Experiment on Mars and Moon Soil Simulants. Opgehaald van <https://journals.plos.org>: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0103138>

Gazet van Antwerpen. (2008, juni 27). “Asperge zou kunnen groeien op Mars”. Opgehaald van <https://www.gva.be>: <https://www.gva.be/cnt/aid730055/asperge-zou-kunnen-groeien-op-mars>

Geographic, N. (Regisseur). (2016). Mega Dust Storms | MARS [Film].

Groen Kennisnet. (2019, september 7). Vegetarisch menu voor mensen op Mars. Opgehaald van <https://www.groenkennisnet.nl>: <https://www.groenkennisnet.nl/nl/groenkennisnet/show/Vegetarisch-menu-voor-mensen-op-Mars.htm>

Heack, P. (2016, oktober 1). Waarom we absoluut naar Mars moeten. Opgehaald van <https://www.tijd.be>: <https://www.tijd.be/ondernemen/algemeen/waarom-we-absoluut-naar-mars-moeten/9815442.html>

HGIC. (2012, oktober 20). Changing the ph of your soil. Opgehaald van <https://hgic.clemson.edu>: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/changing-the-ph-of-your-soil/>

Kraaijvanger, C. (2017, november 13). 15-000 wetenschappers waarschuwen mensheid opnieuw stop vernietigen aarde. Opgehaald van <https://www.scientias.nl>: <https://www.scientias.nl/15-000-wetenschappers-waarschuwen-mensheid-opnieuw-stop-vernietigen-aarde/>

Kraaijvanger, T. (2015, juni 2). NASA-baas wil reistijd naar Mars halveren. Opgehaald van <https://www.scientias.nl>: <https://www.scientias.nl/nasa-baas-wil-reistijd-naar-mars-halveren/>

Kuuke. (2016, juli 3). Hoe sterk is de zwaartekracht op de planeten? Opgehaald van <https://www.kuuke.nl>: <https://www.kuuke.nl/hoe-sterk-is-de-zwaartekracht-op-de-planeten/>

Marianne Gommers, A. J. (2010). Planten; Reageren op de omgeving; Auxine. In A. J. Marianne Gommers, Biologie voor jou VWO 5 (pp. 311-312). 's-Hertogenbosch: Malmberg.

NOS. (2014, januari 14). Voedsel telen op Mars mogelijk . Opgehaald van <https://nos.nl>: <https://nos.nl/artikel/597241-voedsel-telen-op-mars-mogelijk.html>

PLAGRON. (sd). Wat houdt de pH-waarde in? Opgehaald van <https://www.plagron.com>: <https://www.plagron.com/nl/grow-topics/wat-houdt-de-ph-waarde-in>

Purdue university. (sd). Commercial Greenhouse and Nursery Production. Opgehaald van <https://www.extension.purdue.edu>: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-241-W.pdf>

Schaap, A. (sd). mms-2. Opgehaald van <https://www.ruimtevaartwinkel.nl>: <https://www.ruimtevaartwinkel.nl/product/mms-2/>

Stijn Moermans (Bodemkundige Dienst van België) Dominique Van Haecke, V. D. (2016, oktober 15). Het belang van de bodem-pH. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl>: <https://edepot.wur.nl/401278>

TechInsider (Regisseur). (2017). Watch Elon Musk Reveal SpaceX's Most Detailed Plans To Colonize Mars [Film].

VLM. (2015, december 14). De zuurtegraad van de bodem. Opgehaald van <https://www.vlm.be>: <https://www.vlm.be>

be/nl/SiteCollectionDocuments/Bedrijfsadvies/Fiches%20BA/07%2020151214_BAS_FICHE_Zuurtegraad_LR.pdf

Wageningen University & Research. (2019, oktober 20). Marstomaten en maanprei, we kunnen groenten kweken op maan- en Marsgrond. Opgehaald van <https://www.vrt.be:https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2019/10/20/groenten-kweken-op-de-maan-of-mars/>

Wamelink, W. (2016, juli 10). Marsgroenten zijn eetbaar. Opgehaald van <https://www.wur.nl:https://www.wur.nl/nl/nieuws/Marsgroenten-zijn-eetbaar.htm>

Wamelink, W. (2020, september 1). (M. Kroese, Huysmans, Interviewer)

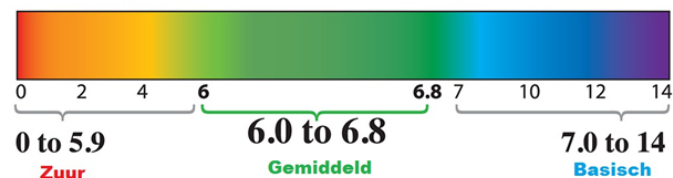
ZiaRia. (2018). Zon en zonnestelsel (3) hoe zal het ons zonnestelsel vergaan? Opgehaald van <https://tallsay.com:https://tallsay.com/page/4294997553/zon-en-zonnestelsel-3-hoe-zal-het-ons-zonnestelsel-vergaan>



Figuur 3: proefopstelling



Figuur 1: toekomstige, ondergrondse basis op Mars (Wageningen University & Research, 2019)



Figuur 2: pH-schaal (Deseyn, 2017)



Figuur 5: proefopstelling (in vakantieperiode)

Volume (cm ²)	9,3*10 ³	24,95
Hoeveelheid pH-verlager (g)	816,5	x

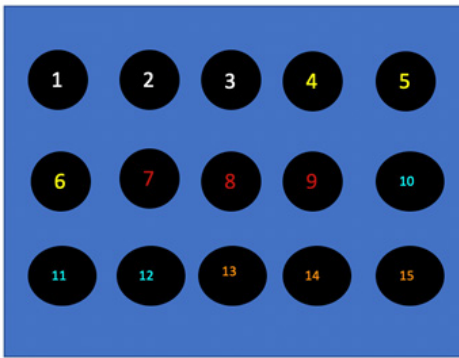
Tabel 1: berekening Al₂(SO₄) en FeSO₄

Volume (cm ²)	9,3*10 ³	24,95
Hoeveelheid pH-verlager (g)	136	x

Tabel 2: berekening S

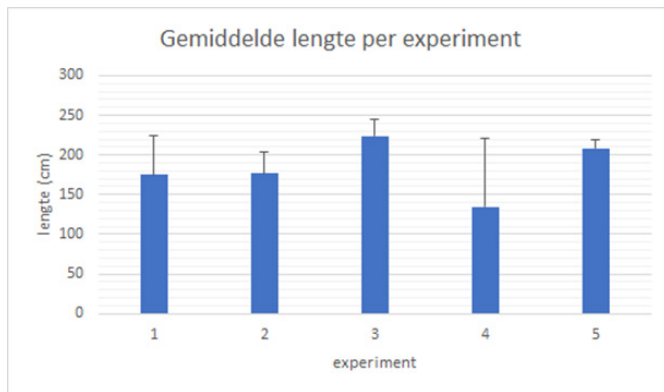
Experiment	Potgrond (g)	Mms-2 (g)	Organisch materiaal (g)	Al ₂ (SO ₄) (aq) (g)	FeSO ₄ (aq) (g)	S (s) (g)
1	42,0					
2		34,0	8,00			
3		34,0	8,00	2,19		
4		34,0	8,00		2,19	
5		34,0	8,00			0,366

Tabel 3: inhoud per experiment



- Aarde
- Mms-2 met OM
- Mms-2 met OM en $Al_2(SO_4) (aq)$
- Mms-2 met OM en $Fe(SO_4) (aq)$
- Mms-2 met OM en $S (s)$

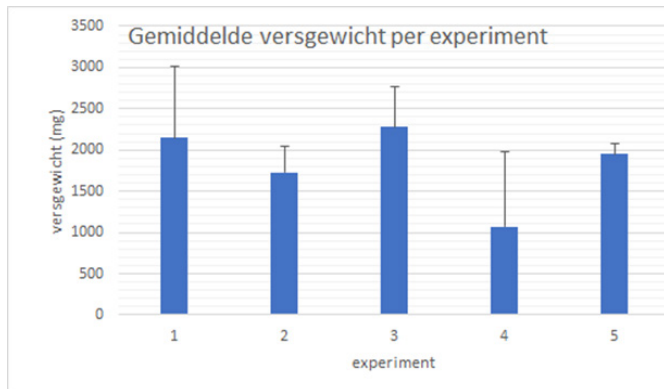
Figuur 4: systematisch bovenaanzicht opstelling experimenten



Figuur 6: grafiek 'Gemiddelde lengte per experiment'

Potje	Gemiddelde pH-waarde per potje
1	5,6
2	5,9
3	5,6
4	6,9
5	7,2
6	6,8
(7)	(4,6)
8	5,4
9	5,6
10	5,7
11	5,4
12	5,8
13	5,9
14	6,6
15	6,2

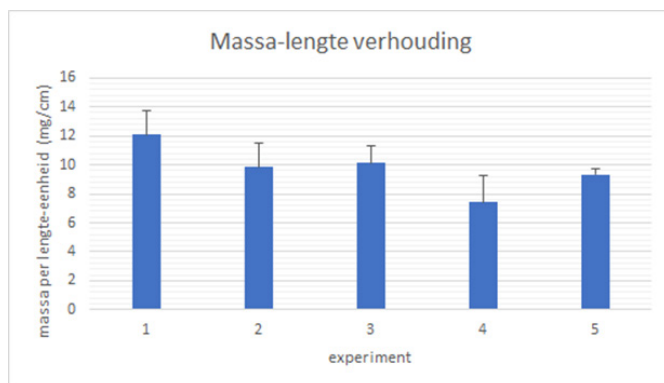
Tabel 4: gemiddelde pH-waardes per potje



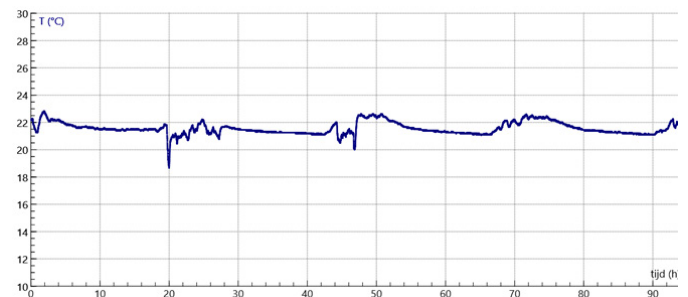
Figuur 7: grafiek 'Gemiddelde versgewicht per experiment'

Experiment	Gemiddelde pH-waarde per experiment
1	5,7
2	7
3	5,5
4	5,6
5	6,2

Tabel 5: gemiddelde pH-waardes per experiment



Figuur 8: grafiek 'Massa-lengte verhouding per experiment'



Figuur 9: temperatuurmeting dag 13 tot 18

Boom het zwaargewicht in de strijd tegen klimaatverandering

Henrike Koenderink¹, Jasmijn Oude Nijhuis², M. Ten Bregeler¹, D.M.A. Ensink², Inge Wijma³, Marcel Bijman³

¹Het Assink Lyceum, Haaksbergen

²Het Twents Carmelcollege de Thij, Oldenzaal

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - One of the most popular problems to talk about is climate change, because they are still looking for a solution. Organizing a landscape efficiently could be a possible solution, but this is still a rarely researched area. This research would connect economic and biologic aspects to create a partial solution for climate change. To reach this solution the data of seven trees has been looked at. This data is obtained through a literature research. By listing this data from least to most profitable a conclusion has been reached.

The data has shown that when looking at the economic aspect, the pedunculate oak and the douglas-fir are the most profitable trees, while the scots pine and the poplar are the least profitable. In addition, the data of the biological aspect has shown that the pedunculate oak and the douglas-fir have the highest tree mass, which slows down the airspeed the most and could take up the most CO₂. On top of that the pedunculate oak has a lobed leaf, and thus the airspeed around the leaf is slow down. The results have shown that the pedunculate oak scores highest on both aspects, making it the most efficient tree to plant.

This research does not take biodiversity in account and is based on literature only. This could mean that it would not work in reality, because there are many more variables at work than are taken into account in this research.

1. Inleiding

Een veel besproken probleem de laatste jaren is klimaatverandering, gezien een veranderend klimaat nadelig kan zijn voor de gehele aarde [1]. Eén van de oorzaken van klimaatverandering is de toename van broeikasgassen in de lucht. CO₂ is een van deze gassen die ervoor zorgen dat warmte wordt vastgehouden, waardoor de temperatuur op aarde stijgt. Een deel van de oplossing voor klimaatverandering is het wegvangen van CO₂ uit de lucht. Een manier om dit te doen is het planten van meer bomen die CO₂ uit de lucht halen.[2] Door te onderzoeken welke boom zoveel mogelijk CO₂ opneemt zouden in de toekomst geplante bomen meer CO₂ kunnen opnemen uit de lucht, waardoor er minder broeikasgassen in de lucht zijn, dus een vermindering van klimaatverandering. Hiermee moet wel in gedachte worden genomen dat de boom tijdens het plant, onderhoud en verbranding proces niet meer CO₂ produceert dan de boom opneemt.

Er zijn al meerdere plannen gemaakt voor het groener maken van Nederland en het doel van deze plannen lag dan ook enkel bij meer groenvoorzieningen. Deze plannen hielden geen rekening met de hoeveelheid CO₂ die bomen zouden opnemen, waardoor deze minder efficiënt kunnen zijn. Daarbij hielden de bestaande plannen nauwelijks rekening met de kosten en opbrengsten van het groen. Bovendien waren de plannen meestal bestemd voor één bestemming en keken ze naar vele soorten groen. De plannen zijn hierdoor niet bruikbaar voor een groot gebied in Nederland met dezelfde grondsoort.

Aangezien bij de plannen geen rekening is gehouden met de hoeveelheid CO₂ die bomen kunnen opnemen moet er worden afgevraagd of dit ook het geval is geweest bij de ruim 330.000 hectare aan bos in Nederland.[3] Het is de vraag of de grond optimaal gebruikt wordt voor het klimaat zonder de kosten en opbrengsten uit het oog te verliezen.

Eerdere onderzoeken focusten zich vooral op de groenvoorziening. In dit onderzoek wordt er gekeken naar de combinatie van kosten en opbrengsten met klimaatverandering, omdat een knelpunt in de politiek zit bij het bekostigen van het tegengaan van klimaatverandering. Door te kijken naar zowel

de kosten als de potentiële opbrengsten uit bio-energie.

Aangezien er vele grondsoorten zijn in Nederland is er een keuze gemaakt voor de meest voorkomende grondsoort in Nederland, namelijk zandgrond. Dit is een grondsoort, dat uit minimaal 50% zand bestaat en minder dan 8% lutum bevat. [4] Deze grond is in Nederland grotendeels vlak en heeft een gemiddelde laag waterstand van rond de 120 cm onder de grond. [5]–[8]

De bomen die worden gekozen voor het onderzoek zijn afhankelijk van welke bomen er het meest voorkomen in Nederland. Deze bomen zullen dan het best zullen passen bij het Nederlandse milieu. Er is gekozen voor zeven bomen, omdat de minst voorkomende boom van deze zeven nog redelijk veel in bossen voorkwam, maar de potentiële achtste boom kwam minder voor. Hierom is de grens getrokken bij zeven bomen, namelijk; grove den, zomereik, douglas spar, lariks, populier, zachte berk en de spar.[9]

In dit onderzoek worden deze factoren van klimaatverandering en kosten gecombineerd, zodat het bos de meeste toegevoegde waarde kan krijgen. Hieruit volgt de hoofdvraag: *‘Als je kijkt naar de kosten, de opbrengsten uit bio-energie en de opname van CO₂ door de boom, welke van de zeven meest voorkomende bomen in de bossen in Nederland is het gunstigst om te planten op Nederlandse zandgrond?’*

2. Methode

Om te achterhalen welke boom van het zevental bomen het gunstigst is om te planten op Nederlandse zandgrond, door te kijken naar de kosten, de opbrengsten uit bio-energie en de opname van CO₂ wordt er een kwalitatief onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek is een combinatie van het analyseren van rapporten en onderzoeken en het houden van interviews met mensen die bekend zijn in dit vakgebied.

Om inzicht te krijgen in de kosten, de soorten opbrengsten en hoeveelheid CO₂ opname van de bomen, zijn voor elke boom verschillende soorten bronnen geraadpleegd via Google, Google Scholar, de onlinebibliotheek LISA en er is meermaals geraadpleegd bij de universiteit van Wageningen.

Het soort interview waarvoor is gekozen is een ongestructureerd interview. Het doel is namelijk om gedetailleerde antwoorden te krijgen op onze vragen en deze te gebruiken als bron. Door het gehouden interview is er inzicht vergaard over het praktisch gedeelte van bosaanleg. De persoon, die is geïnterviewd is iemand die werkzaam is als projectmanager in natuur- en gebiedsontwikkeling en is afgestudeerd aan Van Hall Larenstein University of Applied Sciences in bos- en natuurbeheer.

Tijdens het literatuuronderzoek is er eerst onderzocht welke zeven bomen er het meest voorkomen in Nederland. Daarna is er onderzocht welke factoren er komen kijken bij zowel de kosten als de opbrengst in bio-energie van deze zeven bomen. Vervolgens zijn deze factoren gemeten bij elk van de zeven bomen. Nadat de kosten en opbrengsten verzameld waren werd er gekeken naar welke factoren er komen kijken bij de opname van CO₂ van deze bomen. Tot slot werden alle factoren met elkaar vergeleken en hieruit is een conclusie getrokken over welke boom het gunstigst blijkt te zijn om te planten.

3. Resultaten

3.1. Economische aspecten

In de volgende resultaten worden de economische aspecten met betrekking tot de zeven bomen weergegeven. Hier is gekeken naar de kosten en opbrengsten van de boom, met een uiteindelijke vergelijking tussen alle zeven bomen. Voor de kosten werd er gekeken het totaal aan kosten tijdens de levensduur van de boom. Voor de opbrengsten wordt er gekeken naar de opbrengst uit bio-energie, omdat dit volgens de heer Brinkhuis [7] één van de belangrijkste manieren is waarmee geld kan worden verdiend aan bomen. Daarbij is het een duurzame manier om energie te maken, omdat bomen de bron zijn en hernieuwbaar zijn.[10] De hoeveelheid geld wordt bepaald door de kosten van de opbrengsten af te halen.

3.1.1. Kosten van de bomen

De soorten kosten, die voorkomen in het leven van een boom in bosverband zijn vrijwel voor elke boom gelijk. Als een bos wordt aangelegd worden de bomen ingekocht als ze ongeveer tussen de vijftig en tachtig centimeter hoog zijn [11]. De aankoopkosten van de bomen variëren van €0,75 voor een zachte berk tot €1,70 voor een grove den en zijn aangegeven in bijlage 1.

Wanneer de bomen zijn ingekocht worden ze op eenzelfde manier geplant, uitgaande dat de grond een zandgrond is en vlak. Dit wordt machinaal gedaan: met behulp van een trekker worden om de 1,5 meter bomen in de grond geplant. Dit proces is voor elke boom hetzelfde, waardoor er geen verschil zit in de plantingskosten [11].

De eerste vijf tot tien jaar is er nagenoeg geen onderhoud nodig voor de levende bomen. Bomen die doodgaan worden gekapt en na de eerste jaren wordt het bos gedund. In het proces van dunnen worden om de paar meter bomen weggehaald met als doel dat andere bomen meer ruimte krijgen om te groeien en om meer licht te krijgen. Het dunnen is een nabootsing van de natuurlijke stamtaalvermindering [12]. Dit proces is afhankelijk van de groeisnelheid en met name de groei in de breedte van de boom

Na weer een aantal jaar wordt er geblest. Dit betekent dat bomen die geen ziektes bevatten en een gezond groeiproces hebben blijven staan, hier wordt gekeken naar het optimale. De mindere bomen die bijvoorbeeld ziek zijn of overlast veroorzaken worden gekapt. Dit selectieproces gebeurt

wederom bij alle bomen, maar wanneer ze worden gekapt is afhankelijk van de groei. Daarnaast moeten zieke bomen worden gekapt om verdere ziekte verspreiding te voorkomen. Bij onderhoud valt te concluderen dat de boomsoorten op dezelfde manier worden onderhouden. De enige variabele hierin is het groeiproces van de boom. Leeft een boom langer, dan zal deze meer onderhoud nodig hebben dan wanneer een boom korter leeft, omdat een levende boom zo nu en dan gesnoeid moet worden. Als de bomen snel doodgaan en ziektes krijgen zullen deze bomen worden gekapt en minder opleveren dan gezonde bomen. [11].

De ziektes zijn bij vrijwel alle zeven bomen verschillend. De grove den heeft vooral last van luizen en takscheutsterfte. De eik heeft last van ongedierte en de douglas spar kan hout rot krijgen. De lariks kan populierenroest krijgen en de populier krijgt snel schimmels, die kunnen leiden tot stambreuk. Net zoals de grove den wordt de spar aangetast door bladluis en houtborende insecten. De boom die het niet lang vol zal houden in bosverband is de berk, omdat deze wordt aangetast door de berkendoder, waardoor schimmel en stambreuk ontstaat.[9], [13]–[19] Een selectie gericht op de ziektes is niet valide.

3.2.2. Opbrengsten in bio-energie

De bomen kosten niet alleen geld, ze kunnen ook geld opleveren. Van de resten van bomen worden bijvoorbeeld pallets gemaakt om voor biobrandstof te gebruiken. [11], [20] Van biomassa brandstof maken is duurzaam, omdat de CO₂ in een kring verloopt. Alles waar de boom van groeit komt weer vrij in de lucht. Het draagt niet bij aan de toegevoegde koolstofkringloop. Wel is het zo dat al het CO₂ wat een boom heeft opgeslagen tijdens de groei weer vrijkomt tijdens de verbranding. De opname van CO₂ zal bij een grotere boom met meer massa groter zijn, maar dit wordt op een ander moment uitgestoten.[6] Het verschil in CO₂ opname is niet groot tussen een grote of kleine boom.

Om uit te rekenen hoeveel geld de biomassa van een boom waard is, is er gekeken naar de verbrandingswaarde van de boom, de gemiddelde hoogte en de gemiddelde straal van de boom. Eerst is de inhoud van de boom berekend en vervolgens is de verbranding per boom uitgedrukt in mega Joule. Deze verbranding is omgezet in euro's aan de hand van de gemiddelde prijs van aardgas en elektriciteit voor de consument.[21] De bedragen van de opbrengst voor deze verbranding variëren van €0,69 voor zowel de populier als de lariks tot €23,31 voor de zomereik. Deze gegevens zijn aangegeven in bijlage 2.

3.2.3. Tussenconclusie

In bijlage 1, de tabel met de aankoopkosten, is te zien dat de grove den en de zomereik de duurste bomen zijn. De zachte berk en de spar zijn de goedkoopste bomen, maar de lariks en de populier verschillen hier niet veel van. Gekeken naar de opbrengsten van de bomen in bio-energie brengen de zomereik, de douglas spar en de spar het meest op en brengen de populier en de zachte berk het minst op. Als je de kosten van de opbrengsten haalt dan brengen de zomereik en de douglas spar het meeste op. De specifieke resultaten zijn te zien in bijlage 1, bijlage 2 en bijlage 3. Als er naar het onderhoud per boom wordt gekeken kan worden geconcludeerd dat de boom met de meeste ziektes ook het meeste onderhoud nodig zal hebben, maar hier is weinig verschil te zien per boom. In bijlage 4 is te zien dat alle bomen een soort van probleem hebben, wil het ongedierte zijn of een ziekte.

Kijkend naar het economische deel is dit volgens bijlage 3 de top zeven van hoogste naar laagste opbrengst: zomereik, douglas spar, spar, lariks, zachte berk, populier, grove den.

3.3. Biologische aspecten

3.3.1. Koolstofdioxide met betrekking tot groei

Bomen halen CO₂ uit de lucht en slaan dit op in zowel de grond als de boommassa. Wanneer een boom groeit heeft hij meer CO₂ nodig voor cellulose dan een boom die niet groeit. De CO₂ die is opgenomen door de groei, zal geen verschil maken in de uiteindelijke CO₂ opname, aangezien bij verbranding de CO₂ weer wordt uitgestoten. Dit geldt tevens voor alle biologische cyclussen van de boom.

De groei van een boom in hoogte en dikte wordt mede beïnvloed door de plantafstand. Het plant verband is het patroon waarin de bomen zijn gepland daarin kan de afstand tussen de bomen verschillen bij elke aanplanting. Er bestaat hierin een nauw en een wijd plantverband. Bij een nauw plantverband worden bomen dicht op elkaar geplant, waardoor er concurrentie tussen bomen ontstaat. Deze concurrentie ontstaat doordat de snelgroeiende boom invloed heeft op de hoeveelheid licht die naastgelegen bomen krijgen, waardoor de naastgelegen bomen een tekort aan licht kunnen krijgen bij te veel concurrentie. Bij een wijd plantverband zal een snelgroeiende boom geen licht wegnemen van een naastgelegen langzaam groeiende boom. Hierdoor ontstaat er geen concurrentie tussen de bomen, waardoor bomen minder in de hoogte groeien en daardoor minder boommassa zullen hebben. Deze boommassa is van belang voor een lagere luchtsnelheid. Een lagere luchtsnelheid zorgt voor een langer contact tussen de lucht en het boom oppervlak. Dit is belangrijk, omdat in de lucht fijnstofdeeltjes en CO₂ zitten, die door langer contact beter opgenomen kunnen worden door de huidmondjes. In bijlage 5 is te vinden welke boom soort gemiddeld gezien de meeste boommassa heeft en dus de boom waarbij de huidmondjes de CO₂ het beste kunnen opnemen. Hierin is te zien dat de zomereik met 42000 kilogram de hoogste boommassa heeft en dat de populier met 1000 kilogram de laagste boommassa heeft.[7], [22]–[24]

3.3.2. Koolstofdioxide opname met betrekking tot bladeren

Via de huidmondjes, die verspreid liggen over het gehele bladoppervlak, wordt CO₂ opgenomen in het blad. Het is het meest effectief als de boom een groot bladoppervlak heeft met weinig oppervlakte variatie door het jaar heen. Het bladoppervlak van naaldbomen varieert weinig door een jaar heen, terwijl het bladoppervlak van loofbomen veel varieert. De aspecten die ervoor zorgen dat de luchtsnelheid rond het bladoppervlak wordt vertraagd zorgen voor een optimale opname van CO₂. Bladeren die bijvoorbeeld krullend, ruw of behaard zijn zorgen voor een vertraging van de luchtsnelheid en dus een betere opname van CO₂. Daarnaast hebben bladeren met een groter bladoppervlak een betere gaswisseling en zorgen naalden voor een betere vastlegging van fijnstof.[25]–[27]

3.3.3. Huidmondjes

De gaswisseling vindt plaats door middel van huidmondjes. Deze huidmondjes staan open als het licht is en zijn gesloten wanneer het donker is. Bij een wateropnametekort zullen de huidmondjes dichtgaan, wat betekent het stoppen van de CO₂ opname. Deze opname zal pas na twee dagen weer in evenwicht zijn tussen wateropname en -verdamping. [28], [29] In bijlage 6 staat weergegeven hoe groot elk blad is bij

elke boom. Aangezien er geldt, hoe groter het bladoppervlak, hoe meer huidmondjes, mits in hetzelfde klimaat zien we dat de naaldbomen veel minder huidmondjes bevatten dan de loofbomen.

3.3.4. Tussenconclusie

De boom met de grootste boommassa zou de luchtsnelheid het meest verminderen, waardoor de gaswisseling bij de huidmondjes beter kan plaatsvinden. Daarnaast heeft de boom met de grootste boommassa meer CO₂ nodig voor de groei en zal dus meer CO₂ opnemen. De boom met de grootste boommassa is de zomereik en op de tweede plaats staat de douglas spar. De bomen met de kleinste boommassa zijn de populier en de zachte berk.

De zomereik en de berk hebben een kenmerk aan hun blad, waardoor de luchtsnelheid vertraagt, namelijk een gelobd blad of een gezaagde bladrand. Hiernaast hebben de loofbomen een groter bladoppervlak en hierdoor meer huidmondjes, waarmee ze meer CO₂ kunnen opnemen. De grove den, de douglas en de spar zijn wel naaldvast, waardoor het bladoppervlak door het gehele jaar heen weinig varieert. Deze variatie vindt wel plaats bij de andere vier bomen. De bomen met het grootste bladoppervlak, waar daardoor ook meer huidmondjes op zitten zijn de populier en de zomereik. De bomen met het kleinste bladoppervlak zijn de lariks en de spar.

Kijkend naar het biologische deel is dit volgens bijlage 6 de top zeven van meeste koolstofdioxide per blaadje/naald naar laagste koolstofdioxide opname per blaadje/naald: populier, zomereik, berk, grove den, douglas, lariks en spar. Volgens bijlage 5 is de top zeven van bomen van zwaarste boom tot lichtste boom: zomereik, douglas spar, spar, lariks, grove den, zachte berk en populier.

4. Conclusie

Als je kijkt naar de kosten, de opbrengsten uit bio-energie en de opname van CO₂ door de boom kan er worden geconcludeerd dat de zomereik de gunstigste boom is uit de zeven meest voorkomende bomen in de bossen in Nederland om te planten op Nederlandse zandgrond. Deze boom heeft over het algemeen de meeste opbrengst uit bio-energie, de meeste huidmondjes per blad en de grootste boommassa. Hierdoor brengt de boom geld op als je deze plant en zal de boom de meeste CO₂ opnemen via de huidmondjes, doordat de lucht door het gelobde blad en de grote boommassa wordt vertraagd rondom de huidmondjes.

5. Discussie

In dit literatuuronderzoek zijn nog verschillende verbeterpunten te vinden. Specifiek wordt er ingegaan op de validiteit, keuzes en het vervolgonderzoek.

5.1. Validiteit

Kijkend naar de validiteit van het onderzoek is er op meerdere factoren iets aan te merken.

De literatuur is voor een groot deel gebaseerd op dezelfde bron, namelijk de universiteit van Wageningen. Deze universiteit staat volgens het NTR op de eerste plek op agrarische onderzoeken en prestaties en op de tweede plek van ecologie en klimaat. Doordat deze universiteit zo hoog is gerankt door critici, zou de literatuur die op deze bron is gebaseerd betrouwbaarder zijn. Hierdoor kan een filterbubbel zijn ontstaan, tijdens het bekijken van de bronnen.

Dit onderzoek is gebaseerd op literatuur, in theorie zou deze boom of bomen dus kunnen leiden naar een beter klimaat met een economische winst. Dit geeft nog geen goed beeld van de praktijk, waarbij natuur en andere factoren niet stabiel zijn. Het praktijk gedeelte van het onderzoek zijn de manieren waarop de bossen worden gepland en de informatie uit het interview. Hierin is de biodiversiteit kort naar voren gekomen, aangezien de geïnterviewde aangaf dat de biodiversiteit een belangrijke factor is in de praktijk. Aangezien deze factor niet is meegenomen in het onderzoek, zorgt het voor een minder valide beeld op de praktijk.

Het enige praktijkgerichte beeld in het onderzoek is gebaseerd op een interview met de heer Brinkhuis. Voor een breder praktijk inzicht, kunnen er meer interviews met mensen uit de praktijk gehouden worden. Zoals een boswachter of mensen die werkzaam zijn bij Staatsbosbeheer.

5.2. Keuzes

De keuzes die zijn gemaakt in het proces van het onderzoek, kan hebben gezorgd voor een minder valide onderzoek.

In het begin is de keuze gemaakt om grenzen te maken, zodat het onderzoek niet te breed zou worden. De grenzen die zijn gemaakt zijn voornamelijk generalisaties, zoals het kiezen voor een grondsoort. Hierdoor zijn er bijzonderheden in de informatie achterwege gelaten en werd er geredeneerd met deze gegevens als basis. Er zijn in het onderzoek ook aspecten geweest die er bewust zijn uitgelaten, zoals de biodiversiteit. Dit biodiversiteit is iets wat in praktijk zeer belangrijk is, zodat je een breder ecolandschap krijgt en geen monocultuur.

Het hoofddoel van dit onderzoek was het vinden van de betere boom en dus zou er alleen naar de boom/plant worden gekeken en niet naar het gehele ecolandschap.

In de opzet van ons onderzoek, was het plan om een wedstrijd te houden waarbij er bomen een voor een zouden afvallen. Dit idee over het onderzoek werd steeds meer omgevormd, er zou namelijk te veel gegevens achterwege worden gelaten, als er bomen gingen afvallen gebaseerd op 1 aspect. Als dit door eerdere keuzes gebaseerd zou worden op de basisgegevens, zou de betrouwbaarheid van het onderzoek sterk zijn verminderd.

5.3. Vervolgonderzoek

Verder onderzoek in dit gebied is voor ecologische redenen zeer belangrijk, zodat er een duidelijker praktijk beeld kan worden geschetst en of het een significant verschil zou kunnen maken in de toekomst. In het vervolgonderzoek zal gekeken moeten worden naar het behouden van biodiversiteit op grote schaal, terwijl er een grotere opname van CO₂ plaats vindt.

Er zou daarnaast gekeken kunnen worden naar hoe deze bomen het doen in andere landschappen dan een bos. Aangezien er dan wordt gepland op hele andere ondergronden en met andere eisen vanuit de mens. Er kan dan verder worden gekeken naar de voordelen en nadelen van het planten na een bepaald schema van bomen en of dat efficiënt en winstgevend is.

Daarbij zal in een vervolgonderzoek er rekening gehouden moeten worden met de groeisnelheid van de bomen. Deze zou namelijk nog invloed kunnen hebben op het onderhoud van de boom.

6. Adviesrapport

Afgaand op de resultaten en de daarbij getrokken conclusie, zou het advies zijn om op een grootschalig niveau zomereiken te planten. Deze boom is economisch en biologisch gezien de

beste keus voor een beter Nederlands boslandschap. Hierbij moet in acht worden genomen dat er geen monobossen ontstaan en de biodiversiteit behouden blijft. Er zal dus naast de zomereik andere soort bomen worden geplant, zoals de naaldboom. Dit advies is gebaseerd op literatuuronderzoek en geeft geen verzekerde uitkomst voor praktijk. Toch is het van belang dat de resultaten van dit onderzoek worden meegenomen voor in toekomstige bestemmingsplannen van Staatsbosbeheer. Het doel van dit advies is om een klein deel van de oplossing te vinden in het klimaatprobleem door efficiënt om te gaan met grondgebruik en economisch punten. Op dit moment staat de zomereik met een 18% bezetting van de bomen in het boslandschap op de tweede plek van meest voorkomende bomen. De eerste plek is nu nog voor de grove den met een 33% bezetting.[9] Dit laat zien dat de bezetting van de zomereik nog omhoog kan ten opzichte van de grove den. Aangezien de zomereik de meest gunstigste boom is om te planten volgens het onderzoek en de grove den een van de minst gunstigste bomen is.

Ondanks dat het gunstig is om de bezetting van zomereik te verhogen zal dit niet moeten leiden tot een lage biodiversiteit, omdat een lage biodiversiteit slechte gevolgen zal hebben voor zowel de mens als de natuur.[30] Als je kijkt naar Duitsland is daar een monocultuur bos ontstaan door het aanplanten van veel fijn sparren. Dit leidde ertoe dat de grond en het hout kwaliteit achteruitging.[31] Hiervoor zal gewaakt moeten worden, aangezien dit soort gevolgen enkel nadelig zullen zijn voor zowel de economie als het klimaat.

Vergeleken met andere onderzoeken, zijn er basisgegevens die overeenkomen met elkaar. Wat uiteindelijk naar dezelfde resultaten zullen leiden na verdere verdieping en onderzoek. Het doel van dit onderzoek zou een gemeenschappelijk doel kunnen zijn voor meerdere landen namelijk een deeloplossing bieden in het klimaatprobleem. Hierin is wel elk land en bijbehorend ecolandschap een individueel onderzoekstraject en kan er dus een ander resultaat uitkomen.

7. Literatuurlijst

- [1] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, "Klimaatverandering en gevolgen | Klimaatverandering | Rijksoverheid.nl," Jan-2020. [Online]. Available: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/gevolgen-klimaatverandering>. [Accessed: 07-Jan-2021].
- [2] "Het biodiversiteitsbeleid in Nederland werkt."
- [3] "Ruim een tiende van Nederland is bos." [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2010/11/ruim-een-tiende-van-nederland-is-bos>. [Accessed: 04-Feb-2021].
- [4] H. Bakker and J. Schelling, "Systeem van bodemclassificatie voor Nederland," Wageningen, 1989.
- [5] S. voor Bodemkartering, "De bodemkaart van Nederland 1: 50 000," Wageningen, 1984. .
- [6] O. F. Schoumans, "Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland," Alterra, 258, Alterra - Centrum Water en Klimaat, , 2004.
- [7] G. B. M. Verzandvoort, S.J.E.; Vroon, H.R.J.; Wesseling, J.G.; Bakker, G.; Oostindie, K.; Stoffelsen, G.H.; Heidema, A.H.; Heuvelink, "Naar een database van bodemhydraulische karakteristieken voor Nederland," Wageningen, 2012.
- [8] T. H. van den Akker, J. J. H., & van Putten, "De boom: een lust voor het oog, een last voor de weg?," Landinrichting, pp. 8–12, 1995.

- [9] “AVIH :: Feiten & Cijfers.” [Online]. Available: <https://www.avih.nl/bosbasics/feiten-cijfers/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [10] “Biomassa: een duurzame energiebron? | Milieu Centraal.” [Online]. Available: <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/biomassa/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [11] I. Brinkhuis, “Interview,” 2020.
- [12] Ecopedia, “Dunning | Ecopedia.” [Online]. Available: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/dunning>. [Accessed: 07-Jan-2021].
- [13] “Bomenbieb - fijnspar - *Picea abies*: informatie en foto's van de boomsoort fijnspar op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/fijnspar-picea-abies/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [14] “Bomenbieb - ruwe berk - *Betula pendula*: informatie en foto's van de boomsoort ruwe berk op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/ruwe-berk-betula-pendula/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [15] “Bomenbieb - gewone populier - *Populus x canadensis*: informatie en foto's van de boomsoort gewone populier op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/gewone-populier-populus-x-canadensis/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [16] “Bomenbieb - Europese lariks - *Larix decidua*: informatie en foto's van de boomsoort Europese lariks op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/europese-lariks-larix-decidua/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [17] “Bomenbieb - douglasspar - *Pseudotsuga mensieszii*: informatie en foto's van de boomsoort douglasspar op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/douglasspar-pseudotsuga-mensieszii/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [18] “Bomenbieb - zomereik - *Quercus robur*: informatie en foto's van de boomsoort zomereik op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/zomereik-quercus-robur/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [19] “Bomenbieb - grove den - *Pinus sylvestris*: informatie en foto's van de boomsoort grove den op bomenbieb.nl.” [Online]. Available: <https://www.bomenbieb.nl/boomsoort/grove-den-pinus-sylvestris/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [20] Inlandshout, “2016 AVIH BIOMASSANL Ondertiteld - YouTube,” 06-Sep-2016. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=9wO9XFG5MHI>. [Accessed: 07-Jan-2021].
- [21] “StatLine - Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen van eindverbruikers.” [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/?fromstatweb#/CBS/nl/dataset/81309NED/table>. [Accessed: 04-Feb-2021].
- [22] P. J. Faber, “Groei en plantafstand van ‘Rap’ populier in een Nelderproef*) Growth and spacing of ‘Rap’ poplar in a Nelder experiment.”
- [23] F. de Vries, “Globale statistiek van landhoedanigheden in Nederland,” Wageningen, 1997.
- [24] W. de Pronk, A.A.; Holterman, H.J.; Hofschreuder, P.; Lovink, E.; Ploegaert, J.P.M.; Visser, “Onderzoek naar de interceptie van fijnstof door opgaande gewassen,” Wageningen, 2012.
- [25] C. van Pronk, A.; Dijk, “Bomen en planten voor een betere luchtkwaliteit,” Wageningen.
- [26] Heukels, H., Heimans, E., “Bladeren,” in *De levende Natuur*, Amsterdam, 1896, pp. 162–169.
- [27] M. Thijssse, J.P., Spoon, “De invloed van uitwendige omstandigheden op den habitus der planten,” in *De levende Natuur*, 1917, pp. 99–108.
- [28] M. P. M. Dekrx, “Architectuur, geometrie en transportstromen binnen een boom,” 2010. [Online]. Available: http://www.dg-c.org/grig/06/studie_transportstromen.pdf.
- [29] K. Myashita, K.; Tanakamaru, S.; Maiani, T.; Kimura, “Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress,” *Science Direct*, 2005. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009884720400053X>.
- [30] “Biodiversiteit - WUR.” [Online]. Available: <https://www.wur.nl/nl/show-longread/Biodiversiteit-longread.htm>. [Accessed: 04-Feb-2021].
- [31] D. Cerff, “Bosbeheer in Nederland en Duitsland,” 2018. [Online]. Available: http://www.probos.nl/images/pdf/indepers/MatrijsMagazine_18_bosbeheerInNederlandenDuitsland.pdf. [Accessed: 04-Feb-2021].
- [32] “Houtinfo.” [Online]. Available: <https://www.houtinfo.nl/node/229>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [33] “Houtinfo.” [Online]. Available: <https://www.houtinfo.nl/node/172>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [34] “Houtinfo.” [Online]. Available: <https://www.houtinfo.nl/node/127>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [35] “Eik.” [Online]. Available: <http://www.bomeninfo.nl/eik.htm>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [36] “Douglas - Lokaalhout.” [Online]. Available: <https://lokaalhout.nl/bomenbibliotheek/douglas/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [37] “Grove Den - Lokaalhout.” [Online]. Available: <https://lokaalhout.nl/bomenbibliotheek/grove-den/>. [Accessed: 02-Feb-2021].
- [38] “ENERGIE UIT INHEEMSE HOUTSOORTEN; OVERZICHTEN VAN VERBRANDINGSWAARDEN Zachthout (<550 kg/m³) droog (15% vocht) Hardhout (>550 kg/m³) droog (15% vocht) Houtsoort Kg/m³ m³ /ton MJ/m³ * MJ/ton * Houtsoort Kg/m³ m³ /ton MJ/m³ * MJ/ton * Wilg**.”

Per boom	Grove den	Zomereik	Douglas spar	Lariks	Populier	Zachte berk	Spar
Lengte(cm)	30-50	80-120	50-80	50-80	80-120	60-100	30-50
Kosten (€)	1,70	1,50	1,30	0,85	0,85	0,75	0,80

Tabel 1. De aankoopkosten van de zeven bomen

Per boom	Grove den	Zomereik	Douglas spar	Lariks	Populier	Zachte berk	Spar
Verbrandingswaarde (MJ/m ³)	7,440	10,695	7,0	8,170	7,4	10,4	7,0
Hoogte (m)	25-30	25-35	30-50	25-35	25-30	15-25	30-35
Straal (m)	0,20	0,80	0,75	0,32	0,17	0,17	0,45
Inhoud (m ³)	3,4	60	71	9,7	2,5	1,8	20
Verbranding (MJ)	25,3	641	497	79	19	19	140
Opbrengst (€)	0,92	23,31	18,07	2,87	0,69	0,69	5,09

Tabel 2. De opbrengsten in bio-energie van de zeven bomen [32]–[38]

	Grove den	zomereik	Douglas spar	lariks	populier	Zachte berk	spar
Opbrengst (€)	- 0,78	+ 21,81	+ 16,77	+2,02	- 0,16	- 0,06	+ 4,29

Tabel 3. De aankoopkosten afgewogen tegen de opbrengsten in bio-energie

	Ziektes
Grove den	Blad-/wolluis en takscheutsterfte
Zomereik	Vooral ongedierte
Douglas spar	Uitheems, maar kan wel hout rot krijgen
Lariks	zachthout, dus snel schimmel. Vuurzwam kan leiden tot stambreuk
Populier	populierenroest
Zachte berk	berken in bossen worden aangetast door de berkendoder. Door deze schimmel ontstaat stambreuk
Spar	aangetast in stad door bladluis en <u>houtborende insecten</u> kan niet tegen droogte

Tabel 4. Veelvoorkomende ziektes bij de bomen

Tabel 5. De boommassa's van de zeven bomen

	Grove den	Zomereik	Douglas spar	Lariks	Populier	Zachte berk	Spar
Inhoud (m ³)	3,4	60	71	9,7	2,5	1,8	20
Dichtheid (kg/m ³)	510	700	530	525	400	670	400
Boommassa (kg)	1734	42000	37630	5092,5	1000	1206	8000

Tabel 6. Informatie per blaadje

	Grove den	zomereik	douglas	lariks	populier	berk	spar
soort bladeren	naalden	bladeren, gelobd	naalden	naalden	bladeren	bladeren	naalden
blad	3-6 cm lange groene naalden, altijd met 2 naalden bij elkaar	Omgekeerd eirond, gelobd, groen, 5 – 14 cm	2 tot 3 cm lange donkergroene naalden	Naalden in kortloten (20 tot 30 stuks)	Driehoekig tot 12 cm groot	Ruitvormig eirond 3 – 7 cm lang, dubbel gezaagde bladrand	Donkergroene naalden, scherp gepunt
oppervlakte blad (mm ²)	opp. cilinder: $2 \cdot \pi \cdot 0,5 \cdot 47 = 148$	gem met verhoudingen: 1610	opp. cilinder: $2 \cdot \pi \cdot 0,7 \cdot 25,7 = 113$	opp. cilinder: $2 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot (14,8) = 74$	aan de hand van verhoudingen: $0,5 \cdot 100 \cdot 100 = 5000$	hand verhoudingen: $0,5 \cdot 50 \cdot 45 = 1125$	56
naald/blad vast?	ja	nee	ja	nee	nee	nee	ja

Beïnvloeding van de levenskwaliteit van PKU-patiënten door middel van een home monitoring apparaat

N.J.Z. Bickes¹, Z. Proost¹, T.J. Bosgoed-Hoffman¹, M. Buter², M. Niemeijer²

¹Etty Hillesum Lyceum, locatie Het Vlier, Deventer

²Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Phenylketonuria (PKU) is a metabolic disease. It is essential for patients with PKU to maintain the Phe-level in the blood, to prevent (brain) damage caused by the accumulation of phenylalanine. Currently, PKU patients can only measure their Phe-level once a week and it takes a few days before they receive their results. To optimally maintain the Phe-level, it is of crucial importance to measure this level more than once a week, sometimes even every day. On the advice of Prof. dr. Francjan J van Spronsen, there has been decided to further investigate the possibilities of home monitoring. Several companies are already working on developing home monitoring devices, that allow PKU patients to measure their Phe-level at home. Those devices can show the values almost immediately, at least within thirty minutes. In order to develop a home monitoring device in the best possible way, it is important to know where the interests and needs of PKU patients lie. The purpose of this study is to find out what requirements a home monitoring device should meet in order to improve the quality of life of PKU patients and to finally select the best device. In order to find out where their interests and needs lie, a survey is drawn up and carried out. In addition to this survey, research has been conducted to the disease itself and the current possibilities of home monitoring. Furthermore, two PKU experts, both dieticians, have been interviewed and were asked for their experiences. Through these research methods, a list of requirements has been drawn up and the best device has been selected, namely Aptatek Bioscience Home System. This study has been made possible in part by Prof. dr. Francjan J van Spronsen and dr. Rick van Gorp.

Introductie

‘Metabole ziekten maken kinderlevens kapot’. Wie kent deze campagneslogan niet? Eén van deze metabole ziekten is fenylketonurie (PKU). Dit is de meest voorkomende stofwisselingsziekte waarbij het essentiële aminozuur fenylalanine (Phe) niet goed wordt afgebroken doordat het enzym fenylalanine hydroxylase niet aanwezig of onwerkzaam is [1]. Hierdoor vindt de omzetting van fenylalanine naar het aminozuur L-tyrosine niet plaats, waardoor er een ophoping van fenylalanine in weefsels en alle lichaamsvochten ontstaat. Deze opstapeling vindt plaats op momenten dat men nuchter is en op momenten dat men fenylalanine binnenkrijgt via de voeding. De verhoogde Phe-bloedspiegel leidt tot onomkeerbaar hersenletsel. Uit onderzoek blijkt dat de Phe-concentratie in het bloedplasma correleert met de hersenfunctie [2]. Deze concentratie moet dus zo laag mogelijk blijven voor een optimale hersenfunctie. Een onbehandelde patiënt heeft een sterk verlaagd IQ, vaak samen met neurologische en psychiatrische stoornissen.

De stofwisselingsziekte PKU komt bij 1 op de 15.000 personen voor [3]. Het is een erfelijk overdraagbare ziekte. Vaak zijn de ouders van een kind met PKU, zonder dat zij het weten, dragers van het PKU gen. Zonder de hielprik, die tegenwoordig binnen enkele dagen na de geboorte van een pasgeborene wordt afgenomen, zou de diagnose PKU niet gesteld kunnen worden. Bij de hielprik worden bloeddruppels opgevangen op een bloedkaartje [4].

Omdat er twee soorten PKU zijn die in werking essentieel van elkaar verschillen, moet er direct na een positieve screening verder onderzoek verricht worden. Er wordt een BH4 test afgenomen, waarin men de fenylalanine en tyrosine bloedspiegels volgt en waarin men urineonderzoek doet op pterines en specifieke enzymdiagnostiek [5].

Als men positief test op PKU, wordt er een persoonlijk, eiwitarm dieet opgesteld om de gevolgen te beperken. Om de hoeveelheid ingenomen eiwitten te handhaven, is de

Eiwitkenner App ontwikkeld voor de smartphone. De patiënt kan in deze app invullen welke voedingsmiddelen er die dag zijn ingenomen. Vervolgens toont de app hoeveel eiwitten in deze producten verwerkt zijn. De eiwitolerantie, die per patiënt verschilt, bepaalt de hoeveelheid eiwitten waarmee gerekend kan worden. Aan de hand van de Phe-waarde in het bloed en de eiwitolerantie wordt bepaald wat de drempelwaarde is, de maximale Phe-waarde zodat de patiënt geen letsel oploopt [6]. Doordat patiënten vanaf hun geboorte speciaal samengestelde preparaten moeten innemen, wennen ze aan de smaak van deze producten. Hun smaakontwikkeling wijkt af van de gemiddelde smaakontwikkeling bij een gezonde persoon, waardoor ze geen hinder zullen ondervinden van de smaak van een preparaat. PKU-patiënten moeten hun hele leven aminozuurmengsels, speciale preparaten, blijven gebruiken om de overige essentiële aminozuren wel binnen te krijgen (ze zijn slechts intolerant voor het aminozuur fenylalanine). [7].

Er zijn patiënten die het medicijn Kuvan slikken. Kuvan herstelt grotendeels het enzymdefect, maar er zijn slechts enkele patiënten gevoelig voor dit product. Personen die dit medicijn slikken, hoeven in principe geen dieet meer te volgen, doordat zich (bijna) geen fenylalanine in het bloed meer opstapelt.

Er wordt tegenwoordig steeds meer onderzoek gedaan naar een gebruiksvriendelijk, betaalbaar en nauwkeurig home monitoring apparaat voor PKU-patiënten, dat fenylalanineconcentraties in het bloed kan meten. Bij de huidige analysemethode van het bloed om de fenylalaninewaarde te bepalen, duurt het minstens een week voordat de patiënt het resultaat ontvangt. De patiënt neemt thuis een bloedspotje af en stuurt dit op naar het lab. Dit kan hoogstens één keer per week gebeuren vanwege beperkte testcapaciteit. In de tussentijd kunnen er schommelingen ontstaan in de Phe-concentraties. Soms kunnen de Phe-concentraties per uur verschillen.

Er zijn verschillende redenen waarom een waarde te hoog of te laag kan zijn. Als de waarde verhoogd is, kan dat te maken hebben met het feit dat iemand ziek is. Als men ziek is, is

men katabool, wat betekent dat men in een afbraak toestand is. Het lichaam breekt lichaamseigen eiwitten af. Hierdoor stijgt de fenylalaninewaarde in het bloed. In dit geval geeft de diëtist het advies genoeg calorieën binnen te krijgen, zodat het lichaam zich minder in de afbraaktoestand bevindt.

Een dieetfout kan ook leiden tot een verhoogde waarde. Soms zit men (onbewust) al op de maximale hoeveelheid eiwitten (en dus op de maximale hoeveelheid fenylalanine), maar krijgt men nog meer eiwitten binnen.

Bij een verhoogde waarde wordt er besproken wat de oorzaak van deze waarde kan zijn. Vaak wordt er ook sneller geprikt, zodat zichtbaar wordt of een bepaalde aanpassing nuttig is. Als de oorzaak van de verhoogde waarde gevonden is, wordt hierop ingespeeld. Vaker prikken zou mogelijk worden als men beschikking zou hebben over een home monitoring apparaat.

Eiwitten zijn bouwstoffen, die extra nodig zijn als men in een groeisput zit. Soms heeft een kind tijdelijk wat meer eiwit nodig om het lichaam van voldoende bouwstoffen te voorzien. Wordt er niet direct gereageerd op een groeisput, dan kan de waarde te laag zijn. Echter, als een kind weer uit de groeisput komt en hier ook niet adequaat op gereageerd wordt, dan zit het kind nog op de hogere eiwitname en kan de waarde verhoogd zijn.

Bij een te lage waarde is het advies aan de ouders meer eiwitrijke producten aan hun kind te geven. Dit kan lastig zijn, omdat de ouders een weg gevonden hebben in het beperken van de inname van eiwitten en hun routine hierbij verstoord wordt. Daarnaast wordt er ook altijd gezegd “houd er rekening mee dat je ook weer terug moet”. Op het moment dat de waarde hersteld is, moet een bepaald product, dat een kind waarschijnlijk goed bevalt, weer ‘afgenomen’ worden. Het kan zijn dat een kind dit als vervelend ervaart. Het is een kwestie van zoeken hoe men het best kan omgaan met een veranderende waarde [bijlage 3].

Een home-monitoring apparaat zou bovengenoemde struikelblokken naar verwachting kunnen overwinnen. Het zou het leven van een PKU-patiënt op een positieve manier kunnen veranderen. Het dieet kan beter worden afgesteld als er meer duidelijkheid is over de Phe-waarde. De PKU-patiënten hoeven niet een week lang te wachten op de uitslag. Hierdoor kan er meteen ingespeeld worden op mogelijk veranderde Phe-concentraties. (Ouders van) PKU-patiënten kunnen zelf algemene handelingen uitvoeren. Zij kunnen inspelen op de hoogte van de fenylalanineconcentratie. De onderliggende oorzaken van een te hoge of te lage waarde moeten met de diëtist worden besproken. Het zou zowel de ouder(s) als het kind rust geven, omdat men vrijwel direct kan achterhalen of er sprake is van een ernstige situatie (verhoogde Phe-waarde) op het moment dat het kind zich bijvoorbeeld anders gedraagt. De ziekenhuisapparatuur moet op een veilige, praktische en precieze manier vervangen kunnen worden door een home monitoring apparaat. Om dit te bereiken dient er een eisenlijst opgesteld te worden, waar een home monitoring apparaat aan moet voldoen.

Daartoe is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

“Welk home monitoring apparaat voldoet het meest aan eerder gestelde eisen om de levenskwaliteit van patiënten met PKU, binnen twee leeftijdscategorieën, te verbeteren, rekening houdend met hun belangen?”

Zoals eerder benoemd is, wordt er reeds onderzoek gedaan naar home monitoring apparaten. Het Home Phe Monitor Challenge Project stimuleert het onderzoek [8]. In totaal is

er \$776.000 uitgetrokken om een home monitoring apparaat op de markt te kunnen brengen. Verschillende prototypes zijn reeds geëvalueerd en worden verder onderzocht en ontwikkeld. Deze home monitoring apparaten moeten, voordat ze mogelijk op de markt gebracht kunnen worden, verder ontwikkeld worden. Ondanks het feit dat men potentie in deze prototypes ziet, voldoen ze nog niet aan de verwachtingen en vereiste specificaties. Men is momenteel bezig de prototypes te optimaliseren, zodat gebreken verholpen kunnen worden.

Op dit moment loopt men tegen een aantal gebreken aan; het is momenteel nog niet mogelijk een apparaat, dat gebaseerd is op het gebruik van enzymen, op de markt te brengen. Dit komt doordat de ontwikkelaars instabiliteit aan het enzym ervaarden [8]. Daarnaast kan geen van de prototypes de Phe-waarde goed vastleggen tot een bepaalde drempelwaarde. Onder deze drempelwaarde waren de gevoeligheid en nauwkeurigheid van de prototypes niet optimaal. Dit zal niet het grootste probleem vormen bij de verdere ontwikkeling, gezien het feit dat het bloed van een PKU-patiënt toch altijd een hogere concentratie fenylalanine zal bevatten dan het bloed van een persoon zonder PKU. De Phe-waarde ligt bij deze patiënten dus altijd binnen het meetbare gebied. Ook ondervindt men problemen bij apparaten die testen met behulp van bloedafname. Op het moment dat het bloedplasma niet gescheiden wordt, zal er achtergrondruis ontstaan, wat een nauwkeurige meting verhindert. Mocht men dit apparaat op de markt willen brengen, dan is het noodzakelijk dat er een efficiënte manier wordt gevonden thuis bloedplasma te kunnen scheiden door bijvoorbeeld microvloeistoffen beschikbaar te stellen. Tenslotte is het nog niet duidelijk of er andere technologieën en/of methodes mogelijk zijn om Phe-metingen te doen dan deze, die nu worden gebruikt in de huidige prototypes [9].

Prototype 1: Dr. Fu's Phe Test [10][8]

Het doel van dit prototype is het verwerken van de nauwkeurige meettechnologie die in het lab wordt gebruikt in het home monitoring apparaat. Het home monitoring apparaat moet gevalideerd worden door gebruik te maken van PKU-bloedmonsters. Er zijn een aantal verbeteringen in Dr. Fu's Phe home monitoring apparaat ten opzichte van de huidige prototypes. Ten eerste is er minder bloed nodig voor de analyse. Het is vergelijkbaar met het prikken voor patiënten met Diabetes Mellitus. Daarnaast doet het apparaat nauwkeurigere metingen en zorgt het voor een hoger gebruiksgemak [figuur 1 en 2].

Met behulp van een prik in de vinger wordt er een druppel bloed afgenomen. Deze druppel wordt op een poreus papiertje, dat NAD⁺ bevat, afgedrukt. Nu start de eerste reactie, waarbij de fenylalanine uit het bloed met NAD⁺ tot NADH reageert. Vervolgens wordt ‘het klepje’ omgeslagen en vindt de andere reactie plaats, doordat NBT (Nitro blue tetrazolium) in aanraking komt met het ontstane NADH. Hierdoor slaat blauwe kleurstof van NBT neer. Aan de intensiteit van de blauwe kleur kan men zien hoe hoog of hoe laag de Phe-waarde is. Dit komt doordat de intensiteit hoger is, als er veel NADH aanwezig is. Als er veel NADH aanwezig is, is er ook veel Phe aanwezig. Hoe hoger de intensiteit van de neergeslagen blauwe kleur, hoe hoger de Phe-concentratie is. Deze intensiteit wordt gemeten met behulp van een ‘vergelijkingskaart’, die is opgesteld tijdens experimenten in het laboratorium. Op deze vergelijkingskaart is de intensiteit gekoppeld aan een bepaalde Phe-waarde [11] [12].

Prototype 2: Colorimetric method, based on the measurement of PPA [13]

De techniek achter het tweede prototype is anders dan de hierboven beschreven techniek. In plaats van de afname van bloed wordt er urine gebruikt voor de Phe-metingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van ijzer(III)ionen.

PPA, fenylpyruvinezuur, is een ketocarbonsuur dat een tussenproduct of een katabool bijproduct is van de stofwisseling van fenylalanine. Normaal gesproken is de PPA waarde heel laag in het bloed of de urine. Bij PKU-patiënten is deze waarde verhoogd. In plaats van de omzetting in tyrosine, wordt fenylalanine bij PKU-patiënten omgezet in PPA. Hoe hoger de Phe-concentratie in het bloed is, hoe hoger de PPA waarde is. Uit onderzoek is gebleken dat er een kleurverandering ontstaat, doordat het PPA reageert met ijzer(III)ionen. [2]

Door het PPA, ontstaan bij de ophoping van fenylalanine in het bloed, ontstaat er een kleurverandering.

Bij deze methode hoeft er geen bloed geprikt te worden, er hoeft slechts urine afgenomen te worden. Hier wordt een zogenaamde Phenistix formule ($C_2H_5OH(aq) + Fe(NH_4)_3(aq)$) aan toegevoegd, zodat de Fe^{3+} -ionen kunnen reageren met de fenylalanine. Nadat de reactie heeft plaatsgevonden, ontstaat er een eindkleur. Aan de kleur van de urine is te zien, hoe hoog de concentratie PPA is en dus de concentratie fenylalanine (verhouding is 1:1). De urine wordt in een lichtbox geplaatst. Vervolgens wordt de kleur van de urine vastgesteld door middel van een RGB color detector (een app op een smartphone), die wordt vergeleken met een kleurenkaart [figuur 3].

Echter, er zijn geen exacte waarden af te lezen en bij lagere Phe-concentraties is deze methode minder specifiek, nauwkeurig en betrouwbaar, doordat de kleur dan minder representatief is.

Prototype 3: Aptatek Biosciences home system [14][15]

Het analyseren van de fenylalaninewaarde is lastig, gezien het feit dat het een 'glad' molecuul is waar niets aan blijft 'plakken'. Bovendien is het te klein voor het binden van antilichamen. Momenteel wordt er HPLC en massaspectrometrie gebruikt voor het detecteren van fenylalanine. Dit is alleen mogelijk in de ziekenhuislaboratoria. Voor het home monitoren zijn er momenteel enzymatische analyses in ontwikkeling, een indirecte analyse.

Het bedrijf Aptatek maakt voor de home detectie van fenylalanine gebruik van zogenaamde aptamers. Dit zijn kleine stukjes DNA (die 'plakkerig' zijn, een kenmerk van DNA). Door het kleine formaat van het DNA kan het aan het kleine en gladde fenylalaninemolecuul blijven plakken. Het is hierbij van belang dat dit gebeurt met een hoge specificiteit en sensitiviteit, zodat alleen de fenylalanine gemeten wordt. Aan deze aptamer, de DNA-streng, bindt een quencher. Wanneer de aptamer bindt aan de fenylalanine, wordt de fluorescerende tag losgelaten en ontstaat er fluorescentie. Voor elke keer dat er fenylalanine aan de aptamer bindt, ontstaat er dus fluorescentie. Dit betekent een 1:1 verhouding tussen de hoeveelheid fenylalanine en het aantal signalen.

Voordat de aptamer aan de fenylalanine bindt, wordt er een metaalzout ion toegevoegd aan de fenylalanine. Hierdoor stapelt de fenylalanine zich op, waardoor het stabiel is om te detecteren en waardoor de test gevoeliger is voor het meten van volbloed. Hierdoor wordt er geen instabiliteit meer ondervonden aan het enzym en hoeft het bloed niet eerst gescheiden te worden, waardoor er weer een proces minder

nodig is [figuur 4].

Het apparaat bestaat uit een test cartridge, waarop een cap geplaatst wordt. Deze cap bevat een collector voor het nemen van een bloedmonster van vijf microliter uit de vinger. Dit bloedmonster wordt afgenomen door middel van een prikje in de vinger van de patiënt. Deze cap wordt op de cartridge geschroefd, waar de reageermiddelen zich bevinden. Al deze eerdergenoemde reacties vinden plaats in een buffer. Deze reactie duurt een paar minuten [figuur 5].

De test cartridge wordt vervolgens in de reader geplaatst. Dit apparaat doet de analyse van het bloedmonster en slaat de data op. Het vertaalt de fluorescentie naar een bekend getal. Deze reader is verbonden met een app op de smartphone. De app geeft een grafische en numerieke weergave van de data. De data uit de app op de smartphone kan direct doorgestuurd worden naar de diëtist.

Methode

Uit verschillende presentaties over de ontwikkelingen op het gebied van home monitoring bij PKU is gebleken dat er momenteel verschillende prototypes ontwikkeld zijn die de Phe-concentraties in het bloed bij PKU-patiënten kunnen meten. Dr. Fu's Phe test, de colorimetric method en het Aptatek Bioscience home system, die alle drie gebaseerd zijn op verschillende meettechnieken, zijn geselecteerd en geanalyseerd met behulp van literatuuronderzoek. Uit deze analyse is een duidelijk beeld naar voren gekomen van de huidige situatie en de voor- en nadelen van de prototypes.

De techniek achter deze prototypes en de gemakken die een dergelijk home monitoring apparaat mogelijk kan geven, geven een goed beeld van de huidige mogelijkheden.

Om een antwoord te kunnen geven op de vraag waar een home monitoring apparaat aan moet voldoen om de levenskwaliteit van patiënten met PKU te verbeteren, zijn een aantal stappen binnen het onderzoek van essentieel belang.

Met behulp van literatuuronderzoek is er een beeld geschetst van het leven van een PKU-patiënt. In eerste instantie was de onderzoeksvraag gericht op kinderen in de leeftijd van 0-12 jaar. Er kwamen echter veel positieve reacties van oudere personen die ook belangstelling hadden deel te nemen aan de enquête. Daartoe is besloten ook deze leeftijdsgroep mee te nemen in het onderzoek.

In dit onderzoek zijn de PKU-patiënten opgesplitst in twee categorieën, 0-12-jarigen en 13-plussers, gezien het feit dat kinderen het leven anders ervaren dan volwassenen. Daarnaast moeten kinderen vaker prikken dan volwassenen, hun Phe-waarde schommelt meer. Hierdoor is het voor kinderen meer van belang om thuis te kunnen testen, zodat ze de mogelijkheid hebben vaker te kunnen testen en sneller de uitslag te krijgen, dan voor volwassenen.

Met behulp van een home monitoring apparaat hoopt men het doel, dat PKU-patiënten een zo goed mogelijk leven kunnen leiden, leuke dingen kunnen doen en plezier kunnen hebben, te kunnen bereiken.

Om te onderzoeken waar de behoeftes en belangen van de patiënten liggen, is er een enquête opgesteld [bijlage 1]. De enquête dient als informatie en ideeënbron. De PKU-patiënten zijn benaderd via de PKU-patiëntenvereniging, met als contactpersoon dhr. R. van Gorp.

Op deze enquête hebben 46 personen geantwoord in de leeftijd van 0-54 jaar (gemiddelde leeftijd = 16,5). In deze eerste leeftijdscategorie hebben 27 personen de enquête beantwoord

en in de tweede leeftijdscategorie hebben 19 personen de enquête beantwoord [bijlage 2, grafiek 1].

Met behulp van de antwoorden op de vragen van de PKU-patiënten is gebleken waar hun behoeftes en belangen liggen. Aan het eind van het onderzoek is er een tweede enquête verstuurd waarin men heeft gereflecteerd op de eisenlijst en het resultaat. Deze enquête is naar de personen gestuurd die gereageerd hadden op de eerste enquête. Op deze enquête hebben 42 van de 46 personen geantwoord. Vier personen, die de eerste enquête wel hadden ingevuld, hebben de tweede enquête niet beantwoord.

Bij de enquête wordt om een mailadres gevraagd. De reden hiervoor is dat het onderzoek éézijdig moet zijn. Gezien het feit dat er zowel aan de start als aan het eind van het onderzoek een enquête is afgenomen, is dit van belang. De onderzoeksgroep die de eerste enquête invult, dient ook de tweede enquête in te vullen. Dit maakt dat het onderzoek nauwkeuriger wordt. Als er tweezijdig wordt getoetst, wordt het onderzoek een stuk minder betrouwbaar, omdat er dan geen duidelijk verschil gemeten kan worden.

Er zijn bovendien twee PKU-specialisten geïnterviewd om een nog beter beeld te schetsen van de situatie waarin een kind met PKU zich bevindt. Een specialist heeft een andere kijk op de ziekte zelf, de patiënten en de behandelmethodes dan literaire bronnen. Voor het interview is er ten eerste contact gelegd met diëtiste I. Kok. Uit dit interview zijn ook de belangen en behoeftes van het kind naar voren gekomen. Hierbij is vooral gekeken naar het eetpatroon en de samenstelling van hun dieet. Hoe ervaren zij hun dieet? Zijn er zaken die hun eventuele teleurstellingen kunnen verminderen of voorkomen?

Uiteindelijk is er met behulp van de eerste enquête en het interview duidelijk geworden waar alle behoeftes en belangen liggen. Met behulp van de bevindingen die tijdens het literatuuronderzoek zijn gedaan, is er gekeken naar de mogelijkheden om de behoeftes en belangen van de patiënten te kunnen bevredigen. Welke techniek kan aan welke behoefte voldoen? Aan de hand van de resultaten van de eerste enquête en de resultaten van het eerste interview, is er contact gelegd met diëtiste L. Akerboom. Dit interview diende ter controle van de informatie die is gebleken uit het eerste interview met I. Kok. Bovendien is dit interview gebruikt om vragen te beantwoorden die ontstaan zijn na het bekijken van de resultaten uit de eerste enquête.

Uiteindelijk is er conclusie getrokken, die bestaat uit een eisenlijst, waarin de eisen van een toekomstig home monitoring apparaat vermeld staan. Daarnaast is vastgesteld welk van de onderzochte apparaten, aan de meeste eisen voldoet.

In de eisenlijst zijn de eisen beschreven waar het apparaat aan moet kunnen voldoen, rekening houdende met de belangen en behoeftes van een PKU-patiënt. Een dergelijk apparaat dat voldoet aan deze eisen zou de levenskwaliteit van het kind moeten kunnen verbeteren. Op basis van van deze conclusie is een tweede enquête opgesteld waarmee duidelijk is geworden of het juiste onderzoeksresultaat naar voren is gekomen.

Resultaten

Zoals reeds is beschreven in de methode, zijn er 46 patiënten die de eerste enquête hebben beantwoord. Ten eerste heeft men zijn of haar mailadres en geboortedatum ingevuld [bijlage 2, vraag 1], vervolgens zijn de inhoudelijke vragen beantwoord. Aan de tweede vraag, “vind jij het vervelend dat jij niet alles mag eten”, wordt een score van gemiddeld een zes gegeven

[bijlage 2, grafiek 2]. Hierin betekent een score van één dat de patiënt het niet vervelend vindt dat niet alles gegeten mag worden en een score van tien dat de patiënt dit als zeer vervelend ervaart. De score van gemiddeld een zes wil zeggen dat men het accepteert dat men niet alles kan eten, maar dat het geen gewenste situatie is. Als er wordt gekeken naar het verband tussen de leeftijd en het cijfer dat aan deze vraag wordt gegeven, is er sprake van een lichte stijging. Er is echter geen significant verschil te vinden tussen de twee leeftijdsgroepen.

Aan de derde vraag, “vind jij het vervelend als jij thuis een prikje krijgt”, wordt gemiddeld een score van vier gegeven. Hierin betekent een score van één dat de patiënt het niet vervelend vindt dat er thuis geprikt dient te worden en een score van tien dat de patiënt dit als zeer vervelend ervaart. Naarmate men ouder wordt, vindt men het vaak minder erg geprikt te worden. Hierbij is opvallend dat er een duidelijk omslagpunt te zien is bij de leeftijd van 10-11 jaar [bijlage 2, grafiek 3].

Bij vraag vier, “zijn er nog andere dingen die jij vervelend vindt aan het hebben van PKU”, worden verscheidene problemen benoemd. Deze problemen vielen onder een bepaald algemeen probleem. Deze zijn in tabel 1 geplaatst.

Aan vraag vijf, “zou u het fijn vinden als u thuis met een klein prikje de fenylalaninewaarde van uw zoon/dochter kan meten en dat de uitslag vrijwel meteen beschikbaar is”, wordt een gemiddelde score van 9,4 gegeven [bijlage 2, grafiek 5]. Vrijwel alle ondervraagden zouden het fijn vinden als er op den duur een home monitoring apparaat beschikbaar zou kunnen worden gesteld.

Op vraag zes, “waarom zou u het thuis meten al dan niet fijn vinden”, werden verscheidene antwoorden gegeven. De antwoorden waarin voordelen benoemd werden, vielen onder een bepaalde categorie. Deze voordelen zijn in tabel 2 gezet.

Daarnaast waren er ook drie ondervraagden die aangaven geen voordeel te zien in het home-monitoren. Eén persoon gebruikt Kuvan, waardoor een dieet niet meer nodig is. Twee andere patiënten gaven aan dat hun fenylalaninewaarde altijd op peil is. Deze personen hebben dus geen belang bij de mogelijkheid tot het vaker meten.

De resultaten van vraag zeven, “ziet u dat uw zoon/ dochter zich anders gedraagt op dagen dat er een ziekenhuisbezoek of een bezoek aan de diëtist gepland staat”, zijn in de twee leeftijdsgroepen verschillend. In de eerste leeftijdsgroep, 0-12-jarigen, vindt een groter deel, 27%, een ziekenhuisbezoek vervelend dan in leeftijdsgroep 13+. Daar vindt slechts 10% van deze groep het vervelend. Hoe ouder men wordt, hoe minder men de ziekenhuisbezoeken als vervelend ervaart [bijlage 2, grafiek 7].

Op vraag acht, “zo ja, waaraan ziet u dat uw zoon/dochter het ziekenhuisbezoek vervelend vindt, hoe denkt u dat dat komt”, worden de volgende antwoorden gegeven: mijn zoon/dochter uit zich op een andere manier, drukker of juist rustiger; kinderen zien op tegen het bloedprikken, het doet pijn, het is een vervelend gevoel of het lukt niet in één keer; er is een link gelegd tussen de witte jassen van de artsen en pijn, bij het zien van het ziekenhuis wordt het kind soms al ongemakkelijk.

Uit vraag negen, “zou u bereid zijn een investering in een home monitoring apparaat te doen”, is gebleken dat de grote meerderheid hiertoe bereid is, namelijk 92,7% [bijlage 2, grafiek 9].

Naar aanleiding van het literatuuronderzoek, deze enquête

en de interviews zijn de belangen en behoeftes van de PKU-patiënten naar voren gekomen. Daartoe is de volgende eisenlijst opgesteld:

- Geen bloedafname, want kinderen kunnen prikken als vervelend ervaren
- Concrete en nauwkeurige cijfers, zo ontstaat de meeste duidelijkheid
- Gebruiksgemak, het moet voor iedereen te gebruiken zijn
- Duurzaamheid, het is het meest efficiënt als men de meetapparatuur kan hergebruiken
- Handzaam, het product moet ook buitenshuis gebruikt kunnen worden, bijvoorbeeld op vakantie
- Snel resultaat, hierdoor kan men snel inspelen op veranderende waarden.

Het Colorimetric method apparaat is het enige apparaat dat de Phe-concentratie kan meten met behulp van urine. De andere twee prototypes maken gebruik van een bloedmonster. Het Aptatek Biosciences homesystem is het enige apparaat dat de exacte Phe-concentratie in cijfers en grafieken weer kan geven. Hierdoor geeft dit prototype het meest nauwkeurige resultaat. Qua gebruiksgemak is er geen groot verschil te vinden tussen de drie prototypes, er is niet veel kennis nodig om thuis te kunnen testen. Het Colorimetric method apparaat is het meest duurzaam, gezien het feit dat er slechts een Phenistix formule aan de urine toegevoegd hoeft te worden. Bij de andere prototypes zijn er steeds nieuwe testmaterialen nodig, het poreuze papier en de testcartridge (plus batterijen). Waarschijnlijk zullen deze twee prototypes hierdoor ook hoger in prijs uitvallen. Hier is echter nog geen onderzoek naar gedaan. Dr. Fu's Phe test en het Aptatek Bioscience homesystem zijn het meest handzaam, omdat deze enkel bestaan uit een draagbare reader (naast het gebruik van een smartphone) of een kaart met poreus papier. Voor het Colorimetric method apparaat is een lichtbox nodig om de kleur zo nauwkeurig mogelijk te bepalen. Dit is lastig mee te nemen. Alle drie de prototypes geven vrijwel direct de Phe-concentraties weer. Het is slechts de reactie waarop gewacht moet worden.

Zoals eerder vermeld in de methode, is er een tweede enquête uitgezet om de conclusie van dit onderzoek af te toetsen aan de PKU-patiënten. Uit deze enquête is als naar voren gekomen dat de respondenten het Aptatek Bioscience home system het meest prefereren [bijlage 5, grafiek 2]. In tabel 3 is te zien welke van bovenstaande eisen doorslaggevend zijn geweest voor de respondenten om te kiezen voor het Aptatek Bioscience home system [bijlage 5, grafiek 3].

Conclusie

Eén van de eisen die gesteld zijn aan het home monitoring apparaat is de mogelijkheid van meten zonder bloedafname. Het is duidelijk dat de score, die men geeft aan het prikken, afneemt naarmate men ouder wordt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat kinderen (in de eerste leeftijdsgroep) het prikken duidelijk als vervelender ervaren dan de ouderen (in de tweede leeftijdsgroep). Mogelijk wordt dit door de ouderen ervaren als minder vervelend, doordat zij gewend zijn aan het vele prikken vanaf jongs af aan. Voor deze eerste leeftijdsgroep zou de urinetest ideaal zijn, omdat hiervoor niet meer geprikt hoeft te worden. Uit de enquête is gebleken dat iedere patiënt belangstelling heeft voor een home monitoring apparaat en de meerderheid ook een investering wil doen in een home monitoring apparaat.

Het antwoord op de onderzoeksvraag “*welk home monitoring*

apparaat voldoet het meest aan eerder gestelde eisen om de levenskwaliteit van patiënten met PKU, binnen twee leeftijdscategorieën, te verbeteren, rekening houdend met hun belangen?” wordt gegeven door middel van de eisenlijst in tabel 4.

Omdat het Aptatek Bioscience home system aan de meest van bovengenoemde eisen voldoet, wordt dit beschouwd als het meest potentiële prototype.

Discussie

Naar aanleiding van het literatuuronderzoek zijn de vragen voor de enquête geformuleerd en zijn er twee specialisten geïnterviewd. Doordat de vragen zelf zijn opgesteld, vanuit het perspectief van de personen die het onderzoek uitvoeren, is er altijd sprake van een bepaalde mate van subjectiviteit. Er kan niet met zekerheid gezegd worden of deze vraagstelling heeft geleid tot valide antwoorden die antwoord hebben kunnen geven op de onderzoeksvraag. Hetzelfde geldt voor de interviews, waarbij de vragen ook zijn opgesteld vanuit het perspectief van de onderzoekers.

Door open vragen op te stellen, is er ruimte gecreëerd voor de patiënten om hun verhaal kwijt te kunnen. Echter, open vragen leiden wel tot een eigen interpretatie, waardoor de antwoorden slechts tot op zekere hoogte met elkaar vergeleken kunnen worden. Het omzetten van de antwoorden op de open vragen naar de eisenlijst bevat ook een bepaalde mate van subjectiviteit, omdat dit op een bepaalde manier vrij uit de lucht gegrepen is doordat er aan de vragen ook door de onderzoekers zelf een eigen interpretatie aan gegeven is. Dit kan de betrouwbaarheid van de eisenlijst negatief beïnvloeden. De enquête is verspreid binnen de hele PKU-vereniging, die ongeveer 400 leden telt. Een aselecte groep van 46 patiënten heeft deze enquête beantwoord. Dit betekent, dat bij een betrouwbaarheidsniveau van 95%, de foutmarge 13 à 14% is (nl.surveymonkey.com, sample size calculator). Dit resultaat is representatief voor 86 à 87% van de PKU-gemeenschap. Er zou gedacht kunnen worden dat dit resultaat hierdoor niet als betrouwbaar beschouwd kan worden, wetende dat 5% de meest gebruikte foutmarge bij een betrouwbaarheidsniveau van 95% is.

Het reactiepercentage daarentegen is 11,5%. Een reactiepercentage van 10-15% wordt als redelijk betrouwbaar beschouwd als de populatie nog niet eerder is ondervraagd en er onderzoek verricht wordt naar verbetermogelijkheden. Er is hierbij geen minimum reactiepercentage, maar er geldt: hoe meer respondenten, hoe beter het beeld. Met het oog op het reactiepercentage, zijn de resultaten van de eerste enquête als betrouwbaar te beschouwen.

Er moet hier echter wel een kanttekening bij geplaatst worden. Er bestaat een kans dat patiënten, die behoefte hebben aan een home monitoring apparaat, de enquête eerder zouden beantwoorden dan personen die hier geen behoefte aan hebben. Hierdoor kan het zijn dat de resultaten van dit onderzoek, het feit dat er behoefte is aan een home monitoring apparaat en dat het Aptatek Bioscience Home System aan de meeste eisen voldoet, niet representatief zijn voor de gehele PKU-gemeenschap.

Waar bovendien rekening mee gehouden moet worden, is het feit dat de ouder(s) van (jonge) kinderen de enquête hebben ingevuld voor het kind. Hierdoor kan het zijn dat er een onjuist beeld is ontstaan, omdat de ouder antwoord heeft gegeven aan de hand van de waarnemingen van het gedrag en de uitingen

van het kind.

Zoals eerder vermeld in de methode, is er een controle-enquête uitgezet om de conclusie te valideren. Bij een 95%-betrouwbaarheidsinterval en een foutmarge van 5% zouden 42 personen ook de tweede enquête moeten beantwoorden voor een betrouwbaar resultaat (nl.surveymonkey.com, sample size calculator).

Van de 46 personen die de eerste enquête hebben beantwoord, hebben 42 personen ook de tweede enquête beantwoord. Het resultaat van de tweede enquête kan dus als betrouwbaar worden beschouwd, vooral met het oog op het reactiepercentage van 91,3%. Dit maakt dat deze tweede enquête een goed controlemiddel is om de conclusie aan af te toetsen.

De leeftijd is gelijkmatig verdeeld, waardoor de antwoorden van de patiënten die de enquête beantwoord hebben, representatief zijn voor alle PKU-patiënten. Met behulp van Excel is er in de grafiek, die de score, die men aan het prikken geeft, weergeeft, een trendlijn opgesteld. Deze geeft een weergave van het scoreverloop naar mate men ouder wordt. Er is hierbij uitgegaan van het feit dat het verband tussen leeftijd en score lineair is. Dit is echter niet met zekerheid te zeggen.

Daarnaast is er bij alle vragen sprake van uitschieters die niet in de buurt van het gemiddelde liggen. Deze uitschieters kunnen verschillende oorzaken hebben. Deze uitschieters zijn wel meegenomen in de conclusie, waardoor het kan zijn dat er hierdoor een vertekend beeld is ontstaan. Er is voor gekozen deze uitschieters wel mee te nemen in het resultaat, gezien het feit dat het een mening betreft van een bepaalde PKU-patiënt, die ertoe doet.

Uit de resultaten is gebleken dat patiënten in de leeftijd van 0-12 jaar het prikken als vervelender ervaren dan patiënten die ouder zijn dan 13. Uit de eisenlijst is naar voren gekomen dat het Aptatek Bioscience home system aan de meest van de genoemde eisen voldoet, maar het kan zijn dat dit resultaat niet representatief is voor de gehele PKU-gemeenschap. In de eisenlijst is er namelijk geen rekening gehouden met de verschillende belangen tussen de twee verschillende leeftijdsgroepen. Op basis van het aantal kruisjes is de conclusie getrokken het Aptatek Bioscience home system het meest potentiële prototype is, maar toch voldoet dit apparaat niet aan alle eisen. Zo is er voor het meten van de Phe-concentratie bloedafname nodig met behulp van een prikje. (Jonge) kinderen hebben aangegeven het prikken niet als prettig te ervaren, maar er is ook gebleken dat sommige kinderen reeds gewend zijn geraakt aan het prikken. Het kan dus zijn dat voor sommige patiënten het niet hoeven prikken minder zwaar weegt. Het Aptatek Bioscience home system geeft de meest nauwkeurige resultaten, doordat er een weergave in cijfers wordt gegeven. Er moet worden afgewogen wat het zwaarst weegt, nauwkeurigheid of gebruiksvriendelijkheid. Het kan dus zijn dat voor kinderen in de leeftijd van 0-12 jaar de Colorimetric method het meest geschikte home monitoring apparaat is en voor patiënten die 13 jaar of ouder zijn het Aptatek Bioscience home system geschikter is.

Gezien het feit dat gebleken is dat het home monitoring apparaten binnen een half uur de exacte Phe-concentratie weergeven, zou men in principe kunnen 'experimenteren' met het eten van meer eiwitrijke producten, omdat vrijwel direct inzichtelijk wordt welke gevolgen dat heeft op de Phe-concentratie. Dit zou een goede gelegenheid kunnen zijn om verschillende soorten (lekker) voedsel te kunnen proeven. Echter, iets dat als niet bekend wordt verondersteld zal men

niet missen, maar als men eenmaal iets kent dat hem of haar goed bevalt, dan is het lastig weer afstand van dit product te nemen. Een home monitoring apparaat zal de levenskwaliteit op dit gebied dus niet kunnen verbeteren.

92,9% van de respondenten geeft de voorkeur aan het Aptatek Bioscience Home System. Men geeft gemiddeld een 8,1 aan het Aptatek Bioscience Home System en gemiddeld 92,3% van de respondenten geeft aan dat dit apparaat zijn of haar levenskwaliteit zou kunnen verbeteren. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de eerder getrokken conclusie klopt. Dit wil zeggen dat de geformuleerde eisen waaraan een home monitoring apparaat zou moeten voldoen voor het grootste deel kloppen. Als dit niet het geval was geweest, had men niet gekozen voor het Aptatek Bioscience Home System, maar voor de Colorimetric method of voor geen enkel apparaat.

Ook kinderen in de leeftijd van 0-12 jaar kiezen voor de methode met het prikken van bloed. Een urinetest voor jongere patiënten wordt dus niet gezien als een betere oplossing. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de conclusie niet alleen representatief is voor volwassen PKU-patiënten, maar ook voor kinderen in de leeftijd van 0-12 jaar.

Ook hierbij moet wel bedacht worden dat dit het resultaat is van de groep waarvan eerder het grootste deel reeds aangegeven heeft behoefte te hebben aan een home monitoring apparaat. Aan de ene kant vergroot dit de betrouwbaarheid (éénzijdig toetsen), maar aan de andere kant kan dit ervoor zorgen dat er een vertekend beeld ontstaat; het kan zijn dat dit resultaat niet representatief is voor de gehele PKU-gemeenschap.

Aanbeveling vervolgonderzoek

Naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek en de daaruit volgende conclusie en discussie zijn er een aantal aanbevelingen die kunnen worden opgesteld voor vervolgonderzoek. Uit deze onderzoeken zal blijken of de levenskwaliteit van patiënten met PKU in de praktijk daadwerkelijk bevorderd kan worden. Er wordt geadviseerd te onderzoeken welke kosten er aan een home monitoring apparaat verbonden zijn. In hoeverre is het voor een patiënt met een gemiddeld inkomen mogelijk een dergelijk apparaat aan te schaffen en worden deze apparaten vergoed door de verzekering? Tevens wordt geadviseerd te onderzoeken of het Aptatek Bioscience homesystem in de praktijk goed werkt. Uit de enquête is gebleken dat er reeds diverse proefpersonen zijn die mee zouden willen doen aan een dergelijk onderzoek.

Bibliografie

- [1] Stichting Ortho Health Foundation. (2015, 6 mei). L-Fenylalanine. Geraadpleegd op 14 augustus 2020, van <https://www.sohf.nl/nutrient/l-fenylalanine>
- [2] Hoeksma, M. (2010). PKU. PKU, 3–8. Geraadpleegd van <https://www.rug.nl/research/portal/files/2555793/01c1.pdf>
- [3] Cholewczynski, A. (2016, augustus). Proof of Concept for a Urine-Based Method for Monitoring Blood Phenylalanine for Patients with PKU. Master of Science Bioengineering, Clemson University
- [4] Zhu, M. (2017, 30 maart). The Guthrie Test for Early Diagnosis of Phenylketonuria | The Embryo Project Encyclopedia. Geraadpleegd op 28 juli 2020, van <https://embryo.asu.edu/pages/guthrie-test-early-diagnosis-phenylketonuria>
- [5] Berkel, van, P., Hendriks, S.A., Oude Vrielink, S., Ras, J.E., & Woutersen-Koch, H. (2010). Phenylketonurie.

Phenylketonurie, (Informatie voor de huisarts over), 3–10. Geraadpleegd van https://www.nhg.org/sites/default/files/content/nhg_org/uploads/vso10_brochure_pku_5.pdf

[6] PKU Vereniging en MODAZ (2016, november). Het PKU-dieet met de daarbij behorende variatiemogelijkheden. PKU handboek

[7] Rijn, G., van, (2018, 11 december). Voedingsbehandeling bij PKU. Geraadpleegd op 11 september 2020, van <https://ntvd.media/boeken/voedingsbehandeling-bij-pku/>

[8] Franklin, T. D. (2018). Update on the Development of a Home Phe Monitor [Presentation slides]. Geraadpleegd van <https://www.npkua.org/Portals/0/PDFs/2018Conference/Presentations/Phe%20Monitor%20Development%20Update.pdf?ver=2018-08-02-171546-903>

[9] Chamberlin, S. (2019, 12 November). Home Phe Monitor Updates. Geraadpleegd op 11 september 2020, van <https://pkunews.org/home-phe-monitor-updates/>

[10] Wong, L. (2017). Improving the Sensitivity in a Paper-Based Test for the Home Monitoring of Phenylalanine Levels in Phenylketonuria Patients. Honors Baccalaureate of Science in Chemical Engineering

[11] ASANO, Y., & NAKAZAWA, A. (1985). Crystallization

of phenylalanine dehydrogenase from *Sporosarcina ureae*. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49(12), 3631–3632. <https://doi.org/10.1271/bbb1961.49.3631>

[12] ASANO, Y., NAKAZAWA, A., ENDO, K., HIBINO, Y., OHMORI, M., NUMAO, N., & KONDO, K. (1987). Phenylalanine dehydrogenase of *Bacillus badius*. Purification, characterization and gene cloning. *European Journal of Biochemistry*, 168(1), 153–159. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1987.tb13399.x>

[13] Hongbin, L., & Yuzhong, L. (z.d.). Showing metabocard for Phenylpyruvic acid. Geraadpleegd op 24 oktober 2020, van <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0000205>

[14] Cowsert, L. (2020) Virtual PKU Series: Home Phe Monitor Webinar. Geraadpleegd op 26 november 2020, van <https://www.youtube.com/watch?v=d9MnEcGqeGI>

[15] Boyce-Jacino, M., Worgall, T., & Stojanovic, M. (2018). Aptatek Biosciences. Geraadpleegd op 28 november 2020, van <https://aptatek.com/>

Probleem	Aantal antwoorden
Preparaten moeten innemen	8
Geen/nauwelijks spontane acties mogelijk	6
Uit eten gaan, op vakantie gaan, uitjes plannen of naar feestjes gaan is lastiger	6
Bloedafname	2
Onbekendheid van de ziekte	2
Angst voor artsen	1
Krijgen van kinderen strak moeten plannen	1

Tabel 1

Voordeel	Aantal antwoorden
Direct uitslag	35
Onafhankelijkheid (van o.a. PostNL)	6
Vaker kunnen meten	6
Zelf een beeld krijgen/monitoren	3
Makkelijker op vakantie	1
Zwangerschap plannen makkelijker	1

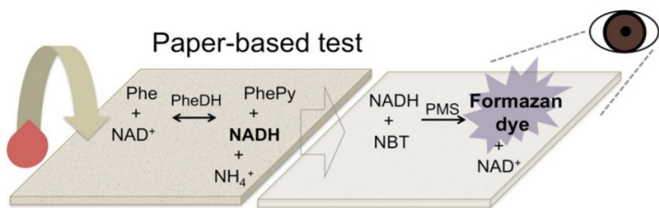
Tabel 2

Eis	Aantal antwoorden
Concrete cijfers	24
Nauwkeurigheid	27
Gebruiksgemak	16
Handzaam	11
Snel resultaat	20

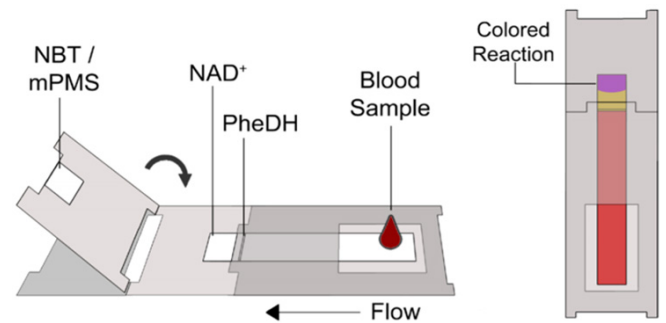
Tabel 3

	1	2	3
Zonder bloedafname (prikken)		X	
Concrete cijfers			X
Nauwkeurig			X
Gebruiksgemak	X	X	X
Duurzaam		X	
Handzaam	X		X
Snel resultaat	X	X	X

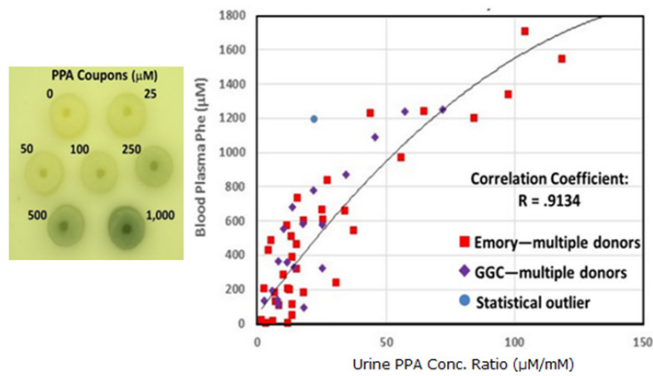
Tabel 4. 1 = Dr. Fu's Phe Test, 2 = Colorimetric method (PPA), 3 = Aptatek Biosciences



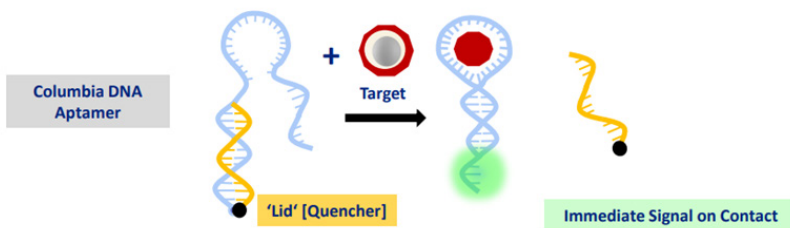
Figuur 1



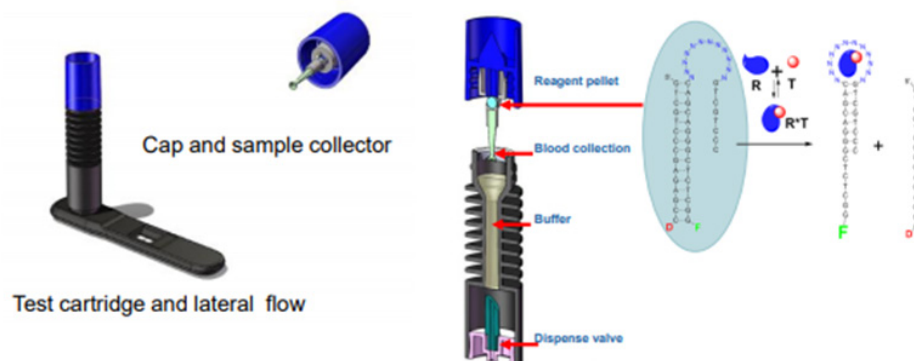
Figuur 2



Figuur 3



Figuur 4



Figuur 5

Taste-memory connection: Het effect van smaak op het geheugen van adolescenten van 17 en 18 jaar

A. Arabou¹, K. Krikour¹, E. Pol¹, R. Schram², M.N.A. Bijman²

¹Stedelijk Lyceum Kottenpark, Enschede
²Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The human senses in the body can influence several other processes. For example, smell influences the memory to recall certain memories from the past. However, the influence of taste on the brain in relation to human memory is unknown. This research was conducted to investigate the effect of the fundamental flavors of salt, sweet, sour and bitter on memory. In this study, adolescents aged 17 and 18 were examined using five different word lists. It was investigated whether there are differences in the number of words memorized by the participants after administration of the fundamental flavors. This study showed that the taste of salt leads to a significant increase (p -value = 0,0035) in the number of words memorized among the participants. In conclusion, tasting salt repeatedly has a positive effect on the ability to memorize words. However for a more reliable result, a follow-up study is needed.

Introductie en theoretisch kader

Het geheugen is zeer ingewikkeld maar vooral erg belangrijk voor het functioneren van de mens. De werking van het geheugen wordt door allerlei verschillende factoren beïnvloed, waaronder onze zintuigen. Onze zintuigen spelen dan ook een cruciale rol bij het onthouden en herinneren van bepaalde zaken. Wat opvalt is dat specifiek het zintuig reuk nauw gekoppeld is aan het geheugen[2]. Bovendien staan de zintuigen reuk en smaak in verband met elkaar. De relatie tussen smaak en het geheugen is echter nog onduidelijk en daarom zal dit onderzoek hierop ingaan.

Zintuiglijke flashbacks

Een flashback is een herinnering aan het verleden die in het heden doordringt en maakt dat het voelt alsof (een deel van) het verleden in het hier en nu daadwerkelijk plaatsvindt[1]. In dit onderzoek wordt gekeken naar de invloed van smaken op het geheugen waarbij zintuiglijke flashbacks een rol kunnen spelen. Een zintuiglijke flashback wordt veroorzaakt door een bepaalde waarneming waar één of meer zintuigen bij betrokken zijn. In het geval van smaken wordt er dan gesproken over het smaakgeheugen. Bij smaak komen deze zintuiglijke flashbacks veel minder voor en zijn daarom ook minder onderzocht. Dit is wél vaak gedaan bij geur. Uit wetenschappelijk onderzoek [2] blijkt dat er een sterke connectie is tussen herinneringen en het ruiken van geuren. Het onderzoek stelt wanneer een geur geroken wordt, dat deze geur niet alleen door de hersenen wordt geregistreerd, maar dat de hersenen hier tegelijkertijd een ervaring (herinnering) aan koppelen. Elke keer dat we deze geur ruiken, zal deze ervaring dan ook bij ons terugkomen[2].

De rest van de zintuigen (zicht, gehoor, smaak en gevoel) moeten langs langere neuronen een veel langere weg afleggen om de delen van de hersenen te bereiken die verantwoordelijk zijn voor onze herinneringen en emoties[3]. Hierdoor is het effect van deze zintuigen op het geheugen moeilijker te meten. Het is daarom niet bekend of smaak een effect heeft op het opslaan en oproepen van herinneren in het geheugen. Dat gezegd hebbende, zijn reuk en smaak nauw met elkaar verbonden. Reuk heeft een groot effect op de smaakbeleving[4]. Het reukvermogen is verantwoordelijk voor ongeveer 80% van wat er wordt geproefd. Zonder ons reukvermogen is

ons smaakvermogen beperkt tot slechts vier verschillende sensaties: zoet, zout, zuur en bitter[4]. Maar alle andere sensaties (complexe smaken) die worden ervaren, komen voort uit geur[5]. Dat geur en smaak aan elkaar gekoppeld zijn is een aanleiding om te veronderstellen dat ook smaak, net als geur, een effect heeft op het oproepen van herinneringen.

Bij het proeven worden er namelijk allerlei sensaties ervaren. De hersenen integreren deze sensaties met de informatie die al in het geheugen is opgeslagen en gaan op zoek naar gegevens die gerelateerd kunnen worden aan dezelfde sensaties. Smaak zou ook de sensaties, die door middel van voedsel ervaren worden, in herinneringen kunnen veranderen[3]. Smaak zou dus invloed kunnen hebben op bepaalde herinneringen.

Van tong tot hersenen

De smaak wordt door de tong waargenomen met behulp van smaakpapillen. Smaak wordt gedetecteerd door kleine eiwitten, smaakreceptoren genaamd, die zijn ingebed in de smaakpapillen[6]. Smaakpapillen zijn de perifere organen van smaak en bevinden zich voornamelijk in het tongepitheel. Ze proeven de chemische samenstelling van voedingsmiddelen en dranken op voedingswaarde, smakelijkheid en potentiële toxiciteit[7]. Deze smaakcellen reageren op elk van de 4 basissmaken (zout, zoet, zuur en bitter). Elk deel van de tong kan elke smaak detecteren[8]. Het signaal dat vanaf de smaakpapillen aan de hersenen wordt gegeven is met behulp van adenosine trifosfaat (ATP) mogelijk. Keratinocyten geven ATP af als reactie op externe stimuli (de smaak). De vrijgekomen ATP activeert purinerge receptoren op zenuwvezels om signalen te genereren. De receptorcellen van smaakpapillen geven ATP af als reactie op geschikte stimulatie door smaakpapillen en het vrijgekomen ATP activeert vervolgens de P2X2- en P2X3-receptoren op de smaakzenuwen[9]. De zenuwvezels bundelen zich en volgen de VIIe en IXe hersenzenuw naar zenuwcellen in de hersenstam. Nadat de prikkels verder naar de thalamus geleid zijn en daar verwerkt zijn, volgt de laatste verwerking in de grote hersenschors; waarna de smaakbeleving volgt[6]. De smaakbeleving zou ook (zoals eerder beschreven) opgeslagen kunnen worden in delen van de hersenen die aan het smaakcentrum zijn gekoppeld. Dat kan een verklaring geven voor het bovengenoemde smaakgeheugen.

Connectoom

Voor de connectie tussen verschillende processen in het lichaam (zoals het verband tussen smaak en geheugen) is een verbinding tussen verschillende hersendelen noodzakelijk. Signaaloverdracht tussen verschillende hersengebieden vereist verbindende vezelkanalen, de structurele basis van het menselijke connectoom (de verbindingsmatrix van het menselijk brein) [10]. Het netwerk van anatomische verbindingen die de neuronale elementen van het menselijk brein met elkaar verbinden, is echter nog grotendeels onbekend[11]. Toch wordt er wel gesuggereerd dat smaak hier een rol speelt. Smaak en somatosensatie mediëren beide beschermend gedrag. Bittere smaak helpt bij het vermijden van opname van gifstoffen, terwijl pijnsensaties, zoals schadelijke hitte, ongunstige omstandigheden signaleren om schade af te weren. Hoewel hersenroutes voor smaak en somatosensatie doorgaans onafhankelijk worden bestudeerd, suggereren eerdere publicaties dat ze elkaar kruisen, wat mogelijk hun gemeenschappelijke beschermende rol weerspiegelt[12]. Die kruising van hersenroutes betekent dat informatie (neurologische signalen) afkomstig van verschillende neuronen elkaar kunnen beïnvloeden. Dit leidt tot de waarschijnlijkheid dat verschillende (eerder gedacht onafhankelijke) processen in het lichaam elkaar via hersenroutes kunnen beïnvloeden, waar kruising van hersenroutes verantwoordelijk voor smaak en voor geheugen ook onderdeel van kan zijn.

Memory

Dit onderzoek gaat in op een specifiek onderdeel van het menselijk geheugen. Daarom moet het menselijk geheugen eerst verduidelijkt worden. Het geheugen wordt geordend in ‘geheugensystemen’ en ‘geheugenprocessen’ en kan daarbij opgedeeld worden in het sensorisch geheugen, kortetermijngeheugen (werkgeheugen) en langetermijngeheugen. Een belangrijk onderscheid dat gemaakt dient te worden is die tussen declaratief geheugen (feitenkennis) en proceduraal geheugen (aangeleerde vaardigheden). Deze feitenkennis situeert zich eerst enkel in de temporale kwab en blijft langer bestaan in een veel globaler hersengebied: de totale cerebrale cortex[13]. Het declaratief geheugen kan onderverdeeld worden in het episodisch en semantisch geheugen. Het semantisch geheugen betreft opgeslagen, onpersoonlijke informatie betreffende kennis van woorden en hun betekenis, kennis betreffende objecten en hun functie, alsook algemene feitenkennis, b.v. weten wat de hoofdstad van Frankrijk is. In dit onderzoek wordt de focus op semantisch geheugen gelegd en wordt gekeken of smaak hier een invloed op heeft.

“Geheugen” is nauw gekoppeld aan “leren”: Als er over het geheugen wordt gesproken, gaat het vaak over verwerven van informatie; en leren impliceert bijhouden en reproduceren van informatie[14]. Hiertoe kunnen er verschillende geheugenprocessen onderscheiden worden, bijvoorbeeld coderen, herhalen, oproepen, herinneren en herkennen[15]. Dit onderzoek kijkt naar het oproepen van informatie uit het geheugen. Met oproepen (recall) wordt de mogelijkheid bedoeld om informatie waar actief naar gezocht wordt op te roepen uit het geheugen.

Omdat dit onderzoek met behulp van woordenlijsten uitgevoerd is, is het van belang om te weten dat het opvallend is dat het bij het oproepen van een woordenlijst vaak zo is dat de eerste

en de laatste woorden het best onthouden worden (primary en recency effect). De woorden in het midden van de lijst worden minder goed onthouden. Dit effect treedt onafhankelijk op van de lengte van de lijst, de betekenis van het aangeboden materiaal en de snelheid van de presentatie[16]. Echter, wanneer het oproepen enkele seconden wordt uitgesteld, valt het recency effect weg, maar het primary effect blijft behouden[17].

Probleemstelling

In de introductie wordt duidelijk dat er een verband is tussen geur en het geheugen. Daarnaast is er ook aangetoond dat er een verband is tussen geur en smaak. Het feit dat die zintuigen met elkaar verbonden zijn, en dat er een duidelijke connectie is tussen reuk en geheugen geeft de mogelijkheid te assumeren dat er wellicht ook een verband is tussen smaak en geheugen. Bovendien is er een andere aanleiding vanuit de termen van evolutionaire aanpassing waarbij smaakgeheugen zowel noodzakelijk is voor de juiste identificatie van beschikbare voedzame voedingsmiddelen als essentieel om dodelijke gifstoffen te vermijden[8]. De laatste aanleiding komt voort uit het menselijke connectoom waarbij er twee verschillende processen in het lichaam op elkaar inwerken. Uit deze kennis luidt de centrale vraag van dit onderzoek als volgt:

‘Hoeveel effect hebben de verschillende fundamentele smaken zoet, zuur, zout en bitter op de mogelijkheid om informatie waar actief naar gezocht wordt op te roepen uit het geheugen bij adolescenten van 17 en 18 jaar?’

Materiaal en methode

Voor dit experiment is een groep van 36 adolescenten van 17 en 18 jaar onderzocht. De groep bestond uit 19 meiden en 17 jongens. De participanten zijn geselecteerd aan de hand van een vragenlijst. Elke participant had het niveau vwo/gymnasium. Hier is voor gekozen om de verschillen in ontwikkeling en intelligentie zo veel mogelijk te verkleinen. De participanten zijn over 4 verschillende dagen verdeeld (wegens coronamaatregelen) waarbij het experiment uitgevoerd is in een klaslokaal met de tafels in toetsopstelling. Voor aanvang van het experiment mochten de participanten twee uur van te voren niet eten of drinken, m.u.v. water, om mogelijke beïnvloedingen van de smaak en het concentratievermogen te voorkomen. Het experiment bestond uit vijf verschillende testfasen in de volgorde: de nulmeting, zout, zuur, bitter en zoet. De smaak umami is hierbij wegens praktische redenen weggelaten (zie de discussie). Bij de nulmeting is elke participant zijn eigen controle. De resultaten van de te onderzoeken smaken worden dus bij iedere participant met de eigen nulmeting vergeleken. Zoet is bewust als laatste gedaan om ervoor te zorgen dat bepaalde stoffen die bij het proeven van zoet vrijkomen, zoals dopamine[27], de prestaties bij de andere testfasen niet beïnvloeden. Voor elke smaak zijn de volgende voedingsmiddelen gebruikt: geen voor de nulmeting, zeezout voor zout, citroenzuurkorrels voor zuur, bittere oranje voor bitter en suiker voor zoet. De participanten verkregen de verschillende smaken elk met een gewicht van 1 gram. Bij elke fase is er gebruik gemaakt van een woordenlijst waarvan de participanten zoveel mogelijk woorden moesten onthouden.

Vóór het beginnen met leren van de woorden, kreeg elke participant de smaak van de desbetreffende fase toegediend waarna ze de woordenlijst met 21 woorden, die op de kop op

tafel lag, om mochten draaien en mochten beginnen met het leren van zoveel mogelijk woorden. Na anderhalve minuut werden de woordenlijsten weer op de kop gelegd en opgehaald. De participanten kregen hierna een sommenreeks bestaande uit vijf sommen waar ze een minuut voor kregen om te maken. Het maken van de sommen diende als afleiding waarbij de participanten hun hersenen actief moesten gebruiken. Dit om te voorkomen dat ze woorden in hun hoofd zouden blijven herhalen. Het herhalen van de woorden leidt er namelijk toe dat de deelnemers beter zouden kunnen scoren. Door het herhalen worden de woorden beter opgenomen in het geheugen[13]. Na de minuut werd de smaak van de desbetreffende fase opnieuw toegediend om het smaakgeheugen op te roepen. Hierna kregen de participanten de gelegenheid om de woorden die zij hadden onthouden in te toetsen op de chromebooks waar de data werd verzameld via google forms. Hier kregen zij één minuut voor, omdat dit voldoende tijd is om alle woorden op te schrijven en nog even te kunnen nadenken. De proef werd voor elke fase herhaald.

Na afloop van het experiment en het verkrijgen van de onthouden woorden van de deelnemers zijn deze nagekeken en geteld. Bij het nakijken van de woorden zijn alle woorden met spellingsfouten erin fout gerekend. Hier is voor gekozen, omdat het niet te achterhalen is of de woorden die fout geschreven zijn verkeerd zijn onthouden of dat er alleen een spellingsfout is gemaakt. Bovendien, krijgen sommige woorden na het veranderen van één letter een andere betekenis.

Alle deelnemers kregen, zoals eerder beschreven, een lijst met woorden te zien. Ieder woord bestaat uit één lettergreep om de moeilijkheidsgraad zo veel mogelijk gelijk te houden. Daarnaast is ervoor gekozen om elke klinkerklank niet vaker dan één keer in elke woordenlijst te plaatsen (bijvoorbeeld [ee] in beest - teen - veer - eend). Wat betreft de inhoud van de woorden is ervoor gekozen om niet meer dan twee woorden van één categorie (zoals 'dieren') in één woordenlijst te plaatsen. Dit is gedaan om te voorkomen dat de ene lijst makkelijker te onthouden zou zijn dan een andere[19]. Uit onderzoek blijkt dat, door het Phonological similarity effect, mensen minder in staat zijn om lijsten te onthouden wanneer de items gelijkaardig klinken (mat, kat, rat) dan wanneer ze fonologisch van elkaar verschillen (man, ei, boot)[18]. Na elke twee fasen is er een korte pauze van ongeveer vijf minuten gehouden. Hier is voor gekozen om het door elkaar halen van de woorden uit de verschillende lijsten zo veel mogelijk te voorkomen. Daarnaast dient deze pauze om verveling bij participanten tegen te gaan en de concentratie op peil te houden. De tijdsduur van de verschillende onderdelen van het experiment is te vinden in tabel 1.

Resultaten

Bij de resultaten wordt een meting van een participant, die twee of minder woorden onthoudt, als uitschieter gezien. De uitschieters zullen niet worden meegenomen bij het verwerken van de resultaten. Hier is voor gekozen omdat de uitschieters vooral fouten waren van de participanten, zoals het verkeerd in het programma klikken. Bovendien hebben ze een grote invloed op de betrouwbaarheid van het onderzoek, omdat ze te veel afwijken van de andere gevonden resultaten. Het aantal onthouden woorden per smaak bij de 36 participanten zal telkens worden vergeleken met het aantal onthouden woorden

bij de nulmeting.

Het gemiddeld aantal onthouden woorden per onderdeel is berekend en staat in tabel 2. Hieruit is op te maken dat er alleen bij zout een reële stijging is in het gemiddeld aantal onthouden woorden t.o.v. de nulmeting.

Om te bepalen in hoeverre de resultaten op toeval berust zijn is gebruik gemaakt van de tekentoets waarbij een p-waarde wordt berekend (zie tabel 3). Bij dit onderzoek wordt een p-waarde van 0,05 als grens van statistische significantie gehanteerd. Indien p-waarde groter of gelijk is aan 0,05 ($p \geq 0,05$), dan kan het gevonden resultaat te afhankelijk zijn van toeval[20]. Een tekentoets is een toets waarbij twee series resultaten met elkaar worden vergeleken. Met een plus- en een minteken wordt aangegeven dat een resultaat in de ene serie (de smaken) beter of slechter is dan in de andere serie (de nulmeting) en als er geen verschil is dan wordt dat resultaat weggelaten. Bij zo'n tekentoets wordt altijd $p = 0,5$ als uitgangspunt genomen, dus de nulhypothese is $H_0: p = 0,5$. Uitgangspunt is dat de verschillen uitsluitend door het toeval zijn te verklaren, maar dat er in feite geen verschil is tussen beide series. Het teken "p" staat voor de kans van toe- of afname van het resultaat in vergelijking met de andere serie (de nulmeting), waarbij "succes" in dit geval een toename ten opzichte van de nulmeting (dus een (+)) wordt genoemd[21]. De bewering is dat de er wel toename is dus $H_1: p > 0,5$. In tabel 3 zijn de resultaten van de tekentoets te zien waarbij alleen bij de smaak zout sprake is van significantie met een p-waarde van 0,0035.

In Diagram 1 zijn naast de tekentoets de procentuele toe- en afnames ten opzichte van de nulmeting berekend per smaak. Dat is gedaan door het gemiddelde te berekenen van de procentuele toe- en afname van elke smaak per participant ten opzichte van zijn eigen nulmeting. Hieruit wordt duidelijk dat er een procentuele toename is in het aantal onthouden woorden na het toedienen van zout. Bij de overige smaken is er echter een afname. Ook zijn de procentuele toenames per smaak bij jongens (diagram 2) en meiden (diagram 3) apart bekeken. Bij jongens is er bij elke smaak sprake van een toename, hoewel bij de meiden alleen zout tot een toename van het aantal onthouden woorden leidde. Opvallend is dat de procentuele toename van zout bij jongens (8,40%) niet veel verschilt met die bij meiden (7,52%).

Omdat alleen de smaak zout statistisch significant is, is een grafiek gemaakt voor een analyse van de resultaten bij de smaak zout. In grafiek 1 is het aantal onthouden woorden bij de nulmeting op de x-as uitgezet tegen het aantal onthouden woorden bij de smaak zout op de y-as. In de grafiek is de lijn $y = x$ getekend. Deze lijn dient als een "grens". Het aantal groene punten boven de lijn $y = x$ geeft het aantal participanten weer dat beter scoort dan bij de nulmeting, de rode punten geven het aantal participanten weer dat slechter scoort en de gele punten representeren de participanten waarbij er geen verschil is gemeten.

Er is uiteindelijk ook gekeken in hoeverre de resultaten van de verschillende smaken met de nulmeting correleren. In Diagram 4 is de correlatiecoëfficiënt (R-waarde) uitgezet tegen de smaken. Correlatie is een gestandaardiseerde maat voor de samenhang tussen twee variabelen. Wanneer men spreekt over

een correlatie, dan zegt men dat een verandering in de ene variabele samengaat met een soortgelijke verandering in de andere. Correlatie wordt uitgedrukt in een gestandaardiseerd getal tussen 1 en -1, waarbij 1 een perfecte positieve correlatie is, 0 geen correlatie en -1 een perfecte negatieve correlatie[22]. In Diagram 4 laten alle smaken een positieve correlatie ten opzichte van de nulmeting zien. De R-waarde ligt echter overall tussen de 0,4 en 0,63 (zwakke tot middelmatige correlatie) wat te klein is voor sprake van significante correlatie met de nulmeting[23].

Conclusie

In diagram 4 is te zien dat de nulmeting zwak correleert met alle verschillende smaken. Hierbij kan op basis van de score van de nulmeting geen voorspelling worden gemaakt voor de scores bij de gebruikte smaken. Uit de resultaten is verder gebleken dat voor de smaken zuur, bitter en zoet geen statistische significantie kan worden aangetoond. De p-waarde voor deze smaken ligt boven de 0,05 waardoor de gevonden resultaten sterk van toeval kunnen afhangen. Hierdoor kan voor de smaken zuur, bitter en zoet geen antwoord worden gegeven op de onderzoeksvraag: 'Hoeveel effect hebben de verschillende fundamentele smaken zoet, zuur, zout en bitter op de mogelijkheid om informatie waar actief naar gezocht wordt op te roepen uit het geheugen bij adolescenten van 17 en 18 jaar?'. Echter, de resultaten tonen bij de smaak zout wel significantie (p-waarde: 0,0035). In tabel 2 is een toename van het gemiddeld aantal onthouden woorden bij zout ten opzichte van de nulmeting te zien. Bovendien laat de analyse, weergegeven in grafiek 1, duidelijk zien dat het grootste deel van de participanten (24 van de 36) beter scoren na toediening van zout ten opzichte van de nulmeting. Hierbij is er geen verschil tussen jongens en meiden (diagram 2 en 3), aangezien de gemiddelde procentuele toename van het aantal onthouden woorden van de smaak zout ten opzichte van de nulmeting bij jongens en meiden erg dicht bij elkaar ligt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de smaak zout leidt tot een significante toename van het vermogen om informatie waar actief naar gezocht wordt uit het geheugen op te roepen.

Discussie

De aanleiding voor het doen van dit onderzoek komt niet alleen voort uit het gat in de kennis en daarmee de bovengenoemde probleemstelling, maar ook uit de wil om leerlingen te helpen met het verbeteren van hun leervermogen door hen een advies te geven over wat voor smaak zij het beste kunnen proeven bij het leren. Op basis van de conclusie kan gesteld worden dat het proeven van zout leidt tot verbeterde prestaties bij jongeren bij het leren van woorden. Voorwaarde is wel dat er opnieuw zout geproefd dient te worden op het moment dat het geleerde opgeroepen moet worden. Echter, bij een populatie groter dan 20.000 (een klein percentage van de doelgroep) is de foutmarge, met een steekproef van 36 personen, gelijk aan 16,32% (bij een betrouwbaarheidsniveau van 95%)[28]. Daarmee wordt duidelijk dat de foutmarge te groot is om een conclusie te trekken dat voor een grote populatie jongeren tussen 17 en 18 jaar, met het niveau vwo, geldt. Dus zou voor een betrouwbaarder onderzoek het aantal proefpersonen zeker vergroot moeten worden. Helaas was het bij dit experiment niet haalbaar een grotere onderzoeksgroep te verwerven.

Mogelijke verklaring van de resultaten

Indien er gekeken wordt in hoeverre de gevonden resultaten op toeval gebaseerd zijn, wordt het volgende opgemerkt: de p-waarde bij zout is significant met een waarde van 0,0035. Hoewel bij de overige smaken de p-waardes veel hoger liggen. De kleinste waarde, na zout, is 0,4278 bij zuur waarna de p-waardes bij bitter en zoet hoger of gelijk zijn aan 0,7017. Een mogelijke verklaring voor dit grote verschil in p-waardes tussen zout en de overige smaken, zou de volgorde van de testfasen kunnen zijn. De eerste fase in dit onderzoek was de nulmeting waarbij de participanten nog niet wisten wat hun te wachten stond. Aangezien de verschillende onderdelen van het onderzoek herhaald werden, kregen de participanten snel door hoe zij het beste konden presteren. Als gevolg hiervan konden zij bij de tweede testfase, zout, beter scoren dan bij de nulmeting. In grafiek 1 is duidelijk te zien dat de meeste participanten, 24 van de 36 (sommige punten komen op elkaar te liggen en zijn in de grafiek als 1 punt te zien), zich boven de lijn $y = x$ bevinden en dus beter scoren na toediening van zout ten opzichte van de nulmeting. Omdat de meeste deelnemers hoger hebben gescoord, waren er veel plusjes bij de tekentoets, wat voor een lage p-waarde heeft gezorgd. Vanaf de derde testfase wordt er een grote stijging van de p-waarde gezien. Een hoge p-waarde betekent hoge kans op toeval. Daarmee wordt bedoeld dat de kans om minder of meer dan bij de nulmeting te scoren voor een groot deel op het toeval is gebaseerd. Dit uit zich in een hoge p-waarde. Een verklaring voor de grote kans op toeval na de tweede fase is de verveling die optreedt bij de participanten, waarbij de deelnemers minder hun best doen met als gevolg gefluctueerde resultaten en een hogere p-waarde. Deze verklaring kan niet worden bewezen en er zal daarom een vervolgonderzoek nodig zijn. Omdat de resultaten naar alle waarschijnlijkheid erg afhangen van de volgorde van de fasen is het onterecht om de gevonden conclusie als aanvaardbaar aan te nemen.

Betrouwbaarheid Participanten

De proefpersonen betroffen middelbare scholieren van zeventien en achttien jaar oud. Het experiment heeft plaatsgevonden nadat de participanten al een hele schooldag achter de rug hadden. Dit kan van invloed zijn geweest op de manier waarop zij het experiment hebben doorlopen. Hierbij speelt hun gevoel een rol. Bijvoorbeeld minder zin hebben of afgeleid zijn. Daarnaast heeft elke participant een voorkeur voor een bepaalde smaak. Het is daarom voor de hand liggend dat een participant beter gaat scoren bij een smaak die hij/zij lekkerder vindt. Dit effect kan vergeleken worden met een soort Placebo-effect. In een onderzoek van Goodenough en L.Kampel is bewezen dat er een placebo-effect kan optreden wanneer van tevoren het doel van een onderzoek bekend is, dit kan ook in dit onderzoek een rol hebben gespeeld[32]. Vóór het begin van het onderzoek is aan de participanten verteld dat bij dit onderzoek gekeken zal worden of een bepaalde smaak effect (toe- of afname) zal hebben op hun geheugen. Omdat het doel van het onderzoek al van tevoren bij de participanten bekend was, kon een placebo-effect optreden waarbij ze zelf overtuigd zijn dat ze beter gaan scoren bij de smaken waarvan zij zelf denken dat het effect heeft. Dit kan een verklaring zijn voor het feit dat meerdere participanten na het onderzoek aangaven dat zij het gevoel hadden dat ze beter hebben gescoord bij de smaak waar ze een voorkeur voor hadden. Helaas is bij de vragenlijst, die gebruikt werd om de participanten te kiezen, niet naar een voorkeur voor een

smaak gevraagd. Het is daarom nu onmogelijk om de voorkeur van elke participant met zijn eigen resultaten te vergelijken en te kijken of dit placebo-effect daadwerkelijk plaats heeft gevonden. Een vervolgonderzoek zou hier een antwoord op kunnen geven.

Er is aan de participanten gevraagd of zij zich hebben gehouden aan de voorwaarde om twee uur voor aanvang van het onderzoek niet te eten of te drinken (met uitzondering van water). Echter kunnen deze antwoorden niet geverifieerd worden en kan er niet met zekerheid worden gesteld dat iedere participant twee uur voor het experiment niet gegeten of gedronken heeft. Dit is dus puur gebaseerd op vertrouwen in de leerlingen. Daarnaast is er geen rekening mee gehouden of de deelnemers de dag van het experiment hebben ontbeten. Er werd onderzocht wat de invloed is van wel of geen ontbijt op het concentratievermogen bij kinderen. Hieruit is gebleken dat het ontbijt een significant positieve invloed heeft op het concentratievermogen[26]. De participanten hebben dus beter of slechter kunnen scoren tijdens het experiment afhankelijk van of er wel of geen ontbijt is geconsumeerd. Achteraf is de invloed van ontbijt op de resultaten niet te achterhalen en moet dus zeker wel meegenomen worden in vervolgonderzoeken.

Betrouwbaarheid Methode

Bij dit onderzoek is er gebruik gemaakt van woordenlijsten om het geheugen te testen. Er is voor woordenlijsten gekozen, omdat dit minder tijd in beslag neemt dan het testen op een andere manier. Dit betekent niet dat dit de meest efficiënte manier is. Het is namelijk voorgekomen dat participanten in de loop van het experiment verschillende manieren van leren hebben toegepast. Zo hebben enkele participanten aangegeven dat zij in de eerste testfasen simpelweg de woorden stampten, terwijl in de latere testfasen een strategie werd toegepast zoals het maken van een verhaaltje. Dit kan mogelijk een invloed hebben op de gevonden resultaten. Hieruit is af te leiden dat de gevonden resultaten van de participanten zeer afhangen van de methode om de woorden te leren.

In de methode is vermeld dat iedere participant zijn eigen controle is. Er is daar bewust voor gekozen, omdat de resultaten van de leerlingen onderling anders niet met elkaar te vergelijken zijn. De één is beter in woorden leren dan de ander waardoor afhankelijk van het eigen vermogen van elke participant het aantal onthouden woorden per fase verschillend is. Om te onderzoeken of de smaak een verbetering of een verslechtering van het aantal onthouden woorden oplevert, moeten de resultaten van de verschillende smaken per participant vergeleken worden met de nulmeting van diezelfde participant. Enkel met deze methode kan er een uitspraak gemaakt worden of de smaken een invloed hebben.

Een tekortkoming bij het uitvoeren van het experiment was het toedienen van de smaken aan de participanten. Voor het toedienen is het gewicht van de suiker, het zeezout, de citroenzuurkorrels en het oranjebitter gemeten om steeds dezelfde hoeveelheid toe te dienen. Aan de participanten is verteld dat de gehele hoeveelheid geconsumeerd moest worden. Echter is niet altijd de gehele hoeveelheid geconsumeerd. Het is niet vast te stellen of dit invloed heeft gehad op de resultaten. Bovendien is de nauwkeurigheid van het meetapparaat (de weegschaal) in grammen op één decimaal. Dit kan ook

resulteren in een ongelijke hoeveelheid opgenomen stof per participant, wat wel invloed zou kunnen hebben aangezien een kleine hoeveelheid van een pure smaak een groot effect heeft op de smaakbeleving.

Een ander gevonden probleem bij de woordenlijsten is dat deze te kort waren. Het doel was om bij iedere participant ruimte te geven voor een toe- of afname in het aantal onthouden woorden ten opzichte van de nulmeting. Indien het maximaal aantal woorden wordt onthouden, is er geen ruimte voor verbetering ook al zou de participant een betere prestatie behalen. Bij dit onderzoek is er gezien dat enkele participanten het maximale aantal woorden heeft onthouden, wat tegen de verwachting was. De lengte van de gebruikte woordenlijsten is dus niet toereikend voor dit experiment.

Ten slotte, is de tijdsduur van de verschillende onderdelen in het experiment aan de hand van een proefpersoon bepaald. Met deze proefpersoon is de tijd vastgesteld die de deelnemers kregen voor het maken van de sommen, het leren en het typen van de woorden. De gekozen tijd voor de onderdelen bleek bij dit experiment passend te zijn, aangezien geen enkele participant klachten had over de gegeven tijd en elke deelnemer voldoende tijd had. Echter is het timen niet altijd even exact verlopen. Soms waren er vragen van de participanten tijdens het experiment wat leidde tot het afleiden van de andere participanten. Daarnaast is enkele keren de schoolbel gegaan wat tot hetzelfde gevolg leidde. Hierdoor is ervoor gekozen om de participanten in deze gevallen extra tijd te geven om het tijdverlies te compenseren. Zo is de tijdsduur voor het leren van de woorden per fase zo veel mogelijk gelijk getrokken.

Verskil jongens en meiden

Uit de resultaten van dit onderzoek komt duidelijk naar voren dat er geen opvallend groot verschil is tussen de procentuele toename bij jongens en meiden van het aantal onthouden woorden bij de smaak zout. Bij mannen was dat percentage 8,40% en bij vrouwen 7,52% (diagram 2 en 3). Onderzoek wijst erop dat er geen fysiologisch verschil bestaat tussen mannen en vrouwen als het gaat om smaakpapillen en de betreffende zenuwen die het signaal doorgeven aan de hersenen[31]. Dit kan het feit dat de percentages nagenoeg gelijk zijn ondersteunen. Wat wel opvallend is, is dat bij de overige smaken zoet, zuur en bitter er wel een groot verschil was tussen jongens en meiden wat betreft de procentuele verandering. De jongens hadden bij elk van deze smaken een kleine procentuele toename, hoewel er bij de meiden bij elke smaak een procentuele afname te zien was. Deze resultaten behoren echter niet met de bestaande literatuur vergeleken te worden, omdat deze niet significant zijn (tabel 3).

De smaak umami

Naast zoet, zuur, zout en bitter is er nog de smaak van 'heerlijkheid': umami. De afgelopen jaren werd er steeds meer aandacht besteed aan deze vijfde smaak. Umami komt uit het Japans en staat voor 'heerlijke smaak'[24]. Umami wordt veroorzaakt door de stof glutamaat. Alleen in lage concentraties is deze stof te vinden in tomaten, vlees, groenten, sojaproducten en kaas[25]. Omdat glutamaat in pure vorm lastig te verkrijgen is, is het lastig om aan deze smaak te meten. Hierdoor is er voor gekozen om deze smaak niet bij het onderzoek te betrekken, mede omdat het ten koste gaat van de

betrouwbaarheid van het onderzoek. Wel is het interessant om bij vervolgonderzoek naar mogelijkheden te zoeken om aan voldoende umami (glutamaat) te komen en eraan te meten.

Verhouding van de resultaten tot de bestaande literatuur

Het is lastig te zeggen in hoeverre de resultaten van dit onderzoek zich verhouden tot de bestaande literatuur. Er is namelijk zeer weinig onderzoek gedaan naar de directe invloed van smaak op het leervermogen. Zoals in de introductie duidelijk is gemaakt, is reuk het zintuig dat het nauwst in verband staat met de hippocampus, een structuur in de hersenen die verantwoordelijk is voor ons geheugen[3]. In tegenstelling tot het zintuig reuk is er weinig bekend over in hoeverre smaak in verband staat met het deel van de hersenen dat het geheugen regelt en op welke manier dit in zijn werking treedt. Uit de bestaande literatuur komt in ieder geval wel naar voren dat de smaken zoet en zout de orbitofrontale cortex activeren en beïnvloeden[29]. De orbitofrontale cortex is een gebied van de hersenen dat uitgebreide verbindingen heeft met limbische structuren van de hersenen die betrokken zijn bij emotie en het geheugen[30]. De mogelijkheid dat de smaken zoet en zout direct of indirect invloed hebben op het geheugen kan dus gesteld worden. In vergelijking, is bij dit onderzoek de invloed van de smaak zoet niet significant, hoewel de invloed van de smaak zout dat wel is. Echter, kan het resultaat van dit onderzoek aan de hand van deze bestaande literatuur niet bevestigd worden, omdat, ongeacht het feit dat de orbitofrontale cortex in verbinding staat met de limbische structuren, een beïnvloeding van de orbitofrontale cortex door de smaken zoet en zout niet bepaalt of dit ook leidt tot een beïnvloeding van de limbische structuren en daarmee het geheugen. Als blijkt dat zoet en zout toch wel een beïnvloeding van de limbische structuren veroorzaken is dat nog geen bevestiging voor de gevonden positieve invloed bij dit onderzoek van de smaak zout op het leervermogen, omdat het uit de bestaande literatuur niet op te maken is of deze beïnvloeding positief of negatief is. De resultaten van dit onderzoek kunnen dus niet als betrouwbaar worden beschouwd op basis van de al bestaande literatuur.

Vervolgonderzoek

Om een betrouwbaar en valide antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag ‘Hoeveel effect hebben de verschillende fundamentele smaken zoet, zuur, zout en bitter op de mogelijkheid om informatie waar actief naar gezocht wordt op te roepen uit het geheugen bij adolescenten van 17 en 18 jaar?’ is vervolgonderzoek noodzakelijk. Zoals zojuist genoemd is, zijn er een aantal problemen bij het plannen en de uitvoering van het onderzoek. Waardoor de validiteit in het geding is. Een vervolgonderzoek kan dit onderzoek overnemen waarbij er gelet zal moeten worden op de eerder genoemde verbeterpunten.

Eindconclusie

Voordat er vervolgonderzoek gedaan is, is het enige wat gezegd kan worden naar aanleiding van dit onderzoek dat het herproeven van enkel de smaak zout het oproepen van het geleerde bevordert.

Bibliografie

[1] M. (2016, 30 april). Als het ‘daar en toen’ je opzoekt in het ‘hier en nu’. ~*~ Samen helen ~*~. <https://samenhelen.wordpress.com/2016/04/29/als-het-daar-en-toen-je-opzoekt-in-het-hier-en-nu/>

[2] Psychologie Magazine. (2019, 3 december). Je herinneringen weer levend met behulp van geur. <https://www.psychologiemagazine.nl/artikel/herinneringen-weer-levend-behulp-geur/>

[3] Onze herinneringen en onze vijf zintuigen. (2017, 16 februari). verkenjegeest. <https://verkenjegeest.com/onze-herinneringen-en-onze-vijf-zintuigen/>

[4] “Reuk”. Keel-Neus-Oorheelkunde en Heelkunde van het Hoofd-Halsgebied, 9 december 2018, www.kno.nl/patienten-informatie/neus/reuk.

[5] Taste-Smell Connection. (2020, 30 juni). Science World. <https://www.scienceworld.ca/resource/taste-smell-connection/#:%7E:text=The%20nose%20and%20mouth%20are,many%20other%20individual%20'tastes'>.

[6] Maastricht UMC+. (z.d.). lesmateriaal_avond_2.pdf. Welkom op Gezondheidsuniversiteit | Gezondheidsuniversiteit. <https://www.gezondheidsuniversiteit.nl/>

[7] Roper, S. D., & Chaudhari, N. (2017). Taste buds: cells, signals and synapses. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(8), 485–497. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.68>

[8] WORRALL, S. (2015, 18 januari). From Campfire to Haute Cuisine: How Food and Flavor Drove Human Evolution. *National geographic*. <https://www.nationalgeographic.com/news/2015/1/150118-evolution-flavor-taste-hamburger-food/>

[9] Kinnamon, S. C., & Finger, T. E. (2013b). A taste for ATP: neurotransmission in taste buds. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 7, 1. <https://doi.org/10.3389/fncel.2013.00264>

[10] Axer, M., Amunts, K., Grassel, D., Palm, C., Dammers, J., Axer, H., Pietrzyk, U., & Zilles, K. (2011). A novel approach to the human connectome: Ultra-high resolution mapping of fiber tracts in the brain. *NeuroImage*, 54(2), 1091–1101. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.08.075>

[11] Sporns O, Tononi G, Kötter R (2005) The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain. *PLoS Comput Biol* 1(4): e42. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.0010042>

[12] Li, J., & Lemon, C. H. (2019). Mouse parabrachial neurons signal a relationship between bitter taste and nociceptive stimuli. *The Journal of Neuroscience*, 2000–2018. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2000-18.2018>

[13] G D’haenens, M De Hert, J Peuskens, B Sabbe... - *Neurone*, 2001 - lirias.kuleuven.be

[14] Tulving E. Introduction. Gazzaniga MS (editor). *The cognitive neurosciences*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press; 1995. p. 751-3.

[15] Brébion G, Amador X, Smith MJ, Gorman JM. Mechanisms underlying memory impairment in schizophrenia. *Psychological Medicine* 1997;27:383-93.

[16] Baddeley AD. *Essentials of human memory*. Hove: Psychology Press; 1999.

[17] Glanzer M. Storage mechanisms in recall. Bower GH (editor). *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. New York: Academic Press; 1972.

[18] Conrad R, Hull A. Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology* 1964;55:429-32.

[19] Aitchison, J. (2012). *Words in the Mind: An Introduction to the Mental Lexicon* (4e editie). West Sussex, UK : Wiley-Blackwell

[20]Knuistingh Neven, A. (2012). P-waarden en klinische relevantie. *Huisarts en wetenschap*, 55(11), 509. <https://doi.org/10.1007/s12445-012-0254-9>

[21]Hemerik, L. (2003). Tekentoets -Het toetsen van verschillen bij gepaarde waarnemingen -. Geraadpleegd van [https://www.wur.nl/upload_mm/d/6/e/b3172941-9a5d-4a75-88cf-5b7b83966600_05_tekentoets_brf\(19-02-2013\)ll.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/d/6/e/b3172941-9a5d-4a75-88cf-5b7b83966600_05_tekentoets_brf(19-02-2013)ll.pdf)

[22]De afstudeerconsultant. (2020, 27 oktober). Correlatie. Geraadpleegd van <https://deafstudeerconsultant.nl/statistiek-met-spss/correlatie/#:%7E:text=Doorgaans%20wordt%20de%20correlatie%20berekend,boven%20de%200.50%20'groot'>.

[23]Heijst, L. (2020, 16 oktober). Wat is correlatie en hoe bereken je het? Geraadpleegd van <https://www.scribbr.nl/statistiek/correlatie/>

[24]Culy. (2020, 4 november). Alles over de vijfde smaak "umami". *Culy.nl*. <https://www.culy.nl/inspiratie/umami/>

[25]L. (2014, 18 december). Umami is de vijfde smaak. *Libelle*. <https://www.libelle.nl/food/umami-is-de-vijfde-smaak/>

[26]Ebbers, A. (2013, 12 augustus). HBO Kennisbank. Verbeterde Sportprestaties en Concentratie bij inname van ontbijt? https://hbo-kennisbank.nl/details/sharekit_han:oai:surfsharekit.nl:b618dfca-610c-4364-9593-5d8e53e5acc5

[27]Berkel, R. (2020, 24 september). Bestaat suikerverslaving? Over voeding en gezondheid. <https://www.Overvoedingengezondheid.nl/bestaat-suikerverslaving/>

[28]Steekproefcalculator. (2020, 11 februari). CheckMarket. <https://nl.checkmarket.com/steekproefcalculator/>

[29]O'Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R., & McGlone, F. (2001). Representation of Pleasant and Aversive Taste in the Human Brain. *Journal of Neurophysiology*, 85(3), 1315–1321. <https://doi.org/10.1152/jn.2001.85.3.1315>

[30]N. (2021, 26 januari). Know Your Brain: Orbitofrontal Cortex. *Neuroscientifically Challenged*. <https://www.neuroscientificallychallenged.com/blog/know-your-brain-orbitofrontal-cortex>

[31]EenVandaag. (2019, 31 januari). Smaken verschillen, maar niet omdat je man of vrouw bent. <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/smaken-verschillen-maar-niet-omdat-je-man-of-vrouw-bent/>

[32]Goodenough, B., Kampel, L., Champion, D. G., Laubreaux, L., Nicholas, K. M., Ziegler, B. J., & McInerney, M. (1997). An investigation of the placebo effect and age-related factors in the report of needle pain from venipuncture in children. *Pain*, 72(3), 383–391. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(97\)00062-6](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(97)00062-6)

	Het leren van de woordenlijst	Het maken van de sommenreeks	De onthouden woorden intoetsen	Pauses
Tijdsduur	1,5 min	1 min	1 min	5 min

Tabel 1: De tijdsduur van de verschillende onderdelen van het onderzoek

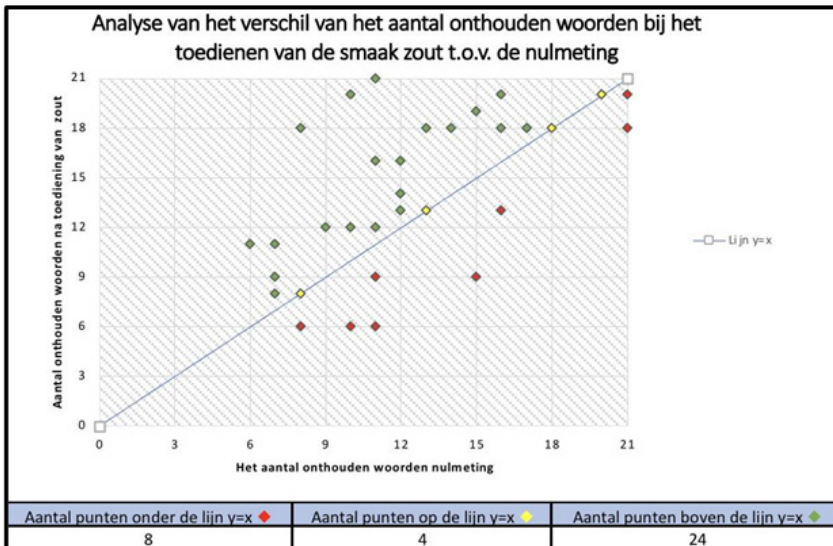
Smaak	Gemiddeld aantal onthouden woorden
Nulmeting	12,56
Zout	14,22
Zuur	12,71
Bitter	11,20
Zoet	12,06

Tabel 2: Gemiddeld aantal onthouden woorden per smaak

smaak	Aantallen metingen	Kans op toename	Aantallen plusjes	P-waarde (met percentage)
Zout	32	0,5	25	0,0035 (0,35%)
Zuur	30	0,5	16	0,4278 (42,78%)
Bitter	31	0,5	14	0,7634 (76,36%)
Zoet	32	0,5	15	0,7017 (70,17%)

Tabel 3: resultaten en de p-waardes van de tekentoets

*Een roodgekleurde p-waarde is statistische significant



Grafiek 1: Analyse van het verschil van het aantal onthouden woorden bij het toedienen van de smaak zout ten opzichte van de nulmeting.

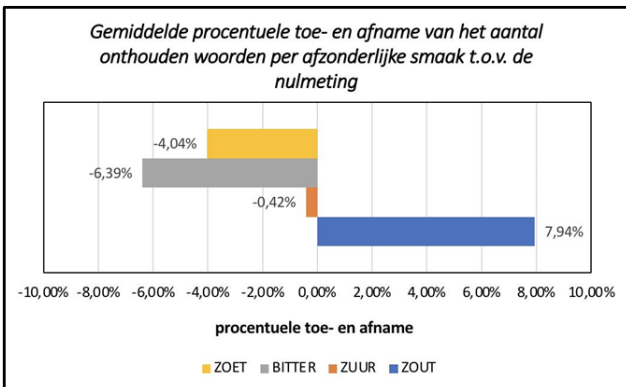


Diagram 1: Gemiddelde procentuele toe- en afname van het aantal onthouden woorden per afzonderlijke smaak ten opzichte van de nulmeting bij jongens en meiden.

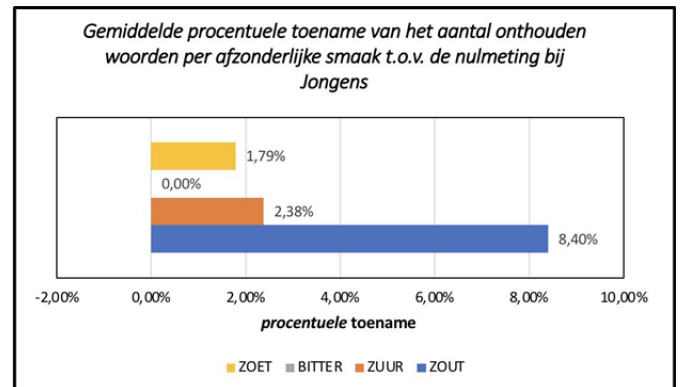


Diagram 3: Gemiddelde procentuele toe- en afname van het aantal onthouden woorden per afzonderlijke smaak ten opzichte van de nulmeting bij jongens.

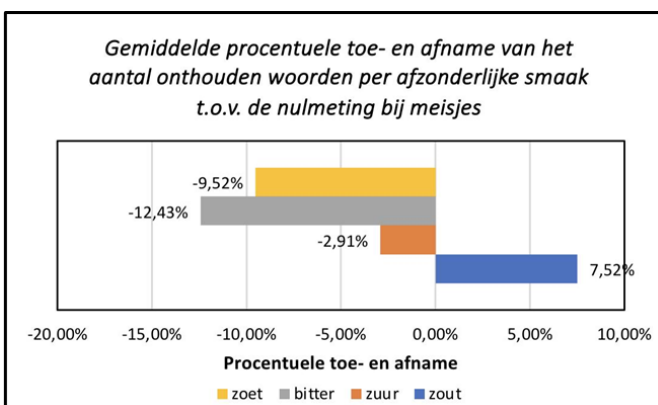


Diagram 2: Gemiddelde procentuele toe- en afname van het aantal onthouden woorden per afzonderlijke smaak ten opzichte van de nulmeting bij meiden.

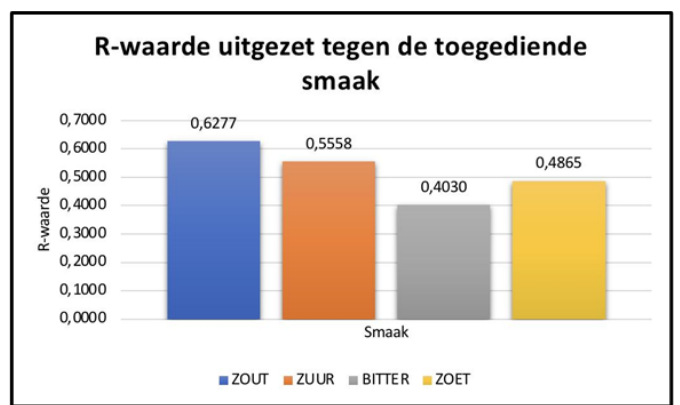


Diagram 4: De correlatiecoëfficiënt uitgezet tegen de toegediende smaken.

De invloed van lichtvervuiling op de groei en ontwikkeling van planten

W.F.G. Rorink¹, T.P. van Ommeren², M.R.E. Bos¹, A. Boamfa³, M.N.A. Bijman³

¹Twents Carmel College Lyceumstraat, Oldenzaal

²Bonhoeffer College van der Waalslaan, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract

Background: Recent studies have confirmed the increasing issue that is light pollution. Over the past two decades, there have been a variety of researchers who have studied the impact of this increasing environmental problem. A lot has been discovered about the impact of light pollution on the behaviour of humans and animals, but not much research has been done on the impact on the growth and development of plants. Because agriculture plays a huge role in society's food production, it is worth studying the potential impact on the growth and development of plants.

Methods: In a small sample of N = 40 plants, the growth of corn was recorded over a ten-week period in which the length was researched. Furthermore, a sample of N = 100 cress plants were grown in a seven-day period where the dry weight and the length of the plants was researched.

Results: The data shows that the general length of the corn, influenced by light pollution, was 22 percent higher than the corn not influenced by light pollution. The cress, too, has an increased length of 10 percent. The general measured dry weight for the cress increased as well, by a total of 7 percent.

Conclusion: Light pollution does indeed have a significant effect on plants. The growth increased significantly and it is safe to say that the extra amount of light has not deteriorated the plants but rather gave them better opportunities to grow and develop.

Keywords: Light pollution, corn, cress, plant growth, plant development, dry weight.

Introductie

Nederland verbouwt elk jaar miljoenen gewassen voor de voedselindustrie. Het gaat hier dan om groenten, fruit, kruiden en veevoer. Het is aangetoond dat lichtvervuiling, een toenemend milieuprobleem, op veel organismen een negatief effect heeft (Deda 2008). Lichtvervuiling heeft bijvoorbeeld invloed op de biologische klok en dus op de slaapritmes van mens en dier. De biologische klok is namelijk sterk afhankelijk van de lichtintensiteit in onze omgeving (RIVM 2014). Daarnaast is er een duidelijk gemeten effect op het richtingsgevoel van insecten. Voornamelijk nachtinsecten hebben last van dit licht, ze vliegen graag naar het licht toe waardoor ze van koers raken (Merckx 2015).

Er is echter nog weinig onderzoek gedaan naar de invloed die de verhoogde nachtelijke helderheid heeft op planten. Het is dus van groot belang om de invloed van lichtvervuiling op de groei en ontwikkeling van planten te onderzoeken.

Maatschappelijke impact

Dit onderzoek zal een beeld geven van de impact die lichtvervuiling in de steden heeft op de voedselproductie door de landbouwsector. Mocht uit dit onderzoek blijken dat er een negatieve invloed is, dan is er reden voor vervolgonderzoek naar verdere problemen en oplossingen. Dit onderzoek zal ook bijdragen aan het algemeen onderzoek naar de gevolgen van lichtvervuiling en de mate waarin lichtvervuiling een milieuprobleem is.

Theoretisch kader

Lichtvervuiling

Lichtvervuiling is het overmatig gebruik van kunstlicht in de nacht. Het woord wordt door de mens meestal gebruikt om de verlichte hemel in de nacht aan te geven, maar omvat meer componenten zoals energieverstopping en de verschillende

invloeden op mens en milieu (RIVM 2013).

Lichtvervuiling is sterk toegenomen sinds de uitvinding van kunstmatig licht. De toename in nachtelijk kunstlicht komt vooral door de vergroting van onze welvaart en de toenemende verstedelijking (RIVM 2013). Men gebruikt lampen om de omgeving te verlichten en zo kunstmatig de dag te verlengen. Tot begin 21e eeuw realiseerde men zich niet dat er gevolgen aan het gebruik van kunstmatig licht zaten. Toentertijd zag men niet in dat het overmatig uitstralen van kunstlicht een milieuprobleem kon vormen.

In Nederland zijn er nog weinig plekken die 's nachts volledig donker zijn. Lantaarnpalen en andere objecten verlichten de hemel en hun omgeving. Het overbodige omgevingslicht, dat geen functie heeft voor de mens, wordt als lichtvervuiling gezien. Denk hierbij aan licht dat 's nachts van straatverlichting slaapkamers binnentreedt. Er zijn naast straatverlichting veel meer bronnen van lichtvervuiling. De vijf grootste lichtvervuilers zijn: De glastuinbouw, weg- en straatverlichting, reclameverlichting, sierverlichting en terreinverlichting (Nacht van de nacht 2019). Een verband tussen al deze vormen van verlichting is dat ze zich in openlucht bevinden. Verlichting buiten heeft een veel grotere invloed op de lichtvervuiling dan verlichting binnen. (RIVM 2013).

Fotosynthese

Planten hebben licht nodig voor de fotosynthese. Dit is een proces waar planten de bouw- en brandstof, glucose, produceren. Bij het proces fotosynthese zet een plant koolstofdioxide en water om in glucose en zuurstof. Dit gebeurt in alle groene delen van de plant. Om van koolstofdioxide glucose te maken vinden er twee verschillende processen plaats in de plant: de licht- en de donkerreacties (zie figuur 1). (Gommers 2018). Voor de eerste reactieketen is er licht nodig, deze reactie heet dan ook de lichtreactie. Licht is hier nodig om watermoleculen

te splitsen in waterstofionen, zuurstof en losse elektronen. Onder invloed van licht kunnen de losse elektronen energiedragende moleculen vormen, die gebruikt worden in de tweede reactieketen: de donkerreactie. (Gommers 2018).

In de donkerreactie wordt met behulp van deze energiedragende moleculen koolstof-dioxide omgezet in glucose. Deze reactie heeft geen lichtenergie nodig en kan dus ook in het donker plaatsvinden, mits er nog genoeg energiedragende moleculen van de lichtreactie aanwezig zijn. Zonder deze moleculen werkt de donkerreactie ook niet meer. (Gommers 2018).

Door lichtvervuiling is het langer licht. Er is meer lichtenergie beschikbaar voor de lichtreactie, waardoor er meer energiedragende moleculen gevormd kunnen worden. Dit leidt ertoe dat planten meer glucose kunnen maken. De planten kunnen deze “extra” glucose gebruiken voor meer groei en betere ontwikkeling. Lichtvervuiling zal dus een positieve invloed hebben op de groei en ontwikkeling van de planten. (Gommers 2018).

C3-, C4- en CAM-planten

Als het aankomt op de glucoseproductie zijn planten op te delen in drie categorieën:

- C3-planten: deze groep bevat 95% van alle soorten landplanten. C3-planten maken gebruik van de basismanier om koolstofdioxide vast te leggen. Deze planten binden drie koolstofdioxide-moleculen tegelijkertijd aan een enzym. Dit proces gebeurt twee keer en levert zes moleculen op die de plant kan gebruiken voor het vormen van een glucosemolecuul. C3-planten kunnen optimaal glucose produceren in een gematigd klimaat met een gemiddeld tot bovengemiddeld koolstofdioxidegehalte. (C3-, C4- & CAM-planten 2020, Greelane 2019).
- C4-planten: deze groep bevat ongeveer 1% van alle soorten landplanten. Dit zijn voornamelijk grassoorten zoals maïs en rijst. Deze planten leggen in plaats van drie, vier koolstofdioxidemoleculen tegelijk in een enzym vast. Hierdoor kunnen C4-planten meer koolstofdioxide omzetten naar glucose. Het enige nadeel is dat de plant meer lichtenergie nodig heeft voor de lichtreactie. De optimale omstandigheden voor C4-planten zijn een warm klimaat met veel zonlicht. Voor C4-planten is een lagere koolstofdioxideconcentratie geen probleem en de planten kunnen zelfs met zeer weinig koolstofdioxide nog goed aan fotosynthese doen. (C3-, C4- & CAM-planten 2020, Greelane 2019).
- CAM-planten: deze laatste groep planten bestaat uit cactussen en vetplanten. CAM-planten werken bijna hetzelfde als C4-planten, maar in plaats van dat ze overdag koolstofdioxide opslaan doen deze planten dit 's nachts. In dit paper wordt verder niet ingegaan op CAM-planten. (C3-, C4- & CAM-planten 2020, Greelane 2019).

Praktisch Kader:

Voor het vervolg van dit onderzoek is kennis nodig over twee plantensoorten: maïs (C4-plant) en tuinkers (C3-plant). Deze twee planten zijn gebruikt voor twee verschillende experimenten.

Maïs

Voor het eerste experiment is er gekozen voor het gebruik van maïsplanten. Deze keuze is gebaseerd op een aantal punten:

Maïs is het meest voorkomende gewas in Nederland. Volgens de cijfers van het CBS is er in 2018 in Nederland een totaal van 215.309 hectare aan maïs beteeld (CBS 2018). Dit is 31,39% van de totale landbouwgrond in Nederland. Maïs wordt verder voor veel doeleinden in de voedselindustrie gebruikt en is daarom zeer geschikt voor dit onderzoek.

Maïs is een kruisbestuiver en wordt bestoven door de wind. Bovenaan de plant zit het mannelijke voortplantingsorgaan: een pluim met stuifmeelhoudende bloempjes. In een of meer bladoksels aan de stengel zit het vrouwelijke voortplantingsorgaan: de bloeikolf. (Van Wijk 1993). Bijen of andere insecten komen er niet aan te pas. Dit zorgt ervoor dat er een variabele minder is om rekening mee te houden, aangezien lichtvervuiling al wel aangetoond invloed heeft op insecten en dus de bestuiving door insecten (Merckx 2015).

Maïs is een C4-plant, dit houdt in dat maïs, ten opzichte van een C3-plant, meer koolstofdioxide kan vastleggen. Maïs heeft hier dan wel meer lichtenergie voor nodig. Maïs is dus een goede keuze voor dit onderzoek, omdat de hoeveelheid licht sterk bepalend is voor de groeisnelheid van de plant. De kleine verschillen in de lichtintensiteit 's nachts zullen dus beter meetbaar zijn (Bodlaender 1959).

Maïs heeft een groeiperiode van gemiddeld 120 dagen en heeft specifieke groeitemperaturen. De minimum kiem- en groeitemperatuur bedraagt 8-10 °C, afhankelijk van het soort maïsplant. Bij 24-29 °C groeit een maïsplant optimaal. De plant groeit niet bij temperaturen boven de 38-42 °C. Temperaturen van 15°C en lager vertragen de groeiprocessen en de assimilatie reeds sterk, vooral bij jonge planten (zie figuur 2). Nieuwgevormd bladweefsel wordt dan niet groen, maar blijft geel. Deze kleur verdwijnt weer als de temperatuur toeneemt. De dagtemperaturen bepalen de kleur van nieuw/groeiend weefsel (Van Wijk 1993).

Tuinkers

Voor experiment 2 is gekozen voor tuinkers. Deze keuze komt voort uit bepaalde eigenschappen van de tuinkers die bij het onderzoek van pas komen. Allereerst groeit tuinkers zeer snel. De planten zijn na ongeveer een week volledig uitgegroeid en normaliter klaar voor consumptie. Naast dat tuinkers zeer snel groeit, is deze ook zeer lichtgevoelig. Tuinkers is dus uitermate geschikt voor dit experiment. (Tuinkers.com 2019)

Tuinkers is een C3-plant. Hiermee worden in het totaalonderzoek zowel C3-- als C4-planten onderzocht. De C3-eigenschap van tuinkers zorgt ervoor dat deze plant relatief minder lichtenergie nodig heeft dan een C4-plant. Tuinkers is daarentegen, ondanks deze C3-eigenschap, zeer lichtafhankelijk. Dit komt omdat deze plant er alles aan zal doen om in het licht te komen. Wanneer tuinkers geen lichtenergie ontvangt, zal het al zijn energie steken in lengtegroei, waarmee de plant tracht om nog in het licht te komen. Wanneer de plant wel licht ontvangt, zal het meer diktegroei vertonen. (Tuinkers.com 2019).

Voor dit onderzoek is deze eigenschap een goede indicatie voor een verschil in lichtvervuiling. Daarom zal er in dit experiment zowel de lengte als het nat- en drooggewicht gemeten worden. Het natgewicht geeft aan wat de massa is van een plant samen met de massa van het water in de plant. Het drooggewicht is puur de massa van de cellulose van de plant. Planten zetten bij groei en ontwikkeling glucose om in cellulose, dit is het hoofdbestanddeel van de celwanden van plantencellen. Het drooggewicht geeft dus een goede indicatie voor de ontwikkeling van tuinkers en planten algemeen

(Tuinkers.com 2019).

Tuinkers groeit het best bij kamertemperatuur tussen 20oC en 24oC, maar zal ook bij lagere temperaturen tot 12oC groeien. Temperaturen hieronder vertragen het kiemproces. Temperaturen boven 24oC zullen omvalziekten veroorzaken. (Enza zaden 2020).

Experimenten

Voor dit onderzoek zijn er twee experimenten uitgevoerd, hieronder staat per experiment beschreven wat ze inhouden:

Experiment 1

In het eerste experiment zijn veertig maïsplanten verdeeld over twee groepen en over een periode van tien weken gegroeid. Tweemaal per week zijn de lengtes van deze planten gemeten. De gegevens zijn in tabel 1 genoteerd en verwerkt met behulp van Microsoft Excel.

Materialen

Om dit onderzoek goed uit te voeren is er gebruik gemaakt van twee identieke bakken, van 1,8 meter bij 1,1 meter bij 0,4 meter, om de maïsplanten in te poten. De bakken zijn gevuld met ieder 180 liter tuinaarde (zie figuur 4). Verder is er gekozen voor tuinaarde verrijkt met NPK-korrels, opdat er voldoende voedingsstoffen in de aarde aanwezig zijn.

Voor de belichting is gekozen voor twee lampen van 1100 lumen die het daglicht simuleren en een lamp van 100 lumen die lichtvervuiling nabootst. Dit komt overeen met de gemiddelde maximale lichtstroom 's nachts. Dit is de gemiddelde waarde tussen een bewolkte en heldere nacht in het gebied tussen Glanerbrug, Enschede-West en Enschede-Zuid (Atlas leefomgeving 2018). Deze waarde is hoog genoeg om een significant verschil te maken tussen de experimentele en controlegroep, maar laag genoeg om in de natuur voor te kunnen komen (Bodlaender 1959). Dit gebied is gekozen omdat hier relatief veel maïsvelden liggen, hierdoor zal de uitkomst van dit onderzoek een duidelijk beeld geven voor de maïsvelden in dit gebied.

Om de bakken af te schermen van het licht is ervoor gekozen om landbouwzeilen om de bakken te plaatsen. Deze zijn in de vorm van een tent om de bakken geplaatst. Door deze zeilen is getracht zoveel mogelijk "buitenlicht" weg te houden van de experimenten.

Methode

Om de invloed van lichtvervuiling goed te kunnen meten is er een experimentele en een controlegroep opgesteld. Deze twee groepen zijn verdeeld over twee verschillende kamers. Deze kamers zijn aan elkaar verbonden met een deur waardoor de temperatuur en alle andere omstandigheden in beide kamers gelijk zijn. De maïsplanten zijn binnenshuis geplant om zo goed de hoeveelheid licht en de temperatuur te kunnen regelen. De twee bakken zijn van elkaar gescheiden om lichtinval van de een bij de andere groep te voorkomen. Beide bakken zijn verlicht met een lamp van 1100 lumen die twaalf uur brandt om daglicht te simuleren. Er is gekozen om de lampen twaalf uur te laten branden, omdat dit de gemiddelde daglengte is tijdens de groeiperiode van maïs (Van Wijk 1993).

De experimentele groep heeft een extra lamp die het nachtlucht nabootst. Deze lamp heeft een lichtstroom van 100 lumen en brandt de overige twaalf uur van een dag. Alle drie de lampen zijn ingesteld m.b.v. drie individuele tijdklokken die

nauwkeurig op elkaar zijn afgesteld. Alle lampen hangen 1,2 meter boven de aarde.

Er is gekozen voor het gebruik van snijmaïs. 95,48% van de totale geteelde maïs is snijmaïs. Dit is dus de meest voorkomende vorm van maïs in Nederland en geeft zo het beste beeld over de effecten van lichtvervuiling voor maïs in Nederland. (CBS 2018). De maïskorrels zijn verdeeld in rijen van afwisselend 2 en 3 korrels op ongeveer 15 centimeter van elkaar (zie figuur 4). Beide groepen bevatten ieder 20 zaden.

Dhr. G. Weldink (maïsboer, 22 september 2020) geeft aan dat een voeding van 2,0 gram NPK-korrels per maïsplant overeenkomt met de waarde die maïsplanten in de landbouwsector krijgen. De NPK-korrels zijn op 6 centimeter diep in de grond toegevoegd. De maïskorrels zijn vervolgens 2 centimeter daarboven, op 4 centimeter diep in de grond, geplant.

Experiment 2

Het tweede experiment is een bijna identieke kopie van het eerste experiment. In plaats van veertig maïsplanten is er een grote groep tuinkers geplant. Na één week zijn er van 50 willekeurige tuinkersplanten uit de controlegroep en ook van 50 willekeurige tuinkersplanten uit de experimentele groep de lengte, het nat- en het drooggewicht gemeten. Deze gegevens zijn in tabel 2 genoteerd en verwerkt met behulp van Microsoft Excel.

Materialen

Dit onderzoek heeft gedurende één week plaatsgevonden in dezelfde bak als experiment 1, de materialen hiervoor zijn dan ook identiek. Het enige verschil tussen de twee experimenten is dat er voor de tuinkers geen NPK-korrels zijn toegevoegd.

Methode

De tuinkerszaden zijn in het midden van de bak geplant. Na zeven dagen zijn de planten gemeten en gewogen op natgewicht. Daarna is de tuinkers gedurende 24 uur in een droogoven gedroogd om uiteindelijk het drooggewicht te kunnen bepalen. De gegevens van 50 willekeurige planten uit beide groepen zijn wat betreft lengte, nat- en drooggewicht hierna vergeleken tussen de experimentele en de controlegroep.

Resultaten

Waarnemingen

In de controlegroep zijn er in totaal 13 maïsplanten ontkiemd. Bij allen is er rond een lengte tussen de 15 à 20 centimeter necrose opgetreden, dit is het plaatselijk afsterven van weefsel. In de experimentele groep ontkiemden er in totaal 14 planten waarvan er 1 recent is ontkiemd bij het einde van het onderzoek. Ook hier is bij alle planten necrose opgetreden rond dezelfde lengte als in de controlegroep. Hier zal in de discussie verder op worden ingegaan.

Zo goed als al het tuinkerszaad is ontkiemd en bij de groei zijn geen opvallendheden waargenomen.

Resultaten experiment 1

In tabel 1 en grafiek 1 zijn de lengtes van de maïsplanten en het verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep te zien. De gemiddelde lengte van de experimentele groep bedraagt 34,6 centimeter met een standaardafwijking van 6,08 centimeter. De controlegroep heeft een gemiddelde van 28,3 centimeter met een standaardafwijking van 6,68 centimeter.

Het gemiddelde verschil tussen de planten is 6,4 centimeter. De experimentele groep heeft dus een toename van 22% in de lengte ten opzichte van de controlegroep.

Om de significantie van dit experiment te bepalen is er een nulhypothese-toets uitgevoerd, de berekening hiervan staat in de bijlage:

$$H_0: \mu_x = 28$$

$$H_1: \mu_x > 28$$

$$\alpha = 0,025$$

Uit berekening blijkt dat $P(\bar{X} \geq 35) < \alpha$

Dus verwerp H_0 .

Er is dus reden om het verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep als significant te beschouwen.

Resultaten experiment 2

In tabel 2 en grafiek 2 zijn de lengtes van de tuinkersplanten en het verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep te zien. De gemiddelde lengte van de experimentele groep bedraagt 7,0 centimeter met een standaardafwijking van 0,94 centimeter. De controlegroep heeft een gemiddelde van 6,4 centimeter met een standaardafwijking van 0,72 centimeter. Het gemiddelde verschil tussen de planten is 0,6 centimeter. De experimentele groep heeft dus een toename van 10% in de lengte ten opzichte van de controlegroep.

Om de significantie van dit experiment te bepalen is er hier ook een nulhypothese-toets uitgevoerd, de berekening hiervan staat wederom in de bijlage:

$$H_0: \mu_x = 6,41$$

$$H_1: \mu_x > 6,41$$

$$\alpha = 0,025$$

Uit berekening blijkt dat $P(\bar{X} \geq 6,97) < \alpha$

Dus verwerp H_0 .

Er is dus reden om het verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep als significant te beschouwen.

Bij de experimentele groep bedraagt het natgewicht 1,4115 gram met een bijbehorend drooggewicht van 0,1480 gram. Hierbij is het drooggewicht 10,49% van het totale natgewicht. Bij de controlegroep is er een natgewicht 1,4056 gram met een bijbehorend drooggewicht van 0,1377 gram. Hierbij is het drooggewicht 9,797% van het totale natgewicht. Het percentage drooggewicht van het totale natgewicht van de experimentele groep was dus 0,689% hoger dan die van de controlegroep.

Discussie

Om de vraag: "Wat is de invloed van lichtvervuiling op de groei en ontwikkeling van planten?" te beantwoorden, moet eerst duidelijk worden wat de groei en ontwikkeling van planten zijn.

Groei omschrijven is eenvoudig. De gemiddelde lengtes van de planten uit beide experimentele groepen waren significant groter dan die van de controlegroepen. Uit de resultaten van beide experimenten blijkt dat er een duidelijke invloed is van het nachtlucht op de groei van de planten. Lichtvervuiling heeft dus een significant positief effect op de groei van planten.

De ontwikkeling van planten is wat moeilijker te beschrijven. Een goede ontwikkeling verschilt per plant. Voordat er necrose optrad ontwikkelden de maïsplanten zich goed. De bladeren waren groen en de groei ging goed (Van Wijk 1993). De oorzaak van de necrose is onderzocht. Eerst is er gekeken naar mogelijke wortelrot. De wortels van de gestorven planten zijn onderzocht en hier was geen spoor van wortelrot te vinden, dit sluit dus uit dat de planten te veel water hebben gekregen.

Wat opviel tijdens het experiment was de harde grond dieper in de bakken. Mogelijk hebben de wortels van de planten niet kunnen doordringen in de diepere lagen van de aarde en hebben ze zo onvoldoende water en voedingsstoffen kunnen opnemen (Gommers 2018). Na het experiment, is er een klein bodemonderzoek uitgevoerd waaruit bleek dat de wortels inderdaad niet diep in de aarde konden doordringen. Het kan zijn dat de wortels hierdoor onderontwikkeld waren waardoor de planten weinig of misschien zelfs een tekort aan voedingsstoffen hadden.

Een andere hypothese voor de necrose is de slechte luchtcirculatie boven de bakken. Voor de experimenten is er landbouwzeil gebruikt om de bakken van het licht af te schermen, maar dit zwarte zeil blokkeerde ook de constante vrije luchtstroom boven de bakken. Dit kan invloed hebben gehad op de groei en ontwikkeling van de planten aangezien planten in stromende lucht beter kunnen groeien dan in stilstaande lucht. In stilstaande lucht kan zich namelijk waterdamp opbouwen waardoor stof de huidmondjes van de planten kan verstopen en de gaswisseling van de planten bemoeilijkt (Indoor Grow Zone 2018). Dit samen met de harde bodem zijn de mogelijke oorzaken voor de necrose van de planten. Er kan dus verondersteld worden dat lichtvervuiling geen invloed heeft gehad op de necrose van de planten.

De ontwikkeling van de tuinkers was erg goed. Er waren geen opvallendheden. De planten werden direct groen bij de ontkieming en hebben allen bladeren gevormd. Het percentage drooggewicht van het totale natgewicht van de experimentele groep was 0,689% hoger dan die van de controlegroep. Er valt dus te concluderen dat er meer glucose in cellulose is omgezet in de experimentele groep.

Planten die meer glucose in cellulose omzetten bevinden zich vaak in betere leefomstandigheden. Planten in mindere leefomstandigheden hebben namelijk minder glucose over voor de groei en ontwikkeling en moeten de kleinere hoeveelheid glucose die ze hebben eerst gebruiken om te overleven, voordat ze kunnen gaan groeien en ontwikkelen (Gommers 2018). Tuinkers heeft de eigenschap om eerst al zijn energie in lengtegroei te steken voordat het zich gaat ontwikkelen en aan diktegroei gaat doen. Dit om een poging te doen om toch in het licht te komen en daarmee te overleven. Dit gebeurt echter alleen wanneer er onvoldoende lichtenergie aanwezig is. (Tuinkers.com 2019). Doordat het drooggewicht van de experimentele groep bij experiment 2 groter is dan die van de controlegroep en groter is dan puur lengteverschil kan maken, is celstrekking wegens een lichtenergie-tekort uit te sluiten. Dit indiceert dat het nachtlucht een positieve invloed heeft gehad op de ontwikkeling van de planten.

Data interpretatie

Bij de verwerking van de gegevens van experiment 1 is er gekozen om een aantal gegevens niet mee te nemen in het onderzoek. Dit gaat om de lengtes die de planten hebben tijdens en na de necrose. Alle waarden die gemeten zijn, nadat een plant zijn maximumlengte had bereikt, waren irrelevant voor het onderzoek en zijn dus niet meegenomen. Wanneer de resultaten van de planten, die langzaam stierven en hierdoor dus krompen, meegenomen zouden worden zou dit een vertekend beeld geven van de invloed van lichtvervuiling. Deze resultaten zouden dan namelijk voortgekomen zijn uit een andere variabele dan het licht en dit maakt deze resultaten irrelevant voor dit onderzoek.

Validiteit en betrouwbaarheid

Er was nergens een goede waarde voor het toevoegen van water te vinden. Er is dus voornamelijk op gevoel het water toegevoegd. Er is getracht de aarde vochtig te houden. Er is ook voor gezorgd dat de aarde niet te vochtig was, om zo wortelrot te voorkomen. Wanneer de bodem niet vochtig genoeg was, is er een liter water toegevoegd aan beide bakken. De aarde in beide bakken was over het algemeen even vochtig.

Over twee periodes van 6 dagen is er elke 30 seconden een meting verricht naar de temperatuur, luchtkwaliteit en andere gegevens in de kamers waar de maïsplanten groeiden. Deze kamers waren met elkaar verbonden en hierdoor was de temperatuur en luchtkwaliteit hier gelijk. De luchtkwaliteit en de temperatuur waren hierdoor in het experiment controlevariabelen.

De gegevens voor de temperatuur zijn verwerkt in grafiek 3. Ook zijn er berekeningen gedaan naar de gemiddelde temperatuur en de standaardafwijkingen in de beide kamers. In de kamers was de gemiddelde temperatuur in een eerste meetperiode 19,51 °C met een standaardafwijking van 0,50 °C en in een tweede meetperiode was de gemiddelde temperatuur 20,69 °C met een standaardafwijking van 0,35 °C. Als deze waarden vergeleken worden met figuur 2 (optimumkromme temperatuur maïsgroei) en figuur 3 (optimumkromme temperatuur tuinkersgroei) valt te concluderen dat de temperatuur voldoende was voor de maïsplanten en uitstekend voor de tuinkers. (Van Wijk 1993, Enza zaden 2020).

In grafiek 3 valt op dat op 3 en 4 oktober de temperatuur in de kamers ver onder het gemiddelde zat. Dit komt omdat de verwarming in de kamers in de weekenden uit staat. Hierdoor daalt de temperatuur in de kamers verder onder het optimum. De groeiprocessen van alle planten zijn hierdoor gelijk beïnvloed en dit kan dus erkend worden als een systematische fout.

Tijdens beide experimenten is er getracht de twee kamers zo duister mogelijk te houden, echter zijn de raambekledingen meermaals verwijderd door onbekenden, ondanks de berichtgeving op de bekledingen. Hierdoor is er ongecontroleerd daglicht van een onbekende hoeveelheid lumen binnengekomen. Het is onduidelijk hoeveel invloed dit licht heeft gehad op de planten, aangezien de planten nog in de grond zaten. Na dit incident is besloten de landbouwzeilen op te zetten. De luchtcirculatie was de week voor het landbouwzeil dus wel goed maar ook hier is onbekend hoeveel invloed dit heeft gehad op de nog niet ontkiemde maïsplanten.

Alleen tijdens de meetmomenten is er nog een ongecontroleerde kleine hoeveelheid licht binnengekomen. Gedurende vijf tot tien minuten was er een opening aanwezig waar licht doorheen kon komen. Aangezien beide groepen evenveel planten bezaten duurde het even lang om de lengtes bij beide groepen te meten. Dit probleem valt dus ook te erkennen als systematische fout maar zal niet veel invloed hebben gehad wegens de korte en ongeveer gelijke tijdsperiodes van lichtinval.

Beperkingen

Voor het onderzoek is er gezocht naar een alternatief voor zonlicht. Er is dus gekozen voor lampen die zo veel mogelijk waren. Toch zijn lampen niet in staat zonlicht volledig na te bootsen. Zonlicht bevat verscheidene soorten straling zoals IR- en Uv-straling. Ook brengt zonlicht veel warmte mee wat de gebruikte lampen niet konden nabootsen.

Zoals eerder in de discussie is vastgesteld, varieerde de

temperatuur in de kamers gedurende de week erg. Daarnaast lag de gemiddelde temperatuur onder het optimum van maïs. Doordat de temperatuur afweek konden deze planten niet optimaal groeien. De resultaten zijn beïnvloed, doordat de temperatuur niet geregeld kon worden. Dit heeft echter geen invloed gehad op de uitkomst van de resultaten aangezien dit een systematische fout was en bij alle planten voorkwam.

De bakken in het experiment stonden binnen en waren gevuld met tuinaarde uit zakken, hierdoor is er geen natuurlijke en levende bodem gerecreëerd. Dit betekent dat de organismen die normaal de planten ten goede zouden komen, zoals wormen die de grond los en voedingsrijk houden, hier niet aanwezig waren. Dit kan teruggezien worden in het experiment door een harde bodem in beide bakken. Verder zouden er essentiële bacteriën en schimmels kunnen ontbreken die de planten in de landbouwsector en de natuur voedingsstoffen leveren, al is dit getracht te voorkomen met de NPK-korrels. (Cuijpers 2005)

Ook was er sprake van een financiële beperking. Doordat het onderzoek op pre-academisch niveau is uitgevoerd was er geen beschikking over dure materialen. Er is dus gekozen om in plaats van houten bakken, zwembaden te gebruiken die goedkoper waren en makkelijker binnen te plaatsen zijn. Zwembaden zijn waterdicht en houden de grond bij elkaar, dus hebben ze dezelfde functie als houten bakken. Het soort bak heeft hierbij geen invloed gehad op de resultaten.

Vervolgonderzoek

Als vervolgonderzoek zal er gekeken worden naar de mate waarin lichtvervuiling een rol speelt. Er zal een experiment worden opgestart met tuinkers die in dezelfde omstandigheden groeit als beschreven staat in experiment 1. Alle groepen hebben verschillende lichtintensiteiten ingesteld voor het nachtlicht. Uit de resultaten zal blijken of de toenemende hoeveelheid nachtlicht in de toekomst een rol zal spelen in de groei en ontwikkeling van planten.

Een ander vervolgonderzoek zou het uitvergroten van dit onderzoek zijn door het gebruik van meer en verschillende soorten planten. Ook kan ervoor gekozen worden dit experiment in de buitenlucht uit te voeren om zo dichter bij de werkelijke invloed van lichtvervuiling te komen. Uit dit onderzoek zal blijken wat de invloed van lichtvervuiling op verschillende plantensoorten is, wat een indicatie kan geven voor alle plantensoorten.

Eindconclusie

Al met al valt te zeggen dat het effect van lichtvervuiling op de groei en ontwikkeling van planten duidelijk gemeten is. Ook was lichtvervuiling uiteindelijk de enige variabele die in de experimenten een rol gespeeld heeft.

Conclusie

Het antwoord op de vraag: “Wat is de invloed van lichtvervuiling op de groei en ontwikkeling van planten?” is als volgt: Lichtvervuiling heeft een significante positieve invloed op zowel de groei als de ontwikkeling van planten. Dit betekent dat lichtvervuiling geen milieuprobleem is voor de flora. De voedselproductie door landbouw ondervindt dus geen negatieve gevolgen van de huidige lichtvervuiling in Nederland.

Bibliografie

Deda, P., Elbertzhagen, I. & Klussmann, M. (2008).

Light pollution and the impacts on biodiversity, species and their habitats. Deda.indd. <https://pdfs.semanticscholar.org/f0b8/5a3dd8029e441039f1d63fff2b468e26da3.pdf>

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2014). Verkenning: Gezondheidseffecten van nieuwe lichtbronnen. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0154.pdf>

Merckx, T. (2015). Bestuiving door nachtvinders: Hoe schadelijk is lichtvervuiling? *Natuur focus*, 36–37. https://www.researchgate.net/profile/Thomas_Merckx/publication/289504660_Bestuiving_door_nachtvinders_Hoe_schadelijk_is_lichtvervuiling/links/568d3e9008aead3f42ed91b9/Bestuiving-door-nachtvinders-Hoe-schadelijk-is-lichtvervuiling.pdf

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu & Dalm, V. (2013, november). Thema Lichtvervuiling. *Tijdschrift Milieu*. <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/ThemaLicht.pdf>

Nacht van de nacht. (2019, 30 oktober). Oorzaken. <https://www.nachtvandenacht.nl/oorzaken/>

Gommers, M., Jansen, A., van Leijnen, A., Rawee, H., & de Rouw, T. (2018). *Biologie voor jou 5VWO (I. Gmelig, L. Pijnappels, I. Hermens, & G. Hooijer, Reds.; 6de editie, Vol. 2)*. Malmberg.

C3-, C4- CAM-planten. (z.d.). C3-, C4- en CAM-planten. <https://sites.google.com/site/soortenplanten/>

C3-, C4- en CAM-planten: aanpassingen aan klimaatverandering. (2019, 13 november). *Greelane*. <https://www.greelane.com/nl/science-tech-math/sociale-wetenschappen/c3-c4-cam-plants-processes-172693>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018). Akkerbouw productie. Centraal Bureau voor de statistiek (CBS). <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7100oogs/table?fromstatweb>

Bodlaender, K. B. A. & Instituut voor biologisch en scheikundig onderzoek van landbouwgewassen Wageningen.

(1959). De invloed van zwakke lichtintensiteiten op de daglengtereactie van de aardappel. *Jaarboek 1959*, 83-92. <https://edepot.wur.nl/295623>

Van Wijk, C. A. ph, Meier, R., Ester, A., Jonkers, J., Titulaer, H. H. H., & Kramer, C. F. G. (1993). Teelt van suikermaïs. *Teelthandleiding nr. 53*, 11–13. <https://edepot.wur.nl/252150>

Tuinkers.com. (2019, 22 oktober). Tuinkers.com – Alle informatie over tuinkers. <https://tuinkers.com/>

Tuinkers.(z.d.) Enza Zaden. <https://www.enzazaden.com/nl/producten-en-diensten/onze-producten/Kruiden/Tuinkers>

Atlas Leefomgeving. (z.d.). Kaarten | Atlas Leefomgeving. <https://www.atlasleefomgeving.nl/>. <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten>

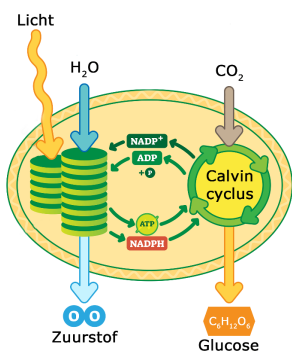
Air circulation in a Grow Room and its Benefits -. (2018, 18 februari). *Indoor Grow Zone*. <https://indoorgrowzone.com/air-circulation-in-a-grow-room-and-its-benefits/>

Cuijpers, W.J.M., van der Burgt, G.J.H.M., Voogt, W., & van Winkel, A. (2005). *Bodemvruchtbaarheid: bemestingsstrategie voor vruchtbare en levende bodem*. Biokas, 1–79. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/30249>

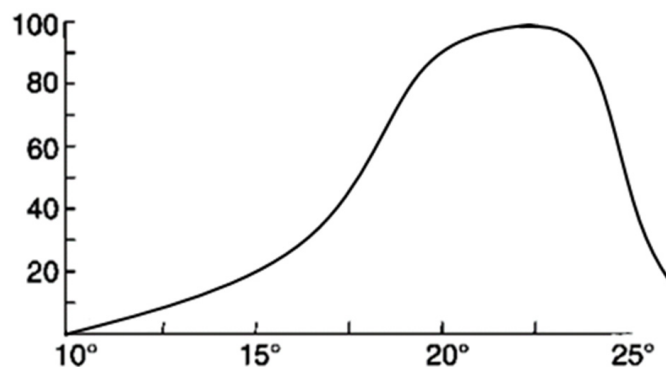
Figuren

Figuur 1: Examenoverzicht.nl. (z.d.). Fotosynthese licht- en donkerreactie [Illustratie]. Examenoverzicht.nl. <https://www.examenoverzicht.nl/biologie/fotosynthese>

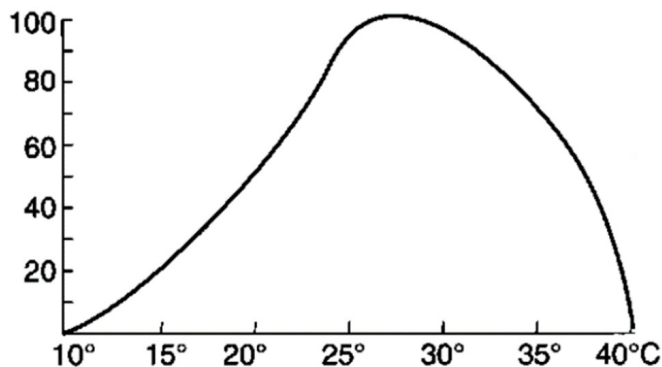
Figuur 2: van Wijk, C. A. ph, Meier, R., Ester, A., Jonkers, J., Titulaer, H. H. H., & Kramer, C. F. G. (1993). Teelt van suikermaïs. *Teelthandleiding nr. 53*, 11–13. <https://edepot.wur.nl/252150>



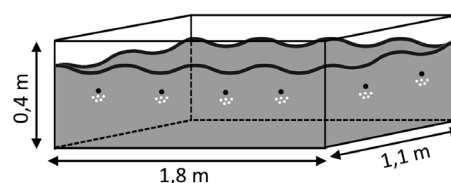
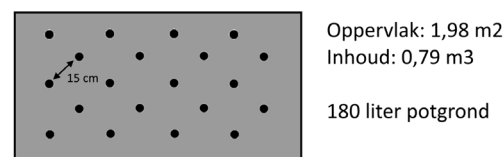
Figuur 1; Fotosynthese; Licht- en Donkerreactie



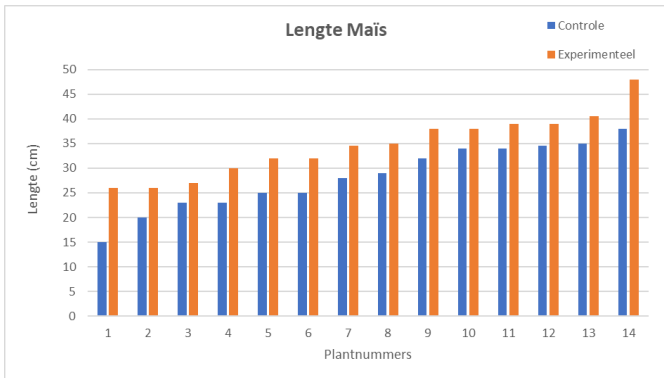
Figuur 3; Optimumkromme temperatuur tuinkers



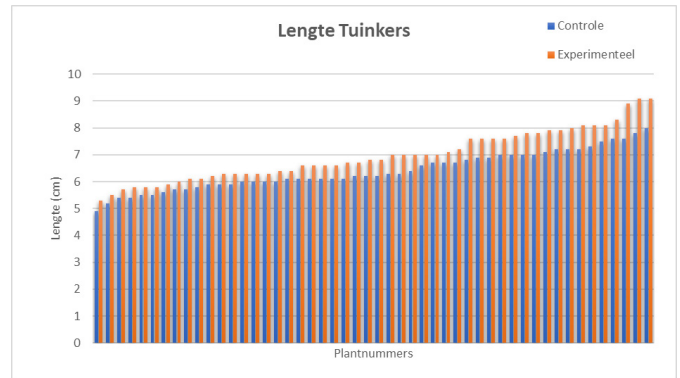
Figuur 2; Optimumkromme temperatuur maïsgroei



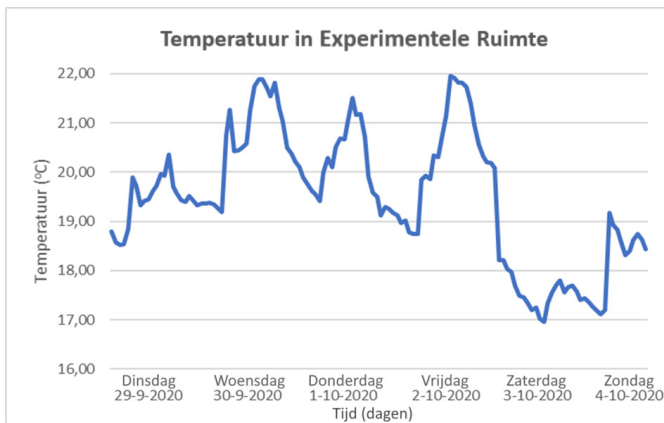
Figuur 4; Inhoud bak en locatie maïszaadjes



Grafiek 1, Lengtes maïsplanten.



Grafiek 2; Lengte Tuinkers



Grafiek 3; Temperatuur in Experimentele Ruimte

Nulhypothese toets lengte Maïs:

Stel X is de lengte van een maïsplant.

$H_0: \mu_X = 28, H_1: \mu_X > 28, \alpha = 0,025$

Het gemiddelde van de experimentele groep \bar{X} is normaal verdeeld met:

$$\begin{aligned} - \mu_X &= 28 \\ - \sigma_X &= \frac{6,68}{\sqrt{14}} \end{aligned}$$

$$P(\bar{X} \geq 35) =$$

$$\text{Normalcdf}(35, 10^{99}, \frac{6,68}{\sqrt{14}}, 28)$$

$$P(\bar{X} \geq 35) = 4,41 \cdot 10^{-5}$$

Nulhypothese toets lengte Tuinkers:

Stel X is de lengte van een tuinkersplant.

$H_0: \mu_X = 6,41, H_1: \mu_X > 6,41, \alpha = 0,025$

Het gemiddelde van de experimentele groep \bar{X} is normaal verdeeld met:

$$\begin{aligned} - \mu_X &= 6,41 \\ - \sigma_X &= \frac{0,715}{\sqrt{50}} \end{aligned}$$

$$P(\bar{X} \geq 6,97) =$$

$$\text{Normalcdf}(6,97, 10^{99}, \frac{0,715}{\sqrt{50}}, 6,41)$$

$$P(\bar{X} \geq 6,97) = 1,53 \cdot 10^{-8}$$

Plantnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Lengte Controle	15	20	23	23	25	25	28	29	32	34	34	34,5	35	38
Lengte Experimenteel	26	26	27	30	32	32	34,5	35	38	38	39	39	40,5	48

Tabel 1; Lengtes Maïsplanten

Gemiddelde Controle = 28

Gemiddelde Experimenteel = 35

Standaardafwijking Controle = 6,68

Standaardafwijking Experimenteel = 6,08

Plantnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Lengte Controle	4,9	5,2	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	
Lengte Experimenteel	5,3	5,5	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	
Plantnummer	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Lengte Controle	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,2	
Lengte Experimenteel	6,3	6,3	6,3	6,3	6,4	6,4	6,6	6,6	6,6	6,6	6,7	6,7	
Plantnummer	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Lengte Controle	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,6	6,7	6,7	6,7	6,8	6,9	6,9	
Lengte Experimenteel	6,8	6,8	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,2	7,6	7,6	7,6	
Plantnummer	37	38	39	40	41	42	44	45	46	47	48	49	50
Lengte Controle	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,2	7,2	7,3	7,5	7,6	7,6	7,8	8,0
Lengte Experimenteel	7,6	7,7	7,8	7,8	7,9	7,9	8,1	8,1	8,1	8,3	8,9	9,1	9,1

Tabel 2; Lengtes Tuinkers

Gemiddelde Controle = 6,41

Gemiddelde Experimenteel = 6,97

Standaardafwijking Controle = 0,715

Standaardafwijking Experimenteel = 0,940

Het verband tussen het concentratievermogen en het opleidingsniveau van jonge adolescenten

R. Alfares¹, A.H.P. Roerdink², S.D.W.M. Wes¹, J.M.B. Assink-Geverink², A. Boamfa³, A.A. ten Cate³

¹SG De Waerdenborch, Holten

²SG Marianum, Groenlo

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The aim of this paper was to research whether the level of education correlates with the ability to concentrate. If this is the case, then the levels of education with the lowest ability to concentrate, could be supported with brain training to improve this. The participants were teenagers who were studying at SG de Waerdenborch or at SG Marianum. The levels of education researched were 3 mavo, 3 havo and 3 vwo. To measure the ability to concentrate, the d2 test of attention was used. The students made this test three times, once in silence and twice while being distracted by either music or music and videoclips combined. The results showed that there was a significant difference between the ability to concentrate of students from 3 mavo compared to students from 3 vwo. However, no significant contrast was found between the results of mavo 3 compared to havo 3 and havo 3 compared to vwo 3. Based on these results no positive correlation can be determined between the level of education and the ability to concentrate in general. However, with the significant difference between mavo and vwo, schools can take measures to reduce the difference, such as a brain training.

Introductie

In dit onderzoek wordt onderzocht of er een verband bestaat tussen het opleidingsniveau en het concentratievermogen van jonge adolescenten. Hierbij wordt gekeken of er een significant verschil bestaat tussen het concentratievermogen van de leerlingen op de niveaus 3 mavo, 3 havo en 3 vwo. Er zijn meerdere onderzoeken gedaan naar de concentratie, maar er is nog geen wetenschappelijk artikel wat betreft het verband tussen het opleidingsniveau en het concentratievermogen van jonge adolescenten.

Theorie

Concentratie in de hersenen

Concentratie, oftewel blijvende aandacht; iedereen heeft er mee te maken. Of het nu tijdens het spelen van een spel is of tijdens het leren. De hersenen worden continu gebombardeerd met informatie afkomstig vanuit de zintuigen en toch kan men zich concentreren op de ene taak en niet op de ander (Williams & Fletcher, 2018).

Wanneer de aandacht op één taak wordt gericht, verandert de elektrische activiteit in de neocortex: het buitenste gedeelte van de hersenen. Hierdoor stoppen neuronen in de hersenen synchroon met elkaar te signaleren. Deze desynchronisatie stelt individuele neuronen in staat om op verschillende wijzen op sensorische informatie te reageren. Dat is informatie die door de zintuigen wordt waargenomen en vervolgens naar de hersenen wordt vervoerd. Dit mechanisme wordt op gang gebracht door het cholinerge systeem in de hersenen. Deze bestaat uit clusters van cholinerge neuronen, die verbindingen vormen door de gehele hersenen (VU University Amsterdam, 2011) (Williams & Fletcher, 2018). Deze clusters synthetiseren en geven een neurotransmitter genaamd acetylcholine (ACh) af. Neuronen geven impulsen aan elkaar door middel van synapsen. Dat is de plaats waar twee neuronen contact met elkaar maken. De impuls gaat vanuit een axon, de afvoerende uitloper van een neuron, naar de dendriet, de aanvoerende uitloper van het neuron, of naar het cellichaam van een ander neuron, figuur 1. Tussen het membraan van het axon, het presynaptisch membraan, en het membraan van het andere neuron, het postsynaptisch membraan, zit een spleetvormige ruimte van 10-40 nm: de synapsspleet. In het uiteinde van het axon liggen

synaptische blaasjes gevuld met een stof, een neurotransmitter. De overdracht van de neurotransmitter gebeurt in een aantal stappen, figuur 2. Door de impuls in het axon openen Ca²⁺-poorten, en Ca²⁺-ionen stromen het presynaptische neuron in. Hierdoor verplaatsen de neurotransmitterblaasjes zich naar het presynaptisch membraan. Hier lozen ze hun neurotransmitter in de synapsspleet. Een deel daarvan bindt aan receptoren van speciale Na⁺-poorten in het postsynaptisch membraan, die reageren op de neurotransmitter. Na⁺-ionen stromen het postsynaptisch neuron in en de membraanpotentiaal gaat omhoog. Deze membraanpotentiaal van -70 mV ontstaat door het verschil van de concentratie ionen aan de binnen- en buitenzijde van het membraan van een neuron. Als er genoeg Na⁺-poorten opengaan, zal de membraanpotentiaal de drempelwaarde bereiken en zal er impulsoverdracht plaats vinden. (Nectar, 2014a) (Nectar, 2014b). Zo kan ACh impulsen van de ene zenuwcel naar de andere zenden (Pastore, 2020). Williams en QBI-onderzoeker Lee Fletcher stelden vast dat het cholinerge systeem als een hoofdschakelaar werkt die de neuronen in de hersenen aan- en uitzet (Williams & Fletcher, 2018). De set van neuronen die dan geactiveerd wordt, hangt af van het type informatie waarop wordt gelet en van het type aandacht die daarbij vereist is. Er is een type met detailgerichte aandacht, waarbij men zich op één taak concentreert en een type met globale aandacht, waarbij men zich op meerdere taken tegelijk concentreert. Het netwerk van die regio's van neuronen, die zich in bijna elke hersenkwab bevinden, vormt het aandachtcentrum. Dit netwerk omvat sensorische gebieden, die de binnenkomende informatie selectief verwerken, pariëtale gebieden, die bepalen waar de aandacht op gericht moet worden en prefrontale gebieden, die het aandachtcontrole centrum vormen.

De functie van neurotransmitters in de hersenen

De eerdergenoemde acetylcholine is samen met dopamine en norepinefrine (NE) een neurotransmitter om de aandacht effectief te richten. ACh verbetert de aandachtfocus door de neurale activiteit in de sensorische, prefrontale en pariëtale gebieden te moduleren. In de sensorische gebieden, zoals de visuele cortex, verhoogt ACh de sterkte van het relevante signaal, dat het aandachtspunt vertegenwoordigt, ten

opzichte van de omringde signalen. In de pariëtale gebieden beïnvloedt ACh de hersen gestuurde en sensatie gestuurde aandachtsprocessen bij het oriënteren en heroriënteren op dat wat van belang is. In de prefrontale cortex zorgen de grote hoeveelheden ACh voor het lang behouden van de aandacht.

Voor dopamine zijn twee families van dopaminereceptoren: D1 en D2. De D1-familie omvat D1- en D5-receptoren; De D2-familie omvat D2-, D3- en D4-receptoren. Dat zijn moleculen waaraan dopamine bindt en zo voor een effect in de hersenen zorgt. Deze receptoren zijn verschillend over de hersenen verdeeld en werken op verschillende manieren. In de prefrontale cortex worden dopaminerge signalen ontvangen. Dopamine richt zich dan op cellen die zowel prikkelend, oftewel glutamaterge, als remmend, oftewel generate gamma aminobutyric acid (GABA), zijn. Dit zorgt voor het in evenwicht brengen van de neurale activiteit in de prefrontale cortex en het afstemmen op de specifieke mentale taak. De neurotransmitter norepinephrine is een chemische stof die zowel voor de activering als de remming van specifieke hersenregio's zorgt. NE activeert de vaak bevorderde dopamine en cholinerge ACh-cellen en remt GABA-erge cellen. De verhoging van de waakzaamheid in de hersenen leidt tot verbetering in het cognitief functioneren inclusief aandachtfocus. Ook medieert NE het aandachtseffect wanneer de aandacht plotseling wordt gericht op een nieuwe, opvallende of onverwachte stimulus. Voor norepinephrine zijn twee families van norepinephrinereceptoren: alfa en bèta waar NE aan kan binden. norepinephrine-tekort verandert de vrijlating van dopamine en acetylcholine, wat leidt tot een tekortkoming van beide neurotransmitters. Er ontstaat het tegenovergestelde van concentratie oftewel een aandachtstoornis (Pastore, 2020).

Opleidingsniveau

Het opleidingsniveau is een gegeven voor het weergeven van de moeilijkheidsgraad waarin iemand in staat is een opleiding te volgen (Kelvin, 2020). Er is echter geen directe invloed te vinden van het opleidingsniveau op de hersenen. Wel kan het IQ bepaald worden. De afkorting IQ staat voor de term Intelligentie Quotient. Het is een maat voor hoe intelligent iemand is en wordt uitgedrukt in een getal (Resing & Drenth, 2007). Dit getal kan met een IQ-test vastgesteld worden. De test kan men op basis van verschillende aspecten indelen waaronder het opleidingsniveau. Zo is het IQ van de leerlingen op het vwo vastgesteld tussen 102 en 131; het IQ van de leerlingen op de havo is vastgesteld tussen 94 en 120 en het IQ van de leerlingen op de mavo is vastgesteld tussen 87 en 110 (De Testpsycholoog, z.d). De score kan variëren als gevolg van de mate van concentratie tijdens het maken van de IQ test. (123test, 2014). Op basis van deze informatie gaat men er van uit dat een hoger IQ bij een hoger opleidingsniveau hoort en dus hoort een hoger opleidingsniveau bij een beter concentratievermogen. Er zijn echter geen onderzoeken die een daadwerkelijk verband uitwijzen tussen het concentratievermogen en het opleidingsniveau van jonge adolescenten. Er wordt daarom in dit onderzoek deze variabele gekozen om na te gaan welke invloed het opleidingsniveau op het concentratievermogen heeft.

Invloed op het concentratievermogen

De mate van het verlies van concentratie verschilt per persoon. Concentratieverlies kan een symptoom zijn van een slechte hormonale werking. Een oorzaak hiervan is een

slechte doorbloeding van de hersenen. Hierdoor worden betrokken neurotransmitters niet of onvoldoende aangevoerd bij de desbetreffende receptoren, waardoor hun werking ontbreekt in de hersenen. Als gevolg hiervan ontstaat er een verminderd concentratievermogen. Bekende oorzaken van een concentratievermindering zijn depressie of een burn-out (Vos, 2021). Met ongeveer 3% onder de 12- tot 16-jarigen komen symptomen als depressie of een burn-out in deze leeftijdscategorie het minst voor (Nji, 2019). In dit onderzoek wordt het concentratievermogen van leerlingen uit 3mavo, 3havo en 3vwo getest. De geschatte leeftijd is tussen 13 en 15 jaar. Daarom worden oorzaken als depressie of een burn-out in dit onderzoek uitgesloten. Bij het concentratievermogen spelen naast de bovengenoemde factoren een drietal andere factoren een rol; namelijk muziek, dyslexie en concentratieproblemen zoals ADD en ADHD.

Muziek

Muziek lijkt een positief effect te hebben op bepaalde cognitieve functies zoals het concentratievermogen. Zo stimuleert muziek de aanmaak van norepinephrine in de hersenschors. Dit zorgt voor het activeren van de aanmaak van acetylcholine en dopamine waardoor het concentratievermogen verbetert. Uit onderzoek blijkt ook dat muziek een afleidend effect heeft. De aandacht bestaat namelijk uit een bewust en een onbewust deel. Het bewuste deel richt zich op de te verrichten taak; het onbewuste deel reageert op achtergrondgeluiden en is dus altijd alert op de omgeving. Uit het onderzoek van de cognitieve neuroloog Peter Tze blijkt dat zowel hiphop muziek als klassieke muziek een negatieve invloed hebben op het concentratievermogen (Tze & Chou, 2010). De Amerikaanse psychologen Manuel Gonzalez en John Aiello hebben onderzocht dat muziek per type persoon voor wel of geen afleiding zorgt. Mensen, die niet vatbaar zijn voor verveling, presteren beter met drukke, maar minder luide muziek. Mensen, die wél vatbaar zijn voor verveling, presenteren beter met rustige of zonder muziek. De drukke muziek geeft de eerste groep mensen precies genoeg afleiding, dat hun gedachten niet afdwalen. Voor de tweede groep geldt, dat drukke muziek voor te veel afleiding zorgt (Grashuis, 2014) (Intermediair, 2019).

Dyslexie

Bij iemand met dyslexie gaat lezen, spellen en ook zelf schrijven veel te moeizaam, terwijl iemand wel een gemiddelde intelligentie heeft. Uit onderzoek blijkt dat kinderen met dyslexie meer problemen hebben zich te concentreren. Kinsbourne stelt vast dat de moeilijkheden van dyslectici met symmetrische letters (b/d) gezien kunnen worden als een aandachtsprobleem (Kok, 2009). Bovendien geeft Vellutino (1979) aan dat dyslectici meer kans hebben op problemen met selectieve aandacht dan normale lezers. Het is dus lastig voor kinderen met dyslexie om zich op één taak te richten (Hersenstichting, z.d.). Op basis van deze gegevens kan vastgesteld worden dat iemand met dyslexie zich slechter kan concentreren dan iemand zonder dyslexie. Om de negatieve invloed van de beperking van iemand met dyslexie op het concentratievermogen aan te tonen, wordt gebruikt gemaakt van een concentratie test.

ADD/ADHD

Attention Deficit Hyperactivity Disorder oftewel ADHD. Het is een aandachtstoornis gekenmerkt door aandachtsproblemen,

hyperactiviteit en impulsiviteit. Snel afgeleid zijn, moeite met luisteren en chaos vallen onder de aandachtsproblemen. Onder hyperactiviteit wordt moeite met ontspannen, rusteloos zijn en altijd bezig willen zijn verstaan. Met impulsiviteit wordt door mensen heen praten en eerst doen en dan denken bedoeld.

Attention Deficit Disorder oftewel ADD is een verlichte vorm van ADHD waarbij de hyperactiviteit ontbreekt. Mensen met ADD vertonen, op hyperactiviteit na, dezelfde symptomen als mensen met ADHD. Mensen met deze stoornissen kunnen zich moeilijk op één taak richten en kunnen zich dus slecht concentreren (ADHD-Nederland, z.d). Het is te verwachten dat iemand met ADD/ADHD zich slechter kan concentreren dan iemand zonder ADD/ADHD.

De d2-aandacht- en concentratietest

Om de mate van de invloed van bovenstaande factoren op het concentratievermogen te meten, zijn er een aantal manieren. Een d2-aandachts- en concentratietest is een van die manieren. Deze test is een vorm van psychologisch onderzoek waarin de aandacht en concentratie worden gemeten. In deze test staan de letters d, b en q naast elkaar opgesomd. Elk van deze letters heeft 1, 2, 3 of 4 streepjes om zich heen, figuur 3. Opdracht luidt als volgt; omcirkel enkel de letters d met uitsluitend twee streepjes om zich heen. Dat zijn dus de d's met twee streepjes erboven, de d's met twee streepjes eronder en de d's met een streepje eronder én een streepje erboven. De letters b en q en de d's met meer of minder streepjes moeten dus niet worden omcirkeld.

Hoewel de d2-aandachts- en concentratie test vóór een aantal hedendaagse concentratietesten is gemaakt, is de test nog steeds relevant door een aantal specifieke kenmerken. Een van die kenmerken is dat het doelwit (de d's met 2 streepjes eromheen) en niet-doelwit (alle andere letters en d's met meer of minder streepjes) enorm op elkaar lijken. Het onderscheiden van deze letters vereist een hoge concentratie en aandacht. Ook moeten de proefpersonen in staat zijn om zowel de doelletter als het ruimtelijke aspect van twee streepjes te detecteren en te combineren. Gezien de herhaling van meerdere rijen zonder rust, gelijkenissen tussen doelwit en niet-doelwitstimuli en visuele variaties van de juiste doelen, kan de d2-test gebruikt worden om de nauwkeurigheid en snelheid van het scannen te meten. (Bates & Edward P. Lemay, 2003)

In dit onderzoek wordt, door middel van de d2-aandacht- en concentratietest, het (afleidende) effect van muziek en het IQ van de jonge adolescenten op basis van het opleidingsniveau, de onderzoeksvraag: 'Welk verband bestaat er tussen het concentratievermogen en het opleidingsniveau van jonge adolescenten?' beantwoord. Het concentratievermogen kan door oefening verbeterd worden (Memory & Yoder, 1988). In het geval van een positief verband, kunnen scholen dus actie ondernemen en de betreffende niveaus ondersteunen bij het verbeteren van hun concentratievermogen. Er kan gebruik gemaakt worden van een hersentraining zoals concentratiespellen; een voorbeeld is schaken of dammen. Bewegen heeft ook een positief effect op de concentratie. Het verbetert de doorbloeding van de hersenen, waardoor men zich beter kan concentreren (samengezond, 2020).

Methode

Gidsexperiment

Om een gemiddelde tijd vast te kunnen stellen voor het afnemen van de d2-aandacht- en concentratietest tijdens het

daadwerkelijke experiment hebben 18 leerlingen, 6 van mavo, 6 van havo en 6 van vwo, deelgenomen aan het gidsexperiment. De d2-concentratietest is aan hen voorgelegd. De proefpersonen hebben eerst een test met 2 blaadjes gekregen met in totaal 12 rijen (de korte versie). Wanneer de leerlingen klaar waren met de test staken zij hun hand op; de onderzoekers zetten de tijd stop. Vervolgens hebben de leerlingen een test met 5 blaadjes gekregen met in totaal 30 rijen (de lange versie). Bij de lange versie hebben de leerlingen ook het blaadje gemarkeerd, waarbij zij hebben opgemerkt dat zij de doelwitletters (dus de d's met 2 streepjes) lastiger te onderscheiden vonden dan aan het begin van de test. Zo is ook de lengte van de d2-test op voor het daadwerkelijke experiment vastgesteld.

Daadwerkelijke experiment

2 middelbare scholen hebben deelgenomen aan dit experiment. 40 mavoleerlingen, 40 havoleerlingen en 39 vwo-leerlingen hebben een concentratietest gemaakt. Voorafgaand aan de test hebben de proefpersonen een korte enquête over een aantal variabelen die betrekking kunnen hebben tot het concentratievermogen ingevuld, figuur 4.

De leerlingen hebben de d2-concentratietest van 8 A4'tjes lang met elk daarop 6 rijen gekregen. Deze test hebben de proefpersonen eerst in volledige stilte gedaan. Vervolgens is het lied Happy op de achtergrond afgespeeld en is de test opnieuw gemaakt. Afsluitend is deze test nog een laatste keer gemaakt met beeld én geluid. De videoclippen van de volgende liedjes zijn bij de derde ronde gekozen: Savage love van Jason Derulo, De Overkant van Suzan en Freek, Watermelon sugar van Harry Styles en Tigers van Bilal Wahib. Per ronde hebben de proefpersonen 10 minuten en 40 seconden de tijd gekregen om de doelwitters te selecteren.

Methode van verwerking

Muziek

De liedjes Savage love en Tigers behoren tot het genre hiphop en de liedjes De Overkant en Watermelon Sugar behoren tot het genre pop. Hiphop heeft een negatief effect op het concentratievermogen (Tze & Chou, 2010). Door het gebruik van de verschillende genres hiphop en pop wordt geprobeerd voor een afleidend effect te zorgen bij de leerlingen.

De d2-aandacht- en concentratietest

Met de d2-aandacht- en concentratietest is gekeken naar het verband tussen het verschil in opleidingsniveau en hoe snel leerlingen hun concentratie hebben verloren. Vervolgens zijn de resultaten per klas van de verschillende niveaus opgeteld om zo een verband te kunnen leggen tussen het opleidingsniveau en het concentratievermogen. De gegevens zijn hierbij omgezet in getallen en percentages en vervolgens in een Excel tabel/grafiek verwerkt.

De concentratieprestatie (CP) van de leerlingen is berekend door middel van het aantal verwerkte doelstimuli en het aantal fouten. Onder de fouten worden twee soorten verstaan; de omissiefouten, oftewel het aantal gemiste doelstimuli (OF) en de commissiefouten, het aantal foutief geselecteerde tekens (CF). Formule voor de concentratieprestatie luidt dus als volgt; $CP = \text{TOTAAL} - (OF + CF)$.

Deze gegevens worden per leerling verwerkt en vervolgens per klas gerangschikt. Van elk opleidingsniveau werd het gemiddelde en de standaarddeviatie uitgerekend. Om deze gemiddelden te vergelijken is de t-toets gebruikt. Wanneer

de t-toets uitgevoerd is, zal dit een p-waarde aangeven. De p-waarde geeft de kans aan dat een resultaat binnen deze nulhypothese zal vallen. Indien een p-waarde onder 0,05 is, moet de nulhypothese verworpen worden en kan er geconcludeerd worden dat er significante verschillen zijn in de gemiddelden van beide groepen. (Heijst, 2018) In dit onderzoek is de nulhypothese: Er is geen verschil in het concentratievermogen van de opleidingsniveaus.

Resultaten

Verwerking

Op het eerste gezicht valt op dat het gemiddelde van de vwo-leerlingen hoger ligt dan die van leerlingen van andere niveaus, figuur 5. Ook ligt het gemiddelde van de havoleerlingen hoger dan het gemiddelde van de mavoleerlingen. Hiermee kon echter nog niet een hogere concentratieprestatie vastgesteld worden. De significantie van deze verschillen is hiervoor van belang. Deze significantie is bepaald door de hiervoor genoemde t-toets

T-toets

De gemiddelde p-waarde is bij de vergelijking tussen mavo en havo aanzienlijk hoger dan 0,05 (0,352677374) en tussen deze niveaus is dus geen significant verschil gevonden. Bij de resultaten van de vwo-leerlingen ten opzichte van de andere niveaus is er echter wel een significant verschil te zien. De t-test tussen de mavo- en vwo-leerlingen levert een gemiddelde p-waarde van 0,001398899 op. Dit is lager dan 0,05, er is dus een significant verschil tussen mavo en vwo. De nulhypothese 'Er is geen significant verschil tussen het concentratievermogen van de opleidingsniveaus mavo en vwo.' kan verworpen worden. Bij de toetsing tussen havo en vwo was de gemiddelde p-waarde kleiner dan die van mavo en havo, maar niet kleiner dan 0,05 (namelijk 0,053713048). Er wordt dus niet gesproken van een significant verschil, figuur 6. Bij sommige rondes is het verschil tussen de scholen; SG Marianum en SG de Waerdenborch significant. Bij de derde ronde 'Videoclip' is de p-waarde tussen de twee mavoklassen 0,025755769 en bij de ronde in stilte is de p-waarde tussen de havo-klassen 0,044549482. Bij de andere rondes was het verschil tussen de klassen niet lager dan 0,05. Er is dus een significant verschil tussen de scholen gevonden, maar dit verschilt per ronde en per niveau.

Factoren enquête

Voorafgaand aan de concentratietest hebben de leerlingen een enquête ingevuld betreffend een aantal factoren, waaronder dyslexie, concentratie- en slaapproblemen figuur 4. Er hebben geen leerlingen deelgenomen met slaapproblemen. Van de 15 rondes die in totaal gemaakt zijn door 5 leerlingen met alleen dyslexie (elke leerling heeft 3 rondes gemaakt), lag maar één ronde onder het klassengemiddelde. Er zijn in totaal 6 rondes gemaakt door 2 leerlingen met dyslexie én ADHD, hiervan ligt de helft onder en de helft boven het klassengemiddelde. Er heeft één leerling meegedaan die geen dyslexie heeft, maar wel concentratieproblemen. Deze leerling scoorde bij 2 van de 3 rondes beter dan het klassengemiddelde en bij een ronde onder dit klassengemiddelde.

In de enquête vooraf is niet alleen naar die factoren gevraagd maar ook naar de kwaliteit van de slaap van afgelopen nacht, figuur 4. 27 leerlingen had aangegeven dat zij slechter hadden geslapen dan normaal. Van de door hen in totaal 81 gemaakte

rondes, waren 50 boven het klassengemiddelde gemaakt en 31 hieronder.

Conclusie

Met deze resultaten kan de hoofdvraag beantwoord worden, deze luidt als volgt; 'Welk verband bestaat er tussen het opleidingsniveau en het concentratievermogen van jonge adolescenten?' Uit de resultaten blijkt dat er een significant verschil is tussen de opleidingsniveaus mavo en vwo. Er is echter, in dit onderzoek, geen significant verschil gebleken tussen de opleidingsniveaus mavo en havo en tussen havo en vwo. Hierdoor kan er geen positief verband vastgesteld worden tussen het opleidingsniveau en het concentratievermogen van jonge adolescenten in het algemeen. Met de conclusie dat er wél een positief verband bestaat tussen het concentratievermogen van jonge adolescenten op het vwo en mavo, kunnen er maatregelen genomen worden om het verschil te beperken, zoals een hersentraining voor de leerlingen van het niveau mavo. (Memory & Yoder, 1988)

Discussie

Beperkingen

Hoewel aan dit onderzoek in totaal 119 leerlingen hebben deelgenomen, zijn zij niet alle 119 meegenomen in de resultaten. Bij 4 leerlingen was duidelijk dat zij de opdracht verkeerd hadden begrepen. Een van deze leerlingen had opvallend veel omissiefouten gemaakt en alleen één soort van de doelstimuli gemarkeerd. Zij had namelijk alleen de d's met een streepje eronder en een streepje erboven gemarkeerd. De andere leerlingen hadden consequent veel commissiefouten gemaakt. Zij hadden ook andere letters gemarkeerd zoals de letters; b en q. Dit leverde bij al deze leerlingen een negatieve concentratieprestatie op. In het geval van een negatieve concentratieprestatie wordt niet langer uitgegaan van een zwakke prestatie, maar van het niet begrijpen van de opdracht. Eén leerling heeft een aantal keer aangegeven dat hij zich niet meer kon concentreren na twee testen uitgevoerd te hebben. Hij heeft daarom ook bij de laatste ronde, met de videoclips, geweigerd deze nog een keer te maken. Er is bewust gekozen om de score van deze leerling wel mee te nemen in de resultaten, omdat hij aangaf dat dit aan zijn concentratievermogen lag. Deze weigering kan ook worden gezien als een vorm van demonstratief gedrag, maar omdat dit is veroorzaakt door het verminderde concentratievermogen is er besloten om zijn score alsnog mee te nemen in de resultaten.

Het verschil tussen het concentratievermogen van mavo en havo hangt af van de concentratieprestatie van een aantal leerlingen. De p-waarde van dit verschil was namelijk nét iets hoger dan 0,05 (0,053713048).

Validiteit

Aangezien de d2-aandachts- en concentratietest gebruik maakt van meerdere rijen zonder rust, veel gelijkenissen tussen doelwit en niet-doelwitstimuli en visuele variaties van de juiste doelen, geeft deze een valide beeld over de nauwkeurigheid en snelheid van het verwerken van de test. Daardoor is deze test valide voor het berekenen van het concentratievermogen van deze leerlingen.

Een van de belangrijkste discussiepunten op het gebied van validiteit is de gebruikte soort muziek. Het (afleidende) effect van muziek is voor elke leerling anders (Gonzalez & Aiello, 2019). Bij dit onderzoek zijn alleen pop- en hiphoplides

en hun videoclip gebruikt als afleidingsmethoden. Hoewel hiphop wel voor een negatief effect zorgt op het concentratievermogen. (Tze & Chou, 2010), verschilt de afleiding ook per soort muziek en per type persoon. Mensen, die niet vatbaar zijn voor verveling, presteren beter met drukke, maar minder luide muziek. Mensen, die wél vatbaar zijn voor verveling, presenteren beter met rustige of zonder muziek. (Grashuis, 2014).

Ook het maken van de verschillende tests op de computer met koptelefoons zou de validiteit van het onderzoek bevorderen. Op deze manier wordt voorkomen dat leerlingen elkaar afleiden door mee te zingen en/of andere storende geluiden te maken. Dit is namelijk niet de afleiding waarop dit onderzoek doelt.

Dit onderzoek bevat 119 leerlingen, hoewel dit een relatief groot aantal is, levert dit toch wat twijfels op. Van de 119 leerlingen hadden namelijk maar 7 leerlingen één of beide concentratiestoornissen; namelijk dyslexie en/of ADHD/ADD. Dit kleine aantal is dus niet representatief voor de gehele groep met deze stoornis(sen). Één leerling met zowel dyslexie als ADHD scoorde tamelijk lager dan het klassengemiddelde, in tegenstelling tot een andere leerling met exact dezelfde stoornissen, die hoger dan het klassengemiddelde scoorde. Verwachting was dat leerlingen met dyslexie én leerlingen met een concentratieprobleem lager zouden scoren dan leerlingen zonder deze stoornissen (Kok, 2009) (Tze & Chou, 2010). Dit is niet gebleken uit de resultaten van beide leerlingen, maar deze afwijking kan ook een uitzondering zijn.

De uitkomst van dit onderzoek is niet representatief voor alle leerlingen van de middelbare school. Dit onderzoek is gebaseerd op 119 leerlingen, afkomstig van twee verschillende middelbare scholen. Uit de resultaten is gebleken dat het verschil in concentratievermogen van de leerlingen tussen beide middelbare scholen soms significant was en dus zou de plek waar het experiment is uitgevoerd effect kunnen hebben gehad op de vastgestelde concentratieprestaties.

Betrouwbaarheid

Op basis van dit onderzoek is niet op te maken dat de leerlingen met dyslexie of concentratieproblemen een slechtere concentratieprestatie leverden dan de andere leerlingen. In dit onderzoek spelen deze twee variabelen dus geen rol. Dit is in tegenstelling tot onderzoek, waarbij geconstateerd is dat kinderen met dyslexie zich lastiger kunnen concentreren (Hersenstichting, z.d.). Dit onverwachte resultaat leidt tot twijfels aan de betrouwbaarheid van het meten van het concentratievermogen. Daarentegen is wel een d2-concentratie- en aandachttest gebruikt. Dit is een testvorm waarbij symmetrische letters zijn gebruikt (b/d). Uit onderzoek blijkt dat dyslectici meer moeite hebben met symmetrische letters dan leerlingen zonder dyslexie (Kok, 2009). Hieruit kan dus vastgesteld worden dat de gebruikte testvorm betrouwbaar is. Door deze afwijkende resultaten kan wel getwijfeld worden aan de uitvoering van de test, de leerlingen hebben deze namelijk op verschillende momenten gemaakt en ook per klas apart.

Hetzelfde geldt voor de kwaliteit van slaap. Van de leerlingen die aangaven dat zij slechter geslapen hadden dan normaal, scoorde meer dan de helft boven hun klassengemiddelde. Uit dit onderzoek kan dus geen verband worden vastgesteld tussen de kwaliteit van slaap en het concentratievermogen.

Aan de resultaten was te zien dat de leerlingen, ondanks

de afleiding van liedjes en videoclips, hoger scoorden per opvolgende ronde. Dit kan te maken hebben met gewenning aan de testvorm. Daarnaast konden de leerlingen per opvolgende ronde beter de gegeven tijd over de 8 A4'tjes verdelen en hierdoor de test beter maken. In figuur 5 is dit duidelijk weergegeven, de eerste ronde is in stilte gemaakt, de tweede met een liedje op de achtergrond en de derde ronde met een filmpje op. De gewenning is zoveel mogelijk voorkomen door de volgorde van de letters in de test te variëren.

Vervolgonderzoek

Op basis van deze resultaten lijkt een vervolgonderzoek verstandig. Een vervolgonderzoek zal een betrouwbaarder beeld geven over het concentratievermogen van de opleidingsniveaus. Dit onderzoek kan op een aantal gebieden verbeterd worden d.m.v. vervolgonderzoek:

Aangezien er af en toe tussen de scholen een significant verschil gevonden is, wordt het aangeraden om deze concentratietest uit te voeren over verschillende scholen. Hierdoor wordt de variabele, dat het concentratievermogen afhangt van de plek waar leerlingen lessen volgen, geschrapt.

Niet alleen wordt er aanbevolen om het vervolgonderzoek te verbreiden over meerdere scholen, ook het aantal leerlingen zal verhoogd moeten worden. Dit zal het onderzoek ook meer representatief maken voor de gehele populatie. Bovendien zullen deze leerlingen zich zoveel mogelijk in gelijke omstandigheden moeten bevinden, zoals een grotere ruimte en rond hetzelfde tijdstip. Dat was in dit onderzoek niet mogelijk in verband met de COVID-19 restricties.

Indien uit vervolgonderzoek met meer leerlingen zou blijken dat de groep met de eerdergenoemde stoornissen slechter scoort, zou deze groep weggelaten kunnen worden van de resultaten. Hierdoor kunnen zij dus uitgesloten worden of, indien er blijkt dat zij niet slechter scoren, met meer zekerheid in de resultaten worden meegenomen.

Een vervolgonderzoek met meer leerlingen zal ervoor zorgen dat de p-waarde van de t-toets tussen mavo en havo meer van de 0,05 afwijkt. Dit kan zowel lager dan 0,05 worden (significant verschil) als aanzienlijk hoger dan 0,05 worden (geen significant verschil). Als deze alsnog groter blijkt dan 0,05 blijft de getrokken conclusie staan; 'Er bestaat geen verband tussen het opleidingsniveau en het concentratievermogen'. Indien deze toch kleiner blijkt dan 0,05 kan er sterk worden getwijfeld aan deze conclusie.

Zoals in de validiteit genoemd, is het afleidend effect van muziek voor iedereen anders. In vervolgonderzoeken zouden daarom nog meer verschillende soorten muziek de onderzoeksresultaten kunnen verbeteren. Door het gebruik van verschillende typen muziek, worden zowel personen, die vatbaar zijn voor verveling, als personen die niet vatbaar zijn voor verveling afgeleid.

Een vervolgonderzoek zal dus een concreter beeld over de juistheid van de conclusie schetsen door het betrekken van meer leerlingen verspreid over meer scholen en het gebruik maken van verschillende soorten muziek. Op deze manier zal deze conclusie meer representatief zijn voor de gehele populatie.

Bibliografie

Alapin, I., Fichten, C. S., Libman, E., Creti, L., Bailes, S., & Wright, J. (2000, November). How is good and poor sleep in older adults and college students related

to daytime sleepiness, fatigue, and ability to concentrate? (J. Fiedorowicz, Red.) *Journal of Psychosomatic Research*, 381-390. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(00\)00194-X](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(00)00194-X)

Bates, M. E., & Edward P. Lemay, J. (2003, September 22). The d2 Test of Attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, pp. 392-400.

Calabesi, P. P., Picconi, B., Parnetti, L., & Filippo, M. D. (2006, November). A convergent model for cognitive dysfunctions in Parkinson's disease: the critical dopamine-acetylcholine synaptic balance. *THE LANCET Neurology*, pp. 974-983.

Das-Smaal, E., Leeuw, L. D., & Orlebeke, J. (1987). Is er iets mis met de aandacht van het schoolkind? Opgehaald van [research.vu.nl: https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/76643768/Das-Smaal+-deLeeuw-Orlebeke+87+-aandacht+school](https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/76643768/Das-Smaal+-deLeeuw-Orlebeke+87+-aandacht+school)

Grashuis, A. (2014, Juni 3). Muziekonderwijs en concentratievermogen. Opgehaald van [AosNoord.nl: https://www.aosnoord.nl/wp-content/uploads/2019/10/2014-Muziekonderwijs-en-concentratievermogen-Amber-Grashuis-de-Feniks.pdf](https://www.aosnoord.nl/wp-content/uploads/2019/10/2014-Muziekonderwijs-en-concentratievermogen-Amber-Grashuis-de-Feniks.pdf)

Memory, D. M., & Yoder, C. Y. (1988, Februari). Improving Concentration in Content Classrooms. *JOURNAL of READING*, pp. 426-435.

Mind Wellness. (2011, December). Concentratieproblemen. Opgehaald van [Mindwellness: https://mindwellness.wordpress.com/probleemgebieden/concentratieproblemen/](https://mindwellness.wordpress.com/probleemgebieden/concentratieproblemen/)

Pastore, D. R. (2020, Mei 10). The Neurochemistry of Focus. Opgehaald van [poweronpoweroff.com: https://poweronpoweroff.com/blogs/longform/the-neurochemistry-of-focus](https://poweronpoweroff.com/blogs/longform/the-neurochemistry-of-focus)

Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E., & Voelker, P. (2014, Mei 8). Developing Attention: Behavioral and Brain Mechanisms. Opgehaald van [hindawi.com: https://www.hindawi.com/journals/aneu/2014/405094/](https://www.hindawi.com/journals/aneu/2014/405094/)

Sieb, R. (1990, November). A brain mechanism for attention. (M. S. Manku, Red.) *Medical Hypotheses*, 145-153. doi:[https://doi.org/10.1016/0306-9877\(90\)90164-A](https://doi.org/10.1016/0306-9877(90)90164-A)

The Brain. (2019, Maart 14). How does the brain focus. Opgehaald van [mcgovern.mit.edu: https://mcgovern.mit.edu/2019/03/14/ask-the-brain-how-does-the-brain-focus/](https://mcgovern.mit.edu/2019/03/14/ask-the-brain-how-does-the-brain-focus/)
VU University Amsterdam. (2011, Augustus 11). Regulation of attention and concentration in brain unravelled. Opgehaald van [medicalxpress.com: https://medicalxpress.com/news/2011-08-attention-brain-unravelled.html](https://medicalxpress.com/news/2011-08-attention-brain-unravelled.html)

Williams, S. R., & Fletcher, L. N. (2018, December 26). A Dendritic Substrate for the Cholinergic Control of Neocortical Output Neurons. *Neuron*, 399-411. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.11.035>

De Testpsycholoog. (z.d). Onderwijsniveau. Opgehaald van [DeTestpsycholoog.nl: https://detestpsycholoog.nl/onderwijsniveau/](https://detestpsycholoog.nl/onderwijsniveau/)

Gonzalez, M. F., & Aiello, J. R. (2019, Januari 28). More Than Meets the Ear: Investigating How Music Affects Cognitive Task Performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, pp. <https://www.gwern.net/docs/music-distraction/2019-gonzalez.pdf>.

Heijst, L. v. (2018, November 1). T-test begrijpen en interpreteren. Opgehaald van [Scribbr.com: https://www.scribbr.nl/statistiek/t-toets/#:~:text=De%20t%2Dtest%2C%20](https://www.scribbr.nl/statistiek/t-toets/#:~:text=De%20t%2Dtest%2C%20)

[ook%20wel,gemiddeld%20langer%20zijn%20dan%20vrouwen.](https://www.scribbr.nl/statistiek/t-toets/#:~:text=De%20t%2Dtest%2C%20)

Nectar. (2014a). Het zenuwstelsel. In M. Bouwman, H. v. Goor, W. Jongmans, J. Strikwerda, A. Weeda, T. Wolfswinkel, . . . Y. Zweverink, Nectar (pp. 178-179). n.b.: Noordhoff Uitgevers bv.

Nectar. (2014b). Het zenuwstelsel. In M. Bouwman, H. v. Goor, W. Jongmans, J. Strikwerda, A. Weeda, T. Wolfswinkel, . . . Y. Zweverink, Nectar (pp. 188-189). n.b.: Noordhoff Uitgevers bv.

NVON-commisie, A. v. (sd). 88G; Bouw en werking synaps. 88; Zenuwstelsel. BiNaS, Groningen.

Resing, W., & Drenth, P. (2007). *Intelligentie: weten en meten*. Amsterdam: UITGEVERIJ NIEUWEZIJD.

Hersenstichting. (z.d). Dyslexie en dyscalculie. Opgehaald van [Hersenstichting: https://www.hersenstichting.nl/hersenaandoeningen/dyslexie-en-dyscalculie/](https://www.hersenstichting.nl/hersenaandoeningen/dyslexie-en-dyscalculie/)

123test. (2014, December 16). Voorbeeldrapport IQ test. Opgehaald van [123test: https://www.123test.nl/iq-test/voorbeeldrapport/](https://www.123test.nl/iq-test/voorbeeldrapport/)

ADHD-Nederland. (z.d). Wat is ADHD en ADD. Opgehaald van [adhd-nederland: https://www.adhd-nederland.nl/wat-is-adhd-add/](https://www.adhd-nederland.nl/wat-is-adhd-add/)

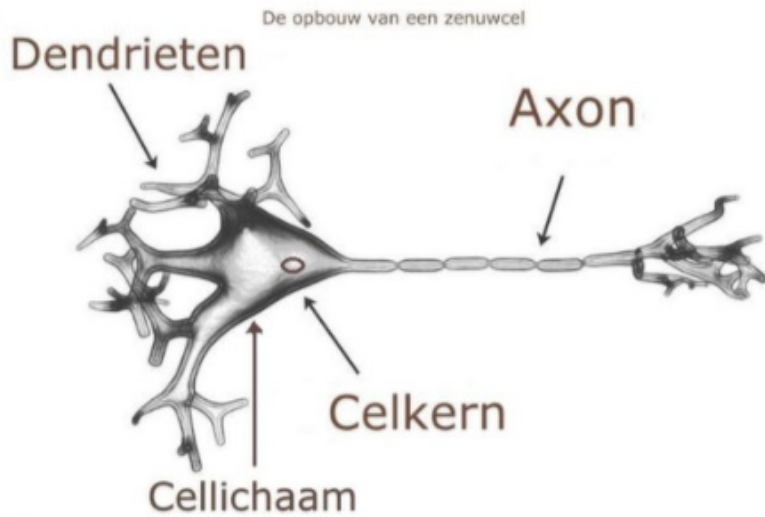
Kelvin. (2020, Januari 12). Betekenis opleidingsniveau. Opgehaald van [betekenis-definitie.nl: https://www.betekenis-definitie.nl/opleidingsniveau](https://www.betekenis-definitie.nl/opleidingsniveau)

Kok, J. (2009, Augustus n.b.). Dyslexie en aandachtsconcentratie. Opgehaald van [annabosman.eu: http://www.annabosman.eu/documents/JudithKok2009.pdf](http://www.annabosman.eu/documents/JudithKok2009.pdf)

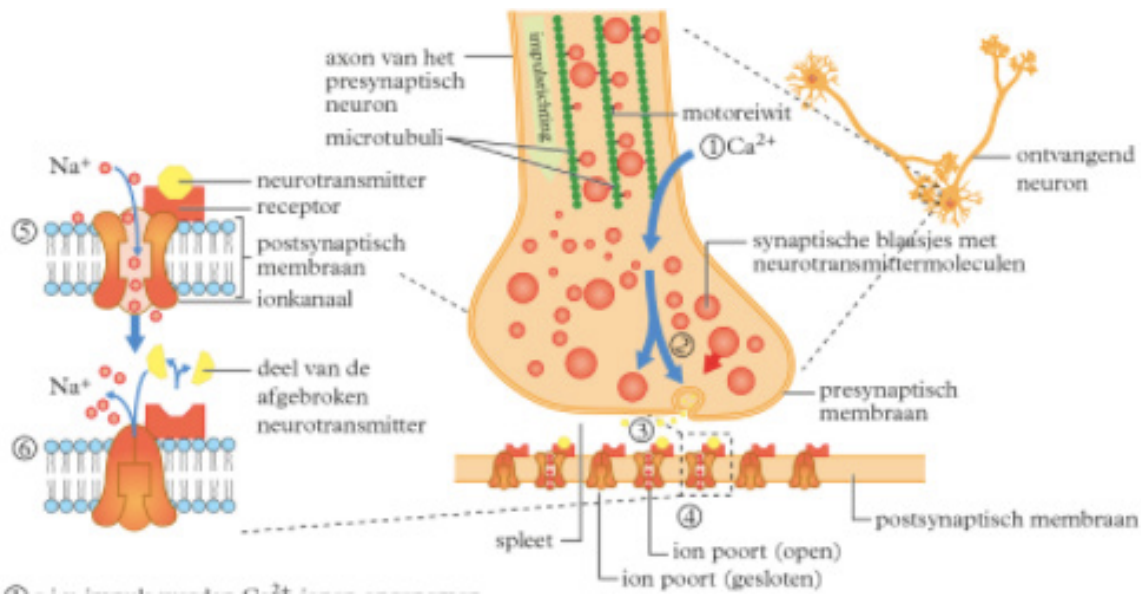
NJi. (2019, Mei 27). Cijfers over depressie. Opgehaald van [nji.nl: https://www.nji.nl/nl/Depressie-Probleemschets-Cijfers/Depressie-Probleemschets-Cijfers-Cijfers-over-depressie#:~:text=In%202018%20zegt%20ruim%205,12%2D%20tot%2018%2Djarigen](https://www.nji.nl/nl/Depressie-Probleemschets-Cijfers/Depressie-Probleemschets-Cijfers-Cijfers-over-depressie#:~:text=In%202018%20zegt%20ruim%205,12%2D%20tot%2018%2Djarigen)

Tze, P., & Chou, M. (2010). How Background Music Effects Concentration in Taiwanese College Students. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 36-46.

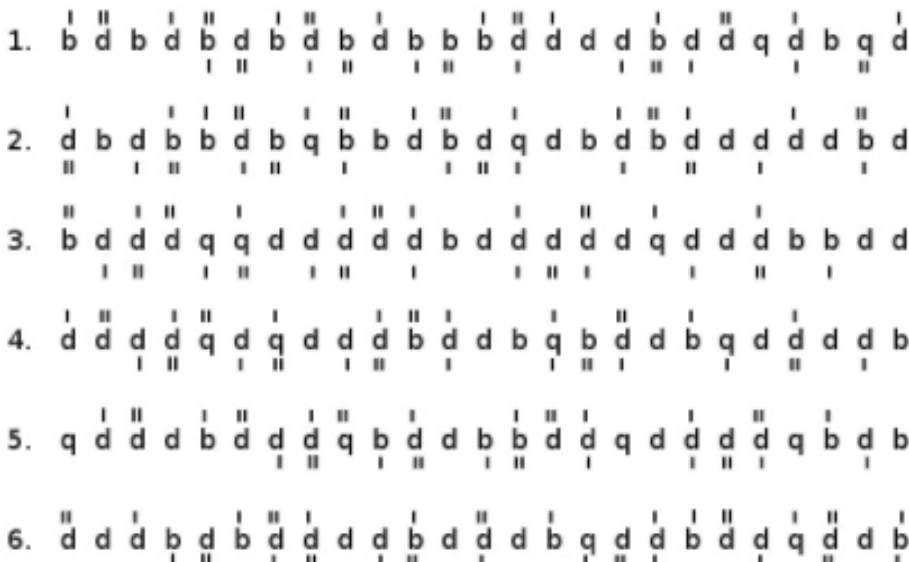
Vos, D. K. (2021, Januari 21). Concentratieproblemen. Opgehaald van [gezondheidsplein.nl: https://www.gezondheidsplein.nl/aandoeningen/concentratieproblemen/item42288#:~:text=De%20symptomen%20van%20concentratieproblemen%20zijn,en%20zorgen%20voor%20genoeg%20ontspanning.](https://www.gezondheidsplein.nl/aandoeningen/concentratieproblemen/item42288#:~:text=De%20symptomen%20van%20concentratieproblemen%20zijn,en%20zorgen%20voor%20genoeg%20ontspanning.)



Figuur 1 Dendrieten ontvangen impulsen van andere neuronen of zintuigcellen. Het cellichaam bevat de celkern en de meeste organellen. Het axon voert impulsen van het cellichaam af.



Figuur 2. 1. o.i.v. impuls worden Ca^{2+} -ionen opgenomen
 2. o.i.v. Ca^{2+} -ionen worden synaptische blaasjes gemobiliseerd
 3. versmelting van de blaasjes met presynaptisch membraan, neurotransmitter in spleet
 4. reactie van neurotransmitter: reageert met receptor.
 5. Na^{+} -ionpoort gaat door de aanhechting van de neurotransmitter open, Na^{+} gaat door postsynaptisch membraan. Wanneer er genoeg Na^{+} -poorten opengaan, dan bereikt de membraanpotentiaal de drempelwaarde en vindt er impulsoverdracht plaats. (NVON-commissie)



Figuur3. Een voorbeeld van de d2-aandacht- en concentratietest. In deze test staan de letters d, b en q naast elkaar opgesomd. Elk van deze letters heeft 1, 2, 3 of 4 streepjes om zich heen. Het is de bedoeling dat de letters d met uitsluitend twee streepjes om zich heen geselecteerd worden.

Geslacht: Man Vrouw
Opleidingsniveau (op dit moment): Mavo Havo Vwo

Heb je concentratieproblemen (denk aan ADD/ADHD of slaapproblemen)? Zo ja, welke? Bij nee noteer alleen nee.

Hoe heb je de vorige nacht geslapen?

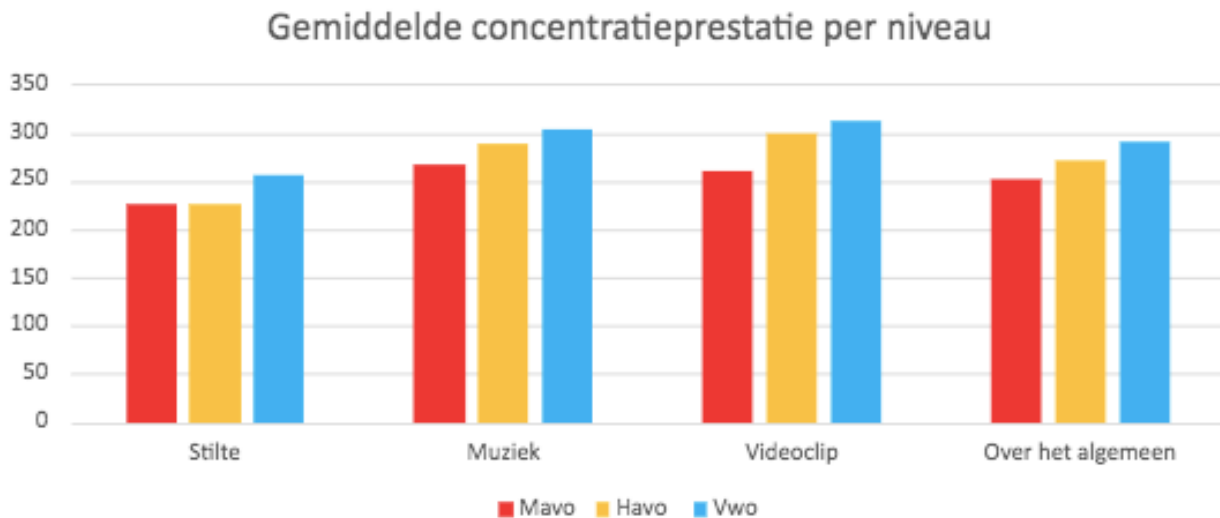
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Slecht -----> Goed

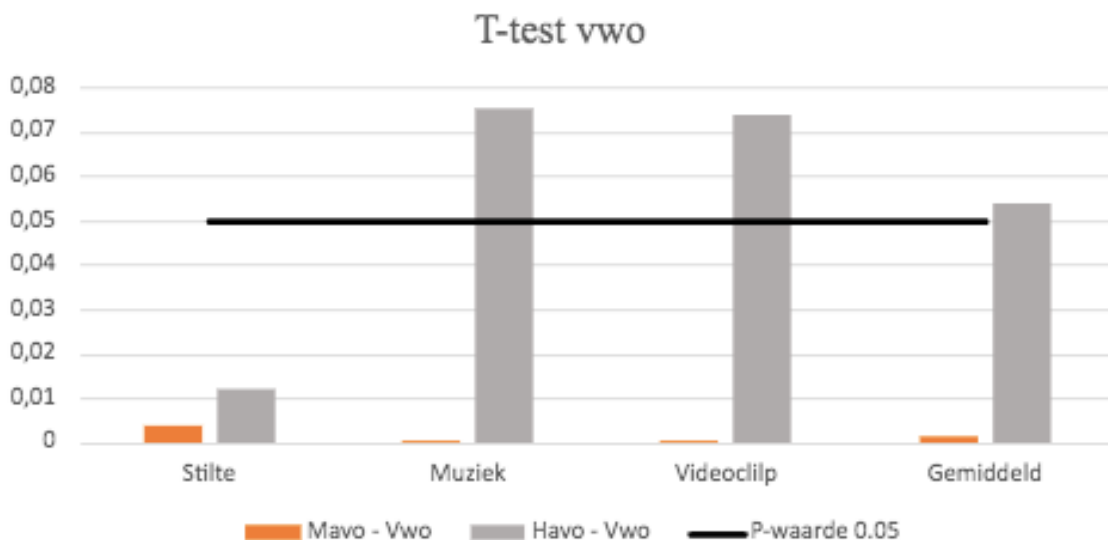
Heb je het gevoel dat je minder goed hebt geslapen dan normaal? Ja Nee

Heb je dyslexie? Ja Nee

Figuur 4. De proefpersonen kregen deze enquête voorafgaand aan de d2-aandacht- en concentratietest.



Figuur 5. De gemiddelden van de concentratieprestatie naast elkaar weergegeven. Er is een duidelijke toename te zien naarmate de leerlingen de test vaker uitvoerden. Daarnaast is het gemiddelde van de vwo-leerlingen bij alle rondes het hoogst.



Figuur 6. De p-waarden van vwo vergeleken met de p-waarden van havo en mavo. Bij de ronde Muziek en de ronde Videoclip zijn de p-waarden tussen mavo en vwo zo klein, dat deze nauwelijks te zien zijn in deze grafiek.

De invloed van kleur en vorm van animatiefiguren op emotie-interpretatie

I.Z. Hemme¹, C. Muller², M. Schilpzand¹, L. Burgers², E. Krolis³, M. Niemeijer³

¹Etty Hillesum Lyceum, locatie Het Vlier, Deventer

²CSG Het Noordik, Noordikslaan, Almelo

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Animation is often used in advertising, movies and other (audio)visual products. Using colour and shape of animation characters correctly can enhance the effectiveness and clarity of the message it is trying to convey. For this research, the effects of the colour and shape of stop-motion characters on emotion interpretation is tested with a survey. The survey consists of short videos with stop-motion figurines in twelve different colours (red, blue, yellow, green and a less saturated and a dark version of those colours) and three different shapes (square, triangle, circle). The participants are asked to fill in how much, on a scale of one to five (with one being 'strongly disagree' and five 'strongly agree') they agree with statements made about the portrayal of the four tested emotions (anger, sadness, fear and happiness) by the characters. Shape and colour appear to slightly increase or decrease an already existing interpretation of emotion. To create a happy character, it is preferable to use either a green or yellow triangle, for the emotion anger a red triangle, for fear a green square and for sadness a green circle. Different colours and shapes barely change the interpreted emotion of a character that doesn't already convey a strong emotion.

Introductie

Animatiefiguren komen in onder andere reclames en films voor. Een belangrijk onderdeel hiervan is het uiterlijk van de figuren: kleur en vorm. Goed gebruik hiervan kan deze visuele producten effectiever en begrijpelijker maken.

Kleur

De mens ziet kleur doordat verschillende golflengtes van licht op het netvlies worden gereflecteerd en door fotoreceptoren worden verwerkt. De reactie van de cellen op het lichtspectrum zorgt voor het zien en onderscheiden van kleuren.

Isaac Newton's Opticks (1704) is cruciaal voor de kleurtheorie door de introductie van zijn kleurencirkel. De verdeling in deze cirkel is gebaseerd op de volgorde waarin de kleuren afgebroken worden door een prisma. De verdeling van de kleuren is dus gebaseerd op de natuurkunde achter licht. Newton heeft ook het onderscheid tussen primaire en secundaire kleuren geïntroduceerd. Er zijn vele versies van de kleurencirkel gemaakt. De kleurencirkel speelt een belangrijke rol bij het artistieke en psychologische begrip van kleur.

Ook is er een versie van de kleurencirkel die gebruikt kan worden om onderscheid tussen variabelen van kleur te maken: verzadiging en kleurtint. Kleurtint is de kleur zelf, zoals rood, blauw, groen. Verzadiging is hoe fel of sterk de kleur is. Een van die versies is de kleurencirkel van Moses Harris (figuur 1). Helderheid is ook een belangrijke variabele. Helderheid is hoe licht of donker een kleur is, oftewel hoeveel zwart of wit een kleur bevat. Dit is bijvoorbeeld het verschil tussen licht- en donkerblauw. Helderheid kan onafhankelijk van kleur zijn (zwart-wit foto's). Omdat helderheid en kleur van elkaar gescheiden kunnen worden, wordt helderheid niet meegenomen in de kleurencirkel. Het is wel een relevant aspect bij kleur, omdat helderheid beïnvloedt hoe mensen naar kleuren kijken.

In dit onderzoek wordt met de kleuren rood, geel, blauw en groen gewerkt. Deze kleuren worden veel gebruikt, vaak ook in combinatie met elkaar. Denk bijvoorbeeld aan de Google en Microsoft logo's of bordspellen. Magenta, geel en blauw zijn primaire kleuren bij substractieve kleurmengingen

(CMY-kleur). Bij additieve kleurmenging (zoals licht) zijn rood, blauw en groen (RGB-kleur) de primaire kleuren. Een mogelijke verklaring over waarom rood, geel, blauw en groen zoveel gebruikt worden, is de opponent process theory. Deze theorie stelt dat er drie kleurkanalen in onze visie zijn, namelijk blauw-geel, rood-groen en zwart-wit. Sommige wetenschappers betwisten dat deze theorie klopt, maar het zou een mogelijke verklaring zijn waarom de vier kleuren veel (samen) gebruikt worden.

Kleurvoorkeuren

Psychologische onderzoeken over kleurvoorkeuren laten zien dat er redelijke overeenstemming is binnen leeftijdsgroepen. Onderzoeken tonen consistent een geslachts- en cultuuroverschrijdende voorkeur van volwassenen voor blauw aan. Ook vinden mensen over het algemeen geel- en bruintinten, zeker de donkere varianten, minder aangenaam. Deze vooringenomenheid bij bevolkingen is niet beperkt tot kleurtint; blekere varianten zijn over het algemeen minder populair.

Over de oorzaak van deze consistentie bij kleurvoorkeur zijn meerdere theorieën. Sommigen menen dat kleurvoorkeur een natuurlijk bijeffect is van de menselijke evolutie. Deze ontstond om te helpen overleven in de tijd van de jagers boeren. Omdat hier biologisch bewijs voor bestaat, zou het te verwachten zijn dat kleurvoorkeur vanaf de geboorte aanwezig is en niet verandert. Dit is niet het geval. Verzamelde data over baby's en jonge kinderen suggereren dat kleurvoorkeuren door de jaren heen veranderen. Baby's neigen kleuren te prefereren die volwassenen als onaangenaam classificeren, vooral donkere soorten geel-, geelgroen- en roodtinten. Ook hebben kinderen een voorkeur voor een hoge kleurverzadiging. Dit wordt steeds minder naarmate ze ouder worden en lijkt steeds meer op de voorkeur van volwassenen.

Kleurassociaties

Mensen associëren vanaf jongs af aan specifieke dingen met specifieke kleuren. Bij één onderzoek bijvoorbeeld, moesten kinderen tussen de tien en twaalf jaar een woord kiezen

dat ze het meest met een kleur associëren. Bij meer dan de helft van de kleuren kozen de kinderen bijna allemaal voor dezelfde woorden. Uit de keuze tussen Proud, Shy, Angry, Sad, Disgusted, Surprising, Fearful, Pleasant, Affectionate, Exciting en Happy werd bij de kleur zwart bijvoorbeeld voor Fearful gekozen, bij rood voor Angry en bij wit voor Sad. Sommige connecties tussen kleuren en woorden kunnen verklaard worden door de cultuur. In Sri Lanka, waar dit onderzoek heeft plaatsgevonden, wordt wit bijvoorbeeld gezien als de “kleur van Verdriet”.

Emoties

Over wat emoties exact zijn en hoe ze tot stand komen, is veel onenigheid. In dit onderzoek wordt met deze definitie gewerkt: Emoties zijn een sterk gevoel voortgebracht door iemands omstandigheden, gemoedstoestand of relaties met anderen.

In de theorie van de basisemoties die in de jaren '70 door de Amerikaanse psycholoog Paul Ekman is beschreven, wordt gesteld dat er zes emoties zijn (blij, bang, boos, verdrietig, walging en verrassing) die universeel gelden en ‘mimisch zijn aangeboren’. In de jaren '90 stelde Ekman nog een uitbreiding van de basisemoties voor, namelijk de emoties schaamte, minachting, trots en voldoening. Verschillende onderzoekers menen echter dat de eerste zes of de latere basisemoties van Ekman niet de juiste zijn omdat er emoties ontbreken of overbodig zijn. Enkele toevoegingen die voorgesteld zijn, zijn adoratie, jaloezie, opwinding en verwarring.

De zes basisemoties van Ekman worden nog steeds het meest gebruikt. Er is veel discussie over de extreme gezichtsuitdrukkingen die bij het onderzoek hierover werden gebruikt. Daardoor ontstond de vraag of bij natuurlijk vertoonde emoties wel dezelfde overeenstemming over welke emoties getoond worden aanwezig is. Een onderzoek hierover toont aan dat alleen de basisemoties blijdschap, verdriet, woede/walging en angst/verrassing echt goed van elkaar te onderscheiden zijn. De emoties woede en walging en de emoties angst en verrassing zijn onderling minder goed van elkaar te onderscheiden. Deze emoties hebben veel overeenkomsten in mimiek en het zijn de kleinere verschillen in gezichtsuitdrukkingen die ervoor zorgen dat mensen ze toch van elkaar kunnen onderscheiden. Er is dus wel een verschil te zien tussen angst/verrassing en woede/walging, maar ze worden toch vaak met elkaar verward.

Bij dit onderzoek over de invloed van kleur en vorm van animatiefiguren op emotieperceptie wordt slechts met de emoties blijdschap, verdriet, woede en angst gewerkt. (figuur 4) Er moet met duidelijk onderscheidbare emoties gewerkt worden en het moet haalbaar zijn met de beperkte gezichtsuitdrukkingen van animatiefiguren. Er is voor woede en angst in plaats van woede/walging en angst/verrassing gekozen omdat het in dit onderzoek onder andere gaat over welke kleuren bij welke emoties invloed hebben. Twee emoties samentrekken kan dit onduidelijk maken.

Mensen schatten het karakter van een onbekende gedeeltelijk in op basis van de gelaatstreken van deze persoon. Binnen een tiende van een seconde is vaak al door iemand geoordeeld of iemand betrouwbaar, zorgzaam, agressief, enzovoort, is. De oordelen die verschillende mensen maken over één persoon op basis van diens gelaatstreken liggen vaak dicht bij elkaar. De inschattingen kloppen niet altijd, maar onderzoek toont een verband tussen karaktereigenschappen en gelaatstreken aan. Er zijn slechts twee eigenschappen, gewetensvolheid en

extraversie, die betrouwbaar goed ingeschat worden. Hoe het karakter van een persoon ingeschat wordt, heeft invloed op de emotie die de persoon lijkt te ervaren. Bij onderzoek naar emotieperceptie is het dus belangrijk dat ook gelaatstreken consistent zijn bij verschillende personen of figuren.

Emotieperceptie testen

In een onderzoek om referentiewaardes van een emotieherkennings-test (de Ekman 60 Faces Test) te bepalen, is aangetoond dat de emotie blij daarin duidelijk te herkennen is. Daarbij werd gewerkt met een maximale waarde van emotieherkenning van 10. Bij blijdschap was het gemiddelde resultaat 9,9. De Ekman 60 Faces Test laat alleen uitgesproken emotionele gezichtsuitdrukkingen zien, waardoor de test minder sensitief is. Bij een ander onderzoek is de ERT (Emotion Recognition Task) gebruikt. Bij deze test werden animaties getoond van gezichten die van 0%, neutraal, naar verschillende percentages van een emotie veranderen, bijvoorbeeld van neutraal naar een beetje (40%) blij. Deze test wordt gebruikt voor het meten van sociale cognitie. Voor deze test moeten eerst de gemiddelde resultaten bepaald worden. Bij dit onderzoek werd ‘blij’ het vaakst herkend. Daarna kwam boosheid, angst werd het minst herkend. Het is interessant om te zien dat blijdschap bij beide tests vaak goed werd beoordeeld.

Emoties in animaties

Animaties werken vaak met niet (foto)realistische gezichten en/of met overdreven gezichtsuitdrukkingen. Bij veel animaties wordt gewerkt met kennis uit onderzoeken over emoties om de emoties zo duidelijk en realistisch mogelijk te maken. De emotionele reacties in Pixar films zijn bijvoorbeeld vaak erg overdreven, maar toch realistisch met oog op de gezichtsbewegingen van echte mensen bij specifieke emoties. Veel van de meerduidige spierbewegingen en emoties die echte mensen met hun gezicht zouden tonen worden echter weggelaten om het dramagehalte te verhogen en de karaktereigenschappen van de personages duidelijker te maken.

Vormen

Bij het ontwerpen van personages worden vaak de vormen ‘cirkel’, ‘vierkant’ en ‘driehoek’ gebruikt. (figuur 3) Dit zijn eenvoudige vormen die een basis vormen voor veel andere vormen.

Een cirkel wordt vaak gebruikt voor zachte en lieve personages. Ook wordt het met compleetheid, beweging, vrouwelijkheid, liefde, energie, kracht, oneindigheid, harmonie en veiligheid geassocieerd.

Vierkanten worden gebruikt voor stabiele en/of betrouwbare personages en worden geassocieerd met gelijkheid en zelfvertrouwen, maar ook met saai, eenvoudig en koppig.

Bij een driehoek zijn er meerdere varianten. De driehoek met een punt omhoog wordt met stabiliteit, kracht, energie, beweging, gevaar en richting geassocieerd; een driehoek met punt omlaag daarentegen met nerveus, wankel en beweging.

Dit onderzoek

Waar nog weinig over bekend is, is of kleur- en vormassociaties ook zo werken bij animatiefiguren. In hoeverre kleur en vorm invloed hebben op de interpretatie van mensen van de emoties van die animatiefiguren is ook onbekend. Over of deze

kenmerken een vergrotend effect hebben, of dat ze zelfs zonder zichtbare emoties door gezichtsuitdrukkingen het idee van emoties opwekken is geen informatie. Er is ook geen kennis over het effect van de combinatie van kleur en vorm en of er hierbij verschillen tussen mannen en vrouwen zijn. In deze paper beantwoorden we de vraag:

Op welke manier heeft de kleur en vorm van animatiefiguren invloed op de emotie-interpretatie van mensen in Nederland, jong en oud, over deze figuren?

Om hierop antwoord te geven, wordt naar verschillende onderdelen gekeken. Daaruit resulteren de volgende deelvragen:

- Wat is het effect van kleur, vorm en kleur en vorm samen bij stop-motion figuren die geen sterke emotie uitbeelden op de emotie-interpretatie?
- Hoe verandert, versterkt of vermindert kleur de geïnterpreteerde emotie bij stop-motion figuren die een specifieke emotie (blij, boos, bang of verdrietig) uitbeelden?
- Is er een verband tussen de kleurverzadiging en helderheid van stop-motion figuren, die geen sterke emotie uitbeelden, en de emotie-interpretatie daarvan?
- Hoe verandert, versterkt of vermindert vorm de geïnterpreteerde emotie bij stop-motion figuren die een specifieke emotie (blij, boos, bang of verdrietig) uitbeelden?
- Welke kleurassociaties hebben mensen en komt dit overeen met hoe ze de emoties van de stop-motion figuren interpreteren?

Methode

Dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van een enquête. Deze bestaat uit zes onderdelen: een algemeen deel over demografische gegevens, vier delen met video's en een deel met directe vragen over associaties bij de onderzochte kleuren. Deze filmpjes, die zich steeds herhalen, duren ongeveer twee seconden en tonen stop-motion poppen met verschillende vormen en kleuren die emoties uitbeelden. De figuren en de video's zijn speciaal voor dit onderzoek gemaakt, zodat ze aan de eisen van dit onderzoek voldoen. Er is gekozen voor de volgende kleuren: blauw, geel, rood en groen. Er is gekozen om met een beperkt aantal kleuren te werken vanwege de beperkte tijd om het onderzoek te doen. Van deze kleuren is een felle, pastel en donkere variant gebruikt om het effect van verschillende tinten te onderzoeken. (figuur 2) Er is gekozen om de vormen cirkel, vierkant en driehoek (met punt omhoog) te onderzoeken, omdat dit veel voorkomende en eenvoudige vormen zijn. De emoties zijn neutraal, blij, boos, verdrietig en bang, omdat deze emoties als enige consequent van elkaar worden onderscheiden. (Zie introductie voor verdere uitleg)

De achtergrond van de video's is neutraal en blijft in alle video's gelijk, zodat dit de resultaten niet beïnvloedt. De video's zijn gemaakt met stop-motion poppen, omdat hier al ervaring mee was.

In het demografische deel van de enquête wordt onder andere gevraagd naar de emotie die de persoon op dat moment voelt en hun persoonlijke top-drie van de kleuren die in de enquête voorkomen. Dit om te zien of er verband is tussen de ingevulde emotie-interpretaties en de gemoedstoestand tijdens het invullen of de persoonlijke kleurvoorkeur. De delen met filmpjes zijn als volgt: in Sectie A verandert de kleur en vorm, de emotie blijft hetzelfde. In Sectie B verandert de kleur en emotie, de vorm blijft dezelfde. In Sectie C blijft de vorm en

emotie hetzelfde, maar verandert de tint. In Sectie D verandert de vorm en emotie, de kleur blijft hetzelfde. Sectie E gaat over kleurassociaties die mensen zelf menen te hebben.

In totaal zijn er 52 video's gebruikt, die verdeeld zijn over vier verschillende vragenlijsten. (figuur 5) Zo wordt de tijd die het invullen van de vragenlijst duurt verkort van ongeveer een half uur naar tussen de vijf en tien minuten. Bij een langer durende vragenlijst was de kans groot dat de hoeveelheid respondenten aanzienlijk lager zou zijn. De respondenten hebben willekeurig een van de vragenlijsten gekozen. Hierdoor is wel een verschil ontstaan in hoeveel personen die verschillende vragenlijsten hebben ingevuld. Vier vragenlijst opties maken waar de respondenten zelf een uit moesten kiezen, was de enige manier om, met de gebruikte software, de vragenlijsten te randomizeren. Bij Sectie A, B, C en D wordt er over de vier emoties gevraagd in hoeverre de respondent denkt dat deze op de figuur van toepassing zijn, op volgende wijze: "Ik vind personage er [blij/boos/bang/verdrietig] uitzien". De antwoordopties zijn opgedeeld in een schaal van 'helemaal mee eens' (5), 'mee eens' (4), 'neutraal' (3), 'mee oneens' (2) en 'helemaal mee oneens' (1). Dit heet ook wel de Likertschaal. Om de resultaten te verwerken is dit omgezet in de getallen 1-5. Hiermee zijn de resultaten zelf inhoudelijk niet veranderd, maar zijn ze overzichtelijker om mee te werken. Deze schaalverdeling wordt ook gebruikt bij de resultaten in deze paper.

Bij Sectie E wordt de vraag "Ik associeer de kleur [blauw/geel/rood/groen] met:" gesteld. Er zijn negen vaste antwoordopties en de respondent kan zelf een eigen antwoord toevoegen. Er mogen meerdere antwoorden aangevinkt worden.

Deze vragenlijst is naar filmbedrijven, basisscholen, middelbare scholen, bekenden en via een nieuwsbrief van mullerwenskaarten.nl rondgestuurd. Het is voornamelijk door één middelbare school (CSG Het Noordik Noordikslaan) ingevuld. In totaal is de enquête door 270 respondenten ingevuld. 70% van de respondenten is vrouw, de gemiddelde leeftijd is 22. 60% van de respondenten zit op de middelbare school. Het doel was om zo veel mogelijk respondenten te krijgen. De enquête is naar deze instanties gestuurd, omdat er vermoed werd dat ze geïnteresseerd in het invullen en de resultaten zouden zijn.

Resultaten

Sectie A: kleur en vorm veranderen, emotie blijft gelijk (neutraal)

Deelvraag van deze sectie:

Wat is het effect van kleur, vorm en kleur en vorm samen bij stop-motion figuren die geen sterke emotie uitbeelden op de emotie-interpretatie?

Kleur en vorm combinaties

De emotie die de figuren uitbeelden is in sectie A bij alle figuren gelijk en werd door de respondenten ook steeds hetzelfde beoordeeld. Als bij een emotie een bepaalde vorm apart het hoogste scoort en een bepaalde kleur apart, levert de combinatie van de twee over het algemeen niet de hoogste score op bij die emotie. (figuur 6)

Kleur

Bij de vraag hoe blij de figuren zijn, gekeken naar de verschillende kleuren, is het grootste aantoonbare verschil 3%, bij boos 2%, bij bang 2% en bij verdrietig 4%. Dit is te klein om, wegens de foutmarge van 14%, iets mee te kunnen. De

antwoorden per emotie bij de kleuren zijn vrij consistent: het is vrijwel gelijk ingevuld door alle respondenten. De meest consistente antwoorden worden bij boos gegeven, het minst bij verdrietig.

Vorm

Bij de vraag hoe blij de figuren zijn, gekeken naar de verschillende vormen, is het grootste aantoonbare verschil 4%, bij boos 1%, bij bang 3% en bij verdrietig 6%.

De resultaten bij het vierkant en de cirkel zijn bijna identiek. De driehoek wordt als enigszins blijer en minder verdrietig beoordeeld.

Geslacht

Opvallend binnen deze sectie is dat mannen in elf van de twaalf gevallen (alleen bij de blauwe driehoek niet) de figuur als blijer waarnemen dan vrouwen. Bij de andere emoties, behalve bij het blauwe vierkant bij de emoties boos, bang en verdrietig en bij het groene vierkant boos, vinden vrouwen de figuren juist bozer, banger en verdrietiger dan mannen. Vrouwen vullen bij deze sectie minder snel helemaal mee eens of oneens in (figuur 7). In vier gevallen (blauw vierkant, groen vierkant, geel driehoek en rood cirkel) liggen de waardes meer dan 0,5 (tussen 0,58 en 0,92) uit elkaar vandaan. De foutmarge is, omgerekend naar deze schaal, 0,5. Deze verschillen zijn dus significant. Bij de kleur geel zitten de meeste, namelijk drie, waarde verschillen van meer dan 0,5 tussen mannen en vrouwen, bij de kleur rood en geel zitten de meeste, namelijk vier, overeenkomsten tussen mannen en vrouwen (waardes die slechts tussen de 0,0 en 0,1 van elkaar verschillen).

Sectie B: Kleur en emotie veranderen, vorm blijft gelijk (cirkel)

Deelvraag:

Hoe verandert, versterkt of vermindert kleur de geïnterpreteerde emotie bij stop-motion figuren die een specifieke emotie (blij, boos, bang of verdrietig) uitbeelden, waarbij de vorm hetzelfde blijft?

Er zijn kleine verschillen gevonden in het effect van verschillende kleuren op hoe emoties van de figuren worden geïnterpreteerd. Hoewel de foutmarge te groot is om betrouwbare conclusies te trekken, zijn de verschillen wel de moeite waard om naar te kijken.

Emoties

Bij de emotie blij is duidelijk te zien dat deze bij alle kleuren als erg blij wordt beoordeeld en de kleur absoluut niet als iets anders gezien wordt. Wel wordt blij bij de kleur blauw wat minder sterk geïnterpreteerd. (figuur 8)

De animatie van boos is bij alle kleuren meer beoordeeld als bang dan als boos. Bij de gemiddelden rond de drie zijn de vragen erg verspreid ingevuld. Deze schaal gaat van 1-5, met 1 weer 'helemaal mee oneens' en 5 'helemaal mee eens'.

Er is bij de kleuren bij de emotie 'bang' een subtiel verschil te zien; de gele figuur is namelijk banger beoordeeld dan de rode en blauwe. Ook groen is net wat banger beoordeeld.

De emotie verdrietig wordt onafhankelijk van de kleur als verdrietig geïnterpreteerd.

Kleur

De rode figuren, ongeacht welke emotie ze uitbeelden, worden binnen Sectie B drie van de vier keer als het meest boos

geïnterpreteerd, bij verdrietig wordt geel met een minimaal verschil als bozer gezien. De groene figuren worden in drie van de vier gevallen als het minst boos geïnterpreteerd, bij bang wordt blauw met een minimaal verschil als minder boos gezien. Verder lijken er binnen deze sectie geen verbanden te zijn tussen kleuren en hoe ze het meest geïnterpreteerd worden.

Geslacht

Vrouwen interpreteren gemiddeld bij dertien van de zestien gevallen de hoofdemotie die de figuur uitbeeldt als sterker aanwezig dan mannen. Bij de vraag of de figuur er bang uitziet, zijn de meeste duidelijke verschillen (een verschil in gemiddelde waarde groter dan 0,5). Dit is namelijk bij zes van de veertien figuren het geval.

Sectie C: Verschillende kleurtinten van de kleuren, vorm en emotie blijven gelijk (cirkel en neutraal)

Deelvraag:

Is er een verband tussen de kleurverzadiging en helderheid van stop-motion figuren, die geen sterke emotie uitbeelden, en de emotie-interpretatie daarvan?

De antwoorden die bij de verschillende kleuren en verschillende tinten zijn gegeven, liggen vaak relatief ver uit elkaar. Tussen de verschillende tinten en kleuren kan in dit onderzoek geen onderling verband in hoe ze de interpretatie van emoties beïnvloeden worden aangetoond. (figuur 9)

Algemeen emoties

Er zitten verschillen tussen hoe de emoties geïnterpreteerd worden. Bij de emotie blij liggen de antwoorden die het verst uit elkaar liggen 2,5% van elkaar af, bij boos 11,0%, bij bang 6,3% en bij verdrietig 13,1%. Met oog op de foutmarges zijn de verschillen bij boos en verdrietig significant te noemen.

Geslacht

Opvallend binnen deze sectie is dat mannen weer, net als bij Sectie A, in elf van de twaalf gevallen (alleen bij pastelroze niet) de figuur zonder sterke emotie als blijer waarnemen dan vrouwen. In drie van de twaalf gevallen zien mannen de figuren als bozer, in één van de twaalf gevallen als banger en in één van de twaalf gevallen als verdrietiger. Net als bij sectie A vullen vrouwen bij deze sectie minder snel in dat ze het ergens helemaal mee eens of helemaal mee oneens zijn.

Sectie D: Vorm en emotie veranderen, kleur blijft gelijk (groen)

Deelvraag:

Hoe verandert, versterkt of vermindert vorm de geïnterpreteerde emotie bij stop-motion figuren die een specifieke emotie (blij, boos, bang of verdrietig) uitbeelden, als de kleur hetzelfde blijft?

Bij de drie vormen is de emotie blij steeds als blij geïnterpreteerd en de emotie verdrietig steeds als verdrietig. Bij de emotie bang zijn bij alle vormen de antwoorden verdeeld, het gemiddelde ligt steeds rond de 3,9 (dit komt overeen met het antwoord 'mee eens'). De emotie boos bij een driehoek en cirkel wordt gezien als boos en een beetje bang, de antwoorden liggen wel vrij verspreid. Bij het vierkant is dit omgedraaid met een gemiddelde van 3,1 (neutraal) bij boos en 3,7 (mee eens) bij bang. Ook hier is de foutmarge te groot om betrouwbare conclusies te trekken. Zie ook figuur 10.

Geslacht

De waardes die mannen en vrouwen geven aan hoe blij een figuur (ongeacht de emotie die deze vertegenwoordigt) is, verschilt nauwelijks (in acht van de twaalf gevallen is dit verschil afgerond 0,0 of 0,1; grootste verschil is 0,275). Vrouwen vatten, vergeleken met mannen, de boze figuren als veel bozer op en de bange figuren als veel banger.

Sectie E: Vragen over kleurassociaties

Deelvraag:

Welke kleurassociaties hebben mensen en komt dit overeen met hoe ze de emoties van de stop-motion figuren interpreteren?

De volgende gegevens zijn gehaald uit de resultaten van sectie E, hierbij is een foutmarge van 6%:

Blauw is voornamelijk geassocieerd met neutraliteit (46,6%), verdriet (41,0%), tevredenheid (23,5), angst (19,0%), verveling (10,8%) en ongemak (10,0%).

Rood is voornamelijk geassocieerd met boosheid (77,2%), irritatie (42,2%), ongemak (16,4%), angst (13,1%), blijdschap (10,4%), neutraliteit (8,2%), verveling (6,3%).

Groen is voornamelijk geassocieerd met blijdschap (38,8%), tevredenheid (36,6%), neutraliteit (35,1%), irritatie (14,9%), ongemak (14,2%), verveling (9,7%), angst (9,0%).

Geel is voornamelijk geassocieerd met blijdschap (42,5%), neutraliteit (26,9%), tevredenheid (19,8%), ongemak (17,2%), irritatie (13,1%), verveling (11,2%), angst (9,7%).

Conclusie

De kleur en vorm van animatiefiguren zorgt voor een versterking of vermindering van een al bestaande emotie-interpretatie bij mensen in Nederland, jong en oud. Het effect van kleur en vorm op een neutrale emotie lijkt minimaal. Uit sectie A blijkt dat kleur en vorm geen emotie lijken te creëren. Uit sectie B en D blijkt dat kleur en vorm een al aanwezige emotie lijken te versterken of verminderen. Voor de emotie bang hebben de kleuren geel en groen bij animatiefiguren een groter effect dan rood en blauw. Dit zou kunnen komen doordat, zoals uit sectie E blijkt, mensen geel en groen meer met bang associëren dan bij rood en blauw. Bij de emotie blij zijn de kleuren geel en groen ook het effectiefst, bij blauw het minst.

Uit sectie A en C blijkt dat bij een figuur zonder sterke emotie, mannen dit als een blij figuur zien, terwijl vrouwen de figuur minder blij en meer boos, bang en verdrietig zien. Bij figuren die de emotie bang en boos uitstralen, interpreteren vrouwen deze emoties juist als meer aanwezig.

Uit sectie C blijkt dat verschillende tinten geen effect lijken te hebben op neutrale emoties. De emotie boos wordt bij de vormen cirkel en driehoek gezien als boos, maar bij het vierkant juist als bang. Hieruit kan mogelijk geconcludeerd worden dat het niet verstandig is om een boos figuur vierkant te maken. Helaas is de foutmarge te groot om dit met zekerheid te kunnen zeggen.

Mensen koppelen bepaalde kleuren aan bepaalde emoties, maar dit heeft geen effect op welke emoties of op hoe sterk emoties waargenomen worden. Dit is te zien doordat de associaties die mensen zelf meenden te hebben volgens sectie E bijna niet overeenkomen met de reacties op de figuren. Onder andere worden de rode animatiefiguren niet als veel bozer aangezien dan de andere kleuren, hoewel rood in sectie E overweldigend met boosheid geassocieerd werd. Dit kan komen doordat of de kleurassociaties, die mensen menen te hebben met de kleur,

geen effect hebben bij animatiefiguren, of de animatie van 'boos' niet duidelijk genoeg was.

Hoewel het effect dus minimaal lijkt en de foutmarge groot is, kan er, op basis van dit onderzoek en andere onderzoeken die in de inleiding vermeld zijn, het volgende worden aangeraden: om een blij figuur te creëren werkt het het best om de kleur geel (onafhankelijk van tint) of (normaal of donker) groen en de vorm driehoek te gebruiken, rood en vierkant het slechtst. Voor een boos figuur werkt rood en driehoek het best, groen en vierkant het slechtst, voor een bang figuur groen en vierkant het best, blauw en driehoek het slechtst en voor een verdrietig figuur groen en cirkel het best, geel en driehoek het slechtst. (figuur 11)

Discussie

Een puur neutraal, boos, verdrietig, blij of bange emotie is lastig te maken: zoals in de inleiding vermeld is, spelen zelfs kleine veranderingen in gezichtsuitdrukking al een rol bij emotieperceptie. Dit kan ervoor gezorgd hebben dat de animaties niet de juiste emotie uitstralen. Omdat het figuren met mensachtige gelaatstreken zijn in plaats van echte mensengezichten, is het mogelijk dat de overdracht van emotie minder goed lukt. Ook is het niet zeker of mensen de emoties van animatiefiguren met een ander ontwerp dan de figuren, die in dit onderzoek gebruikt zijn, hetzelfde zullen interpreteren. Hierdoor zou het kunnen dat de animatie die gekozen is voor de emotie 'boos' niet puur boos is, omdat deze vaak is aangezien voor bang. De emotie blij is juist erg goed herkend, waardoor de verschillen tussen de kleuren kleiner zijn.

Ook zijn de animaties gemaakt door twee vrouwen. Uit het onderzoek is gebleken dat er verschil zit in hoe mannelijke en vrouwelijke respondenten de animaties die specifieke emoties portretteren interpreteren. Vrouwelijke respondenten interpreteerden de emoties die de figuren uitbeelden over het algemeen zoals die emoties ook bedoeld waren, waar mannelijke respondenten ze soms anders interpreteerden. Er is vooraf geen rekening mee gehouden dat tussen mannen en vrouwen een verschil in emotie-interpretatie zou kunnen zitten. Dit kan de oorzaak zijn geweest van de vele verschillen in de antwoorden.

Doordat er extreme emoties zijn gebruikt, zijn de verschillen tussen de antwoorden die bij verschillende kleuren en vormen en dezelfde emoties gegeven worden zeer klein en is de vragenlijst niet erg sensitief. De emotie zou te sterk aanwezig kunnen zijn, om de invloed van kleur en vorm te zien. Bij de animatie van boos zijn de interessantste resultaten te zien, omdat deze animatie waarschijnlijk niet puur boos is.

Daarnaast is er voor het verwerken van de resultaten voornamelijk gebruik gemaakt van de gemiddelden. Met oog op de verschillen in de antwoorden van mannen en vrouwen en de verhouding waarin de enquête door mannen en vrouwen is ingevuld, is dit niet erg valide.

Wat bij de resultaten is opgevallen, is dat er op sommige video's (blij en verdrietig) zeer eenzijdig werd gereageerd, terwijl bij andere video's (bang en boos) zeer verdeelde resultaten te zien waren. Het lijkt dus dat de respondenten het over sommige animaties niet eens waren.

De enquête is ingevuld door 270 mensen, op een bevolking van 17 miljoen is dit weinig en daardoor is er een grote foutmarge (14% bij sectie a-d, 6% bij sectie E). Hierdoor kunnen niet alle verschillen uit de gegevens worden gehaald en zijn sommige conclusies niet erg betrouwbaar.

De resultaten uit dit onderzoek zijn onder andere toe te passen bij visuele producten waarbij gebruik wordt gemaakt van gekleurde figuren en/of figuren met verschillende vormen. Denk hierbij aan films, series, reclames, videogames en strips. Door bewustzijn van hoe emoties aan kleuren en vormen gekoppeld zijn en waar bepaalde kleuren mee geassocieerd worden, kan het product voor de consument zo duidelijk en/of effectief mogelijk worden gemaakt.

Vervolgonderzoek naar waarom mannen de emoties van animatiefiguren zonder sterke emoties extremer interpreteren dan vrouwen is interessant, net als hetzelfde onderzoek opnieuw uitvoeren met alle vorm- en kleurcombinaties bij de verschillende emoties, in plaats van dit apart te onderzoeken. Daarnaast is het interessant om, net zoals bij de ERT uit de inleiding, meerdere gradaties van extreemheid van emoties te gebruiken om te zien of er een verschil zit tussen extreme en subtiele emotie en het effect van kleur en vorm daarop.

Ondanks dat er uit dit onderzoek nieuwe informatie gehaald kan worden, waren de resultaten betrouwbaarder en uitgebreider geweest als er vooraf meer rekening was gehouden met de grote foutmarge en de meerduideligheid van sommige animaties. Dit onderzoek is een goede basis voor vele vervolgonderzoeken.

Bronnen

Pan-Cultural elements in Facial Displays of Emotion (Paul Ekman, 1969)

Dynamic Facial Expressions of Emotion Transmit an Evolving Hierarchy of Signals over Time (Rachael E. Jack, Oliver G.B. Garrod, Philippe G. Schyns, 2014)

Perceptions of Emotion From Facial Expressions Are Not Culturally Universal: Evidence From a Remote Culture (Maria Gendron, Debi Roberson, Jacoba Marietta van der Vyver, Lisa Feldman Barrett, 2014)

An ecological valence theory of color preferences (Stephen Palmer en Karen Schloss, 2010)

The aesthetics of colour (McManus, Amanda Jones en Jill Cottrell, 1981)

Facial Expressions of Emotion: Stimuli and Tests (Young e.a., 2002)

De Emotion Recognition Task (ERT): Een test om de perceptie van emotionele gezichtsuitdrukkingen te meten (Roy P.C. Kessels, Barbara Montagne, 2017)

A universal conception of personality structure? (Passini, F. T., & Norman, W. T., 1966)

When Children Sense in Colours: Determinants of Colour - Emotion Associations (Tharangie, Marasinghe en Yamada, 2009)

First Impressions: Making Up Your Mind After a 100- Ms Exposure to a Face (Janine Willis en Alexander Todorov, 2006)

How to Convey Character's Personality Through Shape, Variance and Size - blog bericht op graficmama.com (Bilyana Nikolaeva, 2016)

Using composite images to assess accuracy in personality attribution to faces (Anthony C. Little en David I. Perret, 2010)

Biological components of sex differences in color preference (Hulbert, A. C., & Ling, Y., 2007)

Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills (Jack A. Adams, 1987)

A critical and experimental study of colour preferences

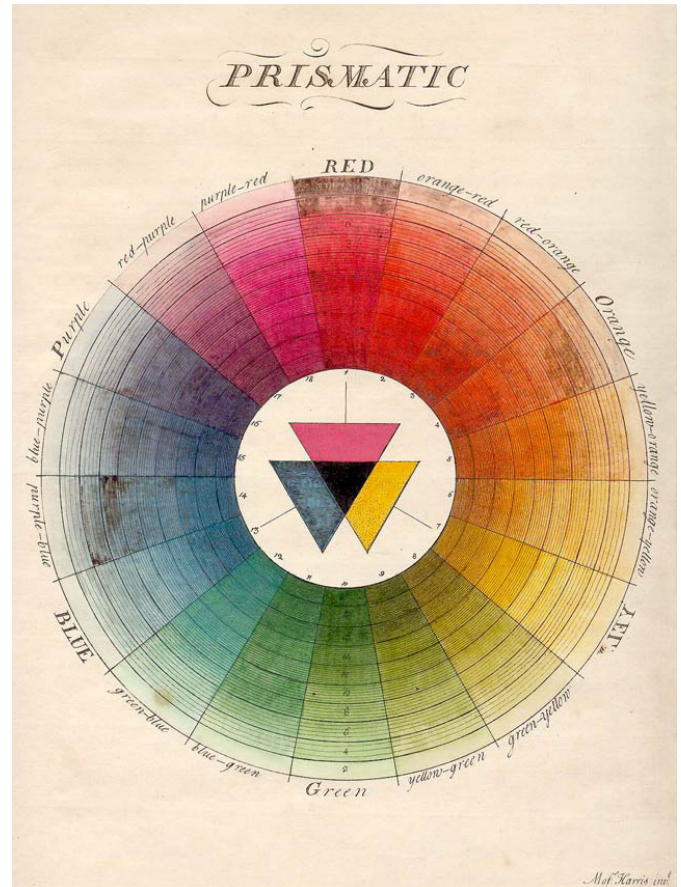
(H. J. Eysenck, 1941)

Objectivity of Colour Preferences (G. W. Granger, 1952)

Painting by Numbers: Komar and Melamid's Scientific Guide to Art (Komar en Melamid, 1997)

An Opponent-Process Theory of Color Vision (Hurvich en Jameson, 1957)

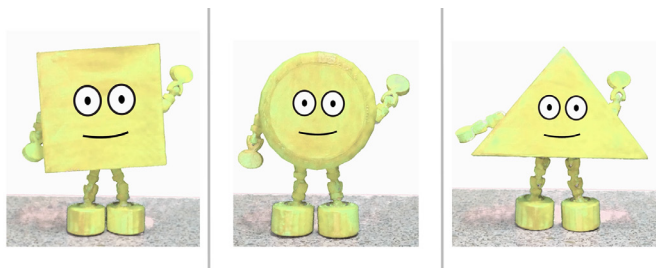
Animated Expressions (Eric Wargo, 30 augustus 2005) [website] Geraadpleegd op 29-01-2021 op <https://www.psychologicalscience.org/observer/animated-expressions>



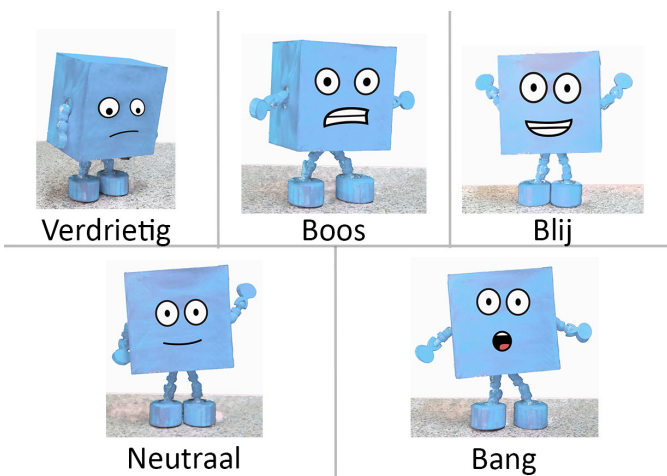
Figuur 1. De kleurencirkel van Mozes Harris.



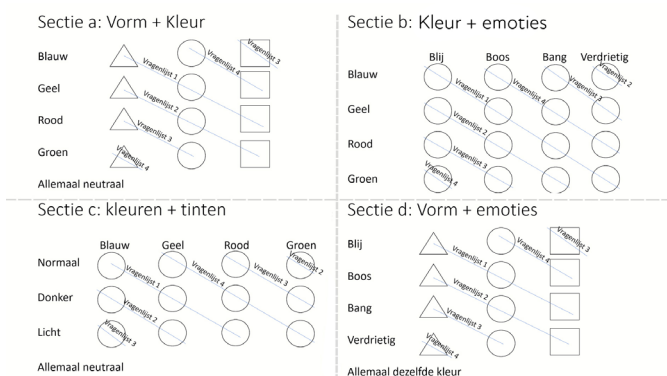
Figuur 2. De kleuren met de minder pastel en donkere varianten



Figuur 3. De gebruikte vormen: vierkant, cirkel en driehoek (punt omhoog)



Figuur 4. De gebruikte emoties: verdrietig, boos, blij, neutraal en bang.



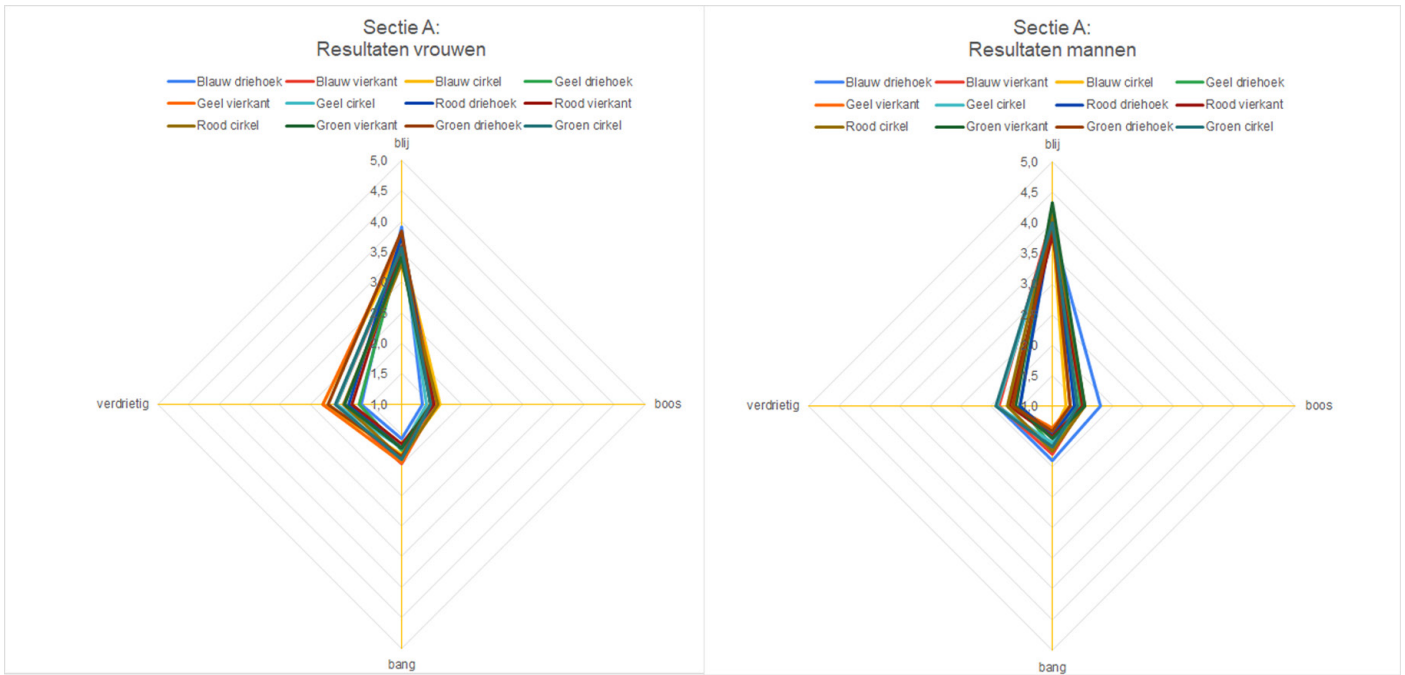
Figuur 5. De indeling van de vragenlijsten

Sectie A	blij	boos	bang	verdrietig
Blauw driehoek	3,93	1,44	1,63	1,70
Blauw vierkant	3,70	1,56	1,98	2,01
Blauw cirkel	3,70	1,52	1,72	2,12
Geel driehoek	3,73	1,49	1,71	1,66
Geel vierkant	3,80	1,49	1,79	2,11
Geel cirkel	3,70	1,40	1,67	2,00
Rood driehoek	3,83	1,52	1,66	1,82
Rood vierkant	3,67	1,53	1,60	1,77
Rood cirkel	3,52	1,58	1,85	1,89
Groen driehoek	3,89	1,43	1,74	2,05
Groen vierkant	3,62	1,50	1,70	1,86
Groen cirkel	3,67	1,49	1,87	2,01

Figuur 6. Resultaten van sectie A

Sectie B	Blij	Boos	Bang	Verdrietig
Blauw blij	4,42	1,30	1,56	1,37
Blauw boos	1,19	2,84	4,14	2,35
Blauw bang	1,59	1,60	3,62	2,13
Blauw verdrietig	1,12	1,49	1,97	4,54
Geel blij	4,46	1,29	1,47	1,32
Geel boos	1,21	3,05	3,63	2,28
Geel bang	1,79	1,63	3,95	2,06
Geel verdrietig	1,14	1,65	2,16	4,58
Rood blij	4,37	1,34	1,66	1,35
Rood boos	1,27	3,25	3,70	2,30
Rood bang	1,47	1,79	3,79	2,05
Rood verdrietig	1,17	1,63	2,14	4,63
Groen blij	4,63	1,13	1,62	1,21
Groen boos	1,21	2,39	4,05	2,61
Groen bang	1,71	1,63	3,73	1,99
Groen verdrietig	1,09	1,33	2,23	4,53

Figuur 8. Resultaten sectie B



Figuur 7. Verschil vrouwen en mannen bij sectie A (kleur en vorm). De gemiddelde antwoorden, van helemaal mee oneens (1) tot helemaal mee eens (5)

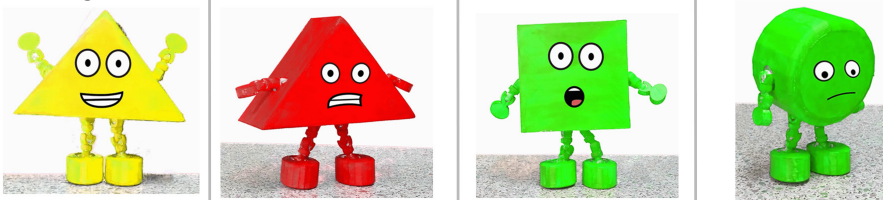
Sectie C	Blij	Boos	Bang	Verdrietig
Normaal blauw	3,60	1,58	1,88	1,98
Pastel blauw	3,62	1,55	1,88	1,91
Donker blauw	3,46	1,55	1,85	2,18
Normaal geel	3,59	1,67	1,87	2,16
Pastel geel	3,49	1,61	1,90	2,11
Donker geel	3,51	1,42	1,79	1,79
Normaal rood	3,55	1,63	1,83	1,86
Pastel rood	3,70	1,40	1,65	1,81
Donker rood	3,46	1,84	1,84	2,05
Normaal groen	3,61	1,61	1,90	1,94
Pastel groen	3,58	1,70	1,90	2,32
Donker groen	3,65	1,55	1,87	1,87

Figuur 9. Resultaten sectie C

Sectie D	Blij	Boos	Bang	Verdrietig
Driehoek blij	4,85	1,10	1,20	1,12
Driehoek boos	1,21	3,56	2,97	1,96
Driehoek bang	1,74	1,76	3,80	1,89
Driehoek verdrietig	1,20	1,72	2,23	4,49
Vierkant blij	4,77	1,17	1,23	1,22
Vierkant boos	1,28	3,08	3,67	2,11
Vierkant bang	1,29	1,70	3,90	1,93
Vierkant verdrietig	1,24	1,49	2,12	4,55
Cirkel blij	4,79	1,20	1,26	1,23
Cirkel boos	1,30	3,47	3,00	1,93
Cirkel bang	1,60	1,77	3,89	1,89
Cirkel verdrietig	1,18	1,59	2,17	4,63

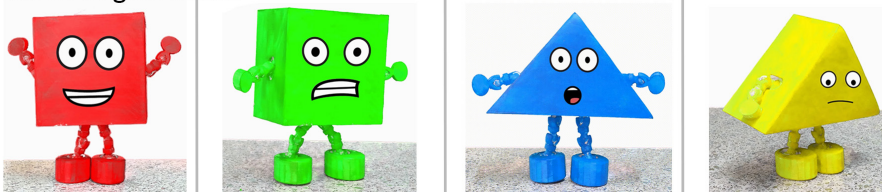
Figuur 10. Resultaten sectie D

Best te gebruiken:



Figuur 11. Best en slechtst te gebruiken figuren bij de emoties. Op volgorde: blij, boos, bang, verdrietig

Slechtst te gebruiken:



Verduurzamen energieverbruik in verzorgingshuizen

A. van den Berg¹, R. Fokkink², B. Berendsen¹, M. Stegeman², S. Groenia³, E.M. Meijer³

¹Bonhoeffer College, Enschede

²Staring College, Lochem

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The topic of this research is about how the energy consumption in nursing homes in the area of Enschede and Lochem (the Netherlands) can be reduced and made more sustainable while maintaining comfort. The need was stated by Urgenda, who stated that nursing homes should be more sustainable. The main goal of this research is to write a recommendation on how to improve sustainability in nursing homes. The data have been acquired through interviews and literature study. The interviews showed that there were already some developments concerning sustainability of nursing homes. However, there is still space for improvement, for example in the behavior of the residents and the staff. The interests of different involved parties have been taken into consideration while writing the advice for the nursing homes. In addition, the research concludes that making the nursing homes more sustainable should be done according to the three steps of the 'trias energetica'. The first step is to reduce the energy consumption in general. This can be achieved through better insulation and better consciousness about sustainable behavior. The second step is to use renewable energy. Getting solar panels as an energy source is a good example. The last step is to use fossil fuels more efficiently. This can be done by using high efficiency boilers. This step is a last solution and will lapse over the years. Follow-up research could focus on the other components of sustainability, like waste and transport. This will create a more complete picture surrounding the energy consumption and sustainability of nursing homes.

1. Inleiding

In 2019 won Urgenda, een organisatie die strijdt voor verduurzaming, een rechtszaak van de Nederlandse staat: de staat moet ervoor zorgen dat in 2020 25% van de CO₂-uitstoot gereduceerd is t.o.v. 1990. In juni 2019 heeft Urgenda een 40puntenplan afgeleverd bij het kabinet om dit doel te halen. Ondertussen is het een 54puntenplan en is het doel hetzelfde gebleven. Een van de punten is dat verzorgingshuizen een reductie van 0,2 megaton CO₂ moeten behalen. Dit kan al met weinig moeite en kleine aanpassingen (Urgenda-a, 2020). Zo hebben verzorgingshuizen al eens laten zien dat er in een winter 10-15% kan worden bespaard op de energiekosten wat directe invloed heeft op de CO₂-uitstoot (Urgenda-b, 2020).

Verzorgingshuizen zorgen voor 8,1% van de totale CO₂-uitstoot van Nederland (van Beek & Zandvoort, 2020). Er is echter nog geen algemeen plan voor verduurzamen binnen verzorgingshuizen. In dit onderzoek wordt een algemeen advies geschreven dat verzorgingshuizen helpt te verduurzamen. Dat wordt gedaan in opdracht van Urgenda. De nadruk in het onderzoek ligt op het energieverbruik. Dit houdt in: het elektriciteits- en warmteverbruik verminderen en verduurzamen waardoor de CO₂-uitstoot omlaaggaat. Er wordt gekeken naar technische innovaties en aanpassingen in het gedrag van bewoners en medewerkers. Om tot het advies voor de verzorgingshuizen te komen wordt er gekeken naar verzorgingshuizen in Enschede en Lochem.

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt daarom als volgt: Hoe kan het energieverbruik in verzorgingshuizen in de omgeving van Enschede en Lochem worden verlaagd en verduurzaam met behoud van comfort?

2. Theoretisch kader

Er is gekozen om vier vaak voorkomende begrippen toe te lichten. Hiermee wordt een concreter beeld gegeven van hoe deze begrippen zijn gebruikt tijdens het onderzoek. De vier begrippen zijn uitstoot van broeikasgassen, duurzaamheid en

verduurzamen, Trias Energetica en verzorgingshuizen.

2.1 Uitstoot van broeikasgassen

Bij verduurzamen wordt er vaak gesproken over reductie van het broeikasgas CO₂. Broeikasgassen houden de warmte van de zon vast en leveren zo hun bijdrage aan het natuurlijk broeikaseffect dat de aarde op temperatuur houdt (KNMI, 2020). Dit broeikaseffect is van nature niet iets slechts. Er zijn echter zoveel extra gassen uitgestoten door de mens, dat er nu een versterkt broeikaseffect is. Dit zorgt voor een onnatuurlijke opwarming van de aarde. Om dit tegen te gaan, moet ervoor worden gezorgd dat er minder broeikasgassen worden uitgestoten.

2.2 Duurzaamheid en verduurzamen

Reductie van broeikasgassen is onderdeel van verduurzamen. Duurzaamheid is verstandig omgaan met energiebronnen en het milieu (woordenboek.org, 2020). Duurzaamheid betekent ook: de eigenschap om lang mee te gaan. Op deze twee punten ligt de nadruk tijdens verduurzamen.

2.3 Trias energetica

Trias energetica, zie figuur 1 in bijlage 1, is een methode ontwikkeld door de TU Delft om in drie onderdelen te verduurzamen. De volgorde van de onderdelen is gebaseerd op het belang ervan. Dit betekent echter niet dat een onderdeel volledig moet worden afgerond, voor er aan een volgend onderdeel kan worden gewerkt. Er kan worden gekozen om verschillende opties binnen de onderdelen te combineren. De drie onderdelen zijn:

- De energievraag verminderen.
- De energievraag die er is, beantwoorden met hernieuwbare energiebronnen.
- Er moet op een zo efficiënte mogelijke manier gebruik gemaakt worden van fossiele brandstoffen. Dit onderdeel is van belang als de eerste twee onderdelen niet

volledig voorzien in het energieverbruik (Geertsma, 2018).

2.4 Verzorgingshuizen

Verduurzamen moet ook binnen verzorgingshuizen. Een verzorgingshuis is een plek waar extra zorg en ondersteuning wordt geboden aan mensen die door ouderdom, ziekte of een beperking niet meer zelfstandig thuis kunnen wonen. Een verpleeghuis is wat anders, dit is voor intensieve zorg en behandeling (Verzorgingshuis Den Haag en Scheveningen, 2020).

In de bebouwde sector, waar de verzorgingshuizen ook onder vallen, is nog veel ruimte voor verduurzaming. Deze ruimte wordt onder andere veroorzaakt doordat er niet genoeg kennis is over verschillende manieren om te verduurzamen (Dijkman, 2019; Menkveld et al., 2005). De onderdelen die verantwoordelijk zijn voor de meeste milieubelasting in de zorg zijn elektriciteit, brandstof en warmte ("Milieubarometer.nl", z.d.). Zie ook tabel 1 in bijlage 1. Aanpassingen zoals verwarming, verlichting en de aanwezigheid van zonnepanelen zorgen op een pand van 5.000 m² voor een vermindering van 64% van de uitstoot. Daarnaast kunnen aanpassingen in het gedrag 5-10% van de CO₂-uitstoot verminderen (van Bloois, Rodrigues dos Santos, van Gemert, & Kersten, 2020). Bij (oude) gebouwen waar nog weinig is verduurzaamd, kunnen er makkelijker grote stappen in het verduurzamen worden gezet. Goede isolatie is een van die grote stappen in het verminderen van energieverbruik en dit is vaak nog niet op orde (Dijkman, 2019; Kraaij, 2010). Bij een aantal zorginstellingen zijn al wel wat aanpassingen doorgevoerd. De meeste aanpassingen zijn doorgevoerd om kosten te besparen. Er zijn weinig bezwaren zolang de zorgkwaliteit hetzelfde blijft. Wel vinden verzorgingshuizen dat er niet altijd genoeg geld lijkt te zijn. Dat terwijl verzorgingshuizen een duurzame investering kunnen doen die later geld oplevert. Dat geld kan dan weer worden gestopt in de zorg zelf (van Bloois et al., 2020).

Een verzorgingshuis moet zelf inzien dat de verduurzaming de moeite waard is. Daarom is het belangrijk dat verzorgingshuizen goede informatie aangeboden krijgen. Dit kan ervoor zorgen dat ze eerder geneigd zijn om een maatregel door te voeren en te verduurzamen. Het is van belang dat de instelling duidelijk laat zien wat de bewoners en het personeel te wachten staat, zodat de mensen vertrouwen hebben in de maatregelen (de Wilde & Spaargaren, 2017). Managers in de publieke sector hebben vaak strategische en morele beweegredenen als ze willen verduurzamen. Strategische redenen zijn om het bedrijf zelf er beter van te maken. Morele beweegredenen zijn vaak persoonlijker. Managers gebruiken vaak dezelfde strategieën om te verduurzamen als bij andere innovaties. Wat vaak gebeurt, is het inzetten van externe partijen om meer draagvlak te krijgen binnen de organisatie zelf (Gerritsen, 2014).

3. Methode

Het onderzoek is in twee delen opgedeeld. Als eerste is er data verzameld over de stand van zaken met betrekking tot de duurzaamheid binnen verzorgingshuizen en hoe er kan worden verduurzaamd. Hierna werd een ontwerp in de vorm van een advies gemaakt.

3.1 Verzamelen van data

Het verzamelen van data is in verschillende stappen gebeurd.

1) Er zijn eerst semigestructureerde interviews afgenomen bij meerdere verzorgingshuizen. Dat wil zeggen dat het interview

deels is voorbereid met een aantal gerichte vragen, maar er nog genoeg ruimte is voor de verzorgingshuizen om in te vullen. Zie bijlage 2 voor de interviewvragen. Tijdens de interviews zijn mogelijke oplossingen besproken. Het doel was om te weten te komen wat de huidige stand van zaken is en in hoeverre zij open staan om in hun gedrag te verduurzamen. Er was ruimte voor de verzorgingshuizen om zelf met ideeën of informatie te komen. De interviews zijn gehouden met de zorginstelling Marga Klompé, Afke Lijftogt van zorgvilla Huize Dahme, Edward van Nielen en Rachel Groot van zorginstelling Aveleijn en Ewald Damhuis van zorginstelling Liberein.

2) Vervolgens is er onderzoek gedaan door middel van bronnenonderzoek. Er is gebruik gemaakt van Google als zoekmachine, omdat er weinig wetenschappelijke artikelen beschikbaar waren die voor dit onderzoek konden worden gebruikt. Er is eerst gekeken hoe de drie onderdelen van de trias energetica konden worden uitgewerkt. Hierbij is het eerste onderdeel de vraag naar energie verminderen. Onderdeel twee is duurzame energiebronnen gebruiken. Onderdeel drie is zo efficiënt mogelijk omgaan met fossiele brandstoffen (Geertsma, 2018). Per onderdeel zijn een aantal opties gevonden. Deze opties, zoals zonnepanelen bij onderdeel 2, zijn verder onderzocht en uitgewerkt. De bronnen zijn geselecteerd op relevantie en betrouwbaarheid.

3.2 Ontwerp

Allereerst is er voor het ontwerp een Programma van Eisen samengesteld. Hierbij is gekeken naar de verschillende stakeholders en hun belangen. De laatste stap was een advies schrijven op basis van de trias energetica en de resultaten.

4. Resultaten

De resultaten bestaan uit de interviews en het bronnenonderzoek. Het resultaat uit het bronnenonderzoek wordt gepresenteerd op basis van de 3 onderdelen van de trias energetica: energievraag verminderen, duurzame energiebronnen en efficiënt gebruik maken van fossiele brandstoffen.

4.1 Interviews

Uit de interviews is gekomen dat de meeste verzorgingshuizen al maatregelen hebben getroffen om te verduurzamen. Zo zijn ongeveer de helft van de panden goed geïsoleerd en voorzien van (in ieder geval) dubbel glas. Daarnaast heeft ongeveer de helft van de panden zonnepanelen, maar hier is nog ruimte voor verbetering. Alle verzorgingshuizen hebben ook al plannen voor de toekomst, bijvoorbeeld duurzaam verwarmen, verlichting verduurzamen, van het gas af gaan of de isolatie nog verbeteren. Toch valt er op dit moment nog veel te besparen. Zo werd duurzaam gedrag vaak genoemd als iets wat nog kan worden verbeterd. Er zijn vrijwel geen maatregelen voor het gedrag van de bewoners en medewerkers. Dit is nog wel een drempel, want het is lastig om gedragsmaatregelen in te voeren en die in stand te houden. Dit kan komen door weerstand van de bewoners of dat de maatregelen na een tijdje vervagen. Het is belangrijk dat hier meer aandacht voor komt. Verzorgingshuizen gaven ook aan dat het belangrijk is dat hier meer kennis over beschikbaar wordt gemaakt en openbaar gedeeld wordt.

De belangrijkste reden om te verduurzamen is de druk vanuit de overheid. Zorginstellingen dienen aan bepaalde eisen te voldoen. Verzorgingshuizen zorgen ervoor dat ze aan deze minimale eisen voldoen, maar kijken niet veel verder. Soms

sluiten ze zich wel bij een duurzaam project aan, bijvoorbeeld Green Deal of Green Deal 2.0 (Ministerie van Algemene Zaken, 2020). Zo ervaren ze meer druk en gaan ze meer verduurzamen. Een van de drempels die vaak werd genoemd was de kosten. Verzorgingshuizen hebben niet altijd veel geld beschikbaar om te verduurzamen. Echter, door te verduurzamen worden er vaak kosten bespaard. Het is daarom voordelig om deze investering te maken.

4.2 Energievraag verminderen

4.2.1 Gedrag

In het verduurzamen is de eerste stap om het energieverbruik te verlagen. Gedragsverandering levert hier een groot aandeel in. In een winter kan al 10-15% bespaard worden op de energierekening zonder verlies van comfort of het doen van (grote) investeringen (Urgenda-b, 2020). Gedragsmaatregelen die kunnen worden toegepast staan in bijlage 3. Gedragsverandering doorvoeren is alleen niet makkelijk. Het begin is vaak een grote stap en afhaken is een bekende valkuil. Voor het verklaren van gedragsverandering die dan wel of niet optreedt, zijn er verschillende theorieën. Deze kunnen worden gebruikt bij het aanleren van gedrag bij de medewerkers en bewoners.

Een theorie om gedragsverandering eenvoudiger te maken is het EAST-principe: Easy, Attractive, Social en Timely (Didenko, 2016). Easy; maak het zo makkelijk mogelijk om het gedrag te veranderen. Het doel moet duidelijk zijn en er moet worden gezorgd voor kleine stappen. Attractive; het gedrag moet zo aantrekkelijk mogelijk zijn. Social; maak het een sociaal proces. Respect van anderen is ook belangrijk. Timely; het geven van de juiste boodschap op het juiste moment (Didenko, 2016).

Het Fogg Behavior Model (FBM) is een andere theorie over gedragsverandering (Fogg, 2020). Het FBM stelt dat mensen in de basis lui zijn. Ze voelen weerstand als ze moeite moeten doen omdat het inspanning en onzekerheid met zich meebrengt. Er zijn drie benodigdheden tot gedragsverandering: motivatie, kunde en een trigger. Het FBM stelt dat de eerste stap is om motivatie te vergroten. Dit doe je door middel van een duidelijk doel, specifiek zijn en kleine stappen. Net als kunde; maak het eenvoudig. Maak het een kleine en behapbare stap om het gedrag te veranderen. Zorg dat het niet te veel aan inspanning, geld en tijd kost. De laatste stap volgens het FBM is een trigger op het juiste moment. Een trigger is een geheugensteuntje dat uit verschillende dingen kan bestaan. In een training kan bijvoorbeeld een specifieke situatie genoemd worden, als deze situatie zich voordoet is dat een trigger. Posters, nieuwsbrieven of andere herinneringen helpen ook (Noij, 2020).

Motivatie verhogen is vaak nog best een opgave. De zelfdeterminatie theorie van Deci & Ryan stelt dat mensen niet lui zijn maar de juiste factoren missen om intrinsieke motivatie te verhogen (Davidson, 2020). Er is excentrieke motivatie, die komt door prikkels van buitenaf, en intrinsieke motivatie die van binnenuit komt. Intrinsieke motivatie zorgt vaak voor betere resultaten. Deze wordt verhoogd met autonomie, competentie en sociale verbondenheid (Deci & Ryan, 1985; 2000; Verbeeck, 2010). Autonomie wordt gecreëerd door het gevoel van vrije keuze en eigen wil. Competentie betekent dat een persoon moet weten dat diegene iets kan en daarop vertrouwt. Het laatste is dat mensen zich verbonden moeten voelen met hun omgeving, zoals waardering van anderen en een gemeenschappelijk doel hebben (Davidson, 2020).

4.2.2 Isolatie

Isolatie zorgt ervoor dat in de winter de warmte binnen blijft en in de zomer de hitte buiten blijft. Zo hoeft er minder verwarmd of gekoeld te worden en daardoor gaat het energieverbruik omlaag. Er zijn verschillende vormen van isolatie: schil-, vloer-, dakisolatie, ramen en naden en kieren.

Schilisolatie: Het houdt in dat de muren rondom het gebouw goed geïsoleerd zijn. Dit zorgt ervoor dat de temperatuur binnen redelijk gelijk blijft. In een bestaand gebouw kan dit worden aangepast door bijvoorbeeld de spouw te vullen met isolatiemateriaal of aan de binnen- of buitenkant extra isolatieblokken aan te brengen. Schilisolatie is één van de beste en belangrijkste manieren van isoleren, omdat het energieverbruik aanzienlijk lager wordt (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.d.).

Vloer: Door isolatiemateriaal aan de onderkant van de vloer te plaatsen, bijvoorbeeld via de kruipruimte, wordt er veel energie bespaard. Het is dan belangrijk om te zorgen dat er ventilatie is, aangezien er anders vochtproblemen kunnen ontstaan (Milieu centraal-g, z.d.).

Dak: Het dak kan worden geïsoleerd door isolatiemateriaal aan de binnenkant van het dak, onder de dakpannen of aan de buitenkant van het dak te plaatsen. Het isolatiemateriaal kan er ook in worden gespoten. Deze laatste optie isoleert echter minder goed en is daarom ook een laatste optie (Milieu centraal-b, z.d.).

Isolatiemateriaal: Voor het isoleren kunnen verschillende materialen worden gebruikt. Het verschil tussen isolatiematerialen is voor welk doeleinde het wordt gebruikt en de duurzaamheid van het productieproces. Er wordt ook onderscheid gemaakt tussen minerale, natuurlijke en synthetische materialen. Er wordt vaak gedacht dat natuurlijke materialen meteen duurzaam zijn, maar dat is niet waar aangezien het productieproces van deze materialen toch nog veel CO₂ uit kan stoten. Deze laatste indeling heeft dus geen directe invloed op de duurzaamheid van het materiaal. De beste isolatiematerialen zijn steenwol, glaswol, gerecycled katoen en biofoam. Deze isoleren goed en hebben een lagere milieu impact. Schapenwol en gespoten PUR worden afgeraden omdat er meer CO₂ wordt uitgestoten om deze materialen te produceren (Milieu Centraal, z.d.).

Ramen: Er gaat veel warmte verloren door de ramen, omdat deze in contact zijn met de buitenlucht. Het is belangrijk om goed geïsoleerde ramen te hebben om dit te voorkomen. De beste optie is om HR++ of tripel glas te hebben. Tussen de glasplaten van deze ramen zit een isolerend gas, waardoor het nog beter isoleert. Deze gassen zijn niet schadelijk voor het milieu en de mens (Milieu centraal-c, z.d.). Daarnaast is het belangrijk isolerende kozijnen en deuren te hebben. Dat kan door bijvoorbeeld een isolerende houtsoort zoals lariks of accoya te gebruiken (Milieu centraal-f, z.d.). Mocht het voor een verzorgingshuis niet mogelijk zijn om de ramen te vervangen, zelfs niet door monumentaal glas, dan kan er worden gekozen voor isolerende raamfolie. Dit wordt op het raam geplakt en heeft een isolerende werking. Een nadeel hiervan is dat het niet zo lang meegaat, het dient meer als een tijdelijke oplossing. Het kan ook net zo duur zijn als de ramen helemaal vervangen door HR++ glas (Milieu centraal-e, z.d.). Zonwerende ramen zijn geen goede optie om te verduurzamen. Het zorgt voor hogere stookkosten in de winter, omdat het zonlicht wordt weerkaatst.

Naden en kieren dichten: Er raakt veel warmte verloren op open

plekken zoals naden en kieren. Deze moeten worden gedicht of geïsoleerd zodat de warmte niet verloren gaat. Het is dan wel belangrijk dat er wordt gezorgd voor een alternatieve vorm van ventilatie (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.d.). Zie tabel 2 in bijlage 1 voor voorbeelden.

4.2.3 Energieverbruik apparaten

Het energieverbruik verlagen kan ook met energiezuinige apparaten. Qua verlichting zijn ledlampen erg zuinig. Daarnaast wordt het aangeraden om altijd voor apparaten met een hoog energielabel te gaan. Dat is vaak het label A+++ . Deze zijn wel duurder om aan te schaffen, maar het is een investering aangezien het na verloop van tijd wordt terugverdiend. Dit komt omdat er minder stroom wordt verbruikt (“Huishoudelijke apparaten”, z.d.).

4.3 Duurzame energiebronnen

Zorginstellingen kunnen ervoor kiezen om van het gas af te gaan en op duurzame stroom over te stappen. Aardgas is een niet hernieuwbare grondstof die erg belastend is voor het milieu. Het is verstandig om deze stappen te zetten op een natuurlijk renovatiemoment (van Heumen & Traversari, 2019). Een grote stap om van het gas af te gaan is koken op inductie. Een inductiekookplaat is zuinig en veilig. Er moet wel rekening worden gehouden met pacemakers, omdat het magnetisch veld van de kookplaat de elektronica ontregelt. Mocht dit problemen opleveren, dan kan er gekozen worden voor een andere manier van elektrisch koken zoals een keramische kookplaat. Deze verbruikt wel meer stroom dan een inductieplaat (“Inductie kookplaat”, z.d.). Zie ook tabel 4 in bijlage 1.

Als er gekozen wordt om van fossiele brandstoffen af te stappen, moet er een vervangende energiebron komen. Deze energie kan worden ingekocht bij een energieleverancier die duurzame energie levert. Zonnepanelen nemen is een goede manier om duurzame energie te verkrijgen op een onafhankelijke manier. Ingekochte duurzame energie heeft geen zekerheid over de duurzaamheid. Als er eigen energie wordt opgewekt, is er wel zekerheid.

Bij het kopen van een goed zonnepaneel moet er op verschillende kenmerken gelet worden. Allereerst kan er worden gekeken naar de tier, een soort rang, van de producent. Er wordt dus niet gekeken naar specifieke zonnepanelen maar naar de kwaliteit van de producent. Er bestaat een tier 1, tier 2 en tier 3. In de tier 1 staat een producent als deze betrouwbaar is en de beste kwaliteit zonnepanelen produceert. In de tier 1 zijn producenten minder afhankelijk van derden waardoor er meer inzicht in de productie is. De productie is bovendien automatisch waardoor er een kleinere kans is op fouten. Economisch gezien zijn de producenten stabiel waardoor de garanties geen loze beloften zijn. Daarnaast zijn de garanties langer. Tier 1 producenten zijn ook gericht op de toekomst en altijd bezig met ontwikkelen (zonnestroomnederland.nl, 2020). De producenten in de tier 2 zijn op weg om in de tier 1 te komen. De tier 3 producenten worden als erg lage kwaliteit gezien en afgeraden.

Naast de tier is het belangrijk om op verschillende kenmerken te letten. Dat kan aan de hand van de drie p's: Profit, Planet en People (Jonker, 2021). Hieraan kunnen de belangrijkste aandachtspunten worden gekoppeld.

Profit gaat over welke producent de beste keuze is gezien de kwaliteit en het economisch belang is. Hieraan kunnen vier

aandachtspunten worden gekoppeld: het rendement, garanties, de prijs en folie-op-glas/glas-op-glaszonnepanelen.

Allereerst is rendement heel belangrijk. Hiermee wordt bedoeld hoe hoog de efficiëntie is. Hoe hoger het rendement, hoe meer zonnestrallen daadwerkelijk in energie worden omgezet en dus hoe beter het zonnepaneel zijn werk doet. Het gemiddelde rendement ligt ongeveer tussen de 15-22% (Buldit, 2020).

Garantie is ook een belangrijk aandachtspunt: hoe hoger de garantie, hoe meer de producent zelf overtuigd is van de goede kwaliteit. Bij zonnepanelen zijn er meerdere soorten garanties, twee daarvan zijn productgarantie en vermogensgarantie. Productgarantie gaat over defecten van het zonnepaneel. Gemiddeld is deze garantie 10 jaar (Wilt-b, 2019). Vermogensgarantie gaat over de langzame achteruitgang van het zonnepaneel. Gemiddeld is er na 20-25 jaar nog 80% van het rendement over (Wilt-b, 2019-b).

De gemiddelde prijs van zonnepanelen per m2 ligt tussen de 86 euro en 196 euro, inclusief btw (Verbouwkosten B.V., 2020). Dit ligt ook aan het vermogen, de kwaliteit en het merk. Een te goedkoop zonnepaneel kan ook consequenties hebben. Hierdoor kan het uiteindelijk juist als duurkoop uitpakken. Zonnepanelen kopen is een investering; eerst kost het veel geld, maar het wordt later terugverdiend. De terugverdientijd is ongeveer 7 jaar (Wilt-a, 2019). Daarna kan er nog jaren winst gemaakt worden. Het is het ook waard om de subsidies uit te zoeken. Nederland heeft verschillende subsidieregelingen voor verschillende bedrijven en zonnepanelen (zonnestroomnederland.nl, z.d.). Daarnaast moet er gelet worden op bijkomende kosten. Zonnepanelen liggen niet zomaar op het dak en ook is er een omvormer nodig om de opgewekte energie daadwerkelijk te gebruiken.

Er is ook keuze uit verschillende zonnepanelen. Folie-op-glas en glas-op-glas zijn veel voorkomend. Glas-op-folie is vaak goedkoper, maar heeft als nadeel dat verschillende lagen soms los komen te zitten. De kwaliteit en het rendement gaan hierdoor achteruit. Glas-op-glas is vaak duurder, maar de kwaliteit is wel beter (“Greenforyou.nl”, 2019).

De tweede p is Planet; deze gaat over hoeveel invloed de zonnepanelen hebben op het milieu. Bij het opwekken van energie met zonnepanelen komt geen CO2 vrij. Het productieproces van zonnepanelen is alleen niet altijd duurzaam. Bij de productie van een aantal vaak gebruikte stoffen in zonnepanelen komt veel CO2 vrij. Daarnaast ontstaat er een afvalstroom die steeds groter wordt als straks de eerste generatie zonnepanelen het niet meer doet (Alföldy, 2020).

De derde p is van People waarbij wordt gekeken naar de invloed van een bedrijf en de productie op mensen. In veel zonnepanelen zitten conflictmetalen. Conflictmetalen moeten vermeden worden omdat bij het winnen van deze metalen milieu- en mensenrechten geschonden worden (ASN Bank, z.d.).

4.4 Efficiënt gebruik van fossiele brandstoffen

Gebouwen worden soms nog verwarmd met (oude) ketels die werken op aardgas. Er wordt steeds vaker gebruik gemaakt van een HR-ketel¹. Deze zijn echter nog steeds niet erg efficiënt. Een elektrische warmtepomp, die kan ook (later) werken op duurzame stroom, is een goed alternatief (van Beuzekom, van Dam, & Slootweg, 2016). Zie tabel 3 in bijlage 1. Een andere optie is een hybride warmtepomp. Dit is deels een HR-ketel die werkt op gas, en deels een warmtepomp die elektriciteit gebruikt. Het grootste gedeelte van het verwarmen gebeurt

¹Een HR-ketel (hoog rendement) heeft een hoger rendement dan een CV-ketel (centrale verwarming). Deze is daarom energiezuiniger en beter voor het milieu. (essent, z.d.)

door de warmtepomp. Slechts voor een deel, bijvoorbeeld wanneer het heel koud is, moet de HR-ketel bijspringen. Het voordeel van deze hybride warmtepomp is dat deze makkelijk kan worden ingebouwd in een bestaand gebouw. Vaak komt deze op de plek van of naast de HR-ketel (van Beuzekom et al., 2016).

De warmtepomp van Cooll is een ander alternatief. Het is een warmtepomp die vergelijkbaar werkt met een elektrische warmtepomp. Het verschil is dat deze pomp werkt op fossiele brandstoffen. Dit gebeurt wel efficiënt, waardoor er 30-50% CO₂-uitstoot kan worden bespaard ten opzichte van een CV-ketel. Daarnaast kan dezelfde technologie in de toekomst worden aangedreven door (groene) waterstof ("Cooll | Sustainable Energy Solutions", z.d.).

Er kan ook gebruik worden gemaakt van een warmtenet. Dat is een systeem van ondergrondse leidingen die warm water naar de huizen en radiatoren transporteren. Dat water is vaak een restproduct van fabrieken, dus het is een goede optie om deze warmte nuttig te gebruiken. Toch blijkt het lastig om dit toe te passen, aangezien er veel moet veranderen in de infrastructuur. Dit is niet de meest aantrekkelijke optie voor de consument, hoewel het wel erg goed is voor het milieu (van Beuzekom et al., 2016).

Een andere mogelijkheid voor verwarming is infraroodverwarming, ook wel ir-verwarming. Het zijn platen die straling in de vorm van warmte afgeven. Ze zijn erg zuinig, want bijna alle energie wordt omgezet in warmte. De warmte afgegeven door de verwarming wordt opgeslagen door de omgeving (mensen, meubels, muren) en niet door de lucht. Bij een gewone radiator stijgt de warme lucht naar boven, waardoor de bewoners zelf minder van die warmte kunnen gebruiken. Ir-verwarming werkt plaatselijk, dus buiten de radius van de verwarming voelt het ineens erg koud. Hierdoor is het minder geschikt als centrale verwarming. Ook is het belangrijk dat er goede isolatie is zodat de ir-platen efficiënt functioneren (GGCW, 2020). Infraroodverwarming heeft veel positieve effecten op ouderen die artrose en ademhalingsproblemen hebben. Deze verwarming zorgt er namelijk voor minder droge lucht en is goed voor de spieren (Dautzenberg, 2020).

5. Programma van Eisen

Het advies voor de verzorgingshuizen moet aan een aantal eisen voldoen. Deze zijn samengesteld op basis van de verkregen informatie uit de interviews en het literatuuronderzoek. Daarnaast is er rekening gehouden met de eisen vanuit Urgenda. Er is ook rekening gehouden met de verschillende betrokken partijen en met de verschillende aspecten die komen kijken bij verduurzaming.

1. De maatregelen zorgen ervoor dat de verzorgingshuizen dichterbij de klimaatdoelen van Urgenda komen (Urgenda, 2020).
2. De kwaliteit van de zorg en het comfort moeten niet belemmerd worden. De medewerkers moeten niet belemmerd worden in hun verzorgende taak.
3. Het totaalpakket aan maatregelen levert naast de duurzaamheidseffecten ook een financieel voordeel op.
4. Als het energieverbruik verduurzaamd wordt, moet er worden gelet op de andere aspecten van duurzaamheid
 - a. Denk bijvoorbeeld aan het Cradle to Cradle² principe (Life Cycle Sustainability Assessment, z.d.).
5. Er moeten maatregelen komen voor gedragsveranderingen die zorgen voor verduurzaming.

6. Kennis over het belang van verduurzamen moet worden gedeeld met de medewerkers en bewoners.
7. De winst die behaald wordt op het gebied van duurzaamheid moet in verhouding staan met inspanning die ervoor moet worden gedaan.
 - a. Het gaat dan vooral op de lange termijn: een oud gebouw energieneutraal krijgen, vergt meer moeite dan een nieuw gebouw.

6. Conclusie

In dit onderzoek is er onderzocht hoe het energieverbruik in verzorgingshuizen in de omgeving van Enschede en Lochem kan worden verlaagd en verduurzaamd met behoud van comfort. Hiervoor zijn er interviews afgenomen, is er een dataonderzoek gedaan en uiteindelijk is er een advies ontworpen. Zie bijlage 4 voor het advies.

Uit de interviews is gebleken dat de verzorgingshuizen al wel stappen zetten in het verduurzamen. Ze zijn er mee bezig, maar er is nog veel ruimte voor verbetering. Gedragsverandering vinden de verzorgingshuizen het lastigst om in te voeren en in stand te houden. De belangrijkste reden om te verduurzamen is de druk van de overheid om aan eisen te voldoen. Geld kan door verzorgingshuizen als drempel worden ervaren maar er wordt ook gekeken naar de besparingen die verduurzamen opleveren op lange termijn.

De conclusie van het onderzoek is dat het verduurzamen van het energieverbruik het beste volgens de drie onderdelen van de trias energetica kan gaan. Het eerste onderdeel is om het energieverbruik te verminderen. Dit gebeurt door gedragsveranderingen door te voeren en een betere isolatie en zuinige apparaten aan te schaffen. Het tweede onderdeel is de energievraag die er nog is beantwoorden met duurzame energiebronnen. Er moet hernieuwbare energie gebruikt worden dus van het gas overstappen naar groene stroom. Zonnepanelen nemen is hiervoor een goede optie. Als deze twee onderdelen niet toereikend genoeg zijn, kan er gebruik gemaakt worden van het laatste onderdeel. Er moet dan zo efficiënt mogelijk gebruik gemaakt worden van fossiele brandstoffen. Dit kan door hybride warmtepompen en ketels met een hoog rendement te gebruiken.

7. Discussie

In de discussie wordt er ingegaan op verschillende punten van validiteit, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid. De manier van data verzamelen, de inhoud van de resultaten, het Programma van Eisen en Trias Energetica komen aan bod. Als laatste worden de mogelijkheden van vervolgonderzoek besproken.

7.1 Data verzamelen

In dit onderzoek zijn er verschillende bronnen geraadpleegd. Hierdoor zijn er verschillende cijfers gebruikt die niet altijd met elkaar overeenkomen. Dit kan een invloed hebben gehad op de focus op verschillende opties, maar het heeft geen invloed op de hoofdonderwerpen van het onderzoek gehad. Zo hadden er bij het onderwerp verwarming andere opties naar voren kunnen komen. Er zijn ook verschillende zaken als waar aangenomen zonder veel verdere aandacht voor de betrouwbaarheid van de gegevens. De onderbouwing van verschillende theorieën is daardoor niet geheel valide. Zo is er bij het onderzoek naar de trias energetica niet genoeg ruimte geweest voor bronnen vanuit verschillende hoeken. Door de eenzijdigheid is dit deel van het onderzoek niet volledig. Een

² Het Cradle to Cradle principe betekent dat elke grondstof dat voor een product wordt gebruikt, ook weer moet kunnen worden hergebruikt. Een grondstof moet dus van wieg tot wieg gaan, in plaats van wieg tot graf.

ander punt is dat er voor het onderzoek gebruik gemaakt is van bronnen die niet specifiek gaan over verzorgingshuizen. Bijna alle bronnen gaan over gebouwen en woningen, maar voor verzorgingshuizen specifiek is weinig informatie beschikbaar. Er is aangenomen dat de informatie in deze bronnen ook geldt voor de verzorgingshuizen. Deze aanname is niet zonder onderbouwing genomen. Verzorgingshuizen zijn namelijk ook gebouwen en woningen, wel kunnen ze iets specifiekere behoeften hebben. Er is echter geen onderzoek voor deze aanname gedaan, waardoor deze aanname niet geheel valide is. De interviews zijn semigestructureerd afgenomen. Deze methode is gebruikt omdat er zo meer informatie kan worden gegeven door de geïnterviewden. Het gaf meer ruimte aan de geïnterviewden om zelf aan de te geven wat er speelt en wat er nodig is. Wel kon er worden gestuurd naar de relevante antwoorden. Dit verhoogt de validiteit van het onderzoek. De betrouwbaarheid van deze methode is wel lager, omdat bij een vervolgonderzoek de interviews weer anders kunnen verlopen. Daarnaast zijn in dit onderzoek de interviews niet allemaal door dezelfde persoon afgenomen. Doordat twee verschillende personen niet op precies dezelfde manier interviewen, is een vergelijking tussen de interviews minder nauwkeurig.

7.2 Resultaten

De resultaten van de interviews kwamen niet op alle punten overeen met de informatie uit het theoretisch kader. Bij het opstellen van het theoretisch kader kon er niet veel gevonden worden over plannen om te verduurzamen binnen verzorgingshuizen. Uit de interviews kwam echter dat er vaak al wel plannen zijn. Hieruit blijkt dat het bronnenonderzoek geen geheel beeld kon geven en verouderd is. Door deze nieuwe informatie lijkt het doel van dit onderzoek minder noodzakelijk. Toch voegt het advies uit dit onderzoek iets toe aan het verduurzamingsproces van de verzorgingshuizen. De plannen van de verzorgingshuizen zijn namelijk niet overall even ver ontwikkeld. De nadruk ligt niet altijd op de belangrijkste stappen in het verduurzamen en de focus ligt bijna alleen op de gebouwen. Bovendien wordt het gedrag vaak vergeten en gedragsveranderingen worden als een moeilijk punt benoemd. Door dit resultaat is het gedrag een sterk onderdeel in dit onderzoek. Er wordt daarnaast met de trias energetica geholpen om de focus op de juiste stappen in het verduurzamen te krijgen.

In het advies is er gebruik gemaakt van twee verschillende theorieën over gedragsveranderingen, het Fogg Behavior Model (FBM) en de zelfdeterminatietheorie van Deci en Ryan. Een discussiepunt is echter wel dat de basis van deze theorieën tegenover elkaar staan. Het FBM stelt dat mensen lui zijn van oorsprong terwijl de zelfdeterminatietheorie zegt dat mensen juist niet lui zijn maar de juiste factoren missen. De principes waar het op rust zijn wel anders, maar uiteindelijk helpen de beide theorieën voor het vergroten van de motivatie. Het FBM gaat vooral over extrinsieke motivatie en de zelfdeterminatietheorie juist intrinsieke motivatie. Juist van een combinatie van deze theorieën kan veel geleerd worden over het vergroten van de motivatie.

7.3 Programma van Eisen

Een ander discussiepunt is het Programma van Eisen. Een van de eisen is: het totaalpakket aan maatregelen levert naast de duurzaamheidseffecten ook een financieel voordeel op. Hierbij moet worden uitgelegd dat niet alle maatregelen op zichzelf

financieel voordelig hoeven te zijn. Soms kan een maatregelen niet worden terugverdiend maar levert het wel andere voordelen op, zoals extra comfort. Een andere eis is: als het energieverbruik verduurzaamd wordt, moet er worden gelet op de andere aspecten van duurzaamheid (denk bijvoorbeeld aan het Cradle to Cradle principe (Life Cycle Sustainability Assessment, z.d.)). Deze eis moet in een breder perspectief worden bekeken. Soms is een maatregel op één punt niet duurzaam maar levert deze maatregel in totaal wel een groot duurzaamheidsvoordeel op. Dit moet dus wel in verhouding staan.

7.4 Trias Energetica

Er moet worden gekeken naar het derde onderdeel van de trias energetica: het efficiënt gebruik maken van fossiele brandstoffen. Op dit moment is er nog niet genoeg duurzame energie om iedereen volledig te voorzien. Hierdoor kan er dus nog niet gelijk voor worden gekozen om af te stappen van alle fossiele brandstoffen. Daarvoor is dit derde onderdeel. Echter vervalt dit onderdeel in de komende (tientallen) jaren en hier moet ook naar toegewerkt worden. Uiteindelijk is het doel om alleen maar hernieuwbare energiebronnen te gebruiken. Als er dus voor wordt gekozen om wel van het gas af te stappen, moet er worden gelet op de bron van de elektriciteit die dan wordt gebruikt. Elektriciteit kan namelijk ook worden opgewekt door fossiele brandstoffen en hiermee wordt dus alleen het probleem verplaatst. Een ander aandachtspunt voor elektriciteitsgebruik is dat er in de winter vaak minder duurzame energie beschikbaar is. De CO₂-reductie zal dan tegenvallen omdat er vaak wordt teruggevallen op fossiele brandstoffen.

7.5 Vervolgonderzoek

Bij dit onderzoek moet er rekening gehouden worden met de snelle ontwikkelingen op gebied van duurzaamheid. Als dit onderzoek herhaald wordt dan komen er waarschijnlijk andere resultaten uit door de vooruitgang in het vakgebied. Zowel de resultaten van het bronnenonderzoek als de resultaten van de interviews zullen veranderen door ontwikkelingen. De betrouwbaarheid van dit onderzoek gaat na verloop van tijd omlaag. Dit betekent niet dat het geen waarde heeft om onderzoek te doen naar verduurzaming. Verduurzamen is een proces en elke stap die gezet wordt, helpt ook mee in de ontwikkeling. Het advies kan nu dus wel gebruikt worden maar het geldt niet als absolute waarheid.

In dit onderzoek is er alleen gekeken naar het verduurzamen van het energieverbruik. Het energieverbruik is nog wel een breed onderwerp. Er zijn veel verschillende aspecten van het energieverbruik onderzocht zoals zonnepanelen, gedrag en isolatie. Hierdoor kon echter niet overall diep op in worden gegaan. Dit maakt het onderzoek minder betrouwbaar.

Aan de andere kant zijn er nog veel meer onderdelen waar verduurzaamd moet worden, zoals afval, transport en voeding. In een vervolgonderzoek kan er worden gekeken naar deze verschillende onderdelen. Meerdere onderzoeken zijn namelijk noodzakelijk om een vollediger beeld van het verduurzamen in verzorgingshuizen te krijgen.

8. Bibliografie

- Alföldy, E. (2020, 25 augustus). Hoe duurzaam zijn zonnepanelen nu eigenlijk? Geraadpleegd van <https://www.oneworld.nl/lezen/schone-energie/hoe-duurzaam-zijn-zonnepanelen-nu-eigenlijk/>
- ASN Bank. (z.d.). Hoe zit het met ... conflictmetalen. Geraadpleegd op 28 november 2020, van https://goedgeld.asn-bank.nl/september_2020/hoe_zit_het_met_conflictmetalen/
- Blaauw, M. (2019, 23 september). Wattoek (Wp), de eenheid voor zonnepanelen. Wat is dat? zonnepanelen.net. <https://www.zonnepanelen.net/zonnepanelen-wattoek-wp/>
- Buldit. (2020, 12 oktober). Rendement zonnepanelen. Geraadpleegd van <https://www.zonne-paneel.net/rendement-zonnepanelen/>
- Cooll | Sustainable Energy Solutions. (z.d.). Geraadpleegd op 26 november 2020, van <https://www.cooll.eu/>
- Dautzenberg, L. (2020, 26 juli). Infrarood verwarming is gezond. Geraadpleegd op 28 januari 2021, van <https://www.infrarood-verwarming.nl/2020/05/21/gezond-infrarood-verwarming/>
- Davidson, P. (2020, 28 mei). De Zelfdeterminatietheorie van Deci & Ryan. EnergyFinder. <https://www.energyfinder.nl/zelfdeterminatietheorie-deci-ryan/>
- de Wilde, M., & Spaargaren, G. (2017). Samen op reis naar een energiezuinige woning (TESE115011). Wageningen University. Geraadpleegd van https://www.hieropgewekt.nl/uploads/inline/OnderzoeksrapportWUR_DOBAE_1.pdf
- Deci, E. L. & Ryan R. M., 1985; 2000; Verbeeck, K., 2010). Zelfdeterminatie theorie - Self-Determination Theory (SDT). Geraadpleegd op 28 november 2020, van <https://wij-leren.nl/zelfdeterminatie-theorie.php>
- Didenko, L. (2016, 5 april). 4 principes voor gedragsverandering. Marketingfacts. <https://www.marketingfacts.nl/berichten/4-principes-voor-gedragsverandering>
- Dijkman, H. (2019, 4 november). Zorgsector en energiegebruik: kansen voor verduurzaming. Geraadpleegd op 4 februari 2020, van <https://zorgen.nl/2019/11/04/zorgsector-en-energiegebruik-kansen-voor-verduurzaming/>
- Duurzaam Thuis. (2020, 7 november). Overzicht Duurzame Verwarming Mogelijkheden. Geraadpleegd op 12 november 2020, van <https://www.duurzaamthuis.nl/energie/verwarming>
- essent. (z.d.). Het verschil tussen een cv-ketel en een hr-ketel. Geraadpleegd op 12 november 2020, van <https://www.essent.nl/grootzakelijk/kennis-inspiratie/energie-besparen/verschil-cv-ketel-en-hr-ketel>
- Feenstra Nieuwsredactie. (2018, 6 maart). Trias energetica. feenstra.com. <https://www.feenstra.com/zorgelooswonen/trias-energetica/>
- Fogg, B. J. (2020, 23 september). Behavior Model. behaviormodel. <https://behaviormodel.org/>
- Geertsma, P. (2018, 6 januari). Wat is Trias Energetica of Trias Energica? technischwerken. <https://www.technischwerken.nl/nieuws/wat-is-trias-energetica-of-trias-energica/>
- Gerritsen, M. (2014). Op weg naar duurzame zorg. Universiteit Utrecht. Geraadpleegd van <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/301600>
- GGCW. (2020, 30 november). Onafhankelijk advies over Infrarood Verwarming. Geraadpleegd op 5 december 2020, van <https://www.ggcw.nl/advies-infrarood-verwarming/greenforyou.nl>
- greenforyou.nl. (2019, 13 december). Geraadpleegd van <https://greenforyou.nl/glas-glas-of-glas-folie-zonnepanelen-wat-is-de-beste-keus/>
- Huishoudelijke apparaten. (z.d.). Geraadpleegd op 12 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/apparaten-en-verlichting/huishoudelijke-apparaten/>
- Inductie kookplaat. (z.d.). Geraadpleegd op 12 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/apparaten-en-verlichting/huishoudelijke-apparaten/inductie-kookplaat/>
- Jonker, J. (2021, 18 januari). People, Planet, Profit (Triple Bottom Line of Triple P). Geraadpleegd van <https://www.managementimpact.nl/artikel/people-planet-profit-triple-bottom-line-triple-p/>
- KNMI. (z.d.). KNMI - Broeikaseffect. Geraadpleegd op 11 juni 2020, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/broeikaseffect>
- Kraaij, M. (2010). Vergroenen van grijze gebouwen. Technische Universiteit Eindhoven. Geraadpleegd van https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/125628928/423_Martin_Kraaij_Vergroenen_van_grijze_gebouwen_TUE_2010.pdf
- Lancee, L. (2019). Ondersteuning voor energie-efficiënt woonzorgvastgoed binnen de Wet langdurige zorg. Delft University of Technology, 1–17. Geraadpleegd van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:8b2d92b5-f0ce-43dc-a954-7f576db2ad67>
- Life Cycle Sustainability Assessment. (z.d.). Life Cycle Initiative. Geraadpleegd 1 oktober 2020, van <https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/life-cycle-approaches/life-cycle-sustainability-assessment/>
- Menkveld, M., Daniëls, B., Boerakker, Y., Jeeninga, H., Kroon, P., Seebregts, A., & de Wilde, H. (2005). Het onbenut rendabel potentieel voor energiebesparing. Energieonderzoek Centrum Nederland. Geraadpleegd van <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid%3A6fad4b5-7b45-4367-a9f6-837e328239e2>
- Milieubarometer.nl. (z.d.). Geraadpleegd op 30 juni 2020, van <https://www.milieubarometer.nl/voorbeelden/verzorgingshuis/>
- Milieu centraal-a. (z.d.). Aardgasvrij wonen in stapen. Verbeterjehuis. Geraadpleegd 24 september 2020, van <https://www.verbeterjehuis.nl/aardgasvrij-wonen/stap-voor-stap-naar-aardgasvrij/>
- Milieu centraal-b. (z.d.). Dakisolatie: warmer huis, lagere energiekosten. Geraadpleegd op 7 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energie-zuinig-huis/isoleren-en-besparen/dakisolatie/>
- Milieu centraal-c. (z.d.). Dubbel glas, HR++ glas en triple glas. Geraadpleegd op 5 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/dubbel-glas-hr-glas-en-triple-glas/>
- Milieu Centraal-d. (z.d.). Isolatiematerialen vergeleken. Geraadpleegd op 17 december 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/isoleren-en-besparen/isolatiematerialen-vergeleken/>
- Milieu centraal-e. (z.d.). Isolerende raamfolie: besparing en tips. Geraadpleegd op 5 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolerende-raamfolie/>
- Milieu centraal-f. (z.d.). Kozijnen en deuren: hou de warmte binnen. Geraadpleegd op 5 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolerende-kozijnen-en-deuren/>

Milieu centraal-g. (z.d.). Vloerisolatie voor warmere voetjes. Geraadpleegd op 7 november 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/vloerisolatie/>

Milieu Platform Zorgsector. (z.d.). Green Deal Duurzame Zorg voor een Gezonde Toekomst, 2015-2022. Geraadpleegd op 21 oktober 2020, van <https://milieuplatformzorg.nl/green-deal/>

Ministerie van Algemene Zaken. (2020, 9 juni). Meer duurzaamheid in de zorg. Duurzame zorg | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-zorg/meer-duurzaamheid-in-de-zorg>

Noij, M. (2020, 14 november). Het Fogg Behavior Model. UBS+. <https://www.ubspus.nl/gedrag-veranderen/respectzorg.nl>. (z.d.). Verzorgingshuis. Geraadpleegd op 11 juni 2020, van <https://www.respectzorg.nl/zorg/verzorgingshuis>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Energie besparen door te isoleren | RVO.nl | Rijksdienst. Geraadpleegd op 22 oktober 2020, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/technieken-beheer-en-innovatie/energie-besparen-door-te-isoleren>

SunPower Netherlands. -a (z.d.). SunPower Netherlands. sunpower.maxeon.com. Geraadpleegd op 28 november 2020, van <https://sunpower.maxeon.com/nl/blog/van-grondstof-tot-zonnepaneel-hoe-duurzaam-is-de-productie-van-zonnepanelen>

SunPower Netherlands. -b (z.d.). SunPower Netherlands. sunpower.maxeon.com. Geraadpleegd op 28 november 2020, van <https://sunpower.maxeon.com/nl/blog/van-grondstof-tot-zonnepaneel-hoe-duurzaam-is-de-productie-van-zonnepanelen>

Urgenda-a. (z.d.). 40puntenplan. Geraadpleegd op 28 mei 2020, van <https://www.urgenda.nl/themas/klimaat-en-energie/40-puntenplan/>

Urgenda-b. (2020, 13 oktober). Energiestrijd zorghuizen. <https://www.urgenda.nl/themas/bouw/energiestrijd-zorghuizen/>

van Beek, R., & Zandvoort, H. W. (2020, 18 augustus). CO2-reductie in de gezondheidszorg. Geraadpleegd op 28 januari 2021, van <https://www.zonmw.nl/nl/actueel/nieuws/detail/item/co2-reductie-in-de-gezondheidszorg/>

van Beuzekom, I., van Dam, M., & Sloopweg, J. G. (2016). Verduurzaming van verwarming vereist integrale aanpak. *Energie +*

van Bloois, R., Rodrigues dos Santos, L., van Gemert, M., & Kersten, R. (2020). Verduurzamen zorgvastgoed? Yes, you can! *hevo.nl*. Geraadpleegd van https://www.hevo.nl/media/downloads/brochure_verduurzaming_vastgoed_abn_amro.pdf

van Heumen, S., & Traversari, R. (2019). Routekaart verduurzaming van het vastgoed in de langdurige zorg. TNO. Geraadpleegd van <https://de zorgduurzaam.milieuplatformzorg.nl/sectorale-routekaart/care>

Verbouwkosten B.V. (2020, 3 oktober). Zonnepanelen prijs. *Verbouwkosten*. <https://www.verbouwkosten.com/zonnepanelen/prijs/>

Wilt-a, P. (2019, 19 december). Terugverdientijd zonnepanelen. *Consumentenbond*. <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/terugverdientijd-zonnepanelen>

Wilt-b, P. (2019, 19 december). Garantie op zonnepanelen. *Consumentenbond*. <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/garantie-zonnepanelen>

Woordenboek.org. (z.d.). Duurzaamheid definitie. Geraadpleegd op 11 juni 2020, van <https://www.woorden.org/woord/duurzaamheid>

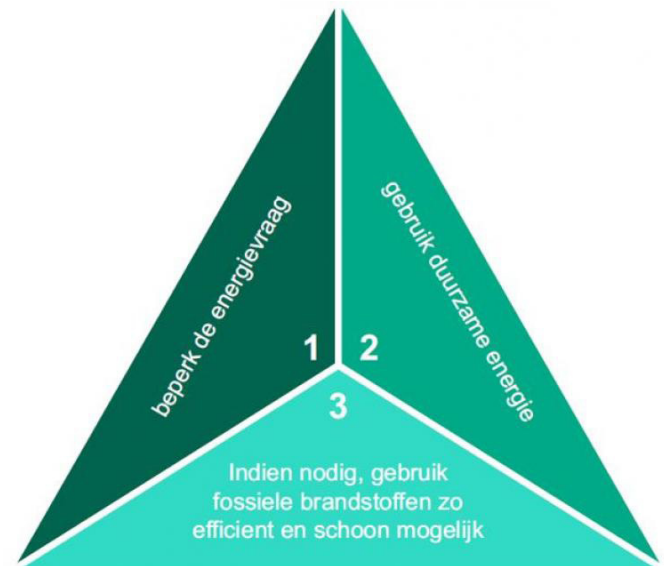
zonmw.nl. (2020, 18 augustus). CO2-reductie in de gezondheidszorg - ZonMw. Geraadpleegd op 28 januari 2021, van <https://www.zonmw.nl/nl/actueel/nieuws/detail/item/co2-reductie-in-de-gezondheidszorg/>

zonnestroomnederland.nl. (2020, 14 november). Dit zegt Tier 1 over de kwaliteit van zonnepanelen en producenten. Geraadpleegd van <https://www.zonnestroomnederland.nl/kennisbank/waar-staat-tier-1-voor-bij-zonnepanelen/>

zonnestroomnederland.nl. (z.d.). Welke subsidies zijn er voor zakelijke zonnepanelen? Geraadpleegd op 28 november 2020, van <https://www.zonnestroomnederland.nl/subsidies-voor-zakelijke-zonnepanelen/>

Zorg - Milieubarometer. (z.d.). Milieubarometer.nl. Geraadpleegd 3 juli 2020, van <https://www.milieubarometer.nl/voorbeelden/verzorgingshuis/>

Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk



Figuur 1: Trias Energetica (Feenstra Nieuwsredactie, 2018)

Milieuaspect	Kengetal	Gemiddeld	Beste	Eenheid
Energie	Elektriciteit/ vloeroppervlak	64	29	kWh/m ²
	Aardgas/vloeroppervlak	13	5	m ³ gas eq./m ²
	Gebouw gebonden energie/vloeroppervlak	1,0	0,7	GJ/m ²
Water	Water/bezet bed	60	18	m ³ /bezet bed
Afval	Afval/bezet bed	807	320	kg/bezet bed
	Afvalscheiding	35	81	%
Vervoer	Woon-werkverkeer/ medewerker	4.458	959	km/fte
	Zakelijk verkeer/ medewerker	373	91	km/fte

Tabel 1: milieubelasting verschillende onderdelen van de zorg (Zorg – Milieubarometer; z.d.)

Verwarmingsbron	Rendement
Open haard	20%
Elektrische kachel	40%
Gaskachel	65%
Houtkachel	75%
Speksteen/Tegelkachel	90%
CV/VR ketel	92%
Pelletkachel	94%
Hr-ketel	107%
HRE-ketel (micro WKK)	130%
Warmtepomp	600%

Tabel 3 (Duurzaam Thuis, 2020)

Plek in gebouw	Maatregel of materiaal
Ramen en deuren die open kunnen.	Tochtband van flexibel, zelfklevend materiaal of tochtstrip van hard kunststof
Tussen kozijnen en de muur.	PU-compressiebanden, waterbestendig siliconekit of metselspecie
Bij gaten in de muur of vloer waar leidingen doorheen lopen.	Glaswol, steenwol, vilt
Tussen gipsplaten.	Elastische kit, PU-compressiebanden of metselspecie
In de brievenbus.	Brievenbusborstel
Onder de deur.	Tochtborstel, valdorpel
In de meterkast en leidingen bij keukenkasten.	Glaswol, steenwol, vilt
Tussen dakplaten.	Elastische kit, PU-compressiebanden of metselspecie
In de aansluiting van het dak.	Elastische kit, PU-compressiebanden of metselspecie

Tabel 2: Naden en kieren isoleren (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.d.)

Kookplaat	Dit is het gebruik aan gas of stroom per jaar	Dit is de CO ₂ -uitstoot per jaar
Gas	37 m ³ gas	70 kilo
Inductie	175 kWh	70 kilo
Keramisch	225 kWh	90 kilo
Ouderwetse kookplaat (gietijzer)	260 kWh	110 kilo

Tabel 4 ("Inductie kookplaat", z.d.)

Het verschil in CO₂-uitstoot is op dit moment nog niet zo groot. Dat komt doordat er nog niet genoeg groene stroom wordt gebruikt. Als dit wel het geval is, zal de CO₂-uitstoot van de inductie en keramische kookplaat een stuk lager zijn.

De elite nader beschouwd

Een vergelijking tussen de elite uit de tweede helft van de negentiende eeuw en de hedendaagse elite in Nederland

K. Peelen¹, B. Neplenbroek², S. Hamster¹, H. Lemstra², C. Nuijsink³, E.M. Meijer³, M. Niemeijer³

¹Thorbecke Scholengemeenschap, Zwolle

²Carmel College Salland, Raalte

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The term elite is often used in various studies and debates, without providing clarity about its actual meaning. This research compares theories around the second half of the nineteenth century with contemporary theories, so that a definition can arise around the concept of elite. Historical influences are taken into account during this research and the effects of these events on today's elite are considered.

The literature search reveals how Karl Marx (1818-1883) describes that the bourgeoisie has too many factors of production and that the proletariat suffers from this. A revolution could change this situation. Vilfredo Pareto (1848-1923) describes an 80-20 principle. He states that 80% of the (Italian) economy is controlled by 20% of the population. In addition, he argues that the part of the elite that performs its task well is sometimes taken over by an incompetent part, because that incompetent part has, for example, a favorable network. According to him, this can be counteracted by social mobility. Gaetano Mosca (1858-1941) speaks of two classes in society; the ruling and governed class. The first group is always a minority and, just as Pareto states, it experiences a circulation of the elite. This circulation is either autocratic or liberal. According to Charles Wright Mills (1916-1962), there is a "national upper class" in society that owns most of the wealth in the country. Another important group he distinguishes is the great mass. According to Mills, this mass of people is largely disorganized, misinformed and virtually powerless.

Through an interview and further literature research, it turns out that Meindert Fennema (1946) states that one generally belongs to the elite if one thinks one belongs to it and if others believe this. He distinguishes the economic, political and cultural elite. In modern times, according to Fennema, it is easier to grow into this elite than it used to be. Sander Schimmelpenninck (1984) and Ruben van Zwieten (1983) partly describe an opposite trend, in that today's baby boomers are closing the "doors of the elite" after taking advantage of the progressive system in the second half of the twentieth century.

The common thread running through these theories is that the elite is at the top of a certain branch. It can be concluded that this summit rules the rest of that particular branch or even the rest of the population. While a position in the elite was mainly determined by descent during the second half of the nineteenth century, it is easier today to go from an unfavorable socio-economic background and become part of the elite.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Dikwijls spreken politici in verschillende debatten en discussies over een zekere elite. Vaak wordt hier een negatieve toon aan gegeven, waarbij een kleine groep mensen de overhand zou willen hebben. De boodschap, die in veel andere debatten door veel verschillende sprekers wordt gebruikt, is dat de macht niet bij de 'elite' zou mogen liggen. Welnu, wie is 'die elite'? De term wordt vaak in verband gebracht met personen die machtige functies vervullen of die bijvoorbeeld veel vermogend zijn. Op 28 maart 2017 betoogde Thierry Baudet in zijn maidenspeech in de Tweede Kamer: 'Het politieke primaat ligt bij ons, de Staten-Generaal. Laten wij dat primaat opnieuw onderstrepen door hoofdelijke stemmingen over de volgende vijf thema's.'¹ De macht zou niet bij de 'elite', maar bij de Staten-Generaal moeten liggen. Dit soort voorbeelden leveren in sommige gevallen onduidelijkheid op. Vanaf wanneer is iemand immers behorend tot de elite? En ontstaat er een nieuwe elite als het politieke primaat wél door de Staten-Generaal wordt onderstreept, in het voorbeeld van Baudet?

De vaagheid die doorgaans ontstaat en de wil om een houvast te kunnen bieden bij het gebruiken van de term elite, vormen in dit onderzoek de grootste inspiratiebronnen.

1.2 Gat in de kennis

Er valt dus een situatie waar te nemen, waarbij het woord elite wordt gebruikt zonder dat daar een duidelijke omschrijving

van is. Het missen van deze duidelijke omschrijving van de kenmerken en de geschiedenis zou kunnen komen door de mogelijk wisselende functie en samenstelling van de elite. Vóór 1848, het jaar waarin de grondwet werd gewijzigd, werden topfuncties en -posities vaak ingenomen door mensen van adel. Op die wijze ontstond er een duidelijk beeld van de elite die voornamelijk door die adel werd gevormd. Echter, na de grondwetwijziging vervielen veel voorrechten en kwam er een eind aan de staatsrechtelijke rol die de adel eerder bezat.² Mede door het afschaffen van de standenmaatschappij zijn er na de wijziging steeds meer mensen van niet-adellijke achtergronden op topfuncties- en posities gekomen. Sinds de tweede helft van de negentiende eeuw zou de samenstelling van de elite dus veranderd kunnen zijn.

Door bijvoorbeeld die grondwetwijziging en de industriële revolutie is er in de tweede helft van de negentiende eeuw een grote maatschappelijke verandering ontstaan. Destijds zijn in Europa steeds meer theorieën ontstaan over de hoogste klasse van de samenleving en de elite. Hoewel de maatschappij bleef veranderen, zijn deze theorieën niet grootschalig vergeleken met die verandering.

De populariteit van de Nederlandse elite is tot heden ten dage niet groot geweest voor een onderwerp in het onderzoek. Er zijn enkele visies en analyses van een Nederlandse politieke elite bekend. Een onderzoek waarbij verschillende kenmerken van de elite zijn onderzocht door de jaren heen zou van groot belang kunnen zijn. Het zou immers het één en ander

kunnen zeggen over de Nederlandse bestuurlijke processen en de wijze waarop iemand een bijdrage kan leveren aan die processen.

Rondom de Nederlandse elite mist dus de kennis over de verandering in kenmerken en samenstelling door de jaren heen, waardoor het moeilijk is om een duidelijk gevoel en een duidelijke omschrijving bij het begrip te vormen.

1.3 Theoretisch kader

In dit onderzoek staat onder andere de definitie van de elite centraal. De elite, die zich laat omschrijven als een abstract begrip, wordt door verschillende theorieën beschreven. De ene theorie wijkt hierbij meer naar een elite die primair wordt gevormd door de adel, hoewel een andere theorie meer uitwijkt naar een elite die volkomen wordt gevormd door vermogen. Om toch een houvast te bieden, wordt als rode draad in dit onderzoek de volgende omschrijving van de elite gehanteerd: de rijkste, meest machtigste, best onderrichte of best getrainde groep mensen in de samenleving.³ Deze omschrijving wordt gebruikt, omdat het de mogelijkheid geeft om breed te blijven kijken en geen limitaties geeft bij sommige theorieën. Door deze definitie als houvast te gebruiken, kan een eventuele ontwikkeling en bredere betekenis om die definitie heen worden onderzocht. Het dient dus als hulpmiddel waar dat gevraagd wordt, maar geeft de ruimte om een dieper onderzoek te doen naar de elite op verschillende vlakken.

Deze definitie leidt er bijvoorbeeld toe dat het onderzoek zich bij de economische elite voornamelijk richt op de groep met het meest omvangrijke vermogen. Bij de culturele elite betreft het doorgaans de groep mensen die vooraanstaand is bij het vormen van waarden, normen, regels en tradities. Ook is de politieke elite noemenswaardig, waarbij er primair wordt gericht op vooraanstaande personen in het bestuurlijk proces en op personen met hoge mate van macht. Zoals duidelijk moge zijn, staan de drie genoemde componenten niet per definitie op henzelf. Vaak weven ze door elkaar heen en zijn ze verbonden met elkaar.

In verschillende theorieën wordt de vorming van de elite omschreven als een autocratisch of juist een liberaal proces. Hoofdzakelijk wordt er met een autocratisch proces bedoeld op een proces waarbij de elite bij een beperkte, invloedrijke groep blijft. Een positie in de elite is in een autocratische situatie dan ook alleen beschikbaar voor die selecte groep. In een liberale situatie is er vaak een proces waarbij de vorming van de elite zich breder voordoet. De posities in de elite kunnen ook door mensen buiten de selecte groep worden bekleed. Vaker dan in een autocratische situatie komt het bij een liberale situatie voor dat een politieke elite gekozen wordt.

1.4 Onderzoeksvraag

Opdat het onderwerp goed wordt onderzocht, is als hoofdvraag gehanteerd *Hoe kunnen de Nederlandse elite rond de tweede helft van de negentiende eeuw en de Nederlandse elite uit de hedendaagse tijd worden getypeerd en welke maatschappelijke gebeurtenissen en ontwikkelingen hebben eventuele veranderingen veroorzaakt?* Hierbij komt een vergelijkende werkwijze kijken waarbij enerzijds naar een historische elite wordt gekeken en anderzijds naar een hedendaagse elite, waarbij er in beide gevallen wordt gericht op Nederland.

Deze twee componenten kunnen worden onderzocht door de deelvragen *Hoe kan de Nederlandse elite in de tweede helft van de negentiende eeuw worden gedefinieerd en welke kenmerken*

horen daarbij? en *Hoe kan de hedendaagse Nederlandse elite worden gedefinieerd en welke kenmerken horen daarbij?* Om de oorzaken in beeld te krijgen voor eventuele verschillen is ook de volgende deelvraag behandeld: *Welke vooraanstaande historische veranderingen en ontwikkelingen in de Nederlandse maatschappij hebben invloed gehad op de elite?*

2. Methode

Dit alfa-onderzoek is uitgevoerd aan de hand van literatuuronderzoek en een interview. Er is gekozen voor een alfa-onderzoek, omdat dit type onderzoek het beste aansluit bij het onderwerp. Bij dit type onderzoek komt bijvoorbeeld een onderzoek in de literatuur naar voren, wat in dit onderzoek kansen biedt voor het onderzoeken van verschillende theorieën van verschillende denkers. Dit is gedaan aan de hand van de volgende stappen.

2.1 Vooronderzoek

In de oriënterende fase is er gekeken naar verschillende theorieën, gebieden en periodes. Er is gekeken naar de hoeveelheid en bruikbaarheid van de informatie. Daarbij is er gekeken naar een manier waarop verschillende theorieën kunnen worden gecombineerd.

Er is gekozen om vier theorieën uit de tweede helft van de negentiende eeuw te onderzoeken. Hierbij wordt er gekeken naar de theorieën van Karl Marx, Vilfredo Pareto, Gaetano Mosca en Charles Wright Mills. Er is voor dit viertal gekozen, omdat het samen een breed scala aan informatie kan geven. Dit viertal biedt verschillende visies op zowel het politieke, culturele als het economische vlak. Binnen de Europese geschiedenis zijn verschillende denkers bezig geweest met elitetheorieën. Zo is er een heuse 'Italiaanse school', waar onder andere Pareto en Mosca bij worden gerekend. Door deze twee personen mee te nemen in dit onderzoek, worden (ook voor Nederland) toonaangevende theorieën onderzocht. Bovendien biedt de groep de kennis van vier personen die samen zowel de linker als de rechter kanten van de politiek raken.

Ook is er gekozen om de theorieën van Sander Schimmelpenninck, Ruben van Zwieten en Meindert Fennema te analyseren. Dit wordt gedaan door een literatuuronderzoek en middels een interview. Er is voor dit drietal gekozen, omdat ook hier een breed palet aan informatie kan worden gewonnen, waarbij zowel links als rechts georiënteerde ideeën naar voren komen. Bovendien vormen deze personen samen een onderzoeksgebied dat zich richt op veel verschillende vlakken van de elite: de economie, de politiek en de cultuur.

Deze drie personen hebben in het onderzoek veel informatie geboden rondom de verleden tijd maar voornamelijk rondom de hedendaagse tijd. Verder is veel hedendaagse kennis opgedaan door informatie rondom de tweede helft van de negentiende eeuw te plaatsen in praktische voorbeelden van huidige Nederlandse situaties.

2.2 Verzameling van gegevens

Aan de hand van het vooronderzoek is een dieper onderzoek gedaan. Door uitvoerig literatuuronderzoek te doen zijn verschillende theorieën bestudeerd en vervolgens vergeleken. Ook is er een interview afgenomen waarbij de ideeën van een moderne denker duidelijk worden.

Wanneer deze verschillende theorieën bekend werden, is er onderzocht welke betekenis deze theorieën door de jaren heen

hebben gehad. Hierdoor komen veel gebeurtenissen en daaraan verbonden ontwikkelingen aan het licht. De theorieën zijn na een grondig literatuuronderzoek vergeleken met Nederlandse praktische situaties en voorbeelden. Als gevolg hiervan is het mogelijk om de samenstelling en de kenmerken van de elite te omschrijven. Eveneens worden door deze aanpak de oorzaken van veranderingen bekend.

2.3 Interview

Bij het afnemen van het interview is gebruik gemaakt van een semigestructureerde interviewmethode. Deze keuze is gemaakt omdat zo belangrijke en verdiepende vragen gesteld kunnen worden en er doorgevraagd kan worden over onderwerpen waar meer verdieping gevraagd wordt. Meindert Fennema is geïnterviewd omdat hij veel onderzoek heeft gedaan naar de elite in Nederland en de samenstelling hiervan. Het gevoel is dat hij een verdieping in het onderzoek aan kan brengen die slechts door het uitvoeren van literatuuronderzoek niet behaald wordt. Van te voren is een vragenlijst opgesteld die bestaat uit open vragen. Deze vragen zijn opgesteld naar aanleiding van al uitgevoerd literatuuronderzoek. Een aantal vragen die aanbod komen is: In hoeverre kan de hedendaagse elite worden vergeleken met de bourgeoisie? In hoeverre gaf het hebben van een opleiding vroeger toegang tot de elite in vergelijking tot nu? en Hoe zou u de hedendaagse elite omschrijven?

3. Resultaten

3.1 Tweede helft negentiende eeuw

3.1.1 Karl Marx

Karl Marx (1818-1883) was een Duitse econoom, socioloog en filosoof. Hij stelt dat de geschiedenis van de tot dusver bestaande menselijke beschavingen de geschiedenis is van klassenstrijd.⁴ Bij deze klassenstrijd komen er over het algemeen twee klassen naar voren in de filosofie van Marx. Hij deelt de samenleving namelijk op in twee basisklassen. Enerzijds is er de bourgeoisie, die ook wel de groep van eigenaren van de productiemiddelen wordt genoemd. Anderzijds is er het proletariaat, de groep van de arbeiders. Volgens Marx komt het proletariaat altijd in actie tegen de bourgeoisie, zodra het door heeft dat het helemaal niets meer te verliezen heeft. Op deze manier zou een revolutie moeten ontstaan. Na deze revolutie ontstaat er weer een beweging waarbij de bourgeoisie steeds meer macht krijgt, waarna het hele proces opnieuw begint.

De bourgeoisie bestaat in Marx' visie uit kapitalisten. In die rol bezit de bourgeoisie een groot deel van de industrie. Doordat de bourgeoisie vaak de werkgever is van het proletariaat, staat die bourgeoisie vaak boven in de tak van een bepaald bedrijf. Juist in die tak bezit het proletariaat de onderkant. Hierdoor ontstaat een situatie, waarin de bourgeoisie de meeste macht en het meeste vermogen heeft en zo in dit onderzoek als elite beschouwt kan worden.

In de visie van Marx valt op dat de bovenlaag van de samenleving, de bourgeoisie, een enorme mate aan macht en rijkdom heeft.⁵ Doordat de bourgeoisie verreweg de meeste zeggenschap heeft over de productiefactoren zonder dit te willen afstaan, ontstaat de situatie waarin het proletariaat onderdrukt wordt. Onder de productiefactoren verstaat Marx onder andere het voorwerp van de arbeid en het middel van de arbeid.

Met het voorwerp van de arbeid worden zaken bedoeld die door eerdere arbeid zijn gescheiden van hun element. Dat zou bijvoorbeeld hout kunnen zijn, dat van zijn bos is gescheiden.

Wanneer dat voorwerp van de arbeid door eerdere arbeid een verandering heeft ondergaan, kan het als grondstof omschreven worden. Zo zou het eerder gescheiden hout nu gezaagd zijn. Het blijft nog steeds een voorwerp van de arbeid, maar kan gespecificeerd worden als grondstof.

Het middel van de arbeid is "een ding of een samenstel van dingen, dat door de arbeider tussen zichzelf en het arbeidsvoorwerp wordt geschoven en dat als geleider van zijn activiteit tegenover dat voorwerp dient." Hierbij kan gedacht worden aan kleinschalige maar ook aan grootschalige instrumenten en machinerie.⁶

Verder ziet Marx – als één van de eersten – ook de arbeid zelf als productiefactor. De arbeid is het werk wat de arbeider inzet om natuur om te zetten in producten. De hoeveelheid van arbeid bepaalt in Marx' theorie voor een significant deel de meerwaarde die een middel van de arbeid krijgt. Juist die meerwaarde kan voor de kapitalist zorgen voor een grotere omzet en winst. In de tweede helft van de negentiende eeuw, ten tijde van de industriële revolutie, is het voornamelijk die kapitalist uit de bourgeoisie die de arbeidsomstandigheden bepaalt. Als baas van een deel van de industrie heeft hij de macht om zaken als het loon en de duur van de arbeid te bepalen. Vaak was dit ten ongunste van de arbeider uit het proletariaat.

Indien een arbeider zich tegen deze ongunstige omstandigheden verzet, zet hij daarmee zijn baan op het spel. Door een hoge mate van armoede gedurende de tweede helft van de negentiende eeuw, zijn er genoeg anderen die de positie in kunnen nemen.⁶ Op deze wijze ontstaat voor de kapitalist, de elite, de positie waarin hij de arbeider kan onderdrukken.

Middels verschillende ontwikkelingen is de positie van de bourgeoisie en van het proletariaat veranderd. Zo konden arbeiders verenigen door de oprichting van vakbonden. In 1866 werd de eerste nationale vakbond opgericht.⁷ Hoewel deze oprichting niet meteen tot een verandering in het arbeidsproces leidde – het lidmaatschap was nota bene te duur voor veel arbeiders – heeft het wel gezorgd voor veel vervolgcacties. Naast het ontstaan van vakbonden, speelde in de loop van de tweede helft van de negentiende eeuw ook het ontstaan van wetten die opkwamen voor arbeiders. In 1889 ontstond bijvoorbeeld de arbeidswet, die werkgevers verbood vrouwen en kinderen een werkdag van meer dan elf uur op te leggen.⁸ In het verlengde hiervan ligt de eerste CAO in 1894, waarbij de arbeiders, in dit geval diamantbewerkers, zélf meebepaalden over de arbeidszaken.⁹ Een ander voorbeeld doet zich voor in het kiesrecht. In 1850 had 10,8% van de Nederlandse mannen kiesrecht door het bestaan van censuskiesrecht. Bij dit type kiesrecht werd het recht om te stemmen toegereikt aan mannen boven de 23 jaar die een bepaalde hoeveelheid aan belasting betaalden. Door een verlaging van het vereiste aan betaalde belasting groeide dit percentage tot 12,1% in 1880. In 1896 kwam er een nieuwe kieswet, met als gevolg een percentage van 65% van de mannen dat kon stemmen in 1913. Na het invoeren van het algemeen kiesrecht voor mannen en het vrouwenkiesrecht in 1919, verschoof een deel van de macht.¹⁰ Door deze trend werd het voor een steeds groter deel van de bevolking mogelijk om mee te beslissen over zaken rondom arbeid en daarbuiten. Hierdoor bleef de macht niet meer bij alleen de bourgeoisie, maar werd het steeds meer gedeeld met het proletariaat.

Kijkend naar de hedendaagse tijd vallen er veel vertegenwoordigers voor arbeiders te zien. In plaats van een

eventuele kapitalist aan het hoofd die de macht heeft, ligt die macht nu eerder bij overlegtafels. Voor bijvoorbeeld CAO's zijn er verscheidene tafels waarbij vakbonden als FNV en CNV en werkgeversbonden als VNO-NCW, die met ministers in conclaaf gaan. Een werkgever kan heden ten dage niet om de besluitvorming met belangenbehartigers van werknemer heen bij het bepalen van de voorwaarden.

De productiefactor arbeid is een transitie ondergaan, waar nu zowel de arbeiders als de kapitalisten het zeggenschap over hebben. Er is sinds Marx' tijd een maatschappelijke trend te onderscheiden die laat zien dat arbeiders mede-eigenaars zijn geworden over hun eigen arbeidsvoorwaarden. Hierdoor heeft de elite – de machtigsten en de meest vermogenden – een deel van haar macht en vermogen afgestaan aan andere delen van de bevolking.

3.1.2 Vilfredo Pareto

Vilfredo Pareto¹¹ (1848-1923) was een Italiaanse wiskundige, econoom en filosoof. In het boek *Cours d'économie politique* noemt Pareto zijn 80-20-principe.¹² Hierbij stelt hij dat 80% van de (Italiaanse) economie wordt beheerst door 20% van de bevolking. Deze stelling kan breder worden getrokken tot bijvoorbeeld een situatie waarbij 80% van alle opbrengsten door 20% van alle producenten wordt gecreëerd. De stelling kent marges en zou bijvoorbeeld ook van toepassing kunnen zijn met de getallen 70 en 30 of 90 en 10. Het principe kan in veel gevallen ook worden toegepast op het inkomen. Zo bezat de rijkste 10% 64% van het vermogen in Nederland in 2017.¹³ De rest van Nederland, de overige 90%, verdeelde samen de resterende 36% van het vermogen.

Wanneer deze theorie specifiek wordt ingezet, kan de verdeling van het totale Nederlandse vermogen breder worden aanschouwt. Zo zou het ook toegepast kunnen worden op de top 1%. Die ene procent die in Nederland het meest omvattende vermogen heeft, bezat in 1894 ongeveer 54% van het totale vermogen. Dit is aanzienlijk meer tegenover de ongeveer 25% van het Nederlands vermogen dat de top 1% bezat in 2011.¹⁴ In dit voorbeeld valt dus een grote verschuiving in de verdeling van het totale vermogen te zien. Degenen die het meest vermogend zijn, die als (economische) elite gezien zouden kunnen worden, zijn minder vermogend geworden ten opzichte van de rest van het volk.

Een ander onderdeel in de theorieën van Pareto, is zijn blik op en de verdeling van de elite. In zijn werk *Trattato di Sociologia Generale* (The mind and society) gaat Pareto diep in op zijn definitie van de elite. Deze definitie wordt in het boek als volgt opgesteld: een klasse van mensen, die de hoogste rollen of (maatschappelijke) posities vervullen in hun tak. Wanneer Pareto deze mensen beschrijft, heeft hij het hoofdzakelijk over mannen. Pareto onderscheidt twee soorten elites.

Allereerst is er volgens Pareto het regerende deel. De regerende elite is volgens Pareto de elite die op een directe of indirecte manier significant meespeelt op het gebied van besluitvorming en de regering. Daarnaast ziet Pareto ook het niet-regerende deel. Bij dit deel duidt Pareto alle mensen aan die wel aan zijn definitie voldoen, maar niet bij het regerende deel horen.

In zijn werk benoemt Pareto dat de regerende elite enerzijds bestaat uit mensen die goed zijn in hun taak. Vanwege hun capaciteit bekleden deze mensen de hoogste functies van hun bedrijfstak. Anderzijds bestaat de regerende elite volgens Pareto uit minder capabele mensen. Toch bekleden

deze mensen de hoogste functies, omdat zij bezitten over bijvoorbeeld een goed netwerk of een zeer grote erfenis. Pareto bekritiseert het proces waarbij het bekwame deel van de elite wordt overgenomen door onbekwame mensen, slechts omdat zij beschikken over bijvoorbeeld een goed netwerk.

Als oplossing voor dit verschijnsel noemt Pareto sociale mobiliteit, het veranderen van posities die een persoon of groep heeft. Pareto lijkt in zijn boek op te komen voor een grote mate van sociale mobiliteit, opdat de capabele mensen de incapabele mensen kunnen overnemen. Hij benoemt echter ook de aanwezigheid van de eerder genoemde voorbeelden zoals een netwerk en een erfenis, die de sociale mobiliteit belemmeren.

Pareto stelt dat er capabele mensen zijn in de lagere klassen, die zich willen opwerken naar de elite. Wanneer zij al hun begaafdheden en kundigheden gebruiken, kunnen zij zo het incapabele deel van de regerende elite vervangen.

Mocht deze vervanging op welke wijze dan ook worden tegengehouden, dan zal óf de zittende regerende elite een onwerkzame bureaucratie vormen óf er ontstaan onderlinge ruzies in de zittende regerende elite. Mocht dit zich voordoen, dan zal het capabele deel er in slagen om de zittende regerende elite omver te werpen en een nieuwe elite vormen. Op deze wijze ontstaat een circulatie van de elite.¹⁵

Vóór de grondwetsherziening in 1848, kende Nederland een ander kiesstelsel. De Staten-Generaal, die ook toen bestond uit de Eerste en de Tweede Kamer, had tot die tijd een beperkte functie, die eerder corrigerend dan initiërend was met een leidende koning aan het hoofd. De leden van de Eerste Kamer werden door de koning gekozen en waren daardoor uit gelijkgestemden van de koning. De leden van de Tweede Kamer werden door de leden van de Provinciale Staten gekozen. De leden van de Provinciale Staten werden op hun beurt door de adel, het stadsbestuur en vertegenwoordigers van het platteland gekozen.¹⁶ Op deze manier ontstond een samenstelling in de Staten-Generaal van mensen die adellijke of vooraanstaande families kwamen. Doordat deze personen altijd door dezelfde soort groep, eveneens vooraanstaanden, werden gekozen, circuleerde de regerende elite nauwelijks. Hierdoor is er in uiterst lage mate sprake van sociale mobiliteit.

Ná de grondwetsherziening in 1848 werd de macht van de koning ingeperkt.¹⁶ Op deze wijze werd een aanzienlijk deel van de macht van de regerende elite niet meer doorgegeven in een familie, maar aan een grotere groep mensen. Die grotere groep mensen werd na diezelfde herziening gekozen via censuskiesrecht, zoals ook de vorige deelparagraaf beschrijft. Er kan dus gesteld worden dat de sociale mobiliteit en de mate waarin de elite circuleerde vergroot werd. De vertegenwoordigers konden immers weggestemd en vervangen worden. Dit gebeurde echter weinig. Degenen die konden stemmen besloegen tot 1880 zo een tien procent van de Nederlandse mannelijke bevolking. Daarenboven betrof het personen die een hoge mate aan belasting konden betalen.

Nadat in 1919 het algemeen kiesrecht werd geïntroduceerd konden steeds meer mensen stemmen.¹⁰ Hierdoor werd het ook voor mensen die zich niet aan de bovenkant van hun tak bevonden mogelijk om te stemmen en zo een eventuele incapabele regerende elite weg te stemmen. Tegenwoordig zijn er verschillende gevallen bekend waarbij een elite-circulatie heeft plaatsgevonden. In dit onderzoek zouden Tweede Kamerleden tot de elite gerekend kunnen worden, aangezien

zij ten opzichte van de rest van het volk meer macht hebben. Nadat zij zijn verkozen door de bevolking hebben zij immers op legitieme wijze de functie gekregen om mede het land te besturen. Wanneer zij die functie niet goed bekleden en de elite als incapabel kan worden gezien, kan er een neiging ontstaan om die elite te laten circuleren. Zo verloor de Partij van de Arbeid bij de Tweede Kamerverkiezingen in 2017 29 zetels.¹⁷ Bij onvrede bij de stemmers over het gevoerde beleid van de PvdA, is het dus mogelijk om de zetels voor die partij te laten circuleren naar een andere partij. Hieruit kan worden gesteld dat de elite die zich in de Tweede Kamer bevindt kan worden vervangen wanneer dat noodzakelijk is.

3.1.3 Gaetano Mosca

Gaetano Mosca (1858-1941) was een Italiaanse politicoloog en journalist. Hij stelt dat in alle samenlevingen sprake is van een regering, die de publieke macht beheerst en uitoefent. Deze zekere elite is altijd een minderheid, terwijl de meerderheid nooit echt deelneemt aan de regering. Deze meerderheid wordt er louter aan onderworpen.¹⁸

Mosca spreekt van twee klassen in de samenleving. Enerzijds kent men de regerende klasse, anderzijds de geregeerde klasse. Die eerste is altijd minder groot in omvang, vervult alle politieke functies, heeft een monopolie op de macht en geniet van de voordelen hiervan. De tweede klasse is aanzienlijk groter in omvang, wordt geleid en gereguleerd door de regerende klasse met (min of meer) legale middelen en voorzien hen van materiële middelen.¹⁹

Mosca stelt dat er slechts één regeringsvorm bestaat: de oligarchie. Een oligarchie is een regeringsvorm waarbij een kleine groep vermogende en invloedrijke mensen alle macht in handen heeft. Net als Pareto ondersteunt Mosca het idee van de circulatie van elites. Bovendien noemt hij dat er binnen een samenleving een tweestrijd bestaat tussen enerzijds de neiging om de macht in handen te houden van de nakomelingen. Anderzijds bestaat er de democratische neiging tot vernieuwing binnen de regerende klasse. Parallel aan deze neigingen staan twee principes: het op autocratische wijze overdragen van de macht en de liberale wijze. Wanneer de macht autocratisch wordt overgedragen gebeurt dit top down. Dit houdt in dat de machthebbers bepalen wie de macht in handen krijgt. Het volk heeft hier dus geen inspraak op en de macht is en blijft in handen van de elite. Ingeval de macht bottom up wordt bepaald is er sprake van de liberale wijze. Bijgaand wordt door de samenleving (dus vanaf onderaf) bepaald wie de macht in handen krijgt. Het volk bepaald zonder invloed van de overheid wie mogen besturen.

Verder stelt Mosca dat er behalve de politieke elite ook sprake is van een sub-elite in een samenleving. Deze bestaat uit ambtenaren, managers van de industrie, wetenschappers en geleerden. De stabiliteit van de elite is afhankelijk van de intelligentie, de mate van moraliteit en activiteit van de sub-elite.

In de tweede helft van de negentiende eeuw bestond de politieke elite voor 64% tot 69% uit aristocraten. 76% van de ministers kwam uit een hoog sociaal milieu en 58% had een universitaire opleiding gevolgd. Verder hadden Kamerleden aan het begin van de 20ste eeuw gemiddeld 10 jaar ervaring als lid.

Na de Eerste en Tweede Wereldoorlog heeft een aanzienlijke verschuiving plaatsgevonden in de sociaaleconomische achtergrond en het opleidingsniveau van de ministers. In 1986 komt 40% van de ministers uit een hoog sociaal milieu en is

11% van de ministers aristocraat.²⁰ Degelijke verschuivingen kunnen veroorzaakt zijn door de invoering van het algemeen kiesrecht voor zowel burgerlijke mannen (1917) als kiesrecht voor vrouwen (1919).

Een ander noemenswaardig kenmerk van deze groep elite uit zich in het onderwijs. 87% van de ministers heeft in 1986 een universitaire opleiding gedaan.²⁰ Kinderen van 5 tot en met 12 jaar waren vanaf 1901 leerplichtig. In 1963 werd de kinderbijslagwet ingevoerd waardoor er meer geld beschikbaar zou zijn voor onderwijs. In 1986 werd de basisbeurs ingevoerd waardoor hoger onderwijs nog toegankelijker werd. Al deze factoren hebben een bijdrage geleverd aan het toenemen van het opleidingsniveau van de bevolking. Als gevolg hiervan werden de kansen voor die bevolking om tot de politieke elite te kunnen horen steeds groter. De gemiddelde ervaring als lid van Kamerleden was later, rond de jaren 70 en 80, 8 jaar.²¹

Als er gekeken wordt naar de Nederlandse samenleving bestaat de politieke elite zoals Mosca deze definieert uit de koning, het parlement samen met de provinciale staten en de gemeentelijke besturen. Deze vervullen samen alle politieke functies en hebben in principe een monopolie op de macht in Nederland. De tweede klasse bestaat uit de bevolking die geen functie binnen deze instituties bezit.

Wanneer er ingezoomd wordt op de Tweede Kamer zien we tegenwoordig dat zo'n 96% van de leden een academische of HBO-opleiding heeft.²² Veruit de meeste Kamerleden hebben een alfa of gamma studie gevolgd. De gemiddelde ervaring van Tweede Kamerleden als lid van de Tweede Kamer aan het begin van de termijn is 6 jaar en de gemiddelde leeftijd 48 jaar. De gemiddelde ervaring van Eerste Kamerleden als lid van de Eerste Kamer is 4 jaar en de gemiddelde leeftijd 59 jaar. Van alle Kamerleden heeft 8,7% een niet Nederlandse afkomst en is 36% vrouw.²³

3.1.4 Charles Wright Mills

Charles Wright Mills (1916-1962) was een Amerikaanse socioloog en antropoloog. Hij argumenteert dat een paar individuen binnen de politiek, het leger en de zakelijke wereld het merendeel van de macht in handen hebben. Deze enkele individuen nemen beslissingen die in alle lagen van de bevolking terug te zien zijn. Mills identificeert deze individuen als de 'national upper class'. Deze hogere klasse in de samenleving bezit het grootste deel van de rijkdom in het land, beheert al haar banken en bedrijven, controleert de universiteiten en massamedia en bekleedt de hoogste posities binnen rechtbanken en de regering. Vaak wordt er binnen deze drie controlerende rijken vloeiend gewisseld van posities tussen deze elites. Zo gaan mensen uit de top van de zakenwereld de politiek in of andersom. Verder merkt Mills op dat mensen uit deze machtselite dikwijls met elkaar omgingen. Hij betoogt dat er een sociale structuur aanwezig is die besluitvormingsprocessen heeft verbreed en gecentraliseerd en vervolgens deze autoriteit in de handen heeft gelegd van mensen met een vergelijkbare achtergrond en visie.²⁴

De hiërarchie is volgens zijn theorie verdeeld in drie lagen. Bovenaan staan de uitvoerende macht, militaire leiders en bedrijfsleiders, waarvan het bedrijfsleiders de machtigste zijn. Deze drie sectoren vormen samen de machtselite. Daaronder staan leiders van belangengroepen, lokale politieke leiders en wetgevers en onderaan staat de grote massa. Volgens Mills is deze grote massa mensen grotendeels ongeorganiseerd,

slecht geïnformeerd en vrijwel machteloos. Zij worden van bovenaf bestuurd en gemanipuleerd. De massa is economisch afhankelijk. In andere woorden: ze worden economisch en politiek uitgebuit.

In de tweede helft van de 19e eeuw was het netwerk tussen de verschillende elites zichtbaar. Zo was er alleen kiesrecht voor welgestelde mannen. Deze mannen behoorde tot het hogere sociale en economische milieu van de samenleving. Op deze manier hielden de sociale en economische elite de politieke elite in een machtspositie. Een groot deel van de politieke elite bestond uit aristocraten. Hierin overlappen de economische, sociale en politieke elite dus met elkaar. Als er gekeken wordt naar het bedrijfsleven was het aandeel aristocraten in de top tussen 1946 en 1962 rond de 50%. Er was dus in het bedrijfsleven een stuk langer sprake van elitevorming dan in de politiek. 25

3.2 De huidige tijd

3.2.1 Meindert Fennema

In een interview met Meindert Fennema (1946) stelt hij dat men over het algemeen tot de elite behoort als men zelf denkt dat men ertoe behoort en als anderen dat geloven. Een elite die zichzelf als elite beschouwt, maar door anderen niet als zodanig gezien wordt, zal verdwijnen. Meestal komt dit door een revolutie. Een samenleving zonder elite kan niet bestaan, want overal waar organisatie is, is sprake van elitevorming. Een ander aspect van de elite is dat men elkaar kent en daarbij elkaar vaak de hand boven het hoofd houdt. Een belangrijke plek waar de elite zijn netwerk ontstaat is binnen studentencorpora. Een studentencorps is een studentenvereniging verbonden aan een universiteit. Een student die deelneemt in een corps is hier dus een lid van. Hierin wordt een sterke band gevormd tussen de leden door middel van bijvoorbeeld ontgroeningen, exclusieve feesten en (onuitgesproken) gedragsnormen en opvattingen. Hierdoor herkennen leden van de corpora zich vaak in elkaar wanneer ze elkaar buiten de setting van de corpora treffen. De leden van de corpora vormen een netwerk van hoogopgeleiden die elkaar herkennen en ondersteunen. 25

Fennema stelt dat het vroeger stuk makkelijker was om toegang te krijgen tot de elite als je een groot bedrijf had of in een hoge stand geboren was. Als je vroeger een goede opleiding had, hoorde je veel sneller tot de elite dan nu, omdat nu heel veel mensen een goede opleiding hebben. Echter, is het tegenwoordig makkelijker om vanaf onderaan in de samenleving op te klimmen naar de elite. Vroeger werd de macht dikwijls op autocratische wijze doorgegeven, terwijl dat tegenwoordig veel liberaler is. Het gaat tegenwoordig veel meer om individuele capaciteiten en inspanning dan om afkomst of status. Daarbij speelt het hebben van zelfvertrouwen en onderwijskwalificatie een grote rol. Verder is de huidige elite veel moeilijker te definiëren dan die aan het eind van de negentiende eeuw. Er zou dus gesteld kunnen worden dat de elite (zoals deze vroeger was) verdwijnt.

Er bestaan drie soorten elite: de economische, politieke en culturele elite. Iedereen met een buitengewoon groot vermogen zou tot de economische elite kunnen behoren. Hierbij zijn er enerzijds mensen met oud geld, wat zich voornamelijk richt op geërfd geld. Anderzijds zijn er mensen met nieuw geld, wat voornamelijk zelf verdiend geld betreft, door bijvoorbeeld nieuwe online mogelijkheden zoals online marketing. Door digitalisering en de industriële revolutie is het veel makkelijker geworden in één keer een enorm publiek te bereiken en op

deze manier kapitaal op te bouwen. Een bedrijf beginnen en daarmee groot worden is een stuk makkelijker geworden, zo stelt Fennema.

Wanneer we kijken naar de Nederlandse politieke elite geeft een politieke carrière vaak doorstroommogelijkheden naar de top van het bedrijfsleven, maar dit geldt ook andersom. Er wordt makkelijk gewisseld tussen functies binnen de elite.²⁶ In de Eerste Kamer is tegenwoordig zichtbaar dat mensen uit de economische elite functies in de politieke elite bekleden. Naast hun functie in de Eerste Kamer hebben veel leden nevenfuncties in de top van het bedrijfsleven.²⁷

Daarenboven zijn er drie dimensies waarop je de elite kan definiëren: opleiding, huizenbezit en sociaal kapitaal. De huidige elite is enorm gekosmopolitiseerd en voelt dus een verbondenheid op internationaal niveau. Een belangrijke scheidslijn die heden ten dage kan uitmaken of je tot de elite behoort is dan ook of je Engels spreekt of niet.²⁸

Door digitale middelen is het tegenwoordig makkelijker geworden snel een groot publiek te bereiken. Dit zie je bij (succesvolle) influencers en BN'ers veel gebeuren. Zij bouwen een enorm sociaal kapitaal op en hebben dikwijls veel invloed op de jongeren generatie. Ze hebben een bepaald aanzien en hebben een enorm vermogen opgebouwd. Daarbij gaan deze influencers en BN'ers naar exclusieve feesten. Hier ontmoet deze groep voornamelijk elkaar in een gesloten netwerk. Het is vaak niet makkelijk dat netwerk binnen te dringen. Daarom zou er wellicht gesteld kunnen worden dat er sprake is van een nieuwe soort elite die zich aan het vormen is. Neem bijvoorbeeld Enzo Knol. Hij heeft een enorm vermogen opgebouwd en heeft aanzienlijke invloed op jongeren. Deze nieuwe elite staat veelal gescheiden van de andere elites in de samenleving. Zo nemen ze niet deel aan de politieke elite, maar af en toe wel aan de economische of culturele elite.

3.2.2 Sander Schimmelpenninck en Ruben van Zwieten

In het boek *Elite gezocht* beschrijven Sander Schimmelpenninck (1984) en Ruben van Zwieten (1983) hoe er in de tweede helft van de twintigste eeuw een progressief belastingstelsel en een relatief sterke verzorgingsstaat heerste. Hierdoor werden de deuren meer dan ooit tevoren opengezet om nieuwe kansen te grijpen. Zo werd het voor jongeren uit lagere klassen toegankelijk om te gaan studeren. Op deze manier werd het voor veel mensen voor wie de origine niet in de hoge klasse lag makkelijker om hogerop te klimmen en tot topfuncties te komen. Het boek stelt dat er zo een ideaal ontstond, waarbij hard werken centraal stond. Als je maar hard genoeg werkt, kan je er komen. De mogelijkheden vanuit het progressieve beleid waren er immers. Sander Schimmelpenninck, hoofdredacteur bij Quote, beschrijft in zijn theorie hoe dit ook terugkomt in de quote 500, waarin veel babyboomers staan die oorspronkelijk niet uit hogere klassen komen. Doordat 'hard werken maakt alles mogelijk' de spirit was in combinatie met het relatief progressieve (belasting)stelsel, kon de elite in de tweede helft van de twintigste eeuw veranderen. Het progressieve stelsel zorgde er bijvoorbeeld voor dat studeren voor meer mensen toegankelijk werd en dat mensen met een ongunstige sociaaleconomische achtergrond zich hogerop konden werken.

Echter, na het progressieve beleid kozen diezelfde 'jongeren' - de babyboomers van de huidige tijd - voor een minder progressief (belasting)stelsel. Hierdoor werd het volgens de

twee juist weer moeilijker om omhoog te klimmen tot de elite. In plaats van de overheid, begon de familie weer centraal te staan bij het financieren en de start van een carrière. Op deze manier sloten de deuren van de elite weer langzamerhand, volgens Schimmelpenninck en Van Zwieten.²⁹

Anders dan in de hedendaagse tijd, waarin studenten vaak te maken hebben met het leenstelsel, was er in vorige decennia sprake van stelsels waarin bedragen voor studenten als gift gegeven werden, vaak in de vorm van beurzen. Rond 1850 waren er enkele gevallen van deze dit soort beurzen. Deze werden zo nu en dan door de koning gegeven aan enkele studenten. Dit was niet met het doel om meer jongeren te kunnen laten studeren, maar met het doel om studenten koningsgezind te kunnen maken. Bovendien omvatten deze beurzen vaak niet meer dan één derde van het benodigde bedrag om te kunnen studeren. Aangezien het genoodzaakt was om de overheidsuitgaven te beperken, werd in 1924 een leenstelsel geïntroduceerd. 32 jaar later, in 1956, werd de studietoelage in het Nederlandse studielandschap in het leven geroepen. Aangezien er tijdens de wederopbouw na de Tweede Wereldoorlog een grote vraag was naar hoogopgeleid technisch personeel en de opvatting dat ook kansarme kinderen meer kansen moeten krijgen breder gedeeld wordt, krijgen studenten van ouders met een laag inkomen deze toelage. In 1986 maakte het eerste kabinet Lubbers I het voor iedere student die ingeschreven stond aan een school of universiteit mogelijk om 600 gulden per maand te ontvangen. Als aanvulling blijft het mogelijk om een aanvullende beurs te krijgen of om een lening aan te gaan. In de jaren daarna blijft er een zeker beurzenstelsel, maar zijn er vele aanpassingen. De toereikende beurzen zorgen er in de jaren voor dat steeds meer studenten de kans krijgen te studeren, zo ook studenten vanuit minder gestelde achtergronden. In 2015 wordt er definitief een einde gemaakt aan het beurzenstelsel en werd het leenstelsel geïntroduceerd voor studenten die toen aan een studie begonnen.³⁰ Hoewel veel protesten anders doen vermoeden, leidde dit leenstelsel niet tot minder studenten. Het werd voor studenten uit omgevingen met lage inkomens niet minder aantrekkelijk om te gaan studeren.³⁰

In 2015 had 96 % van de Tweede Kamerleden een universitaire of hbo-diploma.²² Dikwijls hebben bestuurders bij bedrijfstoppen dezelfde achtergrond. De mensen die vanuit deze posities als elite omschreven kunnen worden, hebben dus in de meeste gevallen een hoogopgeleide achtergrond.

Hoewel het in de tweede helft van de negentiende eeuw slechts voor studenten uit welgestelde omgevingen mogelijk was te gaan studeren op academisch niveau, is dat heden ten dage een stuk gemakkelijker. Vanuit dit gegeven is het nu makkelijker om op te werken naar de top van een bepaalde tak en zo tot de elite te horen dan vroeger.

Er kan gesteld worden dat de sociale mobiliteit door de jaren is toegenomen. Door toereikende stelsels is het mogelijk geworden om vanuit een laag sociaaleconomische achtergrond een academische opleiding te doen. Op deze wijze is 'de weg naar de elite' toegankelijker geworden.

4. Conclusie

Door de verschillende theorieën vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw en de hedendaagse tijd grondig te onderzoeken, zijn verschillende maatschappelijke ontwikkelingen en samenstellingen van de elite naar voren gekomen.

In het kort vallen de deelvragen als volgt te beantwoorden.

De elite van de tweede helft van de negentiende eeuw kan als autocratisch worden gedefinieerd, doordat de posities van de elite louter voor één vooraanstaande selecte groep bestemd waren. De elite van de hedendaagse tijd kan liberaler worden gedefinieerd. Een positie tot de elite is heden ten dage namelijk ook voor mensen buiten de oorspronkelijk selecte groep bereikbaar.

De definities en verdere kenmerken van de elites uit de twee tijdperiodes komen aan het licht door ze met elkaar te vergelijken. Tussen de theorieën van de tweede helft van de negentiende eeuw en de hedendaagse tijd zijn er veel overeenkomsten te vinden in de kijk naar de elite. Zo beschrijven alle theorieën de wijze waarbij de elite zich met name aan de top van een bepaalde tak bevindt. Dit kan enerzijds op economisch gebied zijn, zoals bij Pareto's 80-20 theorie, maar dit kan zich ook voordoen bij de meer politieke elite die Mosca schetst. Ditzelfde schetst Meindert Fennema, die stelt dat er in iedere tak een groep zal zijn die zich op een zekere wijze onderscheidt van de rest.

Ook is het goed om te benoemen dat de elites uit beide periodes invloed hebben op de klassen onder hen. Zo stel Marx dat de bourgeoisie uit zijn tijd het proletariaat ten zeerste onderdrukt door van haar eigen wil en belangen wet te maken. In de hedendaagse tijd zien we hoe de politieke elite wetten maakt die vervolgens ook aan de rest van het volk gebonden zijn.

Eén van de maatschappelijke ontwikkelingen is de mate waarin de meest machtigen en vermogenden steeds meer zeggenschap en eigenaarschap over zaken zijn gaan delen met de rest van de bevolking. Karl Marx bijvoorbeeld stelde dat de bourgeoisie, de kapitalisten, het zeggenschap had over alle productiefactoren. Hierdoor hadden zij de volledige macht over zaken als de arbeidsvoorwaarden en indirect de welvaart voor een groot deel van de arbeiders die bij hen in dienst waren. Arbeiders hebben echter steeds meer een stem gekregen. Door het invoeren van zaken als vakbonden, CAO's en algemeen stemrecht, hebben óók arbeiders het zeggenschap gekregen over de productiefactor arbeid. Hetzelfde toont de toepassing van het 80-20-principe van Vilfredo Pareto aan met het eigenaarschap rondom het totale vermogen. Het meest vermogende één procent bezat in 1894 54% van het totale Nederlandse vermogen. In 2011 bezat dat procent 'slechts' 25% van het totale vermogen. Hierdoor valt er te stellen dat de politieke en economische elite door de jaren heen het eigenaarschap over het totale vermogen steeds meer is moeten gaan delen met de rest van de Nederlandse bevolking.

Daarenboven valt er te zien hoe de Nederlandse elite door de jaren heen steeds meer is veranderd door de groter wordende mate van sociale mobiliteit. Allereerst houdt dit de sociale mobiliteit van de Nederlandse elite zélf in. Dit wil zeggen dat de mate waarin de elite circuleert is toegenomen. Deze trend is voornamelijk zichtbaar bij de politieke elite. De Nederlandse maatschappij is sinds de tweede helft van de negentiende eeuw immers een democratisering ondergaan. Dit valt alleen al te zien in de percentages stemgerechtigden. Terwijl dit percentage aanvankelijk laag was door censuskiesrecht, is dit later verhoogd door algemeen stemrecht. Terwijl er eerst meer sprake was van een aristocratie gevormd door de adel, is er nu meer sprake van een democratie. Hierdoor valt in het politieke bestel te zien hoe de meest machtigsten een steeds grotere mate van circulariteit ondergaan, aangezien een steeds groter deel van de maatschappij zijn afkeer kan laten meewegen.

Ook valt er te zien hoe de elite is veranderd door de sociale mobiliteit in de Nederlandse maatschappij. Sinds 1848 is de adel en het aristocraat meer en meer verdwenen uit de functies en posities aan de top. Dit toont aan dat de afkomst, zoals het geval bij adellijke families, steeds minder bepalend is geworden en dat het heden ten dage relatief voor de hand liggender is om vanuit lage sociaaleconomische omgevingen jezelf op te werken naar een hogere sociaaleconomische status. Een belangrijke oorzaak hiervan is de wijze waarop studenten de mogelijkheid hebben gekregen om financiële steun te mogen ontvangen. Deze financiële steun kreeg een steeds groter wordende rol bij de haalbaarheid van het studeren sinds de helft van de twintigste eeuw. Hierdoor valt er te zien hoe studenten op sociaal gebied mobieler zijn geworden om henzelf op te werken.

Deze ontwikkeling bracht ook een ander punt naar voren. Zoals dus gesteld is de sociale mobiliteit in de algemene maatschappelijke linie toegenomen. De kansen om te studeren aan het hoger onderwijs, wat kan leiden tot meer vooraanstaande banen, zijn immers toegenomen. Welnu, deze ontwikkeling zorgt ervoor dat steeds meer mensen zich bevinden in dit meer vooraanstaande veld van de maatschappij. Hierdoor is het vereist om middels aanvullende zaken aan te tonen dat iemand zich ook van deze steeds groter wordende groep kan onderscheiden en zo tot de elite behoort. Deze zaken zouden kunnen gevonden worden in de omvang van het vermogen, maar ook in de individuele capaciteit. Doordat de sociale mobiliteit in de Nederlandse maatschappij is toegenomen, is de elite steeds meer gevormd door mensen die zich onderscheiden middels individuele capaciteit.

De gevolgen die deze trend brengt valt dan ook terug te zien bij bijvoorbeeld de politieke elite in de tweede kamer. Als er gekeken wordt naar de leeftijd en totale ervaring van Kamerleden kan er gesteld worden dat de toegankelijkheid tot de politieke elite is toegenomen. Aan het eind van de 19e eeuw bleven veel Kamerleden langer zitten, waardoor er minder plek was voor nieuwe leden. Ook de leeftijd van Kamerleden is fors gedaald. Dit is mede gekomen doordat vanaf 1972 actief kiesrecht naar 18 jaar werd verlaagd. Deze was aan het einde van de 19e eeuw nog 25 jaar. Daarbij is de Kamer tegenwoordig diverser, zo zitten er vrouwen en mensen van niet Nederlandse afkomst in. Verder zitten er nauwelijks aristocraten meer in de Kamer.

Een ander groot verschil in de Nederlandse elite tussen de verschillende tijdsperiodes valt te vinden in 'het netwerk'. Uit dit onderzoek blijkt dat het netwerk minder samenhangend is geworden tussen de verschillende soorten elites. Zo valt in Nederland in de tweede helft van de negentiende eeuw te zien hoe de economische elite vaak óók de politieke elite is. Hoewel dat nu niet uitgesloten is, is de mate waarin dit voorkomt afgenomen. Terwijl de adel met een groot vermogen, de kapitalist van Marx, vroeger én de eigenaar was van een fabriek én actief was in het politieke bestel, valt er nu een politieke elite te zien die louter in één van deze gebieden actief is. Deze elites onderscheiden zich van elkaar door wijze waarop zij aanzienlijk zijn.

Een ander noemenswaardige ontwikkeling zijn de nieuwe kansen voor de economische elite. De komst van verschillende digitale middelen heeft laten zien dat er 'nieuw geld' te halen valt in dit veld. Hierdoor zijn er nieuwe kansen gecreëerd om een groter vermogen te creëren. Doordat dit veld nieuw is en hierdoor niet traditioneel, is het niet zo zeer erfelijk en speelt

de meegekregen achtergrond vaak een geringe rol. Wanneer steeds meer mensen een aanzienlijk vermogen door dit nieuwe geld uit de digitale wereld weten te halen in de toekomst, zou er een economische elite kunnen ontstaan die steeds minder afhankelijk is van de achtergrond.

Ingaand op de hoofdvraag kan er gesteld worden dat de hedendaagse elite minder bepalend is geworden op het economische en politieke vlak, aangezien de elite door een democratisering het eigenaarschap en zeggenschap over verschillende zaken is gaan delen met de rest van de bevolking. De sociale mobiliteit is toegenomen door de jaren heen, waardoor het makkelijker is geworden om jezelf op te werken en het belangrijker is geworden om jezelf te onderscheiden middels individuele capaciteiten. Dit in combinatie met de komst van nieuw geld zorgt er voor dat de hedendaagse elite wordt gevormd in een proces waarbij achtergronden een steeds minder groot belang hebben.

5 Discussie

5.1 Sterke en zwakke punten

Dit onderzoek kent enerzijds sterke punten en anderzijds zwakke punten. Tot de sterke punten kan bijvoorbeeld de onderzoeksmethode worden gerekend. De wijze van het literatuuronderzoek sloot goed aan bij het onderwerp. Theorieën uit vroegere jaren zijn nauwkeurig geanalyseerd en kunnen middels de literatuur met elkaar vergeleken worden. Het interview, dat zich voornamelijk richtte op de hedendaagse elite, was hier een uitstekende aanvulling op. Het bood de kans om verbanden te leggen en dieper in te gaan op punten die niet in de literatuur zelf te vinden zijn.

Tot de zwakke punten kunnen de achtergronden van de bronnen gerekend worden. Zowel Marx, Pareto, Mosca als Mills komen niet uit Nederland. Hierdoor kunnen sommige onderdelen van hun theorieën een oorsprong hebben die geen betrekking heeft tot de Nederlandse elite. Dit veroorzaakte tot op zekere hoogte een obstakel voor het trekken van een valide conclusie.

Verder zijn theorieën van historische denkers als Marx, Mills, Mosca en Pareto vergeleken met Meindert Fennema, Sander Schimmelpenninck en Ruben van Zwieten. Deze keuze is gemaakt omdat de hedendaagse denkers een goede aanvulling en een beter inzicht gaven in de huidige situatie in Nederland. De historische denkers zijn gekozen omdat deze aanzienlijke invloed hebben gehad op de elitetheorie en het ontstaan hiervan. In het kiezen van de hedendaagse bronnen is weinig gekeken naar algemene theorieën over de hedendaagse elite en is er meer gefocust op theorieën over de Nederlandse elite. Hierdoor zijn algemene theorieën over de elite vergeleken met zeer specifieke theorieën over de Nederlandse elite. Een algemene bron over de hedendaagse elite was een goede toevoeging aan dit onderzoek geweest om de nauwkeurigheid te vergroten.

Doordat veel bronnen in verouderd zijn was de betrouwbaarheid van de bronnen soms moeilijk aan te duiden. Dit was soms een obstakel, aangezien dit onderzoek ook een actueel speelveld in zich heeft. Er was vaak een behoefte voor bronnen met cijfers die nóg actueler konden zijn. Zo werd de Tweede Kamer zetelverdeling gebruikt in dit onderzoek. Hierover ontbraken cijfers die een situatie schetsen over dit moment. In situaties als deze is er gekeken naar de best mogelijke overige opties. In dit geval is er bijvoorbeeld gekozen om de bronnen uit 2017 te gebruiken, na de Tweede Kamerverkiezingen. Hoewel er enkele zetels zijn verschoven, bood dit toch een actueel

overzicht.

Daar komt bij dat de bronnen rondom de hedendaagse elite zich voornamelijk aan de linkerkant van het politieke spectrum bevinden. Dit kan gevolgen hebben op de visie van deze bronnen en hun uiteindelijke conclusies. Zo spreekt Sander Schimmelpenninck zich in meerdere artikelen uit zich als PvdA'er te kunnen zien en is hij in zijn boek te spreken over het progressieve belastingstelsel van de tweede helft van de twintigste eeuw. De getrokken conclusie zou meer valide zijn, indien het ook onderbouwd is met bronnen uit de rechter kant van het spectrum, aangezien op die manier visies met verschillende onderbouwingen worden meegenomen. Ook Meindert Fennema heeft een linksgeoriënteerde kijk. De conclusie was meer valide geweest als er een interview aan de rechter kant van het spectrum was afgenomen. In de eerste plaats was een interview met Frits Bolkestein gepland. Dit heeft gezien de coronacrisis en de persoonlijke wens van de geïnterviewde om het niet online te laten doorgaan helaas geen doorgang kunnen vinden. Wanneer er in dit onderzoek niet te veel was gehoopt op dit specifieke interview, had achteraf een ander interview nog mogelijk kunnen zijn.

Voor het vinden van bronnen voor dit onderzoek is een zo breed mogelijk scala aan zoektermen gebruikt om te voorkomen dat belangrijke bronnen gemist zouden worden. Er is zowel in Engelse als Nederlandse zoektermen gezocht. Door middel van het gebruik van synoniemen is geprobeerd zoveel mogelijk relevante informatie te verzamelen. Er is gebruik gemaakt van zoekmachines als Google Scholar en de database beschikbaar gesteld door de Universiteit van Twente. Veel gebruikte zoektermen waren onder andere: elite theory, elitism, upper class en elite. Daarbij is gebruik gemaakt van verdere suggesties van zoektermen aangedragen bij de browser. Bovendien is door gezocht op termen uit andere onderzoeken voor het verkrijgen van meer informatie. Ondanks de poging zoveel mogelijke betrouwbare en relevante informatie te verzamelen, zijn er ongetwijfeld belangrijke bronnen de gemist, gezien de oneindigheid van het wereldwijde web en de tijd die beschikbaar was voor dit onderzoek.

Verder is het voorstelbaar dat de relevantie van dit onderzoek niet gelijk duidelijk is voor iedereen. Aangezien zowel de oude als de hedendaagse elite veel verschillende richtingen en kenmerken kent, valt er niet een eenduidige omschrijving voor te vinden. Dit neem niet weg dat dit onderzoek heeft bijgedragen en het vergroten van de duidelijkheid en de ontwikkeling van de term elite.

Ten slotte wordt er meermaals gesproken over een mogelijke de vorming van een nieuwe elite. Hier is erg weinig wetenschappelijk onderzoek naar gedaan, maar op basis van bevinden uit dit onderzoek zou dit gesteld kunnen worden.

5.2 Vervolgonderzoek

Dit onderzoek kan ten zeerste worden verlengd. Op dit moment verschaft dit onderzoek weinig inzicht over hoe netwerken binnen elites gevormd en instant gehouden worden. Ook ontbreekt hoe en wanneer men nou echt tot de elite behoort. Hiernaar zou verder onderzoek gedaan kunnen worden. Bovendien zou een vervolgonderzoek bronnen kunnen meenemen uit het hele politieke spectrum, zodat een conclusie kan worden gebaseerd op resultaten vanuit verschillende hoeken. Dit zou een grotere validiteit aan de conclusie meegeven.

Tot slot is het goed te benoemen dat dit onderzoek zich kort richt op een zekere 'nieuwe elite', dat zich vormt middels bijvoorbeeld social media en nieuw geld. Dit onderzoek neemt dit onderzoeksveld mee, maar kent geen diepgang op het gebied, gezien het ontbreken van relevante bronnen. In een eventueel vervolgonderzoek zou deze nieuwe elite een goed onderzoek kunnen vormen met kansen die nog nauwelijks zijn gegrepen.

Bibliografie

- [1] Democratie, F. v. (Regisseur). (2017). De veelbesproken "Maiden Speech" van Thierry Baudet in de Tweede Kamer - 28 maart 2017 [Film]. Opgehaald van https://www.youtube.com/watch?v=_4LSDffhcPY&t=193s
- [2] Hoge Raad van Adel. (sd). Nederlandse adel van 1814 tot nu. Opgehaald van Hoge Raad van Adel: <https://www.hogeraadvanadel.nl/adel/nederlandse-adel-van-1814-tot-nu#:~:text=Adeldom%20na%201848,bij%20Koninklijk%20Besluit%20vastgesteld%20wapen.>
- [3] Cambridge Dictionary. (sd). Elite. Opgehaald van Cambridge Dictionary: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/elite>
- [4] Karl Marx (1818 - 1883). (2014). van BBC: http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/marx_karl.shtml
- [5] Chambre, H., McLellan, D., & Tikkanen, A. (2020, maart 24). Marxism. 2020, van Britannica: <https://www.britannica.com/topic/Marxism/Analysis-of-society>
- [6] Marx, K. (1867). Het Kapitaal (Vol. Deel I: Het productieproces van het kapitaal). (C. De Boer, & P. Brand, Vert.) Londen.
- [6] Welty, G. (2015, december 3). Pareto's Theory of Elites: Circulation or Circularity? van Wright: http://www.wright.edu/~gwelty/Pareto's%20Theory%20of%20Elites_2016.pdf
- [7] IsGeschiedenis. (sd). GESCHIEDENIS VAN DE VAKBONDEN IN NEDERLAND. Opgehaald van IsGeschiedenis: <https://isgeschiedenis.nl/nieuws/geschiedenis-van-de-vakbonden-in-nederland>
- [8] Anders, F. (2011, februari 1). DE SOCIALE KWESTIE IN NEDERLAND (1870-1918). Opgehaald van Geschiedenis: <https://www.geschiedenis.nl/nieuws/artikel/3362/de-sociale-kwestie-in-nederland-1870-1918>
- [9] HR-kiosk. (2015, oktober 23). CAO (geschiedenis). Opgehaald van HR-kiosk: <https://www.hr-kiosk.nl/hoofdstuk/cao/cao-geschiedenis>
- [10] Parlement. (sd). Historische ontwikkeling kiesstelsels en kiesrecht. Opgehaald van Parlement: https://www.parlement.com/id/vhnnmt7ltkw9/historische_ontwikkeling_kiesstelsels_en
- [11] Munro, A., & Ingham, S. (2019, november 28). Pareto-optimality. Van Britannica: <https://www.britannica.com/topic/Pareto-optimality>
- [12] the Pareto principle. (sd). van Cambridge: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/pareto-principle>
- [13] Dam, B. v. (sd). Ongelijkheid in inkomen en vermogen. van CBS: <https://longreads.cbs.nl/welvaartinnederland-2019/ongelijkheid-in-inkomen-en-vermogen/>
- [14] Koen Caminada, Kees Goudswaard, Marike Knoef, "Vermogen in Nederland gelijk verdeeld sinds eind negentiende eeuw", Me Judice, 27 juni 2014
- [15] Welty, G. (2015, december 3). Pareto's Theory of Elites:

- Circulation or Circularity? van Wright:http://www.wright.edu/~gwelty/Pareto's%20Theory%20of%20Elites_2016.pdf
- [16] Staten-Generaal. (sd). Kamerleden tussen 1815 en 1848. Opgehaald van Staten-Generaal: https://www.staten-generaal.nl/begrip/kamerleden_tussen_1815_en_1848
- [17] NOS. (2017, maart 15). VVD wordt weer de grootste, historisch verlies PvdA. Opgehaald van NOS: <https://nos.nl/artikel/2163343-vvd-wordt-weer-de-grootste-historisch-verlies-pvda.html>
- [18] Delican, M. (2018, maart). ELITE THEORIES OF PARETO, MOSCA AND MICHELS. van ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Mustafa_Delican/publication/323664537_ELITE_THEORIES_OF_PA_RETO_MOSCA_AND_MICHELS/links/5aa2bac80f7e9badd9a66ed6/ELITE-THEORIES-OF-PA-RETO-MOSCA-AND-MICHELS.pdf
- [19] Gaetano Mosca (1858-1941). (2020). van Encyclopedia: <https://www.encyclopedia.com/people/social-sciences-and-law/sociology-biographies/gaetano-mosca>
- [20] Secker, W.P. (1988). De maatschappelijke herkomst van Nederlandse Ministers (1848-1986)
- [21] Van den Berg, J.Th.J. (2012, juni 29). Fris en fruitig. Van Parlement.com: https://www.parlement.com/id/vj0nm34u1frs/fris_en_fruitig_waarom_eigenlijk
- [22] Opleidingsniveau Tweede Kamerleden. (sd). van Parlement.com: https://www.parlement.com/id/vk6bd3xy9nl2/opleidingsniveau_tweede_kamerleden
- [23] Profiel nieuw Tweede Kamer (2017 Van Parlement.com: https://www.parlement.com/id/vkclmgzmv4ya/profiel_nieuwe_tweede_kamer_2017
- [24] Frank E. Elwell (Augustus 31, 2013). C. Wright Mills on the Power Elite. van faculty: <http://www.faculty.rsu.edu/users/f/felwell/www/Theorists/Essays/Mills2.htm>
- [25] Van der Heide, F., Winus. H. (2014, januari). Politiek en Bedrijfsleven
- [26] Hillema, S. Fennema., M. (1992, mei). Studentencorpora en elitevorming. Van Rijksuniversiteit Groningen: <https://ugp.rug.nl/ast/article/view/23512/20966>
- [27] Barkhuysen, T. (2013, maart 11). Dubbele petten af in de Eerste Kamer? Van NJB: <https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/20992/T.%20Barkhuysen,%20Dubbele%20petten%20af%20in%20de%20Eerste%20Kamer,%20NJB%202013,%20nr%2011.pdf?sequence=1>
- [28] Fennema, M. (2020, september 22). De elite nader beschouwd. (K. Peelen, & B. Neplenbroek, Interviewers)
- [29] Schimmelpenninck, S., & Van Zwieten, R. (2019). Elite gezocht. Amsterdam, Noord-Holland, Nederland: Prometheus.
- [30] Slaman, P., Marchand, W., & Schalk, R. (2015). 200 jaar studiefinanciering. Opgehaald van DUO: <https://duo.nl/organisatie/uitgelicht/200-jaar-studiefinanciering.jsp>
- [31] NOS. (2019, september 12). Instroom studenten niet veranderd door leenstelsel. Opgehaald van NOS: <https://nos.nl/artikel/2301457-instroom-studenten-niet-veranderd-door-leenstelsel.html>

Attitudes of pre-university students towards the topic of breadwinners and the influence of their parental role models

B. Bosschers¹, R.A. Vermaas¹, M. van Manen¹, M. Buter², A.A. ten Cate²

¹Het Stedelijk Lyceum, locatie Zuid, Enschede

²Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Het hoofddoel van dit onderzoek was om inzicht te krijgen in de houding van Generatie Z ten opzichte van het broodwinner zijn binnen de heteroseksuele, monogame relatie. Om tot resultaten te komen is er eerst bestaand onderzoek naar de houding van oudere generaties bestudeerd. Uit dit onderzoek bleek onder andere een houding van genderstereotypering en ontevredenheid in relaties als de vrouw de broodwinner was. Onderzoek naar generatie Z laat zien dat deze de neiging heeft naar traditionele rollen in een liefdesrelatie, maar dat er ook drang naar verandering bestaat. Het is echter niet duidelijk hoe Generatie Z kijkt naar broodwinners in een relatie. Zou Generatie Z broodwinner willen zijn of niet? En hebben hun ouders, de generaties waar wél onderzoek over bekend is, hier invloed op gehad? Het onderzoek vond plaats op het Stedelijk Lyceum in Enschede in oktober 2020 in een groep van Nederlandse vwo-leerlingen tussen de 15 en 20 jaar. Door hun vragen te stellen over de relatie met hun ouders en de voorkeuren binnen hun eigen toekomstige relatie, kwamen we tot de volgende conclusie: de jongens van generatie Z hebben vrijwel dezelfde mindset als hun ouders, hun broodwinnende vaders hebben hier deels een rol in gespeeld. Bij hun vrouwelijke equivalent was de voorkeur om broodwinner te worden minder groot, dit komt mede door hun niet-broodwinnende moeders. De meisjes laten vooral zien dat het progressieve imago van Generatie Z terecht is. De jongens blijken minder progressief.

Introduction

This research is on the topic of breadwinners, but more specifically on the attitudes generation Z has towards wanting to be the breadwinner in their own relationship. Nowadays, more people than ever are fighting for equality. Think of the Black Lives Matter protests in June of 2020 but also the Pride and Women's Marches. However, there are still a lot of people who admire traditional norms and gender roles such as the man being the breadwinner. In history men have always been prone to want to be the breadwinner and also to become it. At the time they did not want their wives to earn more money despite the economic advantage of both the man and woman earning money, because this enhances the wife's power and it poses a threat to the man's masculine self-identity (Hiller and Philliber 1986; Juster 1985; Microwsky 1987). Furthermore, a more recent study shows that heterosexual relationships have less quality and stability when the wife is breadwinner. This is because it challenges traditional expectations of men and women and their roles in family life and thus decreases satisfaction. (Niels Blom University of Southampton Belinda Hewitt University of Melbourne, 2020). These researches indicate that the traditional preferences still remain relevant and active, but is that really the case considering they have been done with participants older than 25 years? They belong to the generation of millennials and above, meaning they were almost always raised in households in which the man was the breadwinner. This research examines this topic further, since it researches the attitudes of generation Z. This is the first generation to have been able to be raised by more progressive parents such as millennials, who are known for their progressive mindset. So, do young adults have the same traditional mindset as researches up to this point have proven? How much of an influence do their parents have, and what effect does this have on their attitudes on the topic of being the breadwinner?

1. Theoretical Framework

There is not one reason why people have certain attitudes

towards breadwinnership. Many factors play into this. Gender stereotypes play an important role while parents can be role models and also influence their children. There is a lot of research on these separate topics and to give a coherent base of data to rely on, information about these subjects is listed in the following paragraphs.

1.1 Gender Stereotyping

From the 1900s, there have been many studies which show gender stereotypes are changing. Women started to work more, and fathers started to spend more time with their children. Researchers in 1996 and in 1998 have shown that many married men want to be passionately involved as both husbands and fathers (Coltrane 1996; Kimmel 1998). Yet they suffer from work-family disagreements and sometimes even job discrimination if they ask to spend more time with the family (Coltrane 1996; Covin and Brush 1991; Gerson 1993). So, if their wives are employed, men will feel relief from work and from economic responsibility for the family (Hunt and Hunt 1987). The women's earnings through employment also help protect men from an insecure job market (Gerson 1993). As a result, the women's paid work experience increases the equality between them and their husbands. These are two reasons why gender stereotypes are changing. Due to the time in which these studies were published, some factors have changed; women still are not working as much as men, but more than 30 years ago. Considering this, it is possible to conclude that gender roles are changing extremely fast, but mainly the women's gender role.

1.2 Parents as role models

A study from Anton ABuchera¹ (1998) shows that the most frequent role models of young people are persons from social nearness, especially mothers and fathers, grandparents, and older siblings. The identification with models occurs as a result of concrete interaction and collaboration. Parents (and other models) help to receive new abilities and are perceived

as models because they have more experience in what is useful in mastering developmental tasks. Children and young adults cannot make such concrete connections with the idols of the media. Furthermore, it is a psychoanalytic well-known fact that identification with close persons is more imprinting than the identification with the heroes of media (Mitscherlich, 1963). The first and most important reference persons are parents and other persons with “social nearness”.

1.3 Breadwinners

The breadwinner in a relationship is the one who earns a big part of the total income. Niels Blom and Belinda Hewitt (2020) studied the associations between changes in breadwinner arrangements and relationship satisfaction. Building on previous research, their breadwinner typology combined employment and income differences between partners, differentiating single earners from dual earners. In this research all situations are measured and what happens is that men and women both become less satisfied when their households change from dual-earner households to female-breadwinner households. Women were even less satisfied when they became a female-breadwinning household due to their husband becoming unemployed or ill.

Participants were most satisfied when they were in male-breadwinner, female-homemaker households. For women, but not men, gender role attitudes influenced some of these associations. Women are traditionally more nurturing and homely. The appeal for women to be homemakers stems mainly from wanting to stay home with their children, or at least making the transition of an addition to the family easier. On top of that, Blom and Hewitt found that the man’s identity, namely their self image and the way others see them, is largely influenced when their wife becomes the breadwinner, even more than can be noticed with the women. This is because women often expect their male partner to be the primary earner, or at least make comparable financial contributions to the household. From these factors, the following conclusion can be drawn: when the woman becomes the breadwinner, she is therefore not only less satisfied than as the homemaker, the man is also less satisfied due to the effect it has on his identity as a man. The results extend their understanding of the consequences of the increasing commonality of female-breadwinner households and suggest that they may be contributing to lower relationship quality and stability. This research has been conducted with participants from 25-60 years old. Yet men’s identity – the way they see themselves and are perceived by others – is more tied to employment and being the breadwinner than women’s. Women often expect their male partner to contribute at least equally to the household finances, or to be the primary earner. Another factor that might partly explain the greater dissatisfaction when she is the main earner is how couples share household labour.

1.4 Generation Z

In general, research has shown a noteworthy change in women and men’s attitudes about gender in the United States over the past years (Brewster and Padavic, 2000, Thornton and Young-DeMarco, 2001). Overall, research on these attitudinal trends suggests that more and more people believe that men and women’s family- and work-related roles should be approximately the same. Schooling may expose students to ideas supporting autonomy, merit-based achievement, and the

desirability of similar roles for women and men (Goldscheider and Goldscheider, 1993, Wilkie, 1993). In terms of the timing of these influences, it seems likely that schooling will be most strongly related to gender-related attitudes during young adulthood because this is the period in which education is most likely to be a priority for students and most likely to influence their ideas about gender roles.

Also, fewer teens than ever before identify with a faith tradition. Nonetheless, all teens have worldviews, beliefs and practices (Bouma & Halafoff, 2017; Mason et al., 2007) This means that generation Z has fewer traditional beliefs, but does believe in equality and they want to make the world a better place. So the participants probably do not necessarily want ‘the man’ to be the breadwinner.

Another study has confirmed that at least in the Anglosphere, how young people think about gender and sexuality is fundamental to the ways in which they develop their worldviews. (Mary Lou Rasmussen, Sulamith Graefenstein, Andrew Singleton, Anna Halafoff and Gary Bouma 2020). From this information it can be concluded that generation Z is more progressive and willing to change a more conservative society.

1.5 The Main Research Question

On the one hand, boys and girls from generation Z are influenced by their parents and might think as gender stereotypical as their parents do. Their parents are around 50 years old and are raised much more traditionally. Children look up to their parents and are likely to have the same mindset. If this is true, the boys probably want to earn more money than their future partner, and the girls would want their partner to earn more money.

On the other hand, partly due to schooling, chances are that generation Z does not care who earns more money in a relationship. As discussed earlier, generation Z is a progressive generation with a world view. They believe in equality and are more open to think differently about gender stereotypes. The question is, which factor has more influence? The parents as role models, or generation Z’s own mindset?

The main question is as follows:

What are the different attitudes towards being the breadwinner in a future heterosexual relationship of Dutch male and female 15-20 year old pre-university students and does the gender of their parental rolemodel play into this?

2. Method

For this research, a questionnaire has been created and distributed. There were 37 participants. Their average age is 17 years old (youngest 15, oldest 20). 23 participants were male, 14 were female. All of them go to school at College Zuid located in Enschede, the Netherlands, and all of them are in the 5th or 6th year of vwo. They have filled in the questionnaire during a lesson at school. Before the survey actually started, the participants were asked to fill in their gender, age, how they are sexually orientated, their educational level and whether they are in a relationship. Their sexual orientation is important to know. Participants who are gay or lesbian will probably answer differently, because they do not have specific gender roles in their (future) relationship. This is why their answers will not be represented in the results. In this group of participants there was no one who identified with another gender. This means that the gender is important to the results because the answers of both

the female and the male participants will be compared. The focus with this is on gender-specific stereotypes and in which way this can affect a person's attitude and way of thinking. (This opens up more space for different, and possibly more distinct, comparisons.) Most questionnaires were in English, because the students filled in the survey during an English class. Some participants have filled in the survey in Dutch, because they were not comfortable with an English survey. It was incredibly important that everyone was feeling safe and restful while answering the questionnaire. An uncomfortable or uneasy environment would make the participants feel less free to answer truthfully.

After the basic questions, the question that followed was how many parents the participant had and whether they were the birth parents. Only the participants with two (birth) parents were included. This was because this way the abnormalities were limited to their extent and the results would be as clear as possible. The questionnaire included a few categories; relationship with parents, mindset/political view, gender stereotyping and money related preferences. There were multiple questions within every category, to make the questionnaire more reliable. The first part of the survey consisted of some questions about their relationship with their parents. After those questions, the participants were asked to give their opinion on several statements. The participants have agreed or disagreed with the statements using a scale from 1 to 5. 1 being "I completely disagree with this statement" and 5 being "I completely agree with this statement." One statement was "I am a feminist". A simple way to explain how the scores will be interpreted is: if the participant strongly agrees, he/she/they wants men to be equal to women, and it will not matter if the wife earns more money. Another statement was 'I have a conservative mindset'. If someone is conservative, he/she/they probably wants the man to earn more money (look at the appendix for all the questions asked in the questionnaire). Of course, it was more nuanced than that, which is why the questionnaire consisted of multiple questions leading to the same profile and the participants had to give a score between 1 and 5 instead of only filling in "yes" or "no". Some statements were specifically linked to be compared, "I am conservative" and "I want to earn more money than my future partner" are an example of this. It is important to look at the relation between the two, since they often stem from one another. To be able to properly conclude from this questionnaire, many statements are linked so that the correlation between particular statements can be analysed. Charts will be created to visibly compare the scores.

3. Results

To measure the average score, the scores have been summed up and divided by number participants. This has also been done for the boys and girls separately. When the score is higher than a 2,5 out of 5 it can be considered as participants agreeing.

3.1 Relationship With Parents

As you can see in table 1 (appendix) the average score of the mother is higher than 4. Fathers score high at some points. Participants do admire their fathers for example, but do not talk about their problems as easily to their father as they do to their mothers. Boys give their mothers roughly the same score as the girls do. However, there is a much bigger difference when

we look at the fathers. Girls give lower scores than boys. For example: boys are closer to their fathers, admire their fathers more and talk about problems easier. An important note is that most fathers (there were 2 exceptions) earned more money than the mothers.

3.2 Stereotypical Gender Issues

Overall, participants do not fully agree with gender stereotypes. Yet boys agree with these stereotypes more than girls. As table 2 (appendix) shows, boys give a 3,3 on the statement: 'I agree with traditional norms and values'. Girls give a 2,1. Boys find themselves masculine, and girls do not. Both want the tasks in the household to be divided equally, but girls do agree with that statement more often than boys. The statement 'I want to take care of my future children and work less, to be home for them and care.' gave untraditional results. The boys gave an average of 3,5 out of 5, while the girls gave 2,5.

3.3 Political Views

Political opinions differ between boys and girls. As visible in table 2 (appendix), girls are more progressive and less conservative. Boys and girls both consider themselves feminists, but girls score for the statement 'I am a feminist' a 4,6 and boys a 3,9. The average score for 'I am politically left orientated' is the same for boys and girls, yet boys have proven to be more politically right orientated in the regarding statement.

3.4 Money

There were four statements about money, as table 2 shows. Boys and girls gave around the same scores to two of those statements. Both groups want to pay more for basic costs if they earn more than their partner, and both groups do not want their future partner to earn more money than themselves. Boys scored higher on the following statements about money. Boys want to earn more money than their future partner, they gave a 4,4. Still, girls are neutral when it comes to this statement, they score a 2,8. Also, boys want to be breadwinners and girls do not want to be breadwinners.

4. Conclusion

From the results of this research we can conclude that the boys want to earn more money than their future partner, and the girls do not really care about earning more or less money than their partner. A girl even wrote down: 'It really doesn't matter if I earn more or less, as long as we can both take care of ourselves when necessary'. This quote illustrates the opinion on being a breadwinner of the girls well. There are multiple reasons why boys and girls differ in opinion.

First of all, our study shows that both boys and girls are close to their mothers. The boys are closer to their fathers than the girls. Boys look up to their fathers more than girls, and the fathers earn more money than the mothers. This could be a reason why the boys want to earn more money than their partner in the future.

Additionally, the study shows that boys think traditional norms and values are more important, and they are less progressive and more conservative. They do think men should be equal to women, but they do not consider themselves feminists as much as girls do. The boys are more politically right orientated too.

All of these points can be reasons for their positive attitudes towards wanting to be the breadwinner or at least earn more money than their partner. Charts 1,2, 3 and 4 (appendix) show this.

5. Discussion

After taking the newly found test results into account it can be found that the male students have more traditional tendencies when forming an opinion on the topic of wanting to be the breadwinner than the female participants. These results do match the hypothesis, however there are a few remarks and points of improvement that have to be made. These include the validity and trustworthiness of the results, the interpretation of the aforementioned and further recommendations into future research.

5.1 Validity

Whether the questionnaire, and thereby also the research is valid depends on the validity of the answers received. In a questionnaire in which people would most likely answer with the politically and socially correct answer, such as “Do you ever litter?” the answers are not valid because it is impossible to trace whether it is also the truth. In this research this is to be expected, since statements like “I want the tasks in the household to be divided equally” can be a sensitive subject because people are less likely to admit that they would rather not do many tasks in the household, afraid to be labeled as lazy or irresponsible. Therefore this research is not very valid. Nevertheless, there is no way to alter the range of socially acceptable answers, apart from time or someone’s ability to answer honestly about the uncomfortable opinions they may have. In addition, the participants were expected to answer the questions truthfully and have correct knowledge of themselves. With fact-based questions such as “Are you in a relationship?” the answers can be checked on accuracy, but with statements the scores are subjective, may result in less valid answers. On top of that, the size of the research plays into its validity. The questionnaire was filled in by a small group of 37 participants, from which 14 girls and 24 boys. This amount is only a fraction of generation Z, so thereby unable to say something conclusive about the whole generation.

5.2 Reliability

Moreover, it is not sure how seriously the participants filled in the questionnaire. They are between 15-20 years old, and considering the fact that talking about gender roles and sexuality is uncomfortable and deemed funny around this age, answers can be less trustworthy. Also, the girls were mostly sitting next to other girls and the boys drew more to their same-sex peers as well. So, even though the setting in which they filled in the questionnaire was formal it is very likely that they answered some questions together. There were no significant differences found between the boys and girls. It could be that these small distinctions are just because there were a few outliers. A statistical analysis should be done, to tell whether there are significant differences between the boys and the girls. So, the results could have been more trustworthy when there would be a larger group of participants.

However, most of them did fill in the survey carefully, as you can tell by the extra comments and remarks they added on the paper to elaborate and explain their opinion. Furthermore, if the questionnaire were to be filled in again, people would

have answered the same, which also proves the answers are trustworthy. That being said, the last two factors do not weigh up against the first one; because it takes extensive tests and experience to determine whether a sixteen year old is less or more serious and trustworthy in these matters than a legal adult.

5.3 Interpretation of results

The interpretation of the answers given in the questionnaire has been divided up into many varying statements proving the attitude of every participant. When analysing these results they were split up into three categories: the first being the relationship with each parent, the second being a confirmation on the participants’ beliefs and the third being their preferences on the topic of being the breadwinner. The results of the questionnaire could, in the second part, be further analysed, taking into account how much the interviewed know of their political preferences or perhaps what they understand by such terms as “masculine” and “feminine.” On the other hand, in this questionnaire it was assumed, based on the lessons and exposure the students had on these topics, that they were sufficiently informed to think about whether they agreed or disagreed with the statements. Furthermore, the scores of the LGBTQ+ students have been taken into account. There was one gay student, and there were 2 girls who were not sure whether they are bi or straight. The scores they had were average, so we did not leave them out.

A deciding statement, easily imaginable for many of the participants is; ‘I want to take care of my future children and work less, to be home for them and care for them’. Another interesting interpretation is that with the test results the attitudes of the participants can be best categorized by gender. When separating female and male participants consistent results can be found within their preferences and mindset. Stereotypically female members of our society would take on their traditionally nurturing role and work less, to be home and take care of their children. However, as can be found in the results, this test group deviated from this expectation. Merely 57% of the girls agreed with this statement, the others preferred to work and not stay home to take care of their children. Although this is more than half, it is far less than what was expected. This is because women’s work force rates all around the world are lower (chart 5). This is because women mainly stay home to take care of their families and children, it is proven that unpaid household and care work falls disproportionately on women (ILO, 2016). Even more unexpectedly is that 71% of the tested males agreed with the aforementioned statement. It makes it believable that the younger generation they belong to will want to make changes in the current labour rates (chart 5). This especially sets Generation Z apart from others, with that being said, there is also evidence that goes against these beliefs, questioning its very existence. This stems from the understanding that even though there is notable deviation, it does not automatically equate to a completely new generation, generation Z.

5.4 Shortcomings of research

Both during and after the conduct of this research there were some shortcomings, and this resulted in a less than ideal result. The first limitation to this research was the questionnaire and the way it was conducted. Because the answers were focussed on the opinions and attitudes of the interviewed these are virtually uncheckable. This makes the results less trustworthy. What also adds to this particular shortcoming is the fact that it

was not done professionally or in exchange for compensation. Because the latter makes the motivation of the interviewed not explicitly clear it is unsure whether they answered truthfully. To meet the deadlines and to host the questionnaires in person, the test group remained quite limited. This is possibly one of the biggest shortcomings because it entails the validity of the research. On top of that, this research is on the whole of generation Z and since only such a small fraction of that whole group was interviewed, it is impossible to draw a definite conclusion. The achieved goal in this case, however, is that it gives away a glimpse of that whole, giving the reader a bit of insight and starting point to further research on the topic on the attitudes of the whole of generation Z towards being the breadwinner in their own relationship.

5.5 Recommendations future research

Based on the findings in this research paper multiple following research questions can be formed. For example, a great way to look into this topic is by researching the motives behind the attitudes that generation Z has on being the breadwinner in their own relationship. If this generation really does not differ that much in preferences and attitudes, perhaps the reasoning behind these preferences is different. Taking into account that there are many contrasts in different aspects of life between generation Z and previous generations, the fact that there would be no disparity at all between them is a rather inconceivable claim.

On the other hand, more extensive research could also be very beneficiary to the knowledge and the worth of this knowledge on the generation which is currently being educated to and already ruling and changing the world. Since this research does have a number of shortcomings, a more detailed or professional version of it would also be recommended; taking a bigger test group, or perhaps choosing different pools, to determine the differences between members of generations Z with parents from different cultures, either with a migration background or said pools stationed around the world.

On top of that, a research into the attitudes on the topic of being the breadwinner in non-heterosexual relationships would be very interesting. Since it is easier to analyse and collect results from heterosexual relationships, due to there being more experience and evidence of these, it can be found that there is less information on various topics in homosexual relationships. In addition, generation Z is believed to be even more comfortable and fluid in their sexuality than all the generations before them and this would add a lot to the insight on this generation, especially considering the influence they will have on the future.

Moreover, there were only heterosexual parents in this study. It would be interesting to see if influences from parents change when they do not have a heterosexual and monogamous love relationship.

6. Bibliography

Coughlin, P., & Wade, J. C. (2012). Masculinity Ideology, Income Disparity, and Romantic Relationship Quality Among Men with Higher Earning Female Partners. *Sex Roles, 67*(5–6), 311–322. <https://doi.org/10.1007/s11199-012-0187-6>

Blom, N., & Hewitt, B. (2019). Becoming a Female-Breadwinner Household in Australia: Changes in Relationship Satisfaction. *Journal of Marriage and Family, 82*(4), 1340–

1357. <https://doi.org/10.1111/jomf.12653>

Zuo, J., & Tang, S. (2000). Breadwinner Status and Gender Ideologies of Men and Women regarding Family Roles. *Sociological Perspectives, 43*(1), 29–43. <https://doi.org/10.2307/1389781>

Eagly, A. H., Eastwick, P. W., & Johannesen-Schmidt, M. (2009). Possible Selves in Marital Roles: The Impact of the Anticipated Division of Labor on the Mate Preferences of Women and Men. *Personality and Social Psychology Bulletin, 35*(4), 403–414. <https://doi.org/10.1177/0146167208329696>

Cunningham, M. (2008). Changing Attitudes toward the Male Breadwinner, Female Homemaker Family Model: Influences of Women's Employment and Education over the Lifecourse. *Social Forces, 87*(1), 299–323. <https://doi.org/10.1353/sof.0.0097>

Brewster, K. L., & Padavic, I. (2000). Change in Gender-Ideology, 1977-1996: The Contributions of Intracohort Change and Population Turnover. *Journal of Marriage and Family, 62*(2), 477–487. <https://doi.org/10.1111/j.1741-3737.2000.00477.x>

Goldscheider, F. K., & Goldscheider, C. (1992). Gender roles, marriage, and residential independence. *Sociological Forum, 7*(4), 679–696. <https://doi.org/10.1007/bf01112321>

Halafoff, A., Singleton, A., Bouma, G., & Rasmussen, M. L. (2019). Religious literacy of Australia's Gen Z teens: diversity and social inclusion. *Journal of Beliefs & Values, 41*(2), 195–213. <https://doi.org/10.1080/13617672.2019.1698862>

Coltrane, S., & Arendell, T. (1996b). Fathers and Divorce. *Contemporary Sociology, 25*(1), 84. <https://doi.org/10.2307/2076982>

Fan, P.-L., & Marini, M. M. (2000). Influences on Gender-Role Attitudes during the Transition to Adulthood. *Social Science Research, 29*(2), 258–283. <https://doi.org/10.1006/ssre.1999.0669>

The influence of models in forming moral identity. (1998, 1 februari). ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088303559700058X>

Kimmel, J. (1998). Child Care and Federal Policy. *Employment Research, 5*(1), 5–6. [https://doi.org/10.17848/1075-8445.5\(1\)-2](https://doi.org/10.17848/1075-8445.5(1)-2)

Covin, T. J., & Brush, C. C. (1991). An examination of male and female attitudes toward career and family issues. *Sex Roles, 25*(7–8), 393–415. <https://doi.org/10.1007/bf00292530>

Chamie, J. (2018, 25 januari). More Women Stay at Home Than Men | YaleGlobal Online. <https://yaleglobal.yale.edu>. <https://yaleglobal.yale.edu/content/more-women-stay-home-men>

OECD Data. (2020). Employment - Employment rate - OECD Data. theOECD. <https://data.oecd.org/emp/employment-rate.htm>

International Labour Office Geneva. (2016). Women at Work: Trends 2016. International Labour Office. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_457317.pdf

Questions asked:	Average mother	Average father	mother answered by boys	mother answered by girls	father answered by boys	Father answered by girls
I am close to this parent.	4,4	3,6	4,5	4,4	4,0	3,2
I look up to this parent.	4,0	3,7	4,0	4,0	3,9	3,4
I admire this parent.	4,4	3,8	4,4	4,5	4,0	3,5
If I had a problem I would easily tell this parent.	3,7	2,8	3,7	3,6	3,2	2,3
This parent is my role model.	3,6	3,5	3,6	3,4	3,7	3,1
If your parent needed something that was difficult but possible for you to provide, how likely is it that you would help?	4,4	4,1	4,4	4,5	4,3	3,9
If you needed something that was difficult but possible for your parent to provide, how likely is it that he/she would help?	4,7	4,1	4,7	4,7	4,4	3,6

Table 1. The first column shows the questions that have been asked to participants. The second column shows the average answers given by all participants about the mother. The third column shows the average answers given about the father. The fourth column shows the average answers the boys have given about the mother. The fifth column shows the answers given by girls about their mother. The sixth column shows the answers given by boys about their father. And the last column shows the answer about fathers given by the girls.

statements	Average	Average boys	Average girls
I have a progressive mindset.	3,6	3,4	3,9
I have a conservative mindset.	2,6	3	1,9
I agree with traditional norms and values.	2,9	3,3	2,1
I am a feminist.	4,2	3,9	4,6
I am masculine.	3,0	3,8	1,9
I plan on settling down as soon as possible.	2,4	2,7	2,0
I am politically left orientated.	3,6	3,6	3,6
I am politically right orientated.	2,7	3,0	2,1
I want to take care of my future children and work less, to be home for them and care.	3,1	3,5	2,5
I want the tasks in the household to be divided equally.	4,0	3,8	4,4
I want my partner to do more in the household, so I can work more.	2,4	2,6	2,1
If I earn more money than my partner, I want to pay more for basic costs.	3,8	3,9	3,6
I want to earn more money than my (future) partner.	3,4	4,1	2,8
I want my (future) partner to earn more money than me.	2,5	2,6	2,2
I want to be the breadwinner in my future long-term relationship.	3,1	3,8	2,3

Table 2. The first column shows the statements. The second column shows the average of the answers given. The third column shows the average of the answers given by the boys. The last column shows the average of the answers given by the girls.

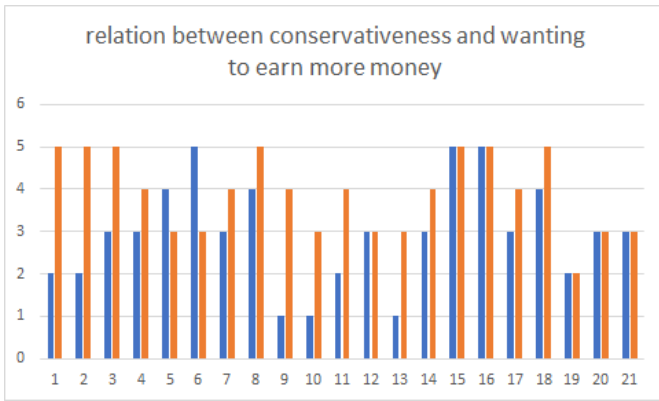


Chart 1. The blue bars represent the scores of the boys when they were asked to respond to 'I am conservative'. The orange bars represent the scores of the boys when they were asked to respond to 'I want to earn more money than my future partner'. Most of the bars have about the same length, so being conservative can be a reason for the boys to want to earn more money.

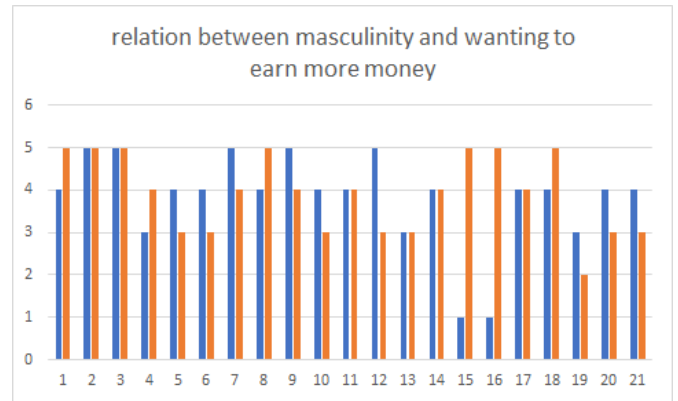


Chart 3. The blue bars represent the scores of the boys when they were asked to respond to 'I am masculine'. The orange bars represent the scores of the boys when they were asked to respond to 'I want to earn more money than my future partner'. Most of the bars have about the same length, so being masculine can be a reason for the boys to want to earn more money.

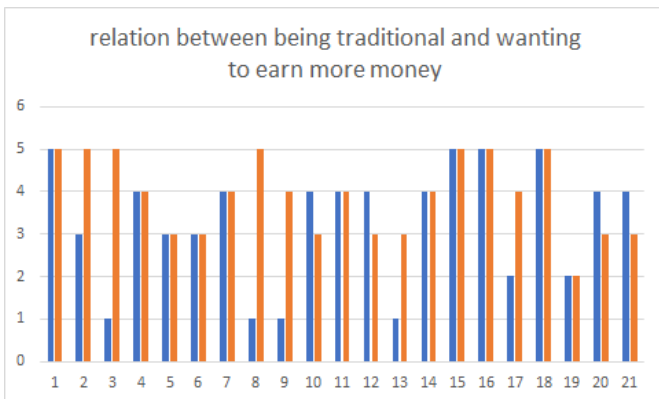


Chart 2. The blue bars represent the scores of the boys when they were asked to respond to 'I am traditional'. The orange bars represent the scores of the boys when they were asked to respond to 'I want to earn more money than my future partner'. Most of the bars have about the same length, so being traditional can be a reason for the boys to want to earn more money.

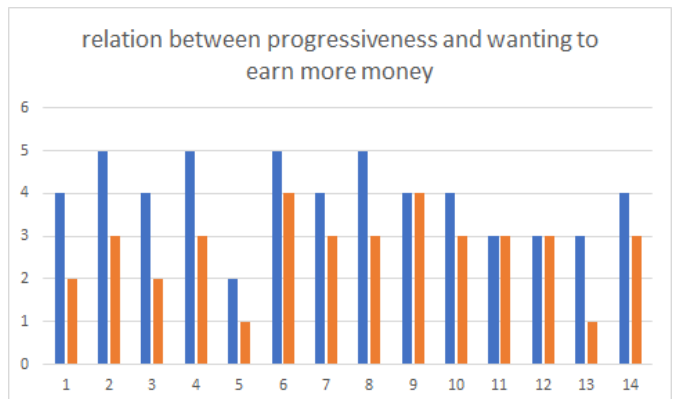


Chart 4. The blue bars represent the scores of the girls when they were asked to respond to 'I am progressive'. The orange bars represent the scores of the girls when they were asked to respond to 'I want to earn more money than my future partner'. There are a few bars which have the same length, but not enough to prove that the girls' progressiveness correlates with wanting to earn more money than their future partner.

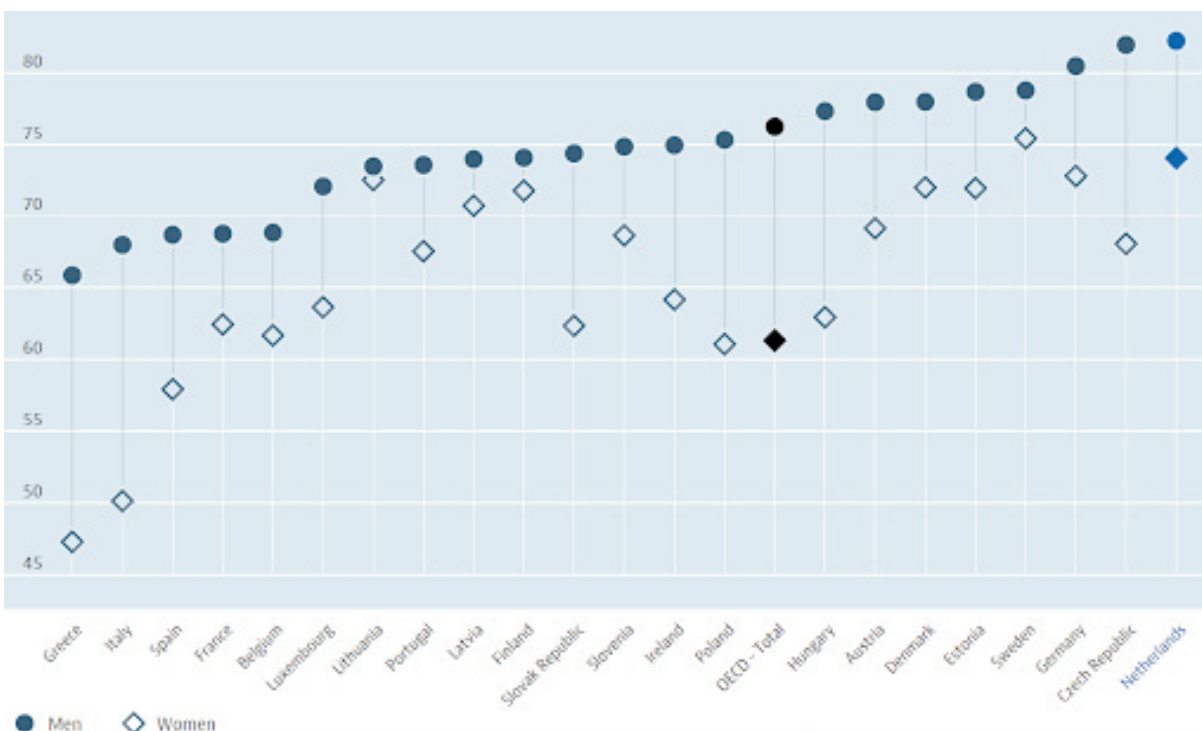


Chart 5. Work-force participation rates of men and women of the working age population (15 to 64 years) in Europe, represented in percentages. (Source: Labour market statistics, OECD 2020)

De rol van technologie bij het oplossen van de krappe arbeidsmarkt onder lassers

X.L. Küpers¹, M.E. Woord², T.H.B. Haarhuis³, H.M.A. Diele¹, J.H.G. ten Wolde³, J.J. Hierck⁴, A.A. ten Cate⁴

¹Sg. Canisius Scholengemeenschap, Almelo

²SG Marianum, Groenlo

³Pius X College, Almelo

⁴Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - For years, companies in the Dutch technical field have been struggling with a shortage of well-qualified welders. The companies want to increase sales but this is not possible due to the lack of well-qualified welders and the already exceeding production capacity. This paper focuses on the solutions to the welders shortage, as this shortage is growing rapidly. Therefore there is a need for a solution to this problem. This paper will look at the options for combatting the welders shortage via, recruitment of welders, using robotizations and the use of new technologies. The research is based on literature, consulting papers to determine which solution could solve the problem. It will be discussed if it is reasonable to look into these options and if they will solve the staff shortage. Therefore we have chosen 3 perspectives that could offer a solution to the shortage of staff: non-technical solutions, robotization and artificial intelligence. Since there already was a big shortfall of welders, the use of non-technical solutions are not recommended. Literature suggests that welding robots may be the solution to this problem, since they are in need of other staff (e.g. programmers) and are more productive. Given that the shortage of this kind of staff will only keep on growing too over time, acquiring an IWS (Intelligent Welding System) would be even better. IWS uses artificial intelligence resulting in companies being less dependent on staff and because the system is self operating, it will be more productive. In addition the IWS is able to perform multiple welding techniques which makes the system even more efficient. Not only does the system replace the welders, it is also capable of analysing its own work. Therefore the IWS appears to be the solution for today's shortage of welders.

Introductie

Bedrijven in de Nederlandse technische sector kampen al sinds het ontstaan van de 'nieuwe economie' net voor het jaar 2000 met een tekort aan goed gekwalificeerd personeel. De vraag naar technisch opgeleid personeel is een stuk groter dan het aanbod ervan (Van Dijk & Bosch, 2001).

Het tekort aan arbeidskrachten zorgt voor overbesteding in de economie. Besteders willen meer kopen dan met de gegeven capaciteit kan worden geproduceerd. Er doen zich allerlei spanningsverschijnselen voor: fabrikanten kunnen niet meer op tijd leveren, er zijn te weinig werknemers, er is onvoldoende krediet verkrijgbaar. De prijzen van de productiefactoren gaan omhoog: de lonen stijgen, de prijzen van grondstoffen lopen op, krediet wordt duurder. De hieruit ontstane prijsstijging wordt doorberekend in de prijzen van de eindproducten. Dit leidt weer tot bestedingsinflatie (Bos, 2013).

Bestedingsinflatie heeft een negatieve invloed op de economische groei van een land. Deze vorm van inflatie ontstaat bij hoogconjunctuur en kan leiden tot de omslag naar een laagconjunctuur. Laagconjunctuur gaat gepaard met economische krimp. Er is sprake van crisis als een land langer dan twee kwartalen economische krimp ervaart. Om de omslag naar een laagconjunctuur te beperken is het van belang om de factor bestedingsinflatie te minimaliseren.

De bestedingsinflatie ontstaat mede doordat de arbeidsmarkt onder technisch personeel krap is. De interactie tussen de vraag naar en het aanbod van arbeidskrachten ligt niet in evenwicht. De vraag naar arbeid is groter dan het aanbod ervan. De krappe arbeidsmarkt is de belangrijkste rem op de groei van bedrijven en de economie als geheel (Pauw, 2020).

De krappe arbeidsmarkt in de technische sector ontstaat door drie factoren:

1. Bijna 60 procent in de sector is tussen de 40 en 65 jaar,

waardoor vergrijzing van de sector in het verschiet ligt (ROVC, 2019)

2. De competenties van de potentiële werknemer sluiten niet aan bij de wensen van de werknemer (Berenschot, 2019)
3. Technische opleidingen verdwijnen door te weinig animo, waardoor de opleidingsaanbieders minder subsidie ontvangen, waardoor de ontwikkeling in de sector langzamer verloopt (SEOR, 2018)

Een industrie waarin sterk te zien is dat er een tekort heerst aan goed technisch geschoold personeel is in de lasindustrie. Deze industrie bestaat voornamelijk uit lassers. De hoofdtaak van een lasser is het samenvoegen van twee of meer onderdelen - voornamelijk metalen maar ook bijvoorbeeld plastic - met behulp van warmte en/of druk. Het beroep lasser behoort tot een van de krapste arbeidsmarkten die Nederland kent. Hetzelfde geldt voor het beroep lasrobotoperator (UWV, 2019).

De oorzaak van deze krappe arbeidsmarkt komt doordat de competenties van de potentiële lasser vaak niet aansluiten bij de wensen van de werknemer. Dit alles komt doordat een lasproces gecompliceerd is. Geen enkele lasopdracht is hetzelfde waardoor de kans op lasfouten significant aanwezig zijn. Lasfouten zorgen weer voor veel vertraging, wat het lasproces weer erg tijdsintensief maakt. Tijd kost weer geld. Om een goed overzicht te creëren zijn de problemen in figuur 1 weergegeven in causaal verband. (Meijndert, 2016).

Probleemstelling

Het wordt voor bedrijven in de gehele technische markt steeds lastiger om technische vacatures in te vullen. In de TechBarometer uit 2019 van het ROVC blijkt dat 912 van de 1203 respondenten een tekort ervaren aan technisch opgeleid personeel. 80% van de 912 respondenten stelt ook dat dit tekort hoe dan ook voor de komende 5 jaar gaat aanhouden.

De respondenten van de ROVC enquête hebben allemaal een besturende functie in een technisch bedrijf.

Bij 31% van alle openstaande technische vacatures duurt het minimaal een half jaar voordat de vacature is ingevuld. Bij 12% duurt het zelfs langer dan een jaar (ROVC, 2019).

Als er een specifieke blik wordt geworpen naar de industrie waarin de lassers actief zijn, valt het op dat het tekort aan personeel bij 25% van de werkgevers zorgt voor belemmeringen. Het aantal sollicitanten dat op een doorsnee vacature afkomt is 18. Bij een lassersvacature reageert gemiddeld maar 1 sollicitant (CBS, 2019).

Het probleem van de krappe arbeidsmarkt onder lassers is niet alleen te wijten aan het niet kunnen werven van nieuw personeel. Er is ook sprake van interne problemen. Bijna 60% van de nu werkende technici is tussen de 40 en 65 jaar oud. Daarbij komt dat amper 6% van de technici jonger is dan 30 jaar. Toenemende kwantitatieve krapte ligt hierdoor op de loer. De arbeidsmarkt van lassers heeft veel last van vergrijzing (ROVC, 2019). In tabel 1 staan alle percentages die in de probleemstelling gebruikt worden voor verduidelijking.

De onderzoeksvraag van deze paper luidt: Waarom is de arbeidsmarkt onder lassers krap en hoe kan robotisering een oplossing bieden voor de momenteel krappe arbeidsmarkt in Nederland? In de paper wordt er vanuit verschillende facetten gekeken naar het probleem. De eerste invalshoek is de niet-technische-invalshoek. Het doel van deze invalshoek is om duidelijkheid te scheppen waarom deze invalshoek niet geschikt is voor het verruimen van de arbeidsmarkt onder lassers. In de tweede invalshoek wordt er gekeken naar automatisering van het lasproces en in de derde invalshoek wordt er gekeken of robotica in combinatie met kunstmatige intelligentie een oplossing voor het probleem kan bieden. Aan het einde van deze paper staat een weloverwogen beargumenteerd advies hoe de arbeidsmarkt van lassers kan worden verruimd en zo overspanning in de lasindustrie kan tegengaan. Deze paper is een literatuuronderzoek. Alle data en informatie in deze paper is gebaseerd op literatuur.

Invalshoek #1: Niet-technische oplossing(en)

De aankoop en onderhoudskosten van een robot is relatief duur vergeleken met de kosten van een lasser in loondienst. Het is logisch om eerst te kijken naar een adequate oplossing in de maatschappij voordat er gekeken wordt naar een mogelijke oplossing die robotica of technologie kan bieden. In deze invalshoek wordt verduidelijkt waarom er geen potentiële niet-technische oplossing is te vinden is bij de factoren: Nederlandse arbeiders, lasopleiding, werkmigranten en arbeidsproductiviteit.

Arbeiders in Nederland

Er is sprake van toenemende kwantitatieve krapte en van toenemende kwalitatieve krapte in Nederland. Onder de toenemende kwantitatieve krapte valt voornamelijk vergrijzing en ontgroening, maar ook bijvoorbeeld arbeidsongeschiktheid. Vlak na de beëindiging van de Tweede Wereldoorlog trad er een geboortegolf op in veel West-Europese landen waaronder Nederland. Zoals te zien is in grafiek 1 zijn er in de periode 1945 - 1970 aanzienlijk meer levendgeborenen in Nederland dan in de periode ervoor of erna. Mensen die geboren zijn in deze periode zijn net met pensioen of gaan binnenkort met pensioen. Door de (toekomstige) uitdrukking van ouderen is een vorm van kwantitatieve krapte. Dit soort krapte houdt in ieder

geval tot en met 2028 aan (Schippers & Wilthagen, 2018).

Naast de kwantitatieve krapte is er ook een kwalitatief probleem. Op kwalitatief vlak groeit de kloof tussen vraag en aanbod en is er sprake van een 'mismatch'. Deze kwalitatieve mismatch wordt vooral veroorzaakt doordat de competenties van werkenden en werklozen niet aansluiten op de vraag. Tevens sluit het aanbod van werkgevers vaak niet voldoende aan bij wat (potentiële) werknemers zoeken in hun werk, zoals flexibiliteit om bijvoorbeeld mantelzorg te verlenen (Berenschot, 2019).

De kwalitatieve krapte kan mogelijk afnemen als werkgevers water bij de wijn gaan doen en flexibeler worden bij het aannemen van potentiële werknemers (UWV, 2010).

Opleiding tot lasser

Doordat de behoefte aan goed gekwalificeerde lassers groot is en de vacatures niet worden ingevuld, zijn grote bedrijven zoals VLD en Kumoweld in 2018 begonnen met het faciliteren van hun eigen lasserschool. De gehele opleidingskosten worden door de bedrijven zelf betaald en de lasser in opleiding ontvangt bij betreding van de opleiding meteen loon (VDL Groep b.v., 2020). Op deze manier hopen de bedrijven om meer werknemers te trekken naar hun bedrijven. Ook probeert Kumoweld personeel aan te trekken door actief samen te werken met middelbare scholen uit de regio (MetaalNieuws, 2013). Zo maken de leerlingen al op jonge leeftijd kennis met het lasvak in een professionele sfeer. Dat het in professionele sfeer gebeurt is van groot belang, aangezien leerlingen nauwelijks een beeld van het beroep hebben dat hoort bij een opleiding (Sarti, Broekema & Verwoert, 2009).

Het beeld dat scholieren hebben bij het lassen zorgt voor een lage instroom van lassers. Scholieren denken dat de lasindustrie en het lassen in verval zijn en dat de lasindustrie geen nieuwe technologieën implementeert. Ook wordt er gedacht dat lassen repetitief en eentonig werk is in een vervallen en vuile omgeving, met een gebrek aan doorgroeimogelijkheden (Rousku, 2020).

Het beroep lasser heeft ook last van de lage plek op de beroepsprestigeschaal. De beroepsprestigeschaal is een lijst waarbij de plek van een beroep bepaald is door de hoge of lage waardering van het desbetreffende beroep. Deze waardering is gekoppeld aan de sociale positie van het beroep. Het beroep lasser staat op plaats 111 van de 138 beroepen. Vmbo-scholieren laten zich in hun opleidings- en beroepsoriëntatie beïnvloeden door het beroepsprestige (Cörvers, Mommers & Sapulete, 2017).

Werven vanuit het buitenland

In de periode 1950 tot 1970 groeide de Nederlandse economie explosief. De regering zag zich genooddaakt arbeiders te werven uit het buitenland (Visser, 2014). Een soortgelijke strategie kan niet worden toegepast voor de hedendaagse problematiek rondom lassen. Het tekort aan lassers is een wereldwijd probleem dat exponentieel toeneemt (Rousku, 2020).

De kwantitatieve krapte door vergrijzing houdt in ieder geval tot 2028 aan in Nederland, zoals vermeld is bij arbeiders in Nederland. Deze vorm van krapte is niet een probleem dat zich alleen afspeelt in Nederland. De belangrijke lasmarkten van de Verenigde Staten en Australië hebben er ook mee te maken. De lasmarkt in Australië is van vitaal belang voor de kracht van de Australische economie. Zo ongeveer 30% van de huidige

lasarbeidskrachten in Australië is ouder dan 45 jaar (Crittinden, 2020). De VS heeft een gemiddelde lasarbeiders leeftijd van 57. De oorzaak van deze hoge lassersleeftijd ligt in het feit van twee decennia desindustrialisering en offshoring in combinatie met een overweldigende voorkeur van schoolverlaters voor kenniswerk (K-TIG, 2017).

De krapte in de grote lasmarkten in de wereld zijn zorgwekkend, aangezien uit verschillende onderzoeken en rapporten van The Grand View Research blijkt dat de prognose gesteld is dat in 2027 de omvang van de wereldwijde markt van gelaste producten 23.51 miljard Amerikaanse Dollar zal bedragen. De wereldwijde markt voor gelaste producten had in 2019 een grootte van 14.49 miljard Amerikaanse Dollar (Grand View Research, 2020). Dit betekent dat de verwachte marktgroei van gelaste producten in de periode 2019 tot 2027 groeit met een percentage van 62,3 procent.

Arbeidsproductiviteit

Naast dat het mogelijk is om te kijken of er meer mensen in loondienst aangenomen kunnen worden, kan er ook gekeken worden naar het verhogen van de productiviteit van de arbeiders die al in loondienst zijn. Dit scheelt wachttijd op een gevulde vacature en door de verhoogde productiviteit dalen de kosten per gemaakte eenheid.

De productiviteit kan worden bevordert door het gebruiken van lasmanipulators en pendel machines indien deze nog niet gebruikt worden (Meijndert, 2016). Daarnaast is het mogelijk om de productiviteit te verhogen tijdens het preparatie werk door handapparaten zoals zagen, boren etc. te vervangen door elektrische apparaten. Het gebruik van elektrische apparaten voor preparatie werk is sterk aan te raden als dit nog niet aan de orde is (BIL, 2006). Het gebruik van lasmanipulators, pendel machines of nieuwe lastechnieken is af te raden aangezien dit op lange termijn gebied niet zal lonen en dure investeringen zijn (BIL, 2008).

De oplossingen rondom arbeidsproductiviteit verhogen zijn van korte duur, aangezien de aantallen vacatures relatief harder stijgen dan het aanbod van arbeid.

Samenvatting invalshoek #1: Niet-technische oplossing(en)

Bij lassers in Nederland is er sprake van toenemende kwantitatieve krapte en van toenemende kwalitatieve krapte. Onder de toenemende kwantitatieve krapte valt voornamelijk vergrijzing en ontgroening. Onder de toenemende kwalitatieve krapte valt vooral de 'mismatch' tussen werkgever en werknemer. De kwalitatieve krapte kan afnemen als werkgevers water bij de wijn gaan doen en minder eisen van sollicitanten. De focus op beroepen is in de laatste jaren verschoven. Hierbij laten jongeren zich bij hun opleidingskeuze onvoldoende leiden door de vraag op de arbeidsmarkt. Veel jongen maken een verkeerde opleidingskeuze doordat leerlingen nauwelijks een beeld hebben van het beroep dat hoort bij een opleiding. Het beroep lasser heeft last van verschillende misconcepties, hierdoor staat het beroep laag op de beroepsprestigeschaal. Grote bedrijven zoals VLD en Kumoweld faciliteren hun eigen lasschool. Ook probeert Kumoweld personeel te werven door actief samen te werken met middelbare scholen uit de regio om zo een goed beeld te geven van het beroep lasser.

60% van de technici is tussen de 40 en 65 jaar in Nederland. Specifieke cijfers over de gemiddelde leeftijd lasindustrie zijn er niet in Nederland, wel in Australië en de Verenigde Staten. 30% is ouder dan 45 in Australië van alle lassers en in

de Verenigde Staten de gemiddelde leeftijd van een lasser 57 jaar. Lasarbeiders uit het buitenland naar Nederland brengen is geen oplossing voor het probleem van de krappe arbeidsmarkt, aangezien het tekort aan lassers een wereldwijd probleem is.

De verwachte marktgroei van gelaste producten neemt in de periode 2019 tot 2027 toe met 62.3 procent.

Het probleem van de krapte kan intern niet opgelost worden, aangezien de investeringen om de arbeidsproductiviteit te verhogen niet in contrast staan met de kosten. Ook zou de investeringen in betere apparatuur een oplossing bieden voor een zeer korte tijd door onder andere vergrijzing.

Invalshoek #2: Robotisering

Al met al kan er gesteld worden dat in invalshoek #1 naar voren is gekomen dat de krapte onder lassers niet op te lossen valt met behulp van de niet-technisch gegeven aspecten. Er zal dus verder moeten gekeken voor een oplossing. Eén van de potentiële oplossingen is het robotiseren van het lasproces met behulp van een lasrobot.

Een lasrobot is een automatisch gestuurde, herprogrammeerbare, multifunctionele manipulator die in minimaal drie assen kan worden geprogrammeerd. De robot moet dus zo ontworpen zijn dat de geprogrammeerde bewegingen zonder fysieke wijziging kunnen worden gewijzigd en dat de robot fysieke aanpassingen kan ondergaan wanneer het moet dienen voor een andere toepassing (ISO, 2016).

De voordelen die robotlassers hebben ten opzichte van handlassers maakt robotlassers erg aantrekkelijk. Eén van de grootste voordelen is dat de kosten van het lassen met een robot lager liggen vergeleken met handmatig lassen. Dit komt omdat een robot veel efficiënter werkt, wat zorgt voor een grotere afzet in kortere tijd en omdat een robot geen pauze nodig heeft, die kan 24 uur per dag werken in een normale situatie. Een robot is een langetermijninvestering. De aanschafprijs van een moderne robot die het laswerk overneemt is hoog en het duurt relatief lang voordat deze investering terugverdiend is. De prijs van een complete robot inclusief alle veiligheidsattributen begint rond de \$50.000, maar kan oplopen tot ruim \$175.000, afhankelijk van de kwaliteit en de opties (Bélanger-Barrette, 2014). Deze prijs is echter te rechtvaardigen omdat de robots bij goed onderhoud erg lang meegaan. Producent FANUC zegt dat haar robots tot wel 100.000 uur kunnen lassen zonder problemen. Dat is 11,5 jaar lang 24 uur per dag (Motion Controls Robotics, 2015).

Nog een groot voordeel is dat robots meer kwaliteit leveren op een consistente basis. Robots kunnen erg precies en nauwkeurig werken en maken zelden fouten in tegenstelling tot menselijke arbeid. Daarbij komt dat een lasrobot betere lasnaden maakt, doordat de lasrobot de las beter kan laten hechten (Scott, 2017). Lassen met een robot zorgt er ook voor dat er minder nabewerking nodig is, bijvoorbeeld omdat een robot minder last heeft van lasspetters die na het lassen weer verwijderd moeten worden (Robert, 2016).

Een robot zorgt ook voor minder afval. Omdat robots erg precies zijn, kunnen ze elk hoekje meepakken en besparen ze veel grondstoffen. Dit zorgt voor lagere inkoopkosten en minder kosten in het geheel (Bonine, 2015).

Voor het functioneren van een lasrobot is een programmeur nodig. Zij sturen de robot aan en geven de robot instructies over de soort las en waar er gelast moet worden. De arbeidsmarkt in Nederland van programmeurs is net zoals bij lassers erg krap (UWV, 2019). Het inzetten van programmeurs in plaats

van lassers zorgt voor het verplaatsen van het probleem. De limiterende factor van het lassen is arbeid. Zonder mensen geen lasproductie.

Het hoeft niet te gebeuren dat het investeren in robots leidt tot overbodigheid van sommige werknemers die dan hun baan verliezen. Door op de juiste manier de kapitaalgoederen aldus de lasrobots te implementeren is er ruimte voor werknemers om andere taken toegewezen te krijgen zoals: werken aan een ander proces, kwaliteitsinspectie, ondersteuning van het werk van de technicus of andere taken. Doordat investeren in kapitaalgoederen theoretisch gezien leidt tot een verhoogde afzet, kan dit zorgen tot een groei van welvaart, waardoor de vraag ontstaat, die op haar beurt weer nieuwe en andere banen schept (Oxford Economics, 2017). Het argument dat robotisering leidt tot een lagere arbeidsparticipatie klopt dus niet. Toekomstige lassers hoeven niet te vrezen voor werkloosheid in de toekomst doordat ze overbodig worden.

Men denkt vaak dat een robot pas bij het maken van grote hoeveelheden producten goed inzetbaar is. Eerder was dat zo omdat het vrij lastig was om steeds de parameters te veranderen voor de goede afstelling en dat kostte bovendien erg veel tijd. Tegenwoordig vult de software van de lasrobot de parameters steeds meer zelf in en er zijn steeds meer bedrijven die in staat zijn om heel kleine hoeveelheden van producten te maken en snel om te schakelen naar andere producten.

Moderne robots kunnen steeds vaker op plekken komen waar een mens niet bij zou komen. Doordat er steeds vaker meerdere draaipunten op de arm van een robot zitten kan er makkelijk in kleine ruimtes gemaneuvreerd worden waar een handlasser nooit bij zou komen (Hanson, 2019).

Samenvatting Invalshoek #2: Robotisering

Het oplossen van het probleem onder lassers door robotisering is slechts een deel van de oplossing. Ondanks de grote voordelen van robotlassers ten opzichte van handlassers (de hogere consistentere kwaliteit van robots, het minder afval produceren door robots, de relatief lagere kosten per eenheid van robot) lost robotisering slechts een deel van het probleem rondom de krappe arbeidsmarkt van lassers op.

De traditionele lasrobot heeft een programmeur nodig voor het aansturen van de robotlasser. De arbeidsmarkt van programmeurs is net zoals lassers erg krap. Het inzetten van programmeurs in plaats van lassers zorgt voor het verplaatsen van het probleem. Het komt erop neer dat de limiterende factor voor het lassen arbeid is. Zonder mensen is er geen lasproductie. Robotisering lost slechts een deel van het gehele probleem op en is daarom niet geschikt als volledige oplossing voor de krappe arbeidsmarkt van lassers.

Invalshoek #3: Kunstmatige intelligentie

Uit de bovenstaande invalshoeken blijkt dat niet technische oplossingen niet gaan werken en dat de technische oplossingen slechts een deel van het probleem oplossen. Er zal dus verder moeten worden gezocht om ook dit gat op te vullen. Het gemeenschappelijke probleem is arbeid, omdat dit schaars is en de limiterende factor is. Dit probleem kan opgelost worden door het gebruik van complexe computersystemen, die zelf kunnen leren en handelen naar wat de beste oplossing is. In deze invalshoek komen we met de oplossing voor de limiterende factor arbeid, kunstmatige intelligentie.

Kunstmatige intelligentie in vogelvlucht

Er is geen universeel geaccepteerde definitie van het begrip ‘kunstmatige intelligentie’ (Stanford University, 2016). In deze paper wordt de term kunstmatige intelligentie als volgt gebruikt: een machine beschikt over kunstmatige intelligentie als de machine berekeningen maakt op basis van de volgende handelingen: waarnemen, redeneren, handelen (Winston, 1993).

Het commerciële doel van kunstmatige intelligentie ligt niet in het besparen van geld door middel van het vervangen van arbeiders en processen kapitaalintensiever te maken, maar de kracht van kunstmatige intelligentie ligt juist in het aanvullen van de competenties van de arbeiders om zo mogelijkheden te creëren die niet met alleen kunstmatige intelligentie noch arbeiders gerealiseerd kan worden, deze vorm van artificiële intelligentie robots wordt cobots genoemd (Winston, 1993).

De basis van kunstmatige intelligentie (Artificial Intelligence, AI) is een zeer complex systeem van computers die met elkaar verbonden zijn. Hierdoor kan het zelf denken en leren om zichzelf te verbeteren. Dat maakt het geschikt om te gebruiken in de lassector, omdat het arbeidsprobleem wordt opgelost en de kwaliteit gehandhaafd blijft.

Componenten en systemen IWS-systeem

Kijkend naar de lasrobot kan kunstmatige intelligentie verwerkt worden met het toepassen van drie componenten: sensoren, een computersysteem en actuatoren. Sensoren verzamelen informatie uit de omgeving, deze ruwe data dienen als input voor het computersysteem (het brein van de kunstmatige intelligentie). Met behulp van de input van de sensoren kan het computersysteem de output leveren voor de actuatoren. Een actuator is in staat om invloed uit te oefenen op zijn omgeving. Een lasrobot dat deze componenten bevat wordt ook wel een Intelligent Welding System (IWS) genoemd. IWS maakt gebruik van veel systemen en netwerken om te functioneren. De meest essentiële zijn: IoT (Internet of Things), big data, cloud computing en cloud manufacturing, en intelligent manufacturing (Wang et al., 2020). Deze zijn belangrijk, omdat het voor het IWS-systeem een bron van informatie is en het hier ook informatie naartoe kan uploaden, dat zorgt voor betere beslissingen in de toekomst. Ook maken deze systemen mogelijk dat complexe berekeningen snel worden opgelost. Hieronder een uitleg van de 4 belangrijkste systemen:

I: Internet of Things (IoT) is een netwerk van computers, machines en mensen die met elkaar in contact staan en onderling data kunnen delen. Deze data van allerlei apparaten kan gebruikt worden om inzicht te geven in een proces, maar ook om een voorspelling te doen voor de toekomst (Gillis, 2020). Dit kan uiteindelijk voor beter productieprocessen zorgen. De IWS systemen kunnen uit dit netwerk de benodigde data halen en ook verkregen data in dit systeem uploaden, zodat het een volgende keer opnieuw opgeroepen kan worden.

II: Big data zijn data die te groot en te weinig gestructureerd zijn om op traditionele manieren te verwerken (Breur, 2016). Big data kan gerelateerd worden aan IoT, omdat uit dit netwerk erg veel en vaak ongestructureerde data vrijkomt. Deze data zijn bijvoorbeeld de data die door de IWS systemen in het IoT netwerk worden ingebracht.

III: Cloud computing is de voorziening van computer ‘middelen’ zoals data opslag en rekenkracht die op afstand door iemand gebruikt kunnen worden door het gebruik van internet. In IWS verzorgt dit onder andere de benodigde opslag

voor data (zie hierboven) en de rekenkracht voor het oplossen van berekeningen. Deze voorzieningen zijn niet afhankelijk van de gebruikers voor het functioneren (Montazerolghaem et al., 2020).

IV: Cloud manufacturing maakt gebruik van cloud computing om bepaalde problemen en berekeningen op te lossen (wiskundig) en zo de gewenste, ideale las te maken (Kusiak, 2017).

Werking IWS

In figuur 2 zijn twee processen in kaart gebracht. (a) stelt de software van een IWS-systeem voor en (b) een regulier lasproces met een standaard geautomatiseerde lasrobot. In (a) is het ‘kopje’ Ethernet aanwezig. Hieronder staan een paar verschillende las-systemen. Hierbij staat ook het systeem GMAW. GMAW systemen werken hetzelfde als MIG-systemen. Dit is het systeem dat is uitgebeeld in (b), het standaard lasproces voor MIG mét robot (definitie van robot in invalshoek #2).

Een IWS-systeem beschikt over GMAW, laser en RSW lastechnieken. Het voordeel van meerdere lastechnieken is het feit dat verschillende producten / metalen gelast kunnen worden. GMAW is een booglastechniek, de meest naar conform van EN ISO 4063:2009 gebruikte lastechniek (FME-CWM, 2007). Laserlassen is een lastechniek dat in tegenstelling tot GMAW windbestendig is, maar niet goed gebruikt kan worden voor dunne platen (LPMW, 2020). RSW is de puntlastechniek dat voornamelijk wordt toegepast op dunne platen zonder toevoeging van materiaal, wat wel gebeurt bij de booglastechniek (Jeffus, 2004). Door de fusie van de verschillende lastechnieken kan een IWS-systeem allerlei soorten metalen en producten lassen. Een lasrobot kan maar over 1 lastechniek beschikken.

In (a) wordt weergegeven hoe de IWS systemen beslissingen maken. Dit begint met een signaal dat binnenkomt via sensoren en camera's (data acquisition). Dit signaal wordt verwerkt (data processing) en in een volgend stadium wordt de overbodige informatie afkomstig van de signalen weggefilterd (feature extraction). Op basis van de gefilterde informatie gaat het systeem voorspellen wat er gaat gebeuren en kan zo beslissing nemen die mogelijke problemen vroegtijdig kan verhelpen (estimation and decision making). Van deze beslissingen leert het systeem, om zichzelf te kunnen verbeteren. De systemen in (a) zijn in feite de vervangers van de operators en de controller in (b).

Verskil tussen AI en robotisering

Het verschil tussen AI en robotiseren is dat bij AI de machine het zichzelf aanleert en zelf leert waar deze moet lassen, hoe dat het beste kan. Bij robotisering moet dit van te voren geprogrammeerd worden, als het er dan eenmaal in staat kan de robot gelijk beginnen. Het nadeel bij AI is dat dit lang duurt omdat het zichzelf moet leren en fouten moet herkennen. Het voordeel is dan weer dat als het programma eenmaal door heeft hoe het werkt, kan het ook andere lasnaden herkennen en hierop inspelen. Het voordeel bij robotiseren is dat het snel te programmeren is en dan gelijk aan zijn ronde kan beginnen. Dit is ook meteen het nadeel omdat je voor elke nieuw project weer een nieuwe “handleiding” nodig hebt voor de robot. Hier heb je ook weer personeel voor nodig en zal uiteindelijk weer meer tijd in beslag nemen. Daarnaast worden er anno 2020 veel pilots met IWS-systemen uitgevoerd, het wordt nog niet

op grote schaal toegepast (Kah et al., 2020).

Toekomst van IWS systemen

IWS systemen zijn in essentie natuurlijk robotlassers. Het verschil tussen IWS en robotlassers is veelal softwarematig. IWS kunnen zichzelf ‘leren’ terwijl een conventionele lasrobot alleen maar opdrachten uit kan voeren. Een IWS systeem kan door voorgaande lasopdrachten en door middel van gegevens van allerlei sensoren en camera's zelf bedenken wat de meest ideale manier van lassen is (Alfaro & Drews, 2006). Wat gelast moet worden is bekend en het IWS systeem doet de rest. Ook controleert een IWS systeem zijn eigen werk.

Het voordeel van het zelf controleren van het gedane werk door het systeem is dat deze taak niet meer door mensen gedaan hoeft te worden. Bovendien is de controle door het systeem vaak beter, omdat deze data van sensoren en echografie tot zijn beschikking heeft (Wang et al., 2020).

Aangezien de arbeidsmarkt voor technische beroepen krap is, is het belangrijk om daarin zoveel mogelijk te automatiseren om dit probleem op te lossen. Robotisering draagt hier al flink aan bij, maar door de toevoeging van AI kan dit probleem nog verder worden opgelost. De druk van de industrie wordt steeds groter. De ontwikkeling van IWS-systemen verloopt in hoog tempo en wordt al op grote schaal toegepast bij 1 bedrijf in China (David et al., 2017).

Als bovenstaande in acht wordt genomen en er wordt gekeken naar de toekomstverwachting voor conventionele lasrobots, dan zou het niet anders kunnen dan dat IWS systemen veel gebruikt gaan worden, vooral door bedrijven die al last hebben van personeelstekort.

Conclusie

De onderzoeksvraag van deze paper luidde: Waarom is de arbeidsmarkt onder lassers krap en hoe kan robotisering een oplossing bieden voor de momenteel krappe arbeidsmarkt in Nederland?

De huidige problematiek rondom de arbeidsmarkt van lassers is de krapte. De interactie tussen de vraag naar en het aanbod van arbeidskrachten ligt niet in evenwicht. De vraag naar lassers is groter dan het aanbod ervan. De lassers arbeidsmarkt heeft last van kwantitatieve krapte. Ook is er sprake van toenemende kwalitatieve krapte, doordat de competenties van de potentiële lasser vaak niet aansluit bij de wensen van de werknemer. Dit komt doordat het lasproces gecompliceerd is en iedere las anders is.

De oorzaak van het tekort aan lassers begint al op de middelbare school. Op het vmbo laten jongeren zich bij hun opleidingskeuze onvoldoende leiden door de vraag op de arbeidsmarkt. Ook laten de scholieren zich leiden door de beroepsprestigeschaal, waar het beroep lassen op plek 111 van de 138 beroepen staat. Dit komt mede door de verschillende misvattingen die er zijn over de lasindustrie en lasloophanen.

De drang om meer mensen te werven voor de lasindustrie is groot. De verwachte marktgroei van gelaste producten neemt in de periode 2019 tot 2027 met 62.3 procent toe. Het verhogen van de arbeidsproductiviteit van de lasser is niet mogelijk, aangezien hier nauwelijks tijd te winnen valt. Ook zou de investeringen in betere arbeidsapparatuur alleen een oplossing bieden voor een korte tijd, door de vergrijzing die een grote rol speelt in de lassersarbeidsmarkt.

Robotisering kan een oplossing bieden voor de krappe arbeidsmarkt onder lassers. Lasrobots kunnen ingezet worden

in plaats van mensen. Een lasrobot is een automatisch gestuurde, herprogrammeerbare, multifunctionele manipulator die in minimaal drie assen kan worden geprogrammeerd. Het huidige probleem met de lasrobots die anno 2020 worden gebruikt is dat er een programmeur aan te pas moet komen om de lasrobot instructies te geven. De huidige lasrobot kan niet zelf beslissen hoe hij een bepaald product moet lassen.

De markt van programmeurs is erg krap, wat betekent dat programmeurs niet in grote getalen ingezet kan worden voor het oplossen van de krapte in de lassers arbeidsmarkt. Traditionele lasrobotica kan niet een volledige oplossing bieden voor het huidige las arbeidsmarktprobleem.

Intelligent Welding Systems (IWS) is een veelbelovende oplossing voor de krappe arbeidsmarkt onder lassers volgens meerdere onderzoeken. De limiterende factor arbeid wordt met behulp van een IWS-systeem opgelost. Het verschil tussen de huidige lasrobot en een IWS-systeem is het feit dat een IWS-systeem zelf kan nadenken en de traditionele lasrobot niet. Ook maakt een IWS-systeem gebruik van meerdere lastechnieken en een traditionele lasrobot niet. Er kunnen dus meer verschillende producten gelast worden met behulp van een IWS.

Een IWS-systeem weet wat er gelast moet worden. Ook controleert een IWS-systeem zijn eigen werk. De controle door het systeem is bovendien vaak beter, omdat deze gecontroleerd worden met behulp van data van sensoren en echografie. Veel taken die nu door lassers gedaan worden, kan worden overgedragen aan een IWS-systeem.

Dat er geïnvesteerd wordt in zelfdenkende lasrobots betekent niet dat de handlassers overbodig worden. Door op de juiste manier de IWS-systemen te implementeren in het bedrijf, kan er ruimte gemaakt worden voor werknemers om andere taken toegewezen te krijgen. Investeren in robots leidt dus niet tot een lagere arbeidsparticipatie.

Momenteel, anno 2020, worden IWS-systemen nog niet op grote schaal toegepast. Er vinden vooral pilots plaats. De druk van de industrie wordt wel steeds groter waardoor de ontwikkeling van deze systemen in hoog tempo verloopt.

Een Intelligent Welding System is de oplossing voor de momenteel krappe arbeidsmarkt onder lassers.

Discussie

De discussie is opgedeeld. Allereerst worden er richtingen voor mogelijk vervolgonderzoek gesuggereerd. Hierna volgt een discussie over verschillende aspecten van het onderzoek, waarbij er gekeken wordt naar de validiteit, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het uitgevoerde literatuuronderzoek.

Vervolgonderzoek

Wanneer er een vervolgonderzoek wordt gedaan op dit vraagstuk zou er getest moeten worden wat gespeculeerd wordt in de literatuur. Dit komt doordat er weinig harde data is en dan vooral op het vlak van het robotiseren van het lassen en het gebruik van kunstmatige intelligentie. Bij dit onderzoek moet eerst gekeken worden naar de basis, handlassen. Wanneer van daaruit vastgesteld is wat de basiswaarden zijn voor het lassen, kan er gekeken worden naar wat robotiseren en kunstmatige intelligentie. Door de basiswaarden van lassen te weten, kan er gekeken worden naar hoe sneller en effectiever robots en IWS-systemen werken. Is het verschil bijvoorbeeld significant? Hierbij moeten niet alleen de voordelen beschreven worden maar moet dit ook onderbouwd worden door de data die uit

het onderzoek naar boven komt. Bij vervolgonderzoek kunnen kosten, baten en lasten ook mee beschouwd worden. Er is namelijk geen informatie of het rendabel is.

Starten van het literatuuronderzoek

Om te beginnen met het literatuuronderzoek is er naar verschillende facetten gekeken om later een objectieve conclusie te schrijven over de problematiek rondom de arbeidsmarkt van lassers. Uiteindelijk is er geconcludeerd dat het kijken vanuit drie invalshoeken optimaal was voor het geven van een objectief advies over het oplossen van het probleem. De invalshoeken zijn niet volledig waterdicht en geven niet alle mogelijkheden die dit probleem zouden kunnen verlichten/verhelpen. Tijdens het voorbereiden van het literatuuronderzoek is er geconcludeerd dat een soortgelijk onderzoek nog niet eerder is uitgevoerd, wat het vinden van literatuur erg lastig maakte. Harde cijfers over IWS-systemen en lasrobotica zijn niet publiekelijk beschikbaar. De informatie over IWS-systemen en lasrobotica zijn speculaties, waardoor de betrouwbaar in twijfel kan worden getrokken. Validiteit wordt echter wel bereikt aangezien verschillende gerenommeerde bronnen met dezelfde speculaties over de toekomst komen.

Betrouwbaarheid van de literatuur

Zoals benoemd is in starten van het literatuuronderzoek is de betrouwbaarheid in twijfel te trekken vanwege het feit dat er geen data gegeven wordt, alleen speculaties. De speculaties zijn gebaseerd op het verleden, ontwikkelingen die nu nog gaande zijn of andere sectoren/industrieën. Door de economische krimp door de pandemie, is de groei van de metaalindustrie in twijfel te trekken, deze is hard geraakt door de pandemie. De IWS-systemen worden nog niet op grote schaal gebruikt en er is nog geen informatie wanneer deze op de markt worden gebracht. Als dit pas na 2028 gebeurt, heeft de industrie al de klap ervaren van de baby-boomers die dan zijn uitgetreden. Daarnaast is de techniek voor deze vernieuwing nog in ontwikkeling waardoor nog niet met zeker gezegd kan worden of dit ook de toekomst wordt. Desondanks komt de gebruikte literatuur van verschillende gerenommeerde bronnen, die veel gepeer-reviewed worden voordat ze gepubliceerd worden. Dit sluit de fouten echter niet uit.

Aanleiding van het onderzoek

De aanleiding van dit onderzoek komt voort vanuit een gelezen artikel uit de Tubantia waarin stond dat er in Twente een groeiend tekort is aan goed gekwalificeerde lassers. Dit krantenartikel, in combinatie met de interesse voor robotisering, leidde tot een onderzoeksvraag, waarbij beide onderwerpen fuseerden. Vanuit deze interesse zijn verschillende mails verstuurd naar bedrijven die robots bij een lasproces gebruikten. Verschillende bedrijven gaven respons, uiteindelijk zijn er afspraken gemaakt met bedrijf X. Bedrijf X had een MIG/MAG lasrobot. Tijdens het bezoek bij bedrijf X kwam naar voren dat de baas van het bedrijf zich goed kon vinden in het feit dat er een groot tekort is aan las arbeidskrachten. Bedrijf X was enthousiast over het onderzoek en verwachtte dat de toekomst van het lassen voornamelijk wordt ingevuld door robots. Achteraf kan er gesteld worden na onderzoek dat de visie van bedrijf X inderdaad naar voren komt.

Het bedrijf was enthousiast over het onderzoeks idee, maar konden niet helpen bij het leveren van data voor het

desbetreffende onderzoek. Bedrijf X was het enige bedrijf dat potentieel data voor het onderzoek kon leveren, aangezien dit onderzoek gepland stond tijdens de pandemie. Door de pandemie en andere omstandigheden was het niet haalbaar om een ander bedrijf in te schakelen voor het leveren van harde data, waardoor besloten is om een literatuuronderzoek te starten.

Bronnen

van Dijk, J., & Bosch, S. (2001). Krapte op de arbeidsmarkt en de rol van bedrijfsopleidingen. *Tijdschrift voor Human Resource Management*, 1, 39 - 57

Bos, S. (2013, 24 februari). Overbesteding | Definitie, Betekenis en Uitleg. Geraadpleegd op 3 december 2020, van Finler Kennisbank. <https://www.finler.nl/kennis/overbesteding/>

Pauw, M. (2020, 13 februari). Economische groei loopt verder terug door krappe arbeidsmarkt. Geraadpleegd op 3 december 2020, van <https://www.rtlnieuws.nl/economie/artikel/5020376/economische-groei-loopt-verder-terug-na-matig-laatste-kwartaal>

ROVC. (2019). *TechBarometer 2019*. <https://www.rovc.nl/media/24556/rovc-techbarometer-2019.pdf>

Berenschot. (2019, oktober). Een effectieve arbeidsmarktstrategie in de War for Talent & de Waste of Talent. <https://www.berenschot.nl/Social/Api/Blog/5db04f7ef32cb823a8755222/File/Artikel%20Effectieve%20arbeidsmarktstrategie.pdf>

SEOR. (2018). Een leven lang leren voor ingenieurs? NexTech. Geraadpleegd van https://www.seor.nl/Cms_Media/S1211-Een-leven-lang-leren-voor-ingenieurs.pdf

UWV. (2019, juli). Industrie Factsheet arbeidsmarkt. <https://www.uwv.nl/overuwv/Images/factsheet-industrie-2019.pdf>

<https://www.rtlnieuws.nl/economie/artikel/5020376/economische-groei-loopt-verder-terug-na-matig-laatste-kwartaal>

Meijndert, N. C. (2016, augustus). Op weg naar een voordeliger lasproces. https://essay.utwente.nl/71024/1/Meijndert%20Nicky_Op%20weg%20naar%20een%20voordeliger%20lasproces_BMS.pdf

Het Centraal Bureau voor de Statistiek. (2019). De arbeidsmarkt in cijfers 2018. Geraadpleegd op 3 december 2020, van https://www.cbs.nl/-/media/_pdf/2019/16/dearbeidsmarktincijfers2018.pdf

Schippers, J., & Wilthagen, T. (2018, 24 augustus). Gratis rijles, welkomstbonus: krappe arbeidsmarkt vraagt om creatieve werkgevers. Geraadpleegd op 18 december 2020, van <https://www.volkskrant.nl/economie/gratis-rijles-welkomstbonus-krappe-arbeidsmarkt-vraagt-om-creatieve-werkgevers~b75c120b/>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2008). Aantal levendgeborenen in Nederland tussen 1925 en 2000 [Grafiek]. Geraadpleegd op 4 januari 2021, van <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/LevendGeborenenNL.png>

UWV. (2010). UWV Kwartaal Verkenning. Geraadpleegd op 20 december 2020, van [https://www.uwv.nl/overuwv/Images/UKV%202010-I%20\(18%20januari%202010\).pdf](https://www.uwv.nl/overuwv/Images/UKV%202010-I%20(18%20januari%202010).pdf)

VDL Groep bv. (2020, 2 oktober). VDL start eigen opleidingen voor lasser en mechatronica monteur. <https://www.vdlgroep.com/nl/nieuws/archief/2018/vdl-start-eigen->

opleidingen-voor-lasser-en-mechatronica-monteur

MetaalNieuws. (2013, 2 juli). Kumoweld Assen verhuist naar nieuwbouw. <https://www.metaalnieuws.nl/kumoweld-assen-verhuist-naar-nieuwbouw/>

Sarti, A., Strating, G., Broekema, J., & Verwoert, T. (2009, november). Kiezen moet je (stimu)leren. Stichting Alexander. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-78568.pdf>

Panteia. (2016, december). Motieven opleidingskeuze Haagse jongeren. https://www.euroguidance.nl/_images/user/onderzoek/Eindrapport-13-12-motieven-opleidingskeuze-Den-Haag.pdf

Rousku, A. (2020, 9 november). Global welder shortage – insight from three continents. Geraadpleegd op 16 januari 2021, van <https://weldingvalue.com/2020/11/global-welder-shortage-viewpoints-three-continents/>

Cörvers, F., Mommers, A., van der Ploeg, S., & Sapulete, S. (2017). Status en imago van de leraar in de 21ste eeuw. ROA. ROA Reports Nr. 005 <https://doi.org/10.26481/umarep.2017005>

Visser, Y. (2014, 26 augustus). Arbeidsmigratie in de jaren '60 en nu. Geraadpleegd op 1 februari 2021, van <https://historiek.net/arbeidsmigratie-in-de-jaren-60-en-nu/42305/>

Crittenden, G. (2020, 13 juli). Weld Australia: The fundamental nature of welding. Geraadpleegd op 16 januari 2021, van <https://www.manmonthly.com.au/features/essential-nature-welding/>

K-TIG. (2017). The Coming Workforce Crisis in Welding. Geraadpleegd op 30 december 2020, van <https://www.k-tig.com/2017-blog/the-coming-workforce-crisis-in-welding>

Grand View Research. (2020, maart). Welding Products Market Size, Share & Trends Analysis Report By Technology (Arc, Resistance), By Product (Stick Electrodes, Solid Wires), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027.

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-welding-products-market>

Belgisch Instituut voor Lastechniek. (2006). Hoogrendementlassen onderzoeksproject. Geraadpleegd op 30 december 2020, van https://bil-ibs.be/sites/default/files/publicaties/metallerie/200611_95a05_hoogrendementslassen_innolas.pdf

Belgisch Instituut voor Lastechniek. (2008). Innovatieve lastechnieken onder gerobotiseerd en magnetisch. Geraadpleegd op 30 december 2020, van https://bil-ibs.be/sites/default/files/publicaties/metallerie/200810_119n27_innovatieve_lastechnieken_robot_magnetisch.pdf

Internationale Organisatie voor Standaardisatie. (2016). World Industrial Robots 2016. International Federation of Robotics. https://ifr.org/img/office/Industrial_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

Bélanger-Barrette, M. (2014, 21 oktober). What is the Cost of a Robotic Welding Cell? Robotiq. <https://blog.robotiq.com/bid/72441/What-is-the-Cost-of-a-Robotic-Welding-Cell#:~:text=It%20is%20hard%20to%20come,your%20investment%20is%20payed%20back>

Motion Controls Robotics. (2015, 13 januari). Robot Life Cycle -FAQs. Motion Controls Robotics - Certified FANUC System Integrator. <https://motioncontrolsrobotics.com/robot-life-cycle-faqs/#:~:text=FANUC%20tells%20us%20that%20a,the%20life%20of%20the%20robot>

Top 10 Advantages of Robotic Welding. (2017, 10 mei). Scott. <https://www.scottautomation.com/news/articles/top-10-advantages-of-robotic-welding/>

Robert, G. (2016, 5 mei). Top 5 Advantages of Robotic Welding. Robotiq. <https://blog.robotiq.com/bid/63115/Top-5-Advantages-of-Robotic-Welding>

Bonine, T. (2015, 31 juli). Taking a look at robotic welding. National Metal Fabricators. <https://www.automation.com/en-us/articles/2015-2/robotic-welding-advantages>

Uitvoeringsinstituut Werknemersverzekeringen. (2019). Moeilijk vervulbare vacatures 2019. <https://www.uvw.nl/overuww/Images/moeilijk-vervulbare-vacatures-2019.pdf>

Oxford Economics. (2017, december). The A.I. Paradox. Cisco. <https://www.oxfordeconomics.com/recent-releases/the-AI-paradox>

Hanson, K. (2019). Tight quarters. Welding Productivity. <https://weldingproductivity.com/article/tight-quarters/>

Stanford University. (2016, september). Artificial Intelligence and Life in 2030. <https://ai100.stanford.edu/2016-report/section-i-what-artificial-intelligence/defining-ai>

Winston, P. H. (1993). The Intelligent Computer. In Artificial Intelligence (3de editie, pp. 5–14). Addison-Wesly Publishing Company.

Wang, B., Hu, S. J., Sun, L., & Freiheit, T. (2020). Intelligent welding system technologies: State-of-the-art review and perspectives. Journal of Manufacturing Systems, 56, 373–391. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.020>

Gillis, A. S. (2020, 11 februari). internet of things (IoT). IoT Agenda. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>

Breur, T. Statistical Power Analysis and the contemporary “crisis” in social sciences. J Market Anal 4, 61–65 (2016). <https://doi.org/10.1057/s41270-016-0001-3>

A. Montazerolghaem, M. H. Yaghmaee and A. Leon-Garcia, “Green Cloud Multimedia Networking: NFV/SDN Based Energy-Efficient Resource Allocation,” in IEEE Transactions on Green Communications and Networking, vol. 4, no. 3, pp. 873-889, Sept. 2020, doi: 10.1109/TGCN.2020.2982821.

Kusiak, A. (2017). Smart manufacturing must embrace big data. Nature, 544(7648), 23–25. <https://doi.org/10.1038/544023a>

Vereniging FME-CWM. (2007, december). Eenvoudige mechanisatie bij het booglassen. Nederlands Instituut voor Lastechniek. <https://www.nil.nl/wp-content/uploads/2017/07/TI0739-EenvoudigeMechanisatie.pdf>

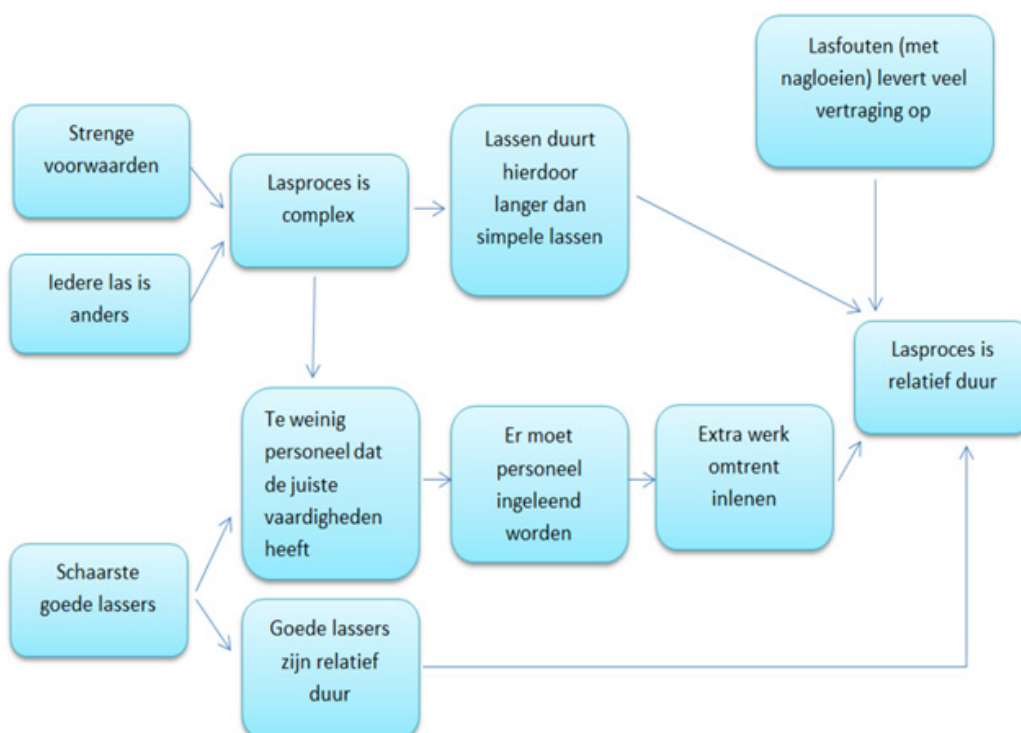
LPMW. (2020, 19 september). Alles wat je moet weten over veiligheid bij het lassen. Laspartners Multiweld. <https://www.lpmw.nl/informatie/alles-wat-je-moet-weten-over-veiligheid-bij-het-lassen>

Jeffus, L. F. (2004). Welding. Thomson/Delmar Learning.

Kah, P., Shrestha, M., Hiltunen, E., & Martikainen, J. (2020). Robotic arc welding sensors and programming in industrial applications. International Journal of Mechanical and Materials Engineering, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40712-015-0042-y>

Alfaro, S. C. A., & Drews, P. (2006, maart). Intelligent Systems for Welding Process Automation. ABCM. <http://www.scielo.br/pdf/jbsmse/v28n1/28257.pdf>

David, S. A., Chen, J., Gibson, B. T., & Feng, Z. (2017). Intelligent Weld Manufacturing: Role of Integrated Computational Welding Engineering. Transactions on Intelligent Welding Manufacturing, 3–30. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7043-3_1



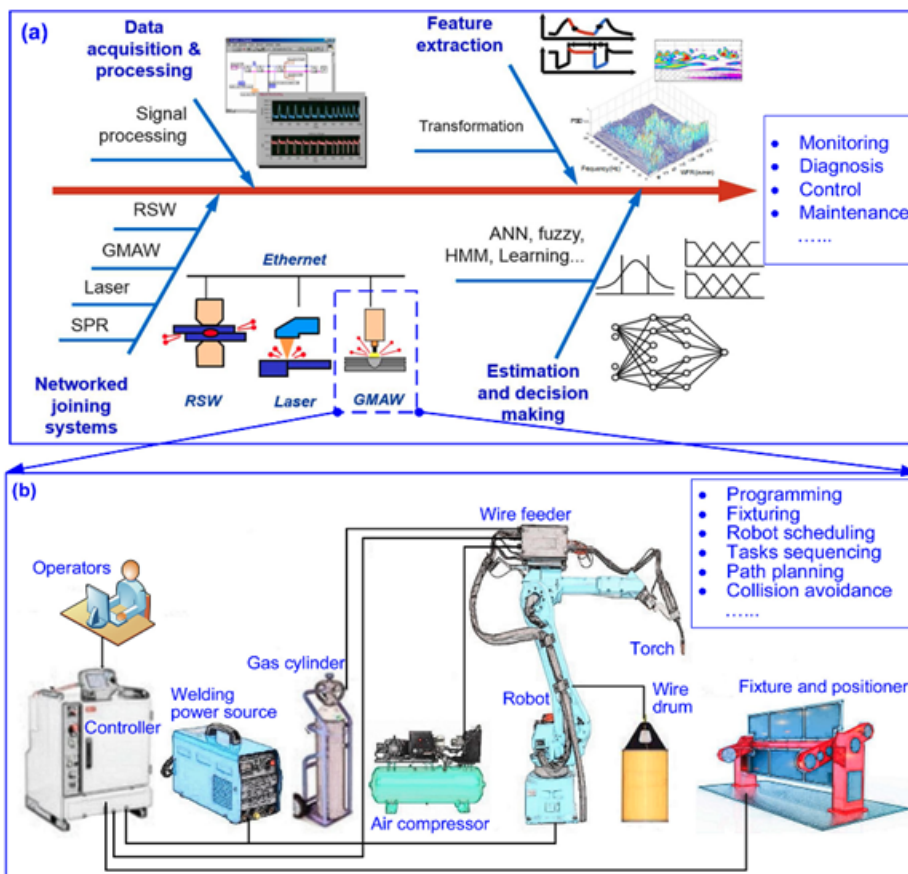
Figuur 1. Problemen met betrekking tot lasproces causaal weergegeven (Meijndert, 2016).

Stelling	Percentage
Het bedrijf heeft een tekort aan personeel	76% van de respondenten beaamt
Verwachting dat tot 2024 dit tekort blijft	61% van de respondenten beaamt
Aandeel technici jonger dan 30 jaar	6% van alle technici
Aandeel technici tussen de 40 en 65 jaar	60% van alle technici
Technische vacatures staan langer dan een half jaar open	31% van alle vacatures
Technische vacatures staan langer dan een jaar open	12% van alle vacatures
Belemmering(en) door tekort aan personeel	25% van de respondenten beaamt

Tabel 1. Alle percentages van probleemstelling in één tabel



Grafiek 1. Aantal levendgeborenen in Nederland tussen 1925 en 2000 (CBS, 2000)



Figuur 2. Framework van intelligent lassen (a) Stroomschema van procesmonitoring en -besturing, IWS-systeem software components (b) Standaard systeemconfiguratie niet-AI-lasrobot (Wang et al., 2020)



UNIVERSITY OF TWENTE.