



van Melsenprijs 2019

de beste profielwerkstukken
in de natuurwetenschappen 2019

prijsuitreiking **Van Melsenprijs**
verslag ICYS 2019 Kuala Lumpur

Magazine Van Melsenprijs en
International Conference for
Young Scientists 2019

Onder redactie van Jan Marijnissen





Inhoudsopgave

Profielwerkstukken bij het Pre-University College (PUC)	3
De Van Melsenprijs	4
Voorwoord	5
De Van Melsenprijs prijsuitreiking	6
De Van Melsenprijs lezing	6
De Van Melsenprijs in beeld	11
ScienceMakers Award Gala	11
PWS De Banach-Tarskiparadox: Over de relatie tussen wiskunde en de werkelijkheid	12
PWS Formic Modulair System: Een onderzoek om met een modulair systeem bestaande uit robots de ouderenzorg te verbeteren	14
PWS Het gebruik van arbusculaire mycorrhiza in de landbouw	16
PWS Een mens naar wens, feit of fictie?	18
PWS Indirecte Basofiele Activatie Test	20
PWS Werking van de Night Shift	22
PWS Kosmische straling vanuit een andere hoek	24
PWS Positionering met behulp van Wifi En de magie van non-linear surface fitting	26
PWS Gentherapie als behandeling van sticklersyndroom	28
PWS Artificiële neurale netwerken in de ruimte	30
Reisdagboek Kuala Lumpur, International Conference for Young Scientists 2019	32
Uitslagen prijzen International Conference for Young Scientists 2019	39



Profielwerkstukken bij het Pre-University College (PUC)

Bij het PUC onderdeel 'profielwerkstukken' worden vragen beantwoord die gerelateerd zijn aan profielwerkstukken in de exacte vakken. Daarnaast organiseren we jaarlijks de Van Melsen-prijs voor het beste exacte profielwerkstuk en de afvaardiging van de winnaars van deze wedstrijd naar de International Conference for Young Scientists (ICYS).

Het PUC wil VO-leerlingen kennis laten maken met geavanceerde bètakennis en het doen van bètawetenschappelijk onderzoek. Daarvoor stelt de Radboud Universiteit haar state-of-the-art onderzoek, -apparatuur en -faciliteiten beschikbaar voor havo- en vwo-leerlingen en docenten. Docenten verbeteren hierdoor hun kwaliteiten en zijn beter voorbereid op hun taak in de klas. Scholieren zijn door de kennismaking met de bètawereld beter voorbereid op het maken van een geïnformeerde en gemotiveerde studiekeuze voor een – al dan niet – bètastudie. De Van Melsenprijs en de ICYS zijn andere voorbeelden van activiteiten waarbij het doel van de universiteit is leerlingen kennis te laten maken met wat het betekent om zelf een onderzoeker te zijn, zodat leerlingen bewuster kiezen voor een vervolgstudie. Daarnaast worden leerlingen vertrouwd gemaakt met wetenschap en wetenschappers, zodat misvattingen verdwijnen en de denkbeelden van leerlingen meer in overeenstemming worden gebracht met de werkelijkheid.

Je kan een vraag over je profielwerkstuk stellen op: www.ru.nl/pucofscience/. Onder het kopje scholieren staat het woord 'profielwerkstuk'; als je daarop klikt kom je ook bij het vragenformulier. Vragen gesteld via de website worden door ons als eerste in behandeling genomen. Vragen gesteld via de website zijn het meest eenvoudig te beantwoorden omdat dan alle gegevens meteen beschikbaar zijn (zoals telefoon en e-mail-adres). Het doorsturen van een link is in de praktijk niet zinvol. De computer op school of thuis levert dan

niet het bedoelde artikel. Je dient op het tijdschrift geabonneerd te zijn om toegang te krijgen. De Radboud Universiteit is op vele honderden tijdschriften geabonneerd. We mailen dan een PDF-bestand. Sinds kort heeft het PUC of Science een spreekuur. Tijdens de even weken op vrijdagmiddag tussen 15.00-17.00 uur kan je na afspraak bij ons binnenlopen voor hulp bij je profielwerkstuk. Wij zitten in het Huygens-gebouw, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ, Nijmegen, Kamer HGo2.508 (op de tweede verdieping, gang 5, kamer 08).

Wij kunnen helpen bij:

- Het verzinnen van een goede onderzoeksvraag (eventueel deelvragen), welke aansluit bij het onderwerp dat je hebt gekozen.
- Het zoeken van wetenschappelijke literatuur. Dit kan op twee manieren:
 - Je kan met google scholar zoeken op onze computers, dan kan je meestal het hele artikel inzien en naar jezelf mailen.
 - Je kan met je schoolpas hier naar de bibliotheek en daar zelf zoeken naar geschikte literatuur.
- Helpen met de opzet van je onderzoeksplan en/of werkplan.
- Contacten leggen met wetenschappers in onze bèta-faculteit.
- Soms kunnen we ook iets praktisch doen, als de apparatuur voor je data-acquisitie beschikbaar is. In andere gevallen gaan we proberen om een afspraak te maken met de afdeling waar de apparatuur die je wilt gebruiken staat. De route is altijd: jij hebt een vraag en wij kijken of je geholpen kan worden met deze vraag.

Op afspraak langs komen kan ook: de verslagen waarvan de abstracts op de website staan kunnen hier worden ingezien (nooit worden verslagen gekopieerd of uitgeleend), om meer te weten te komen van bijvoorbeeld de meetmethoden die zijn gebruikt.



De Van Melsenprijs

De Van Melsenprijs is door de Radboud Universiteit Nijmegen ingesteld om de belangstelling van leerlingen voor de natuurwetenschappen te verhogen en om leerlingen te stimuleren er in uit te blinken. Alleen docenten kunnen profielwerkstukken insturen. Het inschrijfformulier is te downloaden van onze website. Iedere school mag per vak het beste profielwerkstuk insturen naar:

Radboud Universiteit Nijmegen
 Huygensgebouw
 t.a.v. **PUC of Science Profielwerkstukken**
 Kamer HG 02.508
 Heyendaalseweg 135
 6525 AJ Nijmegen

Inzendingen voor de Van Melsenprijs 2020 moeten binnen zijn vóór 3 maart 2020. De dag van de uitreiking van de prijzen wordt traditiegetrouw de van Melsenprijdag genoemd en deze vindt in 2020 plaats op 25 maart.

De International Conference for Young Scientists (ICYS) 2020 vindt plaats van 21 tot en met 27 april in Belgrado, Servië. In dit tijdschrift staan korte samenvattingen van de tien genomineerden voor de Van Melsenprijs 2019.

Docenten en leerlingen kunnen er inspiratie uit halen en het maakt ook duidelijk wat er binnen een exact profielwerkstuk allemaal mogelijk is.

Leerlingen die zich beperken tot literatuuronderzoek doen zichzelf tekort. Hier staan tien originele argumenten om echt onderzoek te (gaan) doen, namelijk de profielwerkstukken van de Van Melsenprijs 2019. De inhoud van dit tijdschrift mag voor onderwijsdoeleinden worden gekopieerd; sterker nog: we moedigen dit juist aan. Ook met de uitgave van dit tijdschrift hopen wij de belangstelling bij leerlingen voor de exacte vakken te vergroten. Docenten die (delen van) het tijdschrift ter beschikking stellen aan de leerlingen helpen ons hiermee.

Veel plezier met het Van Melsenprijs- en ICYSTijdschrift 2019.

De medewerkers van PUC of Science Profielwerkstukken



Voorwoord

Dit jaar is voor de 26ste keer een wetenschapswedstrijd uitgeschreven door de Radboud Universiteit (RU). De profielwerkstukken van eindexamenkandidaten havo en vwo in de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, technisch ontwerpen, informatica, informatiekunde en wiskunde of een combinatie hiervan kunnen meedingen naar de prijzen.

Er zijn in principe vier geldbedragen te winnen. De winnaars van de eerste prijs krijgen 500 euro, de winnaars van de tweede prijs 250 euro en de winnaars van de derde prijs 125 euro. Daarnaast is er een publieksprijs van 125 euro.

Maar zeker zo belangrijk als de geldprijzen is het voor de deelnemers, dat de eerste, tweede en soms ook de derde prijswinnaars door de Radboud Universiteit (RU) kunnen worden uitgezonden naar de International Conference for Young Scientists (ICYS). De ICYS is komend jaar in Belgrado, Servië. Verderop in dit tijdschrift staan verslagen van de leerlingen die zijn mee geweest naar deze internationale wetenschapswedstrijd.

De bedoeling van het organiseren van de Van Melsenprijs is het stimuleren van jonge mensen in het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek en om er in uit te blinken. Daarom is het ook een vereiste dat deelnemers echt praktisch onderzoek hebben gedaan bij het uitvoeren van het profielwerkstuk. Het nomineren van tien verslagen wordt traditiegetrouw gedaan door de medewerkers van PUC of Science Profielwerkstukken. Daarbij wordt gelet op criteria zoals: kwaliteit (denk hierbij ook aan statistiek), niveau, originaliteit en creativiteit. Vervolgens worden de prijswinnaars geselecteerd door een vakjury die uit louter hoogleraren bestaat. De jury bestaat dit jaar uit prof. dr. G.J. Heckman (*jurylid wiskunde*), prof. dr. R.H.P. Kleiss (*jurylid natuurkunde + voorzitter*), prof. dr. W.T.S. Huck (*jurylid scheikunde*), prof. dr. H.J.M. op den Camp (*jurylid biologie*) en prof. dr. E. Barendsen (*jurylid informatica*).



De prijsuitreiking



De opening van de Van Melsenprijsdag 2019 wordt verzorgd door prof. dr. S.Y.T. (Bas) van de Meerakker, hoogleraar Spectroscopy of Cold Molecules en oud-directeur Radboud Pre-University College of Science. Hieronder zijn speech:

Welkom jongens en meisjes, ouders en familie, vrienden en vriendinnen en een speciaal welkom naar de speciale genodigden dit jaar, we hebben een vertegenwoordiger van het ministerie van onderwijs en van het Science Makers Award Gala. Er is een oud-winnaar van vorig jaar, er zijn oudorganisatoren en de hoogleraren uit de jury. Iedereen welkom op de bètafaculteit van de Radboud Universiteit.



Dit jaar wordt voor de zesentwintigste keer de Van Melsenprijs uitgereikt. Jullie, genomineerden, hebben de beste profielwerkstukken van Nederland geschreven. Jullie werkstukken zijn de selectie van de selectie. Eerst heeft jullie leraar jullie werk geselecteerd als zijn of haar beste werkstuk. Dit heeft 50 inzendingen bij het PUC opgeleverd. Daaruit zijn er 10 genomineerd en dat zijn jullie. Aan onze jury de moeilijke taak om hieruit nummer één, twee

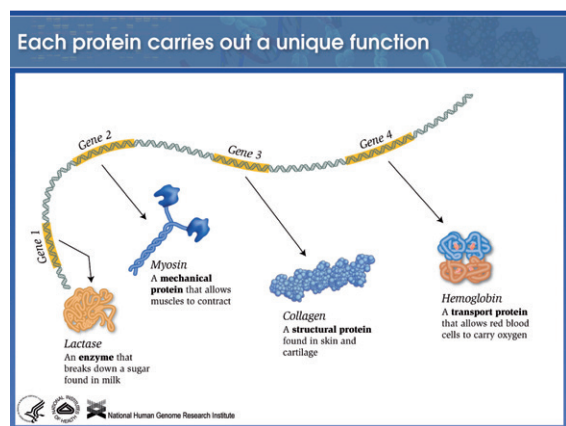
en drie te kiezen. Het wordt een extra spannende dag omdat de prijswinnaars door de Radboud worden afgevaardigd naar de 'International Conference for Young Scientists' die dit jaar wordt gehouden in Kuala Lumpur in Maleisië. Dit heeft ook consequenties voor vandaag, want behalve de eer en de prijs krijgen de reizigers ook meteen een paar vaccinaties voor ze naar huis mogen. Intern spreken we over een prijs en een prik. Omdat jullie bewezen hebben uitstekende bèta's te zijn, willen we jullie ook graag begroeten als onze nieuwe studenten. Van een paar heb ik al gehoord dat ze zich hier hebben ingeschreven. We hebben veel oudwinnaars van de Van Melsenprijs onder onze studenten in die doen het allemaal goed. Kandidaten geniet van deze middag, je hebt nu al door de nominatie waardering en bewondering voor jullie prestatie afgedwongen. De vierde prijs is sowieso binnen, nu kijken wie 1, 2 en 3 gaan worden.

prof. dr. S.Y.T. (Bas) van de Meerakker

De Van Melsenprijslezing wordt dit jaar gehouden door dr. H.A. (Hans) Heus, universitair docent bij Biophysical Chemistry. De titel van zijn lezing: DNA nanotechnologie, wetenschap voor de toekomst.

In het begin van deze lezing wordt nog eens uitgelegd hoe DNA ook al weer werkt.

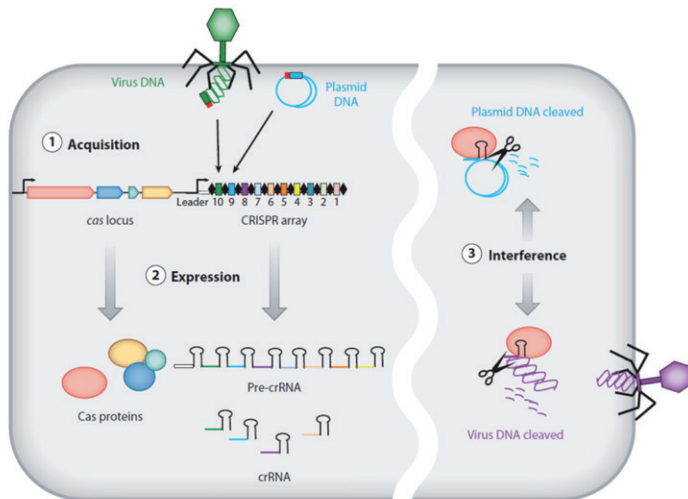
Het DNA codeert voor eiwitten en alle eiwitten doen vervolgens het werk. Dit plaatje zal iedere middelbare scholier begrijpen.



Maar dit is een (ingekleurde) foto van hoe het er in de werkelijkheid uitziet en dat hebben nog niet zoveel mensen gezien. Het DNA en hoe het werkt is in 1953 ontdekt door de Britse wetenschappers Watson en Crick, nog niet eens zo lang geleden. Daarna kwam de ontwikkeling van de DNA-nanotechnologie, meest recent heeft deze een enorme vlucht genomen met de CRISPR-Cas-technologie.



*'DNA nanotechnologie,
wetenschap voor de toekomst.'*



From Bhaya et al., Annu. Rev. Genet. 2011. 45:273-97

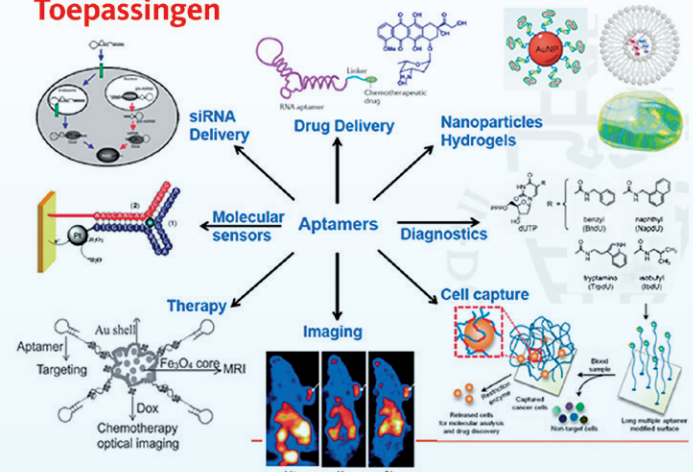
CRISPR: Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
Cas proteins: CRISPR-associated protein

En dit plaatje laat zien hoe de CRISPR-Cas-technologie werkt. In woorden: tot voor kort was het aanpassen van DNA een moeilijk proces met weinig nauwkeurigheid. Dat veranderde met de ontdekking en ontwikkeling van Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, afgekort CRISPR. CRISPRs zijn korte segmenten van herhaalde codes in het DNA van bacteriën die oorspronkelijk ontdekt werden in 1987 door Japanse wetenschappers. Zij probeerden toenertijd een specifiek gen van *E. coli* te onderzoeken, waarbij het hen opviel dat hetzelfde stukje DNA zich steeds herhaalde. Vele onderzoeken later zagen wetenschappers dat deze herhalende DNA-patronen een rol spelen in het immuunsysteem van bacteriën en ontstond de afkorting CRISPR. Dat doen deze patronen samen met de zogeheten Cas9-enzymen en gespecialiseerde RNA-moleculen. Hierbij dienen de enzymen als een soort schaar en de RNA-moleculen als een soort biologische TomTom.

Net als mensen en dieren hebben ook bacteriën last van virussen en kunnen zij daar zelfs door besmet worden en zo doodgaan. Om deze tragedie te voorkomen, hebben bacteriën een techniek ontwikkeld waardoor zij relatief simpel een stukje van het agressieve virus kunnen inbouwen in hun eigen DNA. Hierdoor kunnen zij bij volgende aanvallen het virus herkennen en gelijk optreden tegen het gevaar. Met gebruik van de RNA-moleculen sporen bacteriën het vijandelijke DNA op, waarna de speciale Cas9-enzymen het virus-DNA kapot knippen.

De twee wetenschappers Jennifer Doudna (Universiteit van Californië) en Emmanuelle Charpentier (Umea Universiteit) ontdekten in het laboratorium dat ze dit afweermecanisme zelf konden modificeren.

Toepassingen



Institute for Molecules and Materials

Sterker nog, ze konden hiermee heel precies op een gewenste plek in het DNA knippen en plakken. Hoe dit precies werkt? Wanneer een cel deelt, moet onder meer het DNA heel zorgvuldig worden gekopieerd. Meestal gaat dit goed, maar wanneer er een mutatie ontstaat dan komen zogeheten reparatie-eiwitten in actie om dit te verbeteren. CRISPR breidt deze hulp uit met een soort knip- en plakfunctie om het DNA te vervangen.

Een bijzondere techniek die wij relatief gemakkelijk over kunnen nemen en waardoor wij gemakkelijker dan ooit tevoren genen kunnen wegnippen of toevoegen. Inmiddels is er geen gen-wetenschapper meer die de techniek niet kent en heeft CRISPR-Cas al tot heel wat grote doorbraken geleid. Van het verhelpen van mutaties die ziekten veroorzaken tot het bouwen van gewassen zonder gluten. De toepassingen lijken oneindig.

Vervolgens gaat Hans in op het gebruik van aptameren bij deze techniek. Aptameren zijn kunstmatige RNA- of DNA-moleculen. De voordelen van het gebruik van aptameren zijn: dat het volledig in vitro kan worden uitgevoerd, dat er een ongelimiteerde keuze is van targets, dat het gemakkelijk op te schalen is, dat de batch-to-batch variatie klein is, dat de aptameren stabiel zijn en onbeperkt bewaard kunnen worden, dat ze tegelijkertijd gemakkelijk te modificeren zijn en dat ze het lichaam makkelijk doorkruisen. Een paar nadelen zijn er ook: ze zijn gevoelig voor afbraak d.m.v. nucleases en ze hebben een korte halfwaardetijd door de snelle uitscheiding.

”

De samenwerking tussen plant en schimmel is veelbelovend voor de duurzame landbouw.”



Na deze lezing presenteren de genomineerden hun profielwerkstukken in de binnenstraat aan het publiek. Het publiek kan vervolgens zijn stem uitbrengen voor de publieksprijs. Hiervoor hanteren we een eenvoudig en elegant systeem. Op ieder project hangt een nummer van 1 tot en met 10. Iedereen krijgt bij het verlaten van de lezing een knikker. In de binnenstraat staat een opstelling met tien geblindeerde lange reageerbuizen. Jouw knikker stop je in de buis horend bij het project van jouw voorkeur. Het project met de meeste knikkers in zijn buis wint de publieksprijs.

Het is voor nieuwe deelnemers interessant om te zien waarom de winnende profielwerkstukken zo goed zijn. De jury heeft voor de prijswinnaars een stuk geschreven waarin wordt uitgelegd wat ze zo goed vinden aan juist deze profielwerkstukken. Omdat deze teksten worden voorgelezen tijdens de prijsuitreiking noemen we ze de laudatio's. Bijzonder aan deze editie is dat de winnaar van de eerste prijs, Joris de Man met het profielwerkstuk 'de Banach-Tarskiparadox' heeft besloten niet mee naar Maleisië te gaan (dit heeft uiteraard geen gevolgen voor de uitslag). We mogen maximaal zes personen afvaardigen naar de ICYS.

Omdat de winnaars van de tweede en derde prijs samen vijf personen zijn hebben we besloten dat deze allemaal mee mogen. De derde prijs is voor Poul Nas, Sebastiaan Schols en Niek van Heerde voor het profielwerkstuk 'Arbusculaire mycorrhiza in de landbouw, samenwerking tussen plant en schimmel om de fosfaatopname duurzaam te bevorderen'. prof. dr. H.J.M. op den Camp heeft de laudatio geschreven.

Beste Poul, Sebastiaan en Nick, Jullie behaalden een mooie derde plaats in de van Melsenprijs competitie van dit jaar met jullie profielwerkstuk: 'Arbusculaire mycorrhiza in de landbouw', met als subtitel 'Samenwerking tussen plant en schimmel om de fosfaatopname duurzaam te bevorderen.'

Arbusculaire mycorrhiza, een hele mond vol maar wel een mooi voorbeeld van samenwerking in de natuur. Schimmels werken samen met planten.



Zonder zich dit te realiseren kennen alle aanwezigen hier voorbeelden van, zoals de vliegenzwam in de buurt van berkenbomen maar ook de peperdure delicatesses de truffel, die met behulp van varkens en honden gevonden wordt in de buurt van eikenbomen. Varkens en honden zijn hierbij nodig omdat de truffel niet zo zichtbaar is, want deze schimmel leeft onder de grond, maar zijn geur verradt zijn aanwezigheid. Onder de grond is ook de plek waar het allemaal gebeurt. De plant maakt voedingsstoffen met behulp van zonlicht en deelt die met de schimmel. De schimmel op zijn beurt helpt de plant bij het opnemen van mineralen uit de bodem. Samen met de wortels van de plant vergroten ze de oppervlakte voor opname van deze mineralen (bijv. fosfaat) enorm. Waarom zou dit geen toepassing kunnen hebben in de landbouw? Na een uitgebreide theoretische uiteenzetting doen jullie verslag van een onderzoek uitgevoerd bij de Wageningen Universiteit begeleidt door dr. Erik Limpens. Jullie beschrijven een mooi uitgevoerd experiment waarin jullie laten zien dat de fosfaatopname een flink stuk hoger ligt als er sprake is van samenwerking van een plant met een schimmel. Als testplant gebruikten jullie *Medicago truncatula* (rolklaver) en de schimmel heet *Rhizophagus irregularis*. De plantopbrengst lag maar liefst 80% hoger in aanwezigheid van de schimmel als de planten groeiden op een fosfaatarme bodem. De resultaten geven aan dat jullie subtitel goed gekozen is; de samenwerking tussen plant en schimmel is veelbelovend voor de duurzame landbouw. Dit alles kwam tot stand mede dankzij de goede begeleiding op school door mevrouw Vervuren-Vinke en meneer van Eck.

Ik ga jullie de oorkondes uitreiken met mijn hartelijke felicitaties.

prof. dr. Huub op den Camp

De tweede plek is voor 'Wat zijn de technische en economisch/maatschappelijke gevolgen van modulaire robots in de ouderenzorg?' van Tom Huijben en Cédric Louwers. De laudatio is van prof. dr. E. Barendsen. Hij werd voorgedragen door prof. dr. R.H.P. Kleiss.





Het eerste dat opvalt aan dit profielwerkstuk is dat het een ontzettend sympathiek onderwerp heeft! Verbetering in de ouderenzorg is niet het eerste wat men met jonge bètamannen zou associëren en daarom komt dit als een prettige verrassing.

Tom en Cédric hebben zich buitengewoon goed verdiept in hun onderwerp en niet alleen in technische zin: ze doen verslag van hun gesprekken met niet alleen de staf van verzorgingshuizen, maar vooral ook met de cliënten zelf. Dat zoiets als het zelfstandig kunnen bedienen van zonwering mensen een gevoel van autonomie kan geven is belangrijk om te weten en het siert Tom en Cédric dat zij hier oog voor hebben.

Hun ontwerp voor een modulaire robot is goed opgezet en ze geven zelf aan waar de knelpunten zitten. Zoals ze zelf aangeven werkte de robot zelfs beter dan ze verwacht hadden, hoewel bijvoorbeeld een metalen behuizing hem misschien steviger kan maken.

Tom en Cédric hebben ook oog voor het financiële plaatje zoals zij soms (misschien wel erg vaak) benadrukken en dat is zeker een belangrijk aspect. Het zal ons niet verbazen wanneer deze modulaire robot inderdaad ontwikkeld zal worden tot een algemene aanwezigheid in de woon- en leefsituatie van hulpbehoevende ouderen.

Kortom: Tom en Cédric hebben een dege-lijk, succesvol, potentieel heel nuttig en ook sympathiek PWS gemaakt en daarmee hun Van Melsenprijs dubbel en daars verdiend!

prof. dr. Erik Barendsen



De eerste prijs is gewonnen door Joris de Man met het profielwerkstuk 'de Banach-Tarskiparadox, over de relatie tussen wiskunde en de werkelijkheid'. De laudatio is van prof. dr. G.J. Heckman.

Beste Joris, beste dames en heren. Het is voor mij een groot genoegen een laudatio te mogen uitspreken voor dit profielwerkstuk, dat in eerste instantie gaat over wiskunde, althans in de eerste drie hoofdstukken, maar in het vierde en laatste hoofdstuk ook raakt aan natuurkunde en filosofie. Laat ik beginnen met iets te vertellen over het wiskundig deel.

De titel van het profielwerkstuk luidt: 'de Banach-Tarskiparadox', genoemd naar Stefan Banach en Alfred Tarski, die de paradox in 1924 hebben beschreven. De paradox zegt dat het mogelijk is om een solide bal in eindig veel stukken te snijden, die vervolgens weer in elkaar geschoven kunnen worden tot twee kopieën van diezelfde bal. Dat lijkt een tegenspraak, een paradox dus. Maar de juiste conclusie is dat we niet kunnen spreken over de inhoud van elk van die versneden balstukken, als we tenminste aan het begrip inhoud de eisen willen opleggen dat de inhoud van een samengesteld object de som is van de inhoud van de delen en dat congruente delen een gelijk volume hebben. De analoge paradox voor een boloppervlak als begrenzing van een solide bal was 10 jaar daarvoor al beschreven door Felix Hausdorff. De Hausdorffparadox zegt dat het mogelijk is om een boloppervlak in eindig veel stukken te knippen, die vervolgens na geschikte verdraaiing aan elkaar geplakt kunnen worden tot twee kopieën van datzelfde boloppervlak. Opnieuw geen tegenspraak, maar je kunt kennelijk niet spreken over de oppervlakte van elk van die verknippte bolstukken. Deze Hausdorffparadox is het tweedimensionaal analogon van de Banach-Tarskiparadox, maar het bewijs ervan geeft eigenlijk de essentie van het hele probleem weer, zo lezen we ook aan het begin van paragraaf 3.4 waar de Hausdorffparadox wordt besproken.

”

Het eerste dat opvalt aan dit profielwerkstuk is dat het een ontzettend sympathiek onderwerp heeft!”



”

*Dit profiel-
werkstuk is
bijzonder en de
vraag dringt
zich op hoe het
gelukt moet zijn
als vwo-leerling
zo'n diepgaand
stuk werk te
leveren.”*

Hausdorff besprak deze paradox in een korte appendix van zijn beroemde boek “Grundzüge der Mengenlehre”, vertaald “grondslagen van de verzamelingenleer”, gepubliceerd in 1914 en geschreven in de jaren daarvoor, toen hij als hoogleraar in Bonn werkte. Dit opus magnum was een toonbeeld van helderheid en heeft zeker bijgedragen aan de verdere acceptatie van de verzamelingenleer van Cantor als basis voor de wiskunde. Hausdorffs leven kende vele hoogtepunten, maar zijn laatste jaren waren ook heel tragisch als Jood in nazi-Duitsland. Bonn eert zijn nagedachtenis met het Hausdorff Instituut für Mathematik, gelegen aan de prachtige Poppelsdorfer Allee aldaar. Samen met het Mathematisch Instituut en het Max Planck Instituut für Mathematik maakt het Bonn tot de toplek voor wiskunde in Duitsland.

Dit profielwerkstuk is bijzonder en de vraag dringt zich op hoe het gelukt moet zijn als vwo-leerling zo'n diepgaand stuk werk te leveren. De eerste stappen zijn al twee jaar geleden gezet. Toen deed je eindexamen havo en schreef daarvoor een profielwerkstuk over verzamelingenleer. Dat is in elk geval benodigde voorkennis voor de Hausdorff- en Banach-Tarskiparadoxen en wordt in het eerste hoofdstuk uitgelegd. Voor het tweede hoofdstuk moest je wat groepentheorie leren, dat is de wiskundige taal van symmetrie. Dat is pittige kost voor een middelbare scholier vanwege het hoge abstractieniveau. En dan volgt in hoofdstuk drie de synthese, waarbij een geschikte vrije groepsactie op het boloppervlak in combinatie met het keuzeaxioma de Hausdorffparadox geeft. Dat krachtige maar ook beruchte keuzeaxioma is de vuistbijl waarmee dit soort pathologische constructies kunnen worden uitgevoerd. En dan volgt nog een vierde en laatste hoofdstuk over de relatie met de fysische werkelijkheid. Want dat was tenslotte deel van de hoofdvraag: Heeft de Banach-Tarskiparadox ook relatie tot de fysische werkelijkheid? Een paar dagen geleden legde ik deze vraag tijdens de lunch voor aan enkele collega's en hun antwoord was een duidelijk “nee”. De algehele conclusie aan het eind van dit werkstuk gaat goeddeels die kant op. Immers de Banach-Tarskiparadox spot met de wet van behoud van energie. Want de hoeveelheid energie is evenredig met de hoeveelheid massa via Einsteins vergelijking $E = mc^2$. En massa en volume zijn weer proportioneel voor homogene media.

Maar uiteindelijk wordt in dit werkstuk de gestelde vraag als volgt beantwoord: het is onwaarschijnlijk dat de Banach-Tarskiparadox mogelijk is in de

werkelijkheid, maar helemaal zeker weten we het niet. Ik ben het daar van harte mee eens. We hebben ons vaker verbaasd over totaal onverwachte spectaculaire



toepassingen van abstracte wiskunde in de werkelijke wereld. Chapeau voor dit fraaie werkstuk, waar ik met heel veel plezier in heb gelezen, en – aangezien ik geen expert ben in dit onderwerp – ook veel van heb geleerd.

prof. dr. Gert Heckman

Tot slot is **de publieksprijs** uitgereikt. De onthulling werd dit jaar gedaan door prof. dr. W.T.S. Huck.

Het publiek heeft de meeste knikkers gestopt in de buis van Poul, Sebastiaan en Niek. Zij mogen voor hun werkstuk 'Arbusculaire mycorrhiza in de landbouw, samenwerking tussen plant en schimmel om de fosfaatopname duurzaam te bevorderen' voor de tweede keer vandaag een prijs ophalen.

Alle anderen zijn **vierde** geworden. Genomineerd worden voor de Van Melsenprijs is al een bijzondere prestatie en een prijs op zich.

De van Melsenprijs dag in beeld



ScienceMakers Award Gala

Door heel Nederland vinden elk jaar wedstrijden plaats op het gebied van wetenschap, technologie en maken. De meest ingewikkelde berekeningen, geniale ontdekkingen, briljante uitvindingen, toffe ideeën en bijzondere concepten komen één keer per jaar samen. Alle winnaars van deze wedstrijden worden dan namelijk namens Nederland gehuldigd tijdens de ScienceMakers Awards.

Wat een geweldige vijfde editie hebben we beleefd. Ook de ScienceMakers van 2019 hebben ons weer versteld doen staan van alle complexe onderzoeken, mooie uitvindingen en briljante concepten, waarmee maatschappelijke uitdagingen in onze samenleving opgelost kunnen worden!

Als kers op de taart was Koningin Máxima aanwezig bij de huldiging. Ook heeft zij een bezoek gebracht aan de Expo, waar een groot deel van de projecten tentoongesteld stond en is ze met een aantal ScienceMakers in gesprek gegaan.



De Banach-Tarskiparadox

Over de relatie tussen wiskunde en de werkelijkheid

Leerlingen:

Joris de Man

Docent:

Helle Hendriks

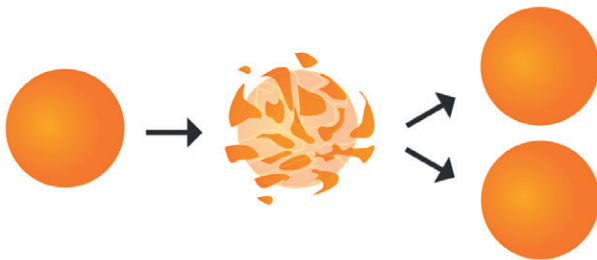
School:

Dominicus College,
Nijmegen

Inleiding

In 1924 publiceerden Stefan Banach en Alfred Tarski een van de vreemdste stellingen uit de wiskunde: de Banach-Tarskiparadox. De stelling zegt dat het mogelijk is om een solide bol in een eindig aantal stukjes te hakken, die vervolgens in elkaar geschoven kunnen worden tot twee kopieën van de originele bol (zie *figuur 1*).

Dit resultaat is zo bizar dat de stelling bekend is geworden als paradox, maar wiskundig is het volledig correct. Toch lijkt er iets niet juist: het volume wordt verdubbeld; is dit niet een bewijs voor $1 = 2$? Uiteraard zou dat niet mogelijk zijn en is er meer aan de hand. Het eerste doel van dit onderzoek was dan ook het uitzoeken hoe zo een merkwaardig resultaat tot stand is gekomen. Daartoe is het hele bewijs van de paradox onder de loep genomen, via een formele wiskundige benadering. Veel deelgebieden van de wiskunde komen daarbij aan bod: waaronder de verzamelingenleer en groepentheorie. Hoewel de paradox wiskundig gezien al bijzonder fascinerend is, komt natuurlijk al snel de vraag naar boven of deze dan ook mogelijk is in de werkelijkheid. We zien in ieder geval niet sinaasappels spontaan verdubbelen en alleen de verdubbeling van de broden door Jezus - een Bijbels mirakel - lijkt in de buurt te komen van een voorbeeld van de paradox in de werkelijkheid. Het onderzoek was gericht op de beantwoording van die twee vragen.



Figuur 1: De Banach-Tarskiparadox



Joris

Vraagstelling

Hoofdvraag: Hoe werkt de Banach-Tarskiparadox en is deze mogelijk in de werkelijkheid?

Deelvragen:

1. Wat zijn de fundamentele onderdelen van de verzamelingenleer en wat houden ze in?
2. Wat voor relatie is gelijkverdeelbaarheid en welke eigenschappen heeft het?
3. Hoe is de Banach-Tarskiparadox te bewijzen?
4. Is de Banach-Tarskiparadox toe te passen op subatomaire deeltjes?

Hypothese

Het is onmogelijk met zekerheid te bepalen of de Banach-Tarskiparadox wel of niet mogelijk is in de werkelijkheid.

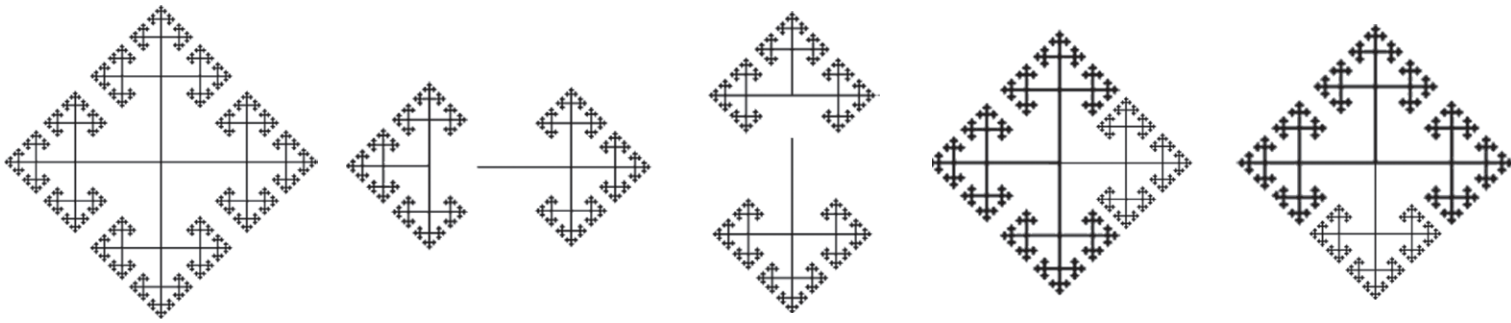
Materiaal en methode

Het onderzoeksproces bestond hoofdzakelijk uit het bestuderen van een grote hoeveelheid zowel wiskundige als natuurkundige vakliteratuur om aan de benodigde informatie te komen en vervolgens het verbinden van alle literatuur tot één geheel. Je moet daarbij één benadering zien te kiezen; er zijn vaak meerdere manieren om stellingen te bewijzen. Vooral de wiskundige literatuur was niet altijd gemakkelijk, maar uiteindelijk is het gelukt om een helder bewijs op te stellen.

De kern van het bewijs is de verdubbeling van de vrije groep van orde 2, een groep met paradoxale eigenschappen. Dit ziet er als volgt uit (uiteraard sterk versimpeld):

Stap 2 kan intuïtief worden voorgesteld door de linkse en bovenste stukken te 'vergroten'. Samen met de overige stukken zijn twee kopieën van de groep

Figuur 2: De verdubbeling van de vrije groep



te maken. Deze verdubbeling is ook toe te passen op het boloppervlak, door slim gebruik te maken van rotaties in $\mathbb{R}^3$ en de eigenschappen van groepen.

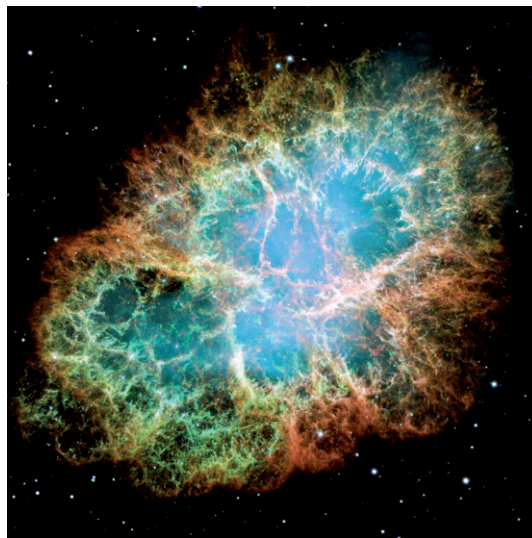
Resultaten

Het resultaat is een stelling die al wat eerder bewezen werd dan de Banach-Tarski-paradox, de Hausdorff-paradox, waarmee het oppervlak van een bol verdubbeld kan worden. Deze stelling is dan vrij eenvoudig uit te breiden tot een massieve bol, door de bol voor te stellen als een collectie van lijnen die lopen van het middelpunt naar het oppervlak van de bol. Alles tezamen is zo een bewijs voor de Banach-Tarski-paradox opgesteld.

Bij het onderzoeken of de paradox mogelijk is in de werkelijkheid, vormden de atomen een voorziene belemmering. Daarom is kleiner gekeken, op subatomair niveau. Daar bleken er wel degelijk interessante gelijkenissen te bestaan tussen subatomaire processen met virtuele deeltjes en de paradox. Verder zou het ontstaan van de materie kunnen worden beschouwd als een gevolg van de paradox. Er zijn echter ook grote problemen. We hebben vooral te maken met analogieën, we weten niet of de paradox zelf aan het werk is of niet. Verder vormen natuurwetten als de wet van behoud van energie een theoretische muur. Om de paradox wel mogelijk te maken,

moeten allerlei aannames gedaan worden. Binnen de wiskunde zijn axioma's uiteraard geen probleem, maar binnen de natuurkunde wordt het lastiger.

"Dit resultaat is zo bizar dat de stelling bekend is geworden als paradox, maar wiskundig is het volledig correct."



Figuur 3: Banach-Tarski en materie?

Conclusie

De conclusie moest dus wel getrokken worden dat de paradox waarschijnlijk niet mogelijk is in de werkelijkheid, ondanks de geheimzinnige gelijkenissen.

Discussie

Wel zet de besproken stof aan tot denken: is niet de gehele natuurkunde gebaseerd op gelijkenissen en aannames? Is er een relatie tussen wiskunde en de werkelijkheid? Louter filosofische vragen, ja, maar nog steeds het stellen waard. Mocht er een relatie bestaan, dan is deze vooral onzeker, zo lijkt het. Extreme gevallen zoals de Banach-Tarski-paradox laten zien dat de relatie in ieder geval niet een-op-een hoeft te zijn. Ondanks de onzekerheid heeft de wiskunde veel moois opgeleverd binnen de natuurkunde. Daarom moeten we vooral doorgaan met onze wiskundige zoektocht naar de waarheid over de werkelijkheid: wie weet wat we nog ontdekken!

Formic Modulair System

Een onderzoek om met een modulair systeem bestaande uit robots de ouderenzorg te verbeteren

Leerlingen:

Tom Huijben
Cédric Louwers

Docent:

Paul Rijkers

School:

Van Maerlant Lyceum,
Eindhoven

Inleiding

Een modulaire robot, bij weinig mensen gaat er dan direct een lampje branden. Helemaal niet wanneer je dit combineert met ouderenzorg. Een korte uitleg is daarom op zijn plaats. Een modulaire robot is een eenvoudige robot met maar één beweging. In theorie een heel simpel robotje dus, maar in de praktijk kan je er veel mee bereiken. Vooral wanneer je meerdere robots gaat combineren in bijvoorbeeld de ouderenzorg, kan je echt een verschil maken.

Er wordt namelijk veel gesproken over problemen in de ouderenzorg, een steeds grotere werkdruk is het gevolg van de groeiende vergrijzing en thuiswonende ouderen. Dit zou kunnen worden opgelost door techniek, maar deze techniek is vaak te duur voor zorginstellingen. Precies dit is waar wij iets willen gaan bereiken met ons profielwerkstuk. Kun je een robot met een simpele beweging gebruiken om de ouderenzorg te verbeteren? Qua verbeteringen moet je dan denken aan het verplaatsen van een rolstoel naar je bed, zodat je hier geen verzorger meer voor nodig hebt, of het openen/sluiten van een gordijn wanneer je daar zelf niet toe in staat bent. Kortweg het opvangen van kleine handelingen en werkzaamheden waar nu een verzorger voor nodig is door een robot zodat de verzorging bezig kan blijven met de zorg en gezondheid van de ouderen.



Tom & Cédric

Vraagstelling

Wat zijn de technologische en economisch-maatschappelijke gevolgen van modulaire robots in de ouderenzorg?

Dit omdat we erg nieuwsgierig zijn of dit mogelijk gaat zijn en ook erg gebrand om dit mogelijk te maken voor de ouderen in de vorm van een zelfontwikkelde modulaire robot, zodat zij een deel van hun zelfstandigheid kunnen behouden en in de meeste gevallen hierdoor ook bij zullen blijven met de moderne technologie.

Hypothese

Wij verwachten dat de economische en technische gevolgen er zullen zijn, vooral op het gebied van een goedkopere manier om ouderen te gaan helpen in de zorg. We verwachten dat wij het voor elkaar krijgen om een nieuw modulair systeem te creëren dat vele voordelen heeft voor de zorg. Ook denken wij dat de ouderen de gecreëerde zelfstandigheid als positief zullen ervaren.

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, is de informatie van het internet niet voldoende en niet passend voor het onderzoek. Dit komt omdat wij een heel specifieke robot willen ontwikkelen voor de zorg waar verder bijna tot geen onderzoek naar gedaan is. Daarom hebben wij een praktijkgerichte modulaire robot gemaakt om daarmee de gevolgen van deze robots te onderzoeken.

Materiaal en methode

Om te beginnen zijn we gaan uitdenken wat voor modulaire robot het beste zou kunnen werken in de zorg. Na het in kaart brengen van de functies van robots in de zorg en welke robots er in de toekomst gebruikt zullen worden is besloten om een robot te maken die beweging creëert. Om deze robot te



"Kun je een robot, met een simpele beweging gebruiken om de ouderenzorg te verbeteren?"

maken hebben wij onderzoek gedaan naar verschillende aandrijfmethodes en zijn daarna enkele prototypes ontwikkeld. Toen deze hoofd-module was afgerond zijn we begonnen om deze module in een modulaair systeem te verwerken. Daarvoor zijn extra modules en koppelstukken ontworpen om de beoogde taken te voltooien. Nadat dit modulaire systeem was afgerond zijn we het gaan testen in de praktijk bij verschillende verzorgingshuizen. Na contact te hebben gezocht met een aantal verschillende verzorgingshuizen kregen wij positief contact met het Sint Anna-klooster en de Archipel locatie in Woensel. Beide locaties waren heel erg benieuwd naar wat wij hadden ontwikkeld en wilden dit ook graag in de praktijk in werking zien.

Resultaten

Wij hebben het door ons ontwikkelde Formic Modulaire System meegenomen naar deze verschillende verzorgingshuizen en het systeem uitgetest bij deze ouderen. Deze ouderen waren enthousiast over de mogelijkheden en hebben ons ook verschillende tips meegegeven om het Formic systeem nog verder te verbeteren. Het ontwikkelen van dit systeem ging dan ook niet zonder enige obstakels maar we zijn heel erg blij met het resultaat. Het nut van een modulaire systeem in de zorg is in de praktijktest dan ook duidelijk naar voren is gekomen. Deze resultaten hadden we natuurlijk ook niet kunnen vinden zonder de ontwikkeling van het Formic Modulaire System.

Ook kwamen er uit het theoretisch onderzoek dat we hebben gedaan, verschillende dingen aan het licht die de voordelen van robots in de ouderenzorg ondersteunen. Zo blijven ouderen langer thuis wonen wat zorgt voor een slechtere lichamelijke en mentale staat wanneer ze het verzorgingshuis binnentreden. Dit zorgt ervoor dat de verzorging een nog grotere werkdruk krijgt, helemaal met de stijgende groep ouderen in Nederland.



Conclusie

Uit de testen en onderzoek bleek dat het Formic Modulaire System een groot verschil kan maken. Hierdoor krijgen de ouderen die het het hardst nodig hebben ook de meeste zorg. Op gebied van kosten maakt onze robot ook een groot verschil. De aanschaf van bijvoorbeeld een eenvoudige zonwering is al stukken duurder dan ons systeem en dan heb je slechts een zonwering en geen multifunctionele robot. Voor de groep ouderen die thuis wil blijven wonen, blijkt onze robot ook geschikt. Door ouderen meer zelfstandigheid te geven neemt de zorglast van familie af en de thuiszorg hoeft veel minder aanwezig te zijn wat weer scheelt in de portemonnee.

Discussie

We moeten toegeven dat ons systeem nog verre van perfect is, maar het is wel al een grote stap. Het eindproduct kan namelijk nog wel veel verbeterd worden. De kwaliteit van het materiaal zou verbeterd kunnen worden, bijvoorbeeld de plastic behuizing zou kunnen worden vervangen door steviger aluminium. Ook zijn er nog wel wat functies uit te breiden waardoor deze kwalitatief beter worden en waardoor het effect van deze functies vergroot kan worden.

Het Formic Modulaire System dient als een heel goed concept om aan te geven dat de modulaire robot een grote rol kan gaan spelen in de ouderenzorg. We zullen in de toekomst dan ook gaan focussen op meer techniek in de ouderenzorg. Want mensen blijven steeds langer leven en ook de ouderen worden steeds moderner daarom moet de zorg niet achterblijven.

Het gebruik van arbusculaire mycorrhiza in de landbouw



Niek, Sebastiaan & Poul

Leerlingen:

Niek van Heerde

Poul Nas

Sebastiaan Schols

Docent:

Esther Vervuren-Vinke

School:

Stedelijk Gymnasium

Nijmegen,

Nijmegen

Inleiding

Een fosfaatgebrek, dit lijkt op het eerste gezicht geen alledaags probleem, maar voor de landbouw is het een grotere bedreiging dan je zou denken. Gewassen hebben voedingsstoffen uit de bodem nodig om zo goed mogelijk te kunnen groeien. Fosfaat is een heel belangrijke voedingsstof en een gebrek hieraan is dan ook direct merkbaar. De plant kan hierdoor namelijk minder in biomassa toeneemen. Dit zorgt uiteindelijk voor een kleinere oogst. Een oplossing voor dit probleem is hard nodig.

Op dit moment wordt massaal gebruik gemaakt van kunstmest, maar vanwege verschillende negatieve effecten die dit heeft op de natuur is het gebruik hiervan niet ideaal en moet het zo veel mogelijk beperkt worden.

Wat we nodig hebben is een manier om fosfaatopname te bevorderen, die door de natuur zelf aangeboden wordt. Zo kan schade aan de natuur worden voorkomen. Een samenlevingsvorm tussen de plant enerzijds en een bepaalde schimmel anderzijds, zou kunnen zorgen voor een betere opname van fosfaat, zonder de bodem op welke manier dan ook te verstoren. Deze samenlevingsvorm heet een mycorrhiza en deze staat in dit onderzoek centraal. Naast een betere fosfaatvoorziening voor de plant, kan de mycorrhiza er ook voor zorgen dat de plant zijn voedingsstoffen efficiënter gebruikt. Dat wil zeggen dat de plant minder wortels maakt en zo meer van zijn voedingsstoffen kan gebruiken voor de scheut. De mycorrhiza zou niet alleen voor een betere plantengroei kunnen zorgen, maar ook voor een efficiëntere wortel-scheutverhouding. Dit betekent: meer opbrengst afkomstig van de landbouw. Naar deze functies van de mycorrhiza wordt op dit moment onderzoek gedaan.

Vraagstelling

De bedoeling van het onderzoek was het aantonen van het belang van de mycorrhiza voor de wereld en

haar voedselprobleem. Het doel van het bijbehorende practicum is het aantonen van een wezenlijk verschil in biomassa en wortel-scheutverhouding tussen planten met en planten zonder mycorrhiza en daarmee de werkelijke daadkracht van deze oplossing.

De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt:

Wat is de invloed van een arbusculaire mycorrhiza op de biomassa en de wortel-scheut-verhouding van de plant *Medicago truncatula*?

Hypotheses

Hypothese 1: Exemplaren van de plantensoort *Medicago truncatula* die leven in samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis* zullen, na een groeiperiode van twee maanden in een fosfaatarme bodem, een significant hogere biomassa hebben dan exemplaren van de plantensoort *Medicago truncatula* die, gedurende de groeiperiode van twee maanden in een fosfaatarme bodem, niet in samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis* hebben geleefd.

Hypothese 2: Exemplaren van de plantensoort *Medicago truncatula* die leven in samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis* zullen, na een groeiperiode van twee maanden in een fosfaatarme bodem, een significant kleinere wortel-scheut-verhouding hebben dan exemplaren van de plantensoort *Medicago truncatula* die, gedurende de groeiperiode van twee maanden in een fosfaatarme bodem, niet in samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis* hebben geleefd.

Materiaal en methode

In deze samenvatting behandelen we de uitvoering van het practicum.

Drie groepen van elk acht potjes worden gevuld met een mix van zand en klei met daarin een kiemplantje. Aan groep 1 wordt geen schimmel toegevoegd en de toegediende voedingsstoffenoplossing bevat geen

fosfaat. Deze groep stelt de fosfaatarme landbouw-bodem zonder mycorrhiza voor. Aan groep 2 wordt de schimmel wel toegevoegd en ook deze grond krijgt een fosfaatarme voeding. In deze grond zal wel een mycorrhiza gevormd worden. De grond in de potjes van groep 3 kreeg zowel de schimmel als een voeding met fosfaat toegevoegd. Na de groeiperiode van twee maanden wordt de biomassa van alle plantjes gemeten. De gevonden resultaten worden geanalyseerd met een t-toets om de significantie ervan te bepalen. Voor de kiemplantjes is gebruik gemaakt van de soort *Medicago truncatula* en als schimmel wordt *Rhizophagus irregularis* gebruikt.

Resultaten



Figuur 1: Bovengrondse plantendelen na twee maanden. Van links naar rechts: laag fosfaat met mycorrhiza, hoog fosfaat zonder mycorrhiza, laag fosfaat zonder mycorrhiza.

Bij het bekijken van de resultaten is duidelijk te zien dat de planten van groep 3 het meest in biomassa zijn toegenomen. Dit is logisch te verklaren met het feit dat de fosfaatvoorziening voor deze planten optimaal was. Omdat groep 2 in een fosfaatarme bodem leefde, zijn deze planten minder sterk gegroeid dan die van groep 3. Toch zijn de planten van groep 2, die een mycorrhiza aan konden gaan, bijna twee keer zo veel in biomassa toegenomen vergeleken met de planten van groep 1. De omstandigheden waren voor de planten uit groep 1 namelijk nóg onvoordeliger: niet alleen groeiden ze in een fosfaatarme bodem, maar ook was er geen schimmel waar de planten een mycorrhiza mee konden aangaan. Deze resultaten zijn terug te zien in het bijbehorende staafdiagram.

Ook in wortel-scheut-verhouding zijn de verschillen tussen de groepen duidelijk te zien. De planten (groep 1) die geen mycorrhiza aan konden gaan, moesten een relatief groot wortelnetwerk maken om voldoende voedingsstoffen op te kunnen nemen. De planten van groep 2 daarentegen, hebben een minder groot wortelnetwerk gemaakt omdat de schimmeldraden fungeerden als extra 'wortels'.

Met het uitvoeren van de t-toets is aangetoond dat de gemiddelde overschrijdingskans van de resultaten ongeveer 0,05% was. Bij een overschrijdingskans kleiner dan 1% worden resultaten zeer significant genoemd.

Conclusie

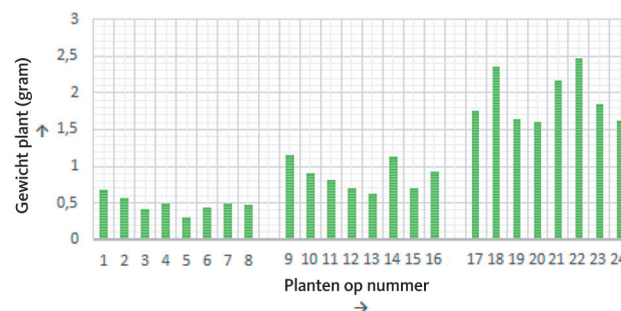
Omdat de biomassa van de exemplaren van de plant *Medicago truncatula* die hebben geleefd in een samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis*, gedurende een groeiperiode van twee maanden in fosfaatarme bodem, groter is dan de biomassa van de exemplaren van de plant *Medicago truncatula* die, gedurende de groeiperiode van twee maanden in een fosfaatarme bodem, niet in samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis* hebben geleefd, kan hypothese 1 worden bevestigd.

Omdat de wortel-scheutverhouding van de exemplaren van de plant *Medicago truncatula* die hebben geleefd in een samenlevingsverband

met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis*, gedurende een groeiperiode van twee maanden in fosfaatarme bodem, kleiner is dan de wortel-scheutverhouding van de exemplaren van de plant *Medicago truncatula* die, gedurende de groeiperiode van twee maanden in een fosfaatarme bodem, niet in samenlevingsverband met de schimmelsoort *Rhizophagus irregularis* hebben geleefd, kan ook hypothese 2 worden bevestigd.

Hieruit valt te concluderen dat een arbusculaire mycorrhiza de biomassa van de plant *Medicago truncatula* significant vergroot en dat een arbusculaire mycorrhiza zorgt voor een efficiëntere wortel-scheutverhouding van de plant *Medicago truncatula*.

MASSA VAN PLANTEN



Discussie

Bij het bepalen van de waarde van deze conclusie moet rekening worden gehouden met een aantal stappen waarbij onnauwkeurigheden op kunnen treden. Voorbeelden hiervan zijn het wassen, drogen en afsnijden van de wortels van de planten. Hierdoor kunnen de massa's anders uitvallen dan dat ze oorspronkelijk waren. Daarnaast kan de gemeten massa beïnvloed worden door verdamping, aangezien de gebruikte weegschaal in vier decimalen nauwkeurig weegt. Ook een verschillende genetische aanleg kan invloed hebben op de uiteindelijke biomassa. Uit de lage overschrijdingskans die uit de t-toets kwam, blijkt dat deze mogelijke onnauwkeurigheden weinig invloed hadden op de resultaten. Dit heeft geleid tot waardevolle conclusies.

De bedoeling van het onderzoek was om uit te vinden of arbusculaire mycorrhizae een oplossing kunnen vormen voor het fosfaatgebrek in de landbouw. De resultaten laten zien dat de arbusculaire mycorrhiza een

positieve invloed heeft op de groei van planten in fosfaatarme bodem, zonder de natuur aan te tasten net als kunstmest dat doet. Daarmee is het maatschappelijk belang van het onderzoek groot. Omdat een mycorrhiza nu eenmaal niet zorgt voor een verhoogd fosfaatgehalte in de bodem, maar er enkel voor zorgt dat een plant het beste maakt van zijn slechte omstandigheden, kiezen boeren hedendaags nog steeds massaal voor kunstmest. Dit zorgt nu eenmaal voor de beste oogst. Kortom, om de potentie van de arbusculaire mycorrhiza in het spelen van een cruciale rol in de landbouw waar te maken, zal nog onderzoek verricht moeten worden naar de ideale plant-schimmelcombinatie en wat de invloed van toegevoegde mycorrhizae zijn op de al in de landbouwgrond aanwezige mycorrhizae. Op deze manier kan het gebruik van kunstmest, met alle bijbehorende negatieve externe effecten, worden teruggebracht. Dit is belangrijk, in een wereld waar duurzaamheid een steeds grotere prioriteit heeft.

Een mens naar wens, feit of fictie?



Fenna & Jeanneke

Leerlingen:

Fenna van Gulick

Jeanneke Bolscher

Docent:

Ryanne van der
Heijden

School:

Gymnasium Beekvliet,
Sint-Michielsgestel

Inleiding

DNA is een van de kleinste en meest gecompliceerde bouwstenen van het lichaam, maar tegelijkertijd ook een van de belangrijkste. Tot een aantal jaren geleden was de samenstelling en de werking van DNA voor de mens nog een groot raadsel en kon men niet anders dan toekijken hoe DNA zijn werk deed.

Dit veranderde echter toen in 2001 voor het eerst het complete menselijke genoom uitgelezen werd. Al snel rezen vragen als: 'Nu we het DNA van de mens kennen en kunnen uitlezen, zou er dan geen manier zijn om het DNA aan te passen?' Hoe dichtbij zijn we, als het gaat over het genezen van bepaalde ziektes? Kunnen we ouderdom tegengaan of zelfs organen ontwikkelen? Daarop baseren wij de onderzoeksvraag van ons profielwerkstuk:

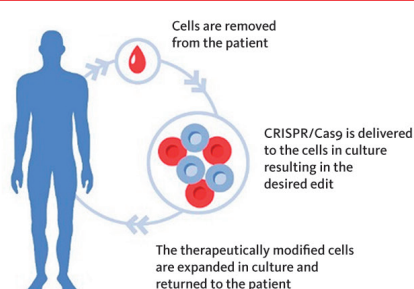
'Hoe zullen nieuwe technologieën, zoals CRISPR-Cas9, zorgen voor de mogelijkheid om in de toekomst afwijkingen in het DNA van de mens, die zorgen voor ziektes, genetisch te modificeren?'

Wetenschappers hebben grootse plannen met de techniek van CRISPR-Cas9. In theorie zijn de mogelijkheden onbeperkt. Immuncellen kunnen opnieuw worden geprogrammeerd, waardoor ze de strijd tegen kankercellen beter aankunnen. Ook het ouderdomsproces, dat berust op het 'slijten' van DNA, zou door technieken als CRISPR-Cas9 tegengegaan kunnen worden. Andere toekomstvisies zoals de regeneratie van nieuwe organen uit aangepaste stamcellen worden steeds populairder en beter voorstelbaar.

Wanneer we ziektes kunnen voorspellen, kunnen we deze ook op tijd gaan behandelen, waardoor de overlevingskans beduidend groter wordt. Dat we op deze manier een toekomst ingaan waarin vele ziektes worden uitgesloten, is theoretisch voorstelbaar. Waar de maximale levensduur van de mens onder de meest gunstige omstandigheden op dit moment nog 115 jaar bedraagt, zal de mens in de toekomst misschien wel oneindig lang kunnen leven.

Hoe mooi dit in theorie misschien ook lijkt, aan dit onderwerp is onlosmakelijk een aantal grote en belangrijke ethische vraagstukken verbonden. Waar ligt de grens tussen 'medisch ingrijpen' en 'mensverbetering'? Gaat de maatschappij streven naar een wereld waarin imperfectie niet meer bestaat? Vragen als deze zorgen ervoor dat de grote ontwikkelingen die optreden op het technische vlak nog niet toegepast mogen of kunnen worden in het klinisch vakgebied. En dat terwijl we met technieken als deze aan het begin staan van een ongelooflijk belangrijke ontwikkeling in de geschiedenis, waarna vrijwel alles mogelijk lijkt te zijn.

De ontwikkelingen op het gebied van genetische modificatie zetten zich snel voort en deze technologie is nu al niet meer weg te denken uit de moderne samenleving. Er is nu al veel meer mogelijk dan menigeen zich realiseert. Zo zijn de eerste clinical trials al gestart en is er op 25 november 2018 door wetenschapper He Jiankui zelfs geclaimd dat de eerste genetisch gemedificeerde baby's op de wereld zijn gezet. Hoewel de mogelijkheden eindeloos zijn,



"Waar ligt de grens tussen 'medisch ingrijpen' en 'mensverbetering'?"

is het erg belangrijk om rekening te houden met de technische en ethische uitdagingen die de nieuwe technieken met zich meebrengen.

Om te kijken of deze CRISPRtechniek daadwerkelijk in de praktijk toegepast kan worden, hebben wij een praktisch onderzoek uitgevoerd in samenwerking met het Radboud UMC. Samen met onderzoekers Erik de Vrieze en Renske Schellekens hebben wij een experiment uitgevoerd. Hierbij was het doel de bevruchte eicellen van zebravissen zodanig genetisch te modificeren dat deze zich zullen ontwikkelen tot een 'albinotype' in plaats van een 'wildtype.'

Onderzoeksvraag

'Is het mogelijk om met de techniek van CRISPR-CPF1 het DNA van een bevruchte eicel van een wildtype zebravis zodanig genetisch te modificeren dat uit de eicel van een niet-albinovis een albinozebravis groeit?'

Hypothese

Met de kennis die beschikbaar is over deze methode, moet ons experiment in theorie uitvoerbaar zijn. Wij verwachten daarom dat de uitkomst positief zal zijn omdat we de CRISPRmix in het allereerste stadium zullen injecteren. De kans is echter ook aanwezig dat tijdens de injectie de cel al in deling was. Daardoor kan het zijn dat het originele DNA wel 'bewerkt' is, maar het reeds gekopieerde nog niet. Is dit het geval, dan zullen zogenoemde mozaïekvisjes ontstaan.

Materiaal en methode

Om ervoor te zorgen dat de bevruchte eicel zich ontwikkelt tot een albinozebravis, is het van belang dat het eiwit dat pigment aanmaakt, uitgeschakeld wordt. Om dit te laten plaatsvinden zal er met behulp van CRISPR-CPF1 een knip gemaakt worden in het desbetreffende stuk DNA. Hierdoor zal het eiwit niet gevormd worden en zal er dus ook geen pigment

ontstaan. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de uitvoering verwijzen wij u graag naar 'Accepted Manuscript for Optimized CRISPR-Cpf1 system for genome editing in zebrafish' van Juan P. Fernandez, Charles E. Vejnar, Antonio J. Giraldez, Romain Rouet, Miguel A. Moreno-Mateos.

Resultaten

Na een aantal dagen waren er met behulp van een microscoop duidelijke resultaten waar te nemen. Op de foto's is goed het verschil te zien tussen de geïnjecteerde en niet-geïnjecteerde zebravissen.

Conclusie

Uit bovenstaande resultaten is te concluderen dat de CRISPRmethode succesvol is.

Discussie

Echter is de CRISPR-Cas9-methode momenteel nog te inefficiënt om uit te gaan van een 100% slagingskans. Dit komt doordat er een relatief grote kans bestaat dat de injectie in de cel plaatsvindt, wanneer deze al in deling is. Dit zorgt voor de zogenoemde mozaïekvisjes. Naast deze mozaïekvisjes is er een variant mogelijk waarbij het enzym niet op de juiste plek in het DNA knipt, waardoor het eiwit dat voor de aanmaak van pigment zorgt niet is uitgeschakeld. Wellicht heeft in een dergelijk geval het CPF1-enzym wel op een andere plaats 'geknipt' waardoor het kan zijn dat een andere eigenschap in het fenotype wordt uitgeschakeld.



Niet-geïnjecteerde zebravis, pigment aanwezig.



Geïnjecteerde zebravis, mozaïek. Het pigment is bij deze zebravis nog in een deel van de cellen aanwezig.



Geïnjecteerde zebravis. Het Cas9enzym heeft het gen dat voor pigment codeert volledig uitgeschakeld. Hierdoor is een albinozebravis ontstaan.

Indirecte Basofiele Activatie Test

Leerlingen:

Gijs Nijhuis

Niels Vreeswijk

Docent:

Marloes Voortman

School:

Twents Carmel College

locatie De Thij,

Oldenzaal

Inleiding

De prevalentie van door IgE-gemedieerde voedsel-allergie neemt toe en dat geldt ook voor het publieke bewustzijn over voedselallergie. Deze hebben beide geleid tot een grote vraag naar voedsel-allergietesten. Echter, allergietesten zijn meestal niet zonder gevaar en ze kosten het ziekenhuis veel tijd en geld. Een veelbelovende nieuwe allergietest die én niet gevaarlijk én niet duur is, is de Indirecte Basofiele Activatie Test (IBAT). Er is nog weinig bekend over deze test.

Vraagstelling

'In hoeverre kan de Indirecte Basofiele Activatie Test een vervanger zijn voor de huidige allergietesten?'

Hypothese

Aangezien Santos en Shreffler in 2017 hebben geconcludeerd dat de Basofiele Activatie Test (BAT) een goede vervanger is voor de huidige allergietesten, verwachten wij dat de IBAT ook een goed alternatief zal zijn. Ook Ebo en anderen hebben in 2008 laten zien dat de BAT een sensitieve en specifieke test is voor veel verschillende allergieën. Zolang het indirecte gedeelte niet zal zorgen voor een onbetrouwbaardere test, dan zal de IBAT ook sensitief en specifiek moeten zijn. De BAT moet direct door het lab worden uitgevoerd en is daardoor in de praktijk vaak onhaalbaar. De IBAT kan daarentegen binnen enkele dagen worden uitgevoerd.

Materiaal en methode

Om de praktische toepasbaarheid en de betrouwbaarheid van de IBAT te testen, hebben wij zelf een experiment opgezet. De methode is gebaseerd op de methode voor de (Directe) Basofiele Activatie Test (BAT), maar is door ons aangepast opdat zij gebruikt kan worden voor de IBAT.



Niels & Gijs

Het experiment bestaat uit verschillende onderdelen: de Peripheral Blood Mononuclear Cellsisolatie (PBMC-isolatie), de IgE-verwijdering, de sensibilisatie en de BAT zelf.

Als eerste vindt de PBMC-isolatie plaats. Hierbij wordt een buisje bloed afgenomen van de patiënt en worden o.a. de basofielen en rode bloedcellen uit dit bloed verwijderd, er blijven alleen IgE en opgeloste stoffen over. Verder worden uit het donorbloed de rode bloedcellen verwijderd. Vervolgens verwijdert men de IgE uit het donorbloed. Het IgE van de donor is niet nodig. We willen tenslotte het IgE van de patiënt op de basofielen van de donor zetten. Derhalve wordt eerst het IgE verwijderd. Daarna vindt de sensibilisatie plaats. Het IgE van de patiënt wordt op de basofielen van de donor gezet. Nu hebben we donorbasofielen met patiënt-IgE en kunnen we de BAT uitvoeren. Als eerste wordt er allergeen, in ons geval bijengif, toegevoegd. Hierdoor degranuleert de basofiel, komt CD63 uit de granules tot expressie en komt er ook histamine vrij. De hoeveelheid basofielen die gedegranuleerd is, is nu te tellen met een flowcytometer. Eerst wordt er een marker op de CD63 gezet. De flowcytometer kan nu de hoeveelheid gedegranuleerde basofielen bepalen. Hieruit kunnen de laboranten bepalen of een patiënt allergisch is of niet.

Naast deze stappen zijn er ook enkele controlestappen ingebouwd. Zo wordt er na elke stap gekeken of er nog genoeg basofielen zijn om de test mee uit te voeren. Twee andere controlestappen vinden plaats in de buizen waar Stimulation Control (Anti-FcεRI) (buizen 2, 7, 12, 17) of Stimulation Control (fMLP) (buizen 3, 8, 13, 18) is toegevoegd. Basofielen horen een heftige respons te geven op Stimulation Control (Anti-FcεRI) en een milde respons op Stimulation Control (fMLP). Deze twee controlestappen worden na de sensibilisatie uitgevoerd. Blijkt dat de basofielen geen respons geven op deze twee stoffen,

"Allergietesten zijn meestal niet zonder gevaar en ze kosten het ziekenhuis veel tijd en geld."

dan weet de laborant dat er iets niet goed gegaan is met de sensibilisatie en dat hij dus geen conclusies kan trekken.

Een andere controle die plaatsvindt, is het weglaten van stoffen die leiden tot degranulatie (buisen 1, 6, 11, 16). Deze controlestap controleert of de basofielen, zonder in contact te komen met een allergeen, wel of niet gedegranuleerd zijn. Zijn ze al (gedeeltelijk) gedegranuleerd, dan weet de laborant dat er iets mis is gegaan met een eerdere stap. In de andere buizen is een allergeen toegevoegd van 10.000 E/ml (buisen 4, 9, 14, 19) of 100.000 E/ml (buisen 5, 10, 15, 20).

Resultaten

Om de resultaten juist te kunnen interpreteren is als eerste gekeken naar de hoeveelheid basofielen ten opzichte van het totaal aantal getelde cellen. Als er namelijk te weinig basofielen zijn geteld, kun je aan dit geringe aantal cellen geen conclusie ophangen. Uit de metingen bleek dat elke buis genoeg basofielen bevatte.

Vervolgens hebben we gekeken naar de hoeveelheid geactiveerde basofielen ten opzichte van het totaal aantal basofielen.

Beide bepalingen hebben we gedaan aan de hand van SS INT, CCR3 PE- en SS INT, CD63 FITC-plotten. Zie de figuren rechtsboven.

Zie de tabel rechts voor de uiteindelijke resultaten.

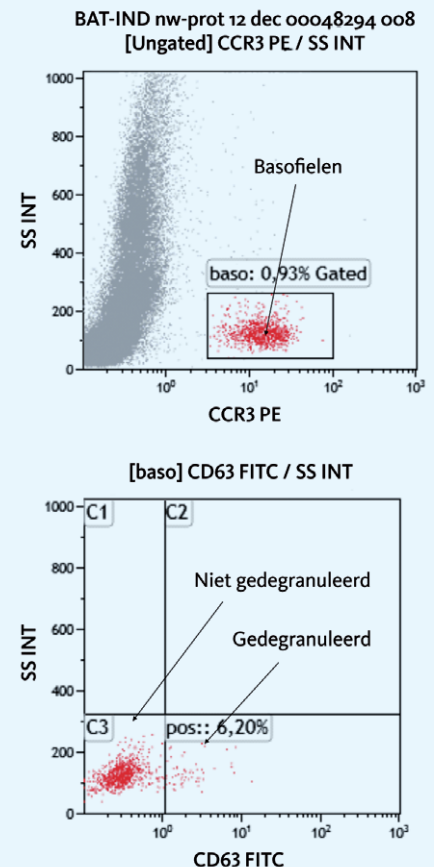
In de resultaten is te zien dat elke soort buis (bijvoorbeeld buizen 4, 9, 14, 19) dezelfde soort waardes heeft: of allemaal verhoogd (allergisch), of allemaal verlaagd (niet allergisch). Dit is in overeenstemming met het uit de patiënt afkomstig IgE. Uit de buizen met 100.000 E/ml valt te concluderen dat de dosis allergeen te hoog was: al deze buizen laten immers een erg laag degranulatiepercentage zien, terwijl je verwacht dat dit percentage hoger zou moeten zijn dan de 100.000 E/ml. Hiermee is de IBAT een betrouwbare vervanger van de BAT, mits de hoeveelheid allergeen niet te hoog is.

Conclusie

De indirecte basofiele activatietest is gedeeltelijk een vervanger voor alle andere allergietesten. Dit komt doordat een klein aantal allergieën, zoals een allergie voor hondenharen, op een speciale manier moet worden onderzocht. Het gaat dan namelijk om de reactie tussen huid en haar. Echter, de IBAT is snel en eenvoudig in gebruik, mits de stappen tot aan de sensibilisatie al eerder gedaan zijn. Verder kan de IBAT geen complicaties opleveren voor de patiënt en bespaart de IBAT het ziekenhuis kosten en tijd. De IBAT zou als een eerste screening kunnen worden ingezet bij het diagnosticeren van een allergie, om wellicht in de toekomst andere allergietesten te vervangen.

Discussie

In ons onderzoek hebben wij veel controleproeven gedaan. Hierdoor is de betrouwbaarheid van ons onderzoek toegenomen. Verder onderzoek om de methode van de IBAT te optimaliseren zou zich moeten richten op het bepalen van de juiste concentratie allergeen en daarbij zou ook het gebruik van EDTA raadzaam zijn, zodat klontering van cellen wordt voorkomen. Om de IBAT op bredere schaal in te kunnen zetten moet de toepasbaarheid voor andere allergenen, zoals pinda's, ook worden onderzocht.



Hoeveelheid geactiveerde basofielen t.o.v. hoeveelheid basofielen (%)

Buis	Hoeveelheid geactiveerde basofielen t.o.v. hoeveelheid basofielen (%)
Buis 1	2,94
Buis 2	12,15
Buis 3	5,80
Buis 4	0,41
Buis 5	0,00
Buis 6	1,48
Buis 7	8,64
Buis 8	6,20
Buis 9	3,52
Buis 10	0,20
Buis 11	1,74
Buis 12	35,72
Buis 13	6,50
Buis 14	1,02
Buis 15	0,50
Buis 16	1,20
Buis 17	82,96
Buis 18	20,38
Buis 19	0,00
Buis 20	0,00

Werking van de Night Shift



Meike

Leerlingen:

Meike Brouwers
Zenzi Matthaei

Docent:

Anette van Baalen en
E. van Vliet

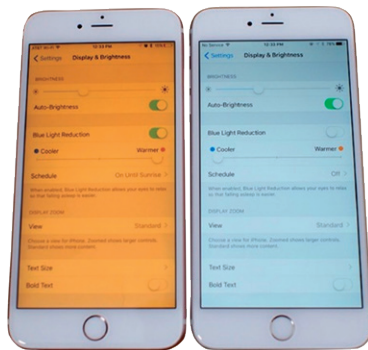
School:

Hyperion Lyceum,
Amsterdam

Inleiding

Het gebruik van verschillende devices zoals telefoon, tablet en laptop is in de huidige maatschappij niet meer weg te denken. Volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek gebruikt 92,7% van de Nederlanders tussen de 12 en 25 jaar oud een mobiele telefoon (CBS Statline, 2018). Rondom deze devices wordt gesuggereerd dat blauw licht, met zijn korte golflengte en hoge energie, op de lange termijn negatieve effecten teweeg kan brengen voor zowel de ogen als de hersenen. Blauw licht wordt daarnaast onderzocht op andere negatieve effecten zoals het bevorderen van het ontstaan van diabetes, kanker, hart- en vaatziekten en onvruchtbaarheid bij vrouwen.

Met behulp van diverse methoden wordt geprobeerd een oplossing te zoeken voor dit dagelijkse probleem. De Night Shift, in het Nederlands nachtmodus, is hier een voorbeeld van. Het blauwe licht wordt weggefilterd en een kleurenfilter uit het gele deel van het kleurenspectrum wordt toegepast.



Vraagstelling

Diverse onderzoeken hebben uitgewezen dat de Night Shift, door de vermindering van uitzending van blauw licht, een positief effect heeft op het melatoninegehalte in het lichaam en daarmee de nachtrust.

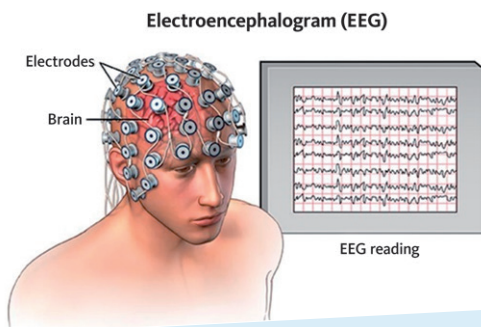
Daarnaast is de applicatie ontworpen om belasting van de ogen tijdens nachtelijk gebruik te verminderen. Tot op heden is er geen verder onderzoek gedaan naar Night Shift. Daarom zijn eventuele effecten van Night Shift nog onbekend en is het vooralsnog een hypothese. Om de effecten en werking van Night Shift beter in kaart te brengen, is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: Welk verschil in hersenactiviteit is er meetbaar in de visuele cortex van 12- tot 15-jarige jongeren tijdens blootstelling aan blauw licht in vergelijking met Apple's Night Shift?

Hypothese

Op basis van literatuuronderzoek is de verwachting dat de hoeveelheid alfa golven zal toenemen en de hoeveelheid bèta golven zal afnemen als de Night Shift ingeschakeld is. Indien uit de experimenten blijkt dat de totale hoeveelheid alfa golven vergroot is en de totale hoeveelheid bèta golven verminderd is, dan heeft Night Shift waarschijnlijk een positieve invloed op de visuele cortex.

Materiaal en methode

Om de bovengenoemde onderzoeksvraag en hypothese te toetsen, wordt de hersenactiviteit in de visuele cortex van de hersenen gemeten met behulp van EEG-apparatuur. EEG is een methode om de elektrische activiteit van de hersenen te meten. EEG maakt gebruik van potentiaalverschillen die ontstaan door ionstromen. Deze potentiaalverschillen worden gemeten door middel van elektroden op de hoofdhuid. Tijdens dit experiment wordt gebruik gemaakt van meerdere proefpersonen. De proefpersonen krijgen eerst een filmpje te zien op een laptop waarop Night Shift niet is ingeschakeld. Na een kleine pauze krijgt de proefpersoon hetzelfde filmpje te zien. Dit keer is Night Shift wel ingeschakeld op de laptop. Met behulp van een rechtszijdige



"Kan blauw licht op de lange termijn negatieve effecten teweeg brengen voor zowel de ogen als de hersenen?"

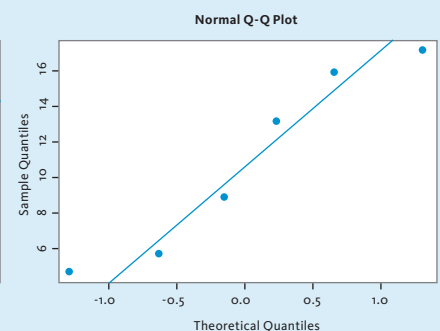
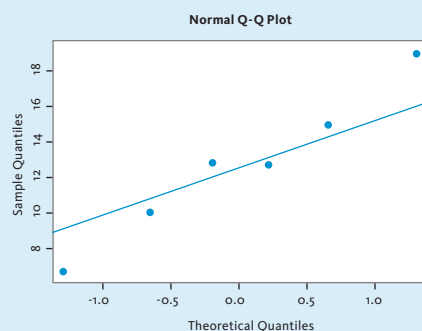
hypothesetoets is vervolgens uit de resultaten gebleken dat de hoeveelheid alfa golven een stijging doormaakt van 9,667% en zonder het gebruik van Night Shift naar 12,73% met het gebruik van Night Shift. Hieruit is te concluderen dat de Night Shift de alfa golven in de hersenactiviteit verhoogt. Dit wordt gezien als een positief effect aangezien alfa golven in verband worden gebracht met een staat van ontspanning. Deze conclusie wordt daarnaast ondersteund door de numerieke en statistische gegevens. Op basis hiervan kon de nulhypothese worden verworpen en de alternatieve hypothese worden aangenomen. Uit de resultaten van de hoeveelheid bèta golven in de hersenactiviteit van de proefpersonen blijkt dat ook de hoeveelheid bèta golven in de hersenactiviteit is verhoogd van 7,600% zonder gebruik van Night Shift naar 9,05% met gebruik van Night Shift. Hierbij is gekeken naar de gemiddelde waarde (mean). Het kijken naar het filmpje op de laptop kan een verklaring zijn voor deze stijging. Dit wordt echter gezien als een negatief effect, aangezien bèta golven in verband worden gebracht met een staat van concentratie en hoge alertheid. Deze zijn niet gewenst in de avonduren.

Resultaten

De opgestelde hypothese is slechts deels correct gebleken. De hoeveelheid alfa golven is namelijk verhoogd. De hoeveelheid bèta golven is echter ook verhoogd.

Conclusie

Ondanks de stijging van beide golven is te concluderen dat Night Shift een positief effect op de visuele cortex uitoefent. Dit is te verklaren met het feit dat de alfa golven met een grotere factor toenemen dan de bèta golven. Dit resulteert in een groter effect van alfa golven en daardoor een meer ontspannen toestand.



Discussie

Tijdens het uitvoeren van het experiment bij acht proefpersonen heeft zich helaas een aantal problemen voorgedaan. Zo zijn er van de acht metingen, maar zes bruikbaar gebleken en meegenomen bij de verwerking van de resultaten. De groep proefpersonen was door een gebrek aan tijd en apparatuur aan de kleine kant, dit maakt het lastig om een concrete conclusie voor de hele wereldbevolking te kunnen trekken. Daarnaast was de door de VU beschikbaar gestelde EEG-apparatuur beperkt: bij sommige proefpersonen bleek dat de kleinste cap nog steeds te groot was. Omdat in deze proef de hersenactiviteit werd gemeten in de visuele cortex (achteraan de hersenen) was het van belang dat de cap goed strak zat bij het achterhoofd. Als een cap te groot is, is dit niet het geval en is er geen of slechte geleiding in de O1- en O2-elektroden. Dit is een oorzaak van een mislukte meting bij één van de proefpersonen. Deze variabelen hebben bijgedragen aan een verminderde validiteit van het onderzoek. Een mogelijkheid voor vervolgonderzoek is naar blauw licht in de schemer van devices kijken naar de invloed van de helderheid van het beeldscherm.

Kosmische straling vanuit een andere hoek

Leerlingen:

Fouad Lamsettef

Bas van Heumen

Docent:

René van de Veerberg

Karin van de Meeberg

School:

Stedelijke Scholengemeenschap Nijmegen, Nijmegen

Inleiding

In een wetenschappelijk onderzoek naar kosmische straling is het erg belangrijk om rekening te houden met bepaalde invloeden bij het meten van de hoeveelheid kosmische straling. Maar wat zijn die invloeden op de intensiteit van kosmische straling? Om deze vraag te kunnen beantwoorden, moet verder onderzocht worden wat kosmische straling precies is, hoe de detectie van kosmische straling werkt, wat de invloed van dag en nacht is en wat de optimale meethoek is van de detector ten opzichte van de horizon voor de detectie van kosmische straling is.

Kosmische straling is te verdelen in drie categorieën: lage-, hoge- en ultrahoge energie kosmische straling, afgekort UHECRs. Deze drie categorieën zijn gebaseerd op de energie van de kosmische straling. Iedere soort kosmische straling heeft zijn eigen bron.

Kosmische straling bestaat grotendeels uit geladen deeltjes en die blijken ook een krachtwerking te ondergaan in een magnetisch veld. Deze krachtwerking heet de lorentzkracht. Hierdoor wordt kosmische straling door de magnetosfeer richting de aarde afgebogen.

Als kosmische straling de atmosfeer binnendringt, is het onmogelijk voor de straling om niet te botsen op zuurstof- of stikstofmoleculen. Wanneer het primaire deeltje dan botst, zal het primaire deeltje vervallen tot nieuwe deeltjes. Deze nieuwe deeltjes botsen op hun beurt dan ook weer op zuurstof- of stikstofmoleculen en daarbij gebeurt precies hetzelfde. Door deze kettingreactie ontstaat er een lawine van deeltjes. Daardoor wordt dit ook een kosmische lawine genoemd.

Voor de detectie van kosmische straling wordt merendeels gebruikgemaakt van scintillatiedetectoren en tsjerenkovdetectoren.



Fouad & Bas



Vraagstelling

In ons onderzoek naar kosmische straling zijn de volgende experimentele deelvragen beantwoord:

- 1 Wat is de optimale meethoek ten opzichte van de horizon voor de detectie van kosmische straling?
- 2 Wat is de invloed van dag en nacht op de intensiteit van kosmische straling?

Hypothese

- 1 Er zullen overdag meer muonen te meten zijn vanwege de processen op de zon.
- 2 De optimale meethoek voor de detectie van kosmische straling zit rond de 90 graden ten opzichte van de horizon vanwege de afbuiging van geladen deeltjes.

Materiaal en methode

Bij ons experiment zijn er scintillatiedetectoren gebruikt. Om de deelvragen te beantwoorden hebben we een constructie gemaakt om de hoek in te stellen. De gebruikte opstelling bevatte een

"Wat is de invloed van dag en nacht op de intensiteit van kosmische straling?"

'hoekplaat' en een controleplaat. Met de opstelling zijn twaalf coïncidentiemetingen van 24 uur gedaan onder zes vooraf gekozen hoeken.

De gegevens begonnen als timelapsevideo's die verwerkt werden in Excel en uiteindelijk volledig verwerkt door middel van MATLAB. Als laatste zijn de gegevens met behulp van statistiek en goniometrie verwerkt zodat er een duidelijke conclusie getrokken kon worden.

Resultaten

Het verband tussen de intensiteit van kosmische straling en de hoek t.o.v. de horizon is een goniometrisch verband waarbij de optimale meethoek bij 4 à 5 graden ligt. Er is gering verschil tussen de optimale meethoeken van overdag en die 's nachts. Tijdens de dag blijkt er een grote intensiteit van kosmische straling te zijn. Dit blijkt uit de hogere gemiddelde gemeten intensiteit en de hogere periode van de intensiteit. Verder blijkt de intensiteit overdag te stijgen en 's nachts te dalen.

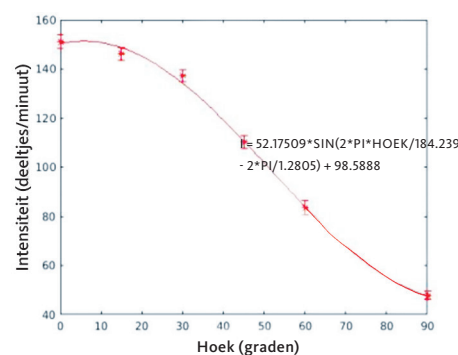
Conclusie

De meethoek en dag-/nachtmeting zijn significante invloeden op de gemeten intensiteit van kosmische straling.

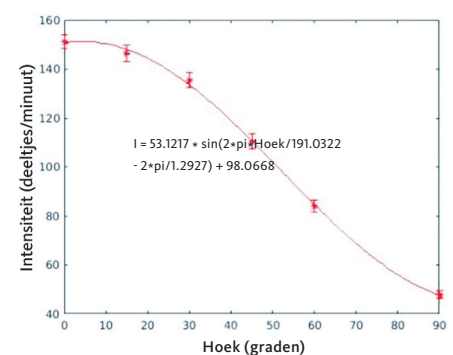


kosmische straling

Nachtintensiteitsgrafiek



Dagintensiteitsgrafiek



Figuur 2

Discussie

Voor het experiment is een totaal van 288 uur gemeten. Dit geeft een totaal van 1152 datapunten. Door deze grote hoeveelheid datapunten kan gezegd worden dat de resultaten en de bijbehorende conclusies betrouwbaar zijn.

De opstelling stond in een gebouw en had daardoor een dak boven zich. Dit dak kan invloed gehad hebben op de intensiteit die gemeten is tijdens de looptijd van het experiment. Hierdoor kunnen de resultaten en conclusies afwijken van de werkelijke hoeveelheid. Deze onnauwkeurigheid is aanwezig bij alle metingen die uitgevoerd zijn. Daardoor is het een systematische fout. Een systematische fout kan gecorrigeerd worden als de invloed ervan bekend is. Het dak is redelijk dun en gemaakt van hout en bitumen, dus we verwachten dat de invloed gering is.

Het enige onverwachte resultaat was de optimale meethoek. Deze bleek rond de 5 graden te zijn. De hypothese bij experimentele deelvraag 1 is dat de optimale meethoek rond de 90 graden zou liggen. Het verschil is 85 graden. De hypothese was gebaseerd op het feit dat ladingen afgebogen worden door de magnetosfeer, daardoor was de veronderstelling dat de kosmische straling met een hoek van 90 graden op het aardoppervlak zou komen.

Hoe zou dit kunnen? De resultaten zeggen dat de meeste kosmische straling binnenkomt met een hoek van 5 graden. Ervan uitgaande dat de deeltjes van bovenaf komen, zou een hoek van tussen de 0 en 5 graden een grotere intensiteit meten. Dat is te verklaren met het feit dat een groter oppervlak van platen opvangt bij deze hoek.

Positionering met behulp van Wifi

En de magie van non-linear surface fitting



Laurens, Imre & Pieter

Leerlingen:

Pieter Banken

Laurens Bremers

Imre Schilstra

Docent:

Peter Rennspies

School:

Stedelijk Gymnasium

Nijmegen,

Nijmegen

Inleiding

Zou het niet fantastisch zijn als je via de rustigste gang van het ene naar het andere lokaal kan lopen? Maar welke gang is de rustigste op dit moment? Geplaagd door dit vraagstuk besloten wij ons profielwerkstuk te maken over de plaatsbepaling van mobieltjes in gebouwen. Door de actuele locaties van alle mobieltjes in het gebouw te verzamelen zouden we een 'heatmap' kunnen maken.

Om zo'n kaart live te kunnen maken is een snel en nauwkeurig werkend algoritme nodig om de meetgegevens te verwerken en om te zetten naar een locatiebepaling. In de beschikbare literatuur wordt daar steeds een tussenstap gemaakt door de locatie en het vermogen van de zenders te berekenen. Een dergelijke tussenstap kost rekenvermogen en is een belemmering voor de snelheid van het systeem.

Vraagstelling

De vraagstelling van ons onderzoek luidt dan ook: 'Is locatiebepaling m.b.v. wifisignalen een voldoende nauwkeurige methode om de plaats van een mobiel in een gebouw snel te herleiden tot een bepaalde ruimte zonder dat de locatie en vermogen van de zenders bekend is en is het mogelijk een dergelijk algoritme zo te bouwen dat het per individuele locatiebepaling te sturen is op snelheid en nauwkeurigheid?'

Hypothese

Locatiebepaling m.b.v. wifisignalen is een bruikbare methode voor een locatiebepaling in een gebouw, waarbij de plaats van een mobiel binnen één seconde te herleiden is tot een bepaalde ruimte, zonder dat de locatie en het zendvermogen van de zenders bekend is.

Materiaal en methode

Vóór het verzamelen van metingen in het schoolgebouw is een raster van 2x2 meter getekend op de

plattegrond van de bovenetage. Op elke rasterpunt is het BSSID (ID van zender) met de bijbehorende signaalsterkte in dBm gemeten van elke zender die op die locatie ontvangen kon worden en gekoppeld aan het x, y-coördinaat van het rasterpunt, opgeslagen.

Voor het bepalen van de afwijking in de plaatsbepaling zijn de volgende stappen voor elke meetpunt herhaald, daarbij steeds alle andere punten als referentie nemend (de "trainingsset"). Het verband tussen het x, y-coördinaat en de signaalsterkte van zender BSSID_n in de trainingsset wordt beschreven door de formules:

$$RSSI(d) = 10\theta_6 \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + 20 \log \frac{4\pi d_0}{\theta_7}$$

$$Path\ loss(x, y) = \theta_1 RSSI \left(\sqrt{(\theta_2 * (x + \theta_3))^2 + (\theta_4 * (y + \theta_5))^2} \right) + \theta_{8n} \sin$$

$$\left(\theta_{9n} \sqrt{(\theta_{10n} * (x + \theta_{11n}))^2 + (\theta_{12n} * (y + \theta_{13n}))^2 + \theta_{14n}} \right) e^{-\left(\frac{\sqrt{(\theta_{15n} * (x + \theta_{16n}))^2 + (\theta_{17n} * (y + \theta_{18n}))^2} - \theta_{19n}}{\theta_{20n}} \right)^2}$$

De constanten in deze path-loss^{1,2} functie worden optimaal benaderd door de 'squared error' te minimaliseren met 'gradient decent' zoals beschreven door Branch et al.. Van elke zender kan nu de signaalsterkte in zijn omgeving worden benaderd.

De berekening van de x, y-coördinaten, i.e. de locatiebepalingen van ieder meetpunt, volgt dan aan de hand van de signaalmetingen op dat meetpunt. Van elke waargenomen zender worden het laagste en hoogste x, y-coördinaat in de trainings set waar deze zender is waargenomen, gebruikt als hoekpunten van een vierhoek. Rondom de overlap tussen deze vierhoeken wordt nog een marge genomen van 10 m. In dit totale gebied wordt een raster uitgezet met een bepaalde resolutie in pixels per meter (p/m).

Voor elk punt van dit raster wordt de totale absolute afwijking tussen de meetwaarden en de berekende waardes bepaald. Deze methode lijkt in hoofdlijnen op die methode beschreven door Mazlan et al.:

¹ Het gedeelte van de path-loss functie na het '+' teken wordt inclusief het '+' teken 10 keer herhaald zodat meerdere onregelmatigheden in de meetwaarden te beschrijven zijn door de path-loss functie.

² Aangepast ten opzichte van: DRAMCO Research Group. Indoor Radiopropagatie. DRAMCO Research Group. [Online] 10 07 2008. [Citaat van: 8 12 2018.] <https://iiv.kuleuven.be/onderzoek/dramco/research/ladi-witepa/Radiopropagatie.pdf>.

$$\Delta(x, y, \text{signaalmeting})_{\text{bssid}} = |\text{Path loss}(x, y, a_{\text{bssid}}, b_{\text{bssid}}, \dots) - \text{signaalmeting}_{\text{bssid}}|$$

$$\Delta_{\text{tot}}(x, y, \text{signaalmeting}) = \sum_{\text{bssid}} \Delta(x, y, \text{signaalmeting})_{\text{bssid}}$$

$$\Delta_{\text{raster}}(s) = \begin{bmatrix} \Delta_{\text{tot}(n,m,s)} & \dots & \Delta_{\text{tot}(n,m,s)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{\text{tot}(n,m,s)} & \dots & \Delta_{\text{tot}(n,m,s)} \end{bmatrix}$$

De waarden in het raster worden geïnverteerd en genormaliseerd, dit levert een kansverdeling van de locatie van elke meetpunt (figuur 1). De projectie van het kansraster op de plattegrond geeft aan waar het mobieltje zich het meest waarschijnlijk bevindt. In formulevorm:

$$\Delta_{\text{raster}_{\text{inv}}}(s) = \Delta_{\text{raster}}(s) - \min\{\Delta_{\text{raster}}(s)\}$$

$$P(s)_{n,m} = \frac{\Delta_{\text{raster}_{\text{inv}}}(s)_{n,m}}{\sum \Delta_{\text{raster}_{\text{inv}}}(s)}$$

$$\text{Kansenraster}(s) = \begin{bmatrix} P(s)_{n,m} & \dots & P(s)_{n,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(s)_{n,m} & \dots & P(s)_{n,m} \end{bmatrix}$$

De afwijking in de plaatsbepaling van ieder meetpunt is nu gelijk aan de euclidische afstand tussen het berekende en het gemeten coördinaat. De duur van de locatiebepaling aan de hand van de uitgewerkte path loss functies wordt met de gebruikte core i5-processor bepaald in milliseconden.

Al deze stappen worden herhaald met waarden voor p/m variërend van 0,1 tot en met 1 in stappen van 0,1. De resultaten zijn uitgezet in histogrammen waarvan de meest beeldende werd geselecteerd. Ook werd gevarieerd met de omvang van de trainingsset en met het aantal ontvangen signalen op het meetpunt dat gebruikt werd voor de plaatsbepaling. Van beide variaties werd het effect bepaald op de nauwkeurigheid en op de duur van de berekening.

Op de plattegrond werd voor elk meetpunt een vector uitgezet die de afwijking weergeeft van de berekende locatie ten opzichte van de daadwerkelijke locatie om vast te stellen in welke gevallen deze twee punten in verschillende ruimtes liggen om zo een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag.

Resultaten

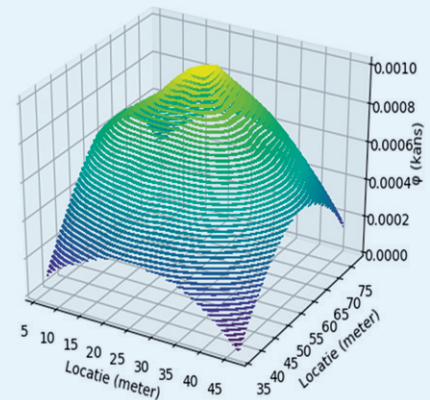
Bij een resolutie van 1.0 pixels per meter is de afwijking modaal 75 cm en gemiddeld 2.15 m (figuur 2). Deze verdeling verandert pas wezenlijk bij een resolutie van minder dan 0.4 p/m (figuur 3). Voor een betrouwbare plaatsbepaling volstaan drie gemeten signalen, meer signalen verhogen de betrouwbaar-

heid niet significant (figuur 4). In dit onderzoek zijn op 382 locaties in het gebouw metingen verricht. Voor een plaatsbepaling die meestal voldoende nauwkeurig is blijkt 75 gemeten punten in dit gebouw voldoende; als het aantal gebruikte gemeten punten daaronder kwam nam de betrouwbaarheid significant af (figuur 5).

Een vertienvoudiging van de resolutie had binnen het gemeten bereik een verdriedubbeling van de locatiebepalingstijd als gevolg (figuur 6).

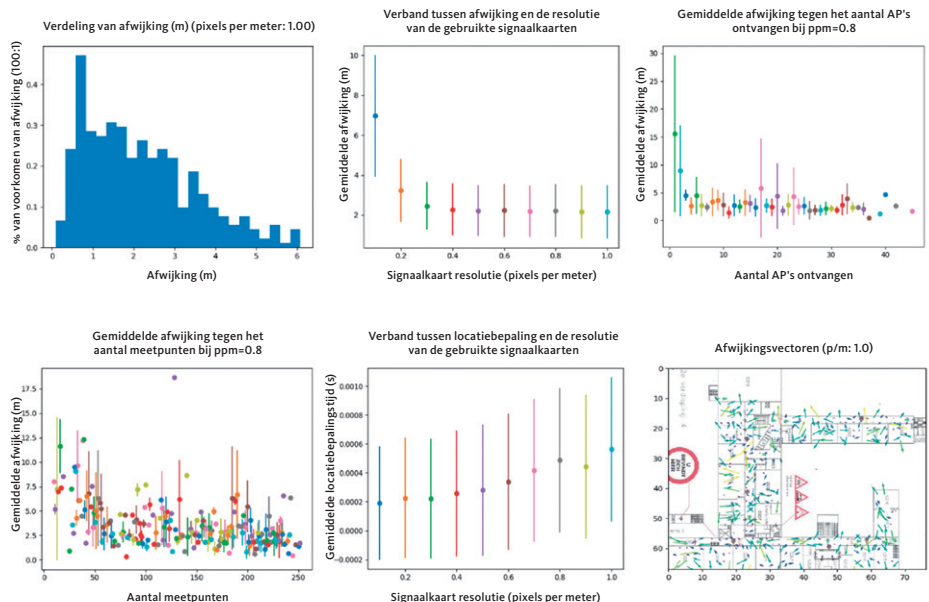
In 81% van de gevallen bevindt de berekende locatie zich in dezelfde ruimte als de mobiel. In die gevallen heeft het algoritme de locatie van het meetpunt bepaald conform de doelstelling (figuur 7).

Kansenraster (inversed & normalized)



Figuur 1: Kansenraster, top duidt berekende locatie van meting aan.

Figuur 2 t/m 7 hieronder



Discussie

De uiteindelijke tijd in dit onderzoek is ongeveer een factor honderd korter dan verwacht door het fittingsproces te scheiden van de daadwerkelijke locatiebepaling. De tijdsintensieve fitting hoeft hierdoor maar één keer te worden berekend. De mogelijkheid om de resolutie en omvang van het kansraster te variëren per locatiebepaling kan, ondanks deze scheiding, toch gerealiseerd worden.

In figuur 7 zijn enkele vectoren te zien die naar locaties buiten het gebouw

wijzen. Dit zou verholpen kunnen worden door rasterpunten gelegen buiten het gebouw te definiëren als onmogelijke coördinaten, resulterend in grotere nauwkeurigheid.

Het zoekgebied in dit onderzoek omvat 5000m². In de literatuur is dit veelal in de orde van 100m². Desondanks is de nauwkeurigheid van onze plaatsbepaling niet significant lager. Inventarisatie van de zenders bleek niet nodig. Hiermee is de toepasbaarheid groter dan gebruikelijk.

Conclusie

Locatiebepaling m.b.v. wifisignalen is een bruikbare methode voor een locatiebepaling in een gebouw, waarbij de plaats van een mobiel binnen twee milliseconden te herleiden is tot een bepaalde ruimte, zonder dat de locatie en het zendvermogen van de zenders bekend of berekend is.

Gentherapie als behandeling van sticklersyndroom



Anniëk

Leerlingen:
Anniëk Schotman

Docent:
Harriet Lemstra

School:
**Carmel College
Salland, Raalte**

Inleiding

Hoe mooi zou het zijn als we genetische afwijkingen zouden kunnen herstellen en hiermee nare ziektes kunnen genezen? Sticklersyndroom is een genetische afwijking van het bindweefsel, met als gevolg verschillende afwijkingen aan ogen, oren, het gezicht en het skelet. De aanleiding van dit onderwerp is dat ik zelf het sticklersyndroom heb en hiervan ook steeds meer beperkingen ga onderkennen, omdat het een progressieve aandoening is. Ik vraag mij af of verdere achteruitgang voorkomen kan worden. Daarnaast ben ik geïnteresseerd in hoe gentechnologie werkt en wat voor toepassingsmogelijkheden het heeft.

Vraagstelling

Met mijn onderzoek probeer ik antwoord te geven op de vraag of het mogelijk is om door middel van gentechnologie patiënten met sticklersyndroom te helpen om symptomen te verminderen of verergering te voorkomen. Dit is onderzocht aan de hand van een kwalitatief onderzoek waarbij data door middel van literatuuronderzoek wordt verkregen. Daarnaast wordt door middel van een experiment de efficiëntie van genbewerkingstechniek CRISPR-Cas9 aangetoond. Hierbij is sprake van kwantitatief onderzoek van de gemodificeerde cellen.

Hypothese

Door middel van single base editing kunnen puntmutaties worden hersteld. Door deze behandeling toe te passen op het COL2A1 gen kan dit gen worden gerepareerd, het gen dat sticklersyndroom veroorzaakt kan worden hersteld.

Theorie

Sticklersyndroom is een bindweefselafwijking met klinische kenmerken die kunnen worden ingedeeld in oculaire afwijkingen, orofaciale afwijkingen,

auditieve afwijkingen en skeletafwijkingen. Er zijn drie typen van de autosomaal dominante variant van sticklersyndroom, daarnaast is er een autosomaal recessieve variant. Collageen is het belangrijkste macromolecuul van het bindweefsel. Het zorgt voor structurele sterkte in weefsels. Een mutatie in de genen die coderen voor collageen types II, IX en XI kan sticklersyndroom tot gevolg hebben.

Het bewerken van genen kan een therapeutische werking hebben. Hiermee kunnen mutaties in genen weggehaald worden. Het gevolg is dat er een gezond of functionerend eiwit wordt gevormd, in plaats van een eiwit dat niet of maar gedeeltelijk functioneert. Om de toepassing van gentechnologie op het sticklersyndroom te kunnen vinden, is het belangrijk om de gentechnologie waarmee DNA heel precies kan worden bewerkt te begrijpen. Daarnaast is het belangrijk om te weten hoe zo'n mechanisme naar de celkern kan worden getransporteerd. CRISPR-Cas9 is een technologie die kan worden toegepast om DNA te bewerken. Met veranderingen in de guide sequentie van sgRNA kan het Cas9 zodanig geprogrammeerd worden dat het elke DNA-sequentie kan targetten. Er is echter wel een PAM nodig om de DNA-sequentie te kunnen targetten en vervolgens een knip te kunnen zetten in het DNA. De iTOP-technologie is een efficiënte manier om eiwitten in cellen te transporteren. Deze kan worden gebruikt voor genetische modificatie van cellen met behulp van CRISPR-Cas9 (iTOP-CRISPR-Cas9technologie). Hierbij wordt iTOP gebruikt om Cas9 en sgRNA in de cel te transporteren, zodat het DNA kan worden bewerkt.

Om de werking van de iTOP-CRISPR-Cas9technologie te demonstreren en een praktisch element toe te voegen aan dit profielwerkstuk is een experiment uitgevoerd waarbij het B2Mgen wordt uitgeschakeld. Dit betekent dat er geen B2M meer aangemaakt zal worden in de cel na behandeling met iTOP-CRISPR-Cas9 en er ook geen MHC meer aanwezig is op de cel. MHC kan worden gemeten met een anti-MHC



Afbelding 1: FACS

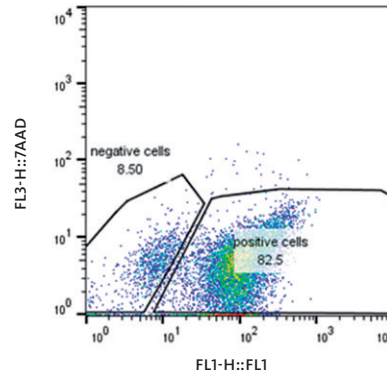
waaraan een fluorescerend (groen-FITC) label is gekoppeld. Door middel van FACS technologie kan een grafiek verkregen worden waarop een verschuiving te zien is ten opzichte van de grafiek behorende bij de controlegroep. De cellen die zijn gebruikt voor de behandeling met iTOP-CRISPR-Cas9 zijn KBM7-cellen.

Materiaal en methode

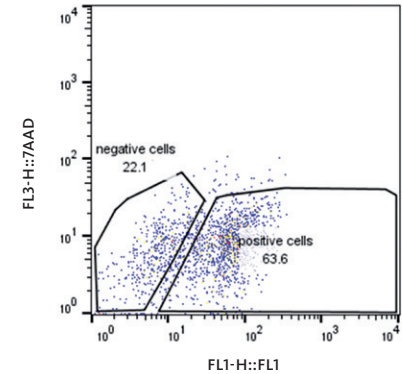
De onderzoeksvraag die bij het onderzoek hoort is: "Hoe efficiënt is de uitschakeling van het B2M-gen in humane KBM7-cellen door middel van iTOP-CRISPR-Cas9?" Om dit te onderzoeken is een kwantitatief experimenteel onderzoek uitgevoerd. De keuze hiervoor is gemaakt, omdat er bij het onderzoek wordt bepaald hoe effectief de iTOP-CRISPR-Cas9 werkt op de desbetreffende cellen. Daarnaast kunnen controlegroepen goed worden vergeleken met de behandelde cellen. De verwachting is dat de efficiëntie van iTOP-CRISPR-Cas9 hoog is. Deze hypothese blijkt gedeeltelijk te kloppen. De modificatie van het B2M-gen bleek niet erg efficiënt te zijn, maar er is wel een verschuiving te zien ten opzichte van de grafiek horend bij de controlegroep. De hoeveelheid negatieve cellen, die te zien is in het linker blokje van de grafieken, geeft aan dat er geen antilichaam aan deze cellen gebonden is. Aan de positieve cellen is wel antilichaam gebonden. In grafiek 1 is de controlegroep met antilichaam te zien, hiervan is een gedeelte negatief. In grafiek 2 zijn de cellen behandeld met CRISPR-Cas9 en guide-RNA. In deze grafiek is te zien dat er een groter percentage negatieve cellen aanwezig is dan in grafiek 1.

Resultaten

Met behulp van de iTOP-CRISPR-Cas9 technologie kunnen sticklerpatiënten wellicht in de toekomst worden geholpen. In dit stuk wordt nader ingegaan op de toepassing van CRISPR-Cas9 op mutaties die sticklersyndroom veroorzaken. Vanwege de grote hoeveelheid mutaties



Grafiek 1: Controlegroep met antilichaam



Grafiek 2: Behandeling met Cas9-eiwit en guide RNA

op de verschillende genen is in eerste instantie beperkt tot een enkele puntmutatie op het COL2A1-gen. Single base editing is een methode waarmee heel precies in het DNA kan worden gemodificeerd. Deze methode bestaat uit twee onderdelen: een enzym en een mutant van de gentechnologie CRISPR-Cas9. Het enzym zorgt voor een bewerking van een base en de mutant van CRISPR-Cas9 knipt de beide DNAstrengen niet door, maar behoudt wel zijn vermogen om een specifiek stuk DNA te vinden. Samen kunnen ze een puntmutatie in humane cellen herstellen. Deze methode maakt het mogelijk om puntmutaties die sticklersyndroom veroorzaken te herstellen.

Conclusie

Er is onderzocht in hoeverre het mogelijk is om door middel van gentherapie de mutaties, die sticklersyndroom veroorzaken, te herstellen. Door het Cas9-eiwit aan te passen, kan het gebruikt worden voor single base editing. Hiermee kunnen puntmutaties worden verholpen. Hiermee kan in theorie de puntmutatie op het COL2A1-gen, waarbij G is veranderd in A en waardoor tryptofaan is veranderd in een stopcodon, worden hersteld. Het is daardoor mogelijk om puntmutaties die sticklersyndroom veroorzaken te herstellen. Doordat puntmutaties kunnen worden hersteld, kan verergering worden voorkomen. Het is in theorie mogelijk om door middel van gentherapie sticklerpatiënten te helpen om verergering te voorkomen.

Discussie

Voor dit onderzoek is literatuur uit vakbladen geraadpleegd. De geraadpleegde literatuur is relevant voor beantwoording van de hoofdvraag en deelvragen. Het literatuuronderzoek is betrouwbaar omdat de literatuur uit vakbladen is geraadpleegd en er sprake is van collegiale toetsing van de literatuur. Naast literatuuronderzoek is een experiment uitgevoerd. Bij het uitvoeren van het experiment is rekening gehouden met controlegroepen en zijn er duplicaties uitgevoerd. Het experiment is ook reproduceerbaar. Op basis hiervan kan worden gesteld dat het experimentele onderzoek betrouwbaar is. De resultaten van literatuuronderzoek wijzen uit dat het mogelijk is om puntmutaties te herstellen met behulp van single base editing. In theorie is het ook mogelijk om puntmutaties die sticklersyndroom veroorzaken te herstellen met behulp van single base editing. Er moet wel rekening worden gehouden met het feit dat er niet experimenteel onderzocht is of dit in de praktijk ook mogelijk is. Op basis hiervan kan niet worden geconcludeerd dat deze methode in de praktijk werkt zoals in theorie is beschreven.

Artificiële neurale netwerken in de ruimte



Koen

Leerlingen:

Koen Ligthart

Docent:

Dave van Herk

School:

**Trevianum Scholen-
groep, Sittard**

Inleiding

Sinds computers in staat zijn met grote snelheid veel berekeningen uit te voeren, is het mogelijk geworden artificiële intelligentie te benaderen met zogenaamde artificiële neurale netwerken. In dit profielwerkstuk is zo'n netwerk, gecombineerd met computergraphics, toegepast in een computerprogramma dat in staat is een efficiënt pad door een driedimensionale ruimte te vinden.

Vraagstelling

Hoe is met behulp van een artificieel neuraal netwerk een efficiënt pad door een driedimensionale ruimte te vinden?

Het vinden van een pad moet op een computerscherm zichtbaar worden gemaakt met behulp van computergraphics. Vervolgens moet op basis van één start- en één eindpunt een pad gevonden kunnen worden. De theorie die hierbij komt kijken is verdeeld in drie onderdelen. Een onderdeel gaat over computergraphics, een ander over artificiële neurale netwerken en het laatste onderdeel gaat over de toepassing van de neurale netwerken in de virtuele wereld.

Hypothese

Bij het maken van het computerprogramma is ervan uitgegaan dat met behulp van OpenGL en lineaire algebra een goede weergave van een virtuele wereld op een scherm bereikt kan worden. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat met de hierna genoemde methode een goed werkende artificiële intelligentie verkregen kan worden voor het programma.

Materiaal en methode

Met behulp van lineaire algebra kunnen punten vanuit modelgegevens omgezet worden naar punten

op het scherm. Met behulp van OpenGL kan er zo een beeld opgebouwd worden.

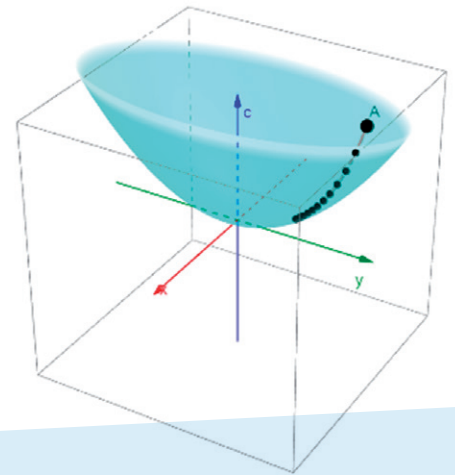
Artificiële neurale netwerken kunnen gezien worden als een gedigitaliseerde versie van hun biologische tegenhangers, biologische neurale netwerken. Artificiële neurale netwerken worden samengesteld uit meerdere neuronen die onderling verbonden zijn. De werking van een neuraal netwerk komt neer op dat van een grote samengestelde wiskundige functie en ze kunnen gebruikt worden om onbekende verbanden vast te leggen. De netwerken worden in computerprogramma's gebruikt om numerieke input om te zetten in numerieke output en worden van tevoren willekeurig geïnitieerd en getraind met behulp van in dit geval het 'gradient-descent-algoritme'. Dit algoritme kun je zien als het aanpassen van de parameters van het netwerk om de waarde van een functie, waarin alle parameters als functiewaarden worden gebruikt, te minimaliseren zoals in *figuur 2*. Deze functie werkt met een voorbeelddataset.

Het programma dat geschreven is, is gebaseerd op twee API's die deze theorieonderwerpen uitvoerig hebben beschreven in de programmeertaal Java. Het programma heeft met computergraphics hoogtekarten van de Himalaya visueel weergegeven en op twintig van deze kleine stukjes van de Himalaya willekeurige paden gegenereerd tussen willekeurige start- en eindpunten. Hierbij heeft het de paden zo efficiënt mogelijk gemaakt door te selecteren op grond van een met een natuurkundig model afgeleide formule:

$$\varepsilon = - \sum \left| 735,5a_i + 4,4b_i + 2,1\sqrt{a_i^2 + b_i^2} \right|.$$

Deze formule houdt rekening met de vorm van het landschap waar het pad over loopt, om zo een inschatting te geven van de energie die het een voertuig zou kosten om het pad te nemen.

"Hoe is met behulp van een artificieel neuraal netwerk een efficiënt pad door een driedimensionale ruimte te vinden?"



Figuur 2: gradient descent

Het netwerk moet bij het bepalen van een pad meerdere stappen zetten en bij elke stap de staprichting bepalen op grond van een afbeelding die het reliëf van het landschap om zich heen weergeeft. Deze afbeelding wordt daarbij omgezet in een rij getallen. Het neurale netwerk wordt getraind met gradient descent om de paden van de gegenereerde dataset zo goed mogelijk te reproduceren. Gehoopt wordt dat dit ervoor zal zorgen dat het netwerk in nieuwe omstandigheden ook efficiënte paden kan vinden. Een afbeelding van het programma Pathfinder, dat is gemaakt om al deze handelingen uit te voeren, is te zien in *figuur 3*.

Resultaten

Het neurale netwerk dat is getraind met het programma en de gegenereerde dataset (die niet zonder oneffenheden is gebleken) heeft in een lange sessie vele paden gegenereerd om te beoordelen wat de kwaliteit van de gecreëerde artificiële intelligentie is. Bij het genereren van deze paden is bepaald wat de relatieve afwijking van de efficiëntie van een pad is ten opzichte van een alternatief pad dat onder dezelfde omstandigheden gegenereerd zou zijn op een manier

waarbij het pad rechtstreeks naar het doel toe leidt en geen bochten neemt. Dit is in de tabel uitgedrukt als de relatieve performance. Daarnaast is gekeken in hoeveel procent van de gevallen de AI geen pad wist te vinden. Dit is de misscore. De resultaten zijn terug te vinden in tabel 1. De trainingswerelden zijn dezelfde werelden als waarop de dataset voor gradient descent is gegenereerd en de controlewerelden zijn andere, voor de AI onbekende stukken land die overeenkomen met het landschap van de Himalaya.



Figuur 3: pathfinder

Wereldtype	Misscore	Relatieve performance
Trainingswereld	2,7%	0,9%
Controlewereld	2,9%	0,7%

Tabel 1: resultaten

Conclusie

Uit de resultaten volgt dat op deze manier inderdaad een AI gemaakt kan worden om paden in een dergelijke virtuele wereld te vinden, maar dat de resultaten niet optimaal zijn.

Uit meerdere paden die de AI heeft gegenereerd, is gebleken dat de AI een voorkeur heeft om paden rechtstreeks naar het doel te laten leiden en slechts soms een beetje uit te wijken om een klein deel van een obstakel te vermijden. Dit had beter gekund.

Discussie

Er zijn meerdere redenen te vinden waarom de gecreëerde AI niet erg goed in staat is op de omgeving aangepaste paden te creëren. Een verklaring is dat de gegenereerde trainingsdataset niet optimale voorbeeldpaden heeft geleverd. Andere verklaringen kunnen zijn dat gradient descent niet de goede methode is om een dergelijk pathfindingprobleem op te lossen en dat er beter speciaal aangepaste neuralenetwerkvormen gebruikt kunnen worden die geschikter zijn om afbeeldingsdata te verwerken.

Kuala Lumpur

International Conference for Young Scientists 2019

een dagboek



WOENSDAG 17 APRIL

Cédric en Tom

Vandaag was het dan zover, wij mochten richting de ICYS in Maleisië, een internationale sciencewedstrijd. Dankzij onze 2de plek bij de van Melsenprijs met ons profielwerkstuk over modulaire robots in de zorg. Voor deze reis zijn er al veel voorbereidingen geweest om ons hele project mee te kunnen nemen. Dit komt omdat ons profielwerkstuk een rolstoel bevat die wij ook graag mee zouden willen nemen richting Maleisië. Hiervoor is de rolstoel doormidden gezaagd en is er een speciale tas gemaakt zodat deze rolstoel woensdagavond mee kon met de vlucht.



andere omstandigheden, erg aangenaam (mits je een beetje om de hete pepers heen at). Na het bekijken van het aanbod op de markt van Chintown was de eerste dag in Maleisië al geslaagd.

Cédric en Tom

Na een 12 uur durende vlucht kwamen wij dan eindelijk aan in het warme Kuala Lumpur met een gemiddelde temperatuur van 35 graden. Het was een goede vlucht met KLM vanuit Amsterdam waar we gelukkig ook goed hebben kunnen slapen. Hierdoor hadden we genoeg energie om bij aankomst onze rolstoel weer in elkaar te zetten en in de avond de stad te verkennen. Nadat onze rolstoel zonder problemen door de douane heen was gekomen en in elkaar was gezet, zijn we met de Nederlandse groep wat gaan eten bij een restaurantje om de hoek. Het was nog een beetje wennen aan het pittige eten, maar het smaakte goed en daarna zijn we doorgelopen naar Chinatown. Dit is het oude Chinese gedeelte van Kuala Lumpur met veel oude gebouwen en een nachtmarkt.



DONDERDAG 18 APRIL

Niek, Poul en Sebastiaan

We zijn vanmiddag aangekomen in het hotel in Kuala Lumpur. Het is hier erg warm en vochtig maar het hotel ziet er prima uit en de mensen zijn erg aardig. We zijn wel moe want in het vliegtuig hebben we helaas niet veel kunnen slapen en het tijdsverschil helpt ook niet echt mee...

Vanavond hebben we met Cédric en Tom en begeleiders Barbara en Jan gegeten bij een tentje waarbij we de vonken van de ledverlichting af zagen springen, terwijl muggen op onze armen en benen zaten en de brommers aan de lopende band langs de tafel scheurden. Het eten was, in tegenstelling tot de



VRIJDAG 19 APRIL

Cédric en Tom

Na een goede nachtrust kwamen we in de ochtend aan bij het ontbijt dat afgezien van de rijst nog best Europees was. Na onze presentatie te hebben

voorbereid in onze hotelkamer zijn we in de middag met de monorail richting het centrum gereden. Hier waren vooral heel veel winkelcentra, omdat er in Kuala Lumpur niet echt een oud centrum is behalve Chinatown zelf. In de avond hebben we met zijn allen in het hotel gegeten en daarna moesten we naar een algemene presentatie over de regels in het hotel. Dit duurde gelukkig niet zo lang, zodat er nog genoeg tijd over was om in de avond met zijn drieën nog wat te gaan drinken in Chinatown. We kwamen uit bij een klein barretje waar ze verse smoothies maakten en ook speciaal brood aan het bakken waren. Hier hebben we de 2de dag in Kuala Lumpur afgesloten.



Niek, Poul en Sebastiaan

De eerste ochtend wakker worden in Kuala Lumpur: dat betekent natuurlijk meteen een frisse duik in 'the rooftop pool', waar we vanaf 17 hoog over het stadscentrum konden uitkijken. Dit zullen we nog wel vaker gaan doen de komende dagen, aangezien het weerbericht voor de rest van de week stil lijkt te zijn gevallen op 35 graden. En dan hebben we het nog niet eens over de gevoelstemperatuur... De toon is gezet.

Het middagprogramma mochten we vullen met het verkennen van het centrum van de stad. Dit deden wij niet alleen, maar met onze vrienden van de Duitse delegatie. Die hadden we namelijk al ontmoet in de bus van het vliegveld naar het hotel. Na een tijdje rond te hebben gestruind schrokken we

niet meer zo van een gebouw van twintig verdiepingen hoog en de gloeiend hete zon namen we ook maar voor lief. Met een ijsje en een glas cola achter de kiezen konden we tevreden terugkeren naar het hotel en ons opmaken voor de volgende rijstmaaltijd.



Inmiddels twee rijstmaaltijden verder was het tijd om eens te gaan kijken hoe het er voor stond met onze presentatie. Plezier maken dat blijkt niet zo moeilijk hier en des te moeilijker is het om je te focussen op de echt 'belangrijke' zaken: prijzen binnenslepen! Met wat voorbereidend werk ging de eerste oefenpresentatie prima en konden we onze zinnen volledig zetten op het eerder die dag afgesproken avondje kaarten met de Duitsers.

ZATERDAG 20 APRIL

Niek, Poul en Sebastiaan

Vanochtend was de echte opening van de ICYS. Dit was de eerste keer dat we alle verschillende landen met hun leerlingen bij elkaar zagen. Elk land werd naar voren geroepen om met hun vlag op de foto te gaan en zo is de conferentie officieel geopend.



Voordat we vertrokken voor de eerste excursie, de City tour, was er nog even tijd om het commentaar op de presentatie van gisteren te verwerken en een snelle duik in het zwembad te nemen.

Tijdens de City tour kwamen we er langzaam maar zeker achter dat we toch nog niet helemaal gewend waren aan de hoge temperatuur. Bij het nationale monument van Maleisië maakten we voor het eerst kennis met onze Iraanse vrienden. We kregen de nodige zonnebrandcrème aangeboden en werden daarna uitgenodigd voor een groepsfoto. Gedurende de hele busreis naar de volgende bestemming hebben we zeer interessante verhalen gehoord over de cultuur en leefomstandigheden in Iran. Zeer indrukwekkend. Hierna stapten we uit bij het herdenkingspark van Kuala Lumpur, vanuit waar we doorliepen naar het nationale textielmuseum. De laatste bestemming van de City tour was een ontzettend groot winkelcentrum. En met ontzettend groot bedoelen we dat er een achtbaan in zat waarbij zelfs de looping niet ontbrak.

Na deze drukke middag hebben we in de avond aan de presentatie gewerkt onder het genot van het avondeten dat de oom van Niek, die toevallig in Maleisië woont, ons gebracht had. We sloten de dag af met een tripje naar de supermarkt waarvoor we door twee Roemenen uitgenodigd waren.



Cédric en Tom

Zaterdag begon met een openingsceremonie met alle deelnemende landen, hierbij moesten we even op de foto en werd iedereen verwelkomd die mee deed aan de competitie. Ook werden er verschillende speeches gehouden en werd er uitleg gegeven over de City tour die middag. De City tour bracht ons per bus richting het vrijheidsmonument van Maleisië en daarna naar het herdenkingspark. Met daaromheen het paleis van Sultan Abdul Samad en de Masjid Jamekmoskee. Ook zijn we even binnen geweest in het textielmuseum met heel veel batikstoffen. Een traditionele Maleisische manier om stoffen te bewerken. In de avond hebben wij nog een laatste keer geoefend voor onze presentatie op zondag.

ZONDAG 21 APRIL

Cédric en Tom

De dag van de presentatie, eerst zijn we gaan kijken bij twee presentaties in onze categorie omdat die van ons pas in de middag was ingepland. Bij deze presentaties konden we alvast zien wat voor vragen er gesteld zouden worden en hoe het in zijn werk zou gaan. Na een kleine paniekaanval moesten wij onze presentatie ineens anderhalf uur eerder doen, maar deze verliep vrij soepel. De rolstoel reed goed over het tapijt en ook de voorbeelden die we hadden meegenomen werkten





naar behoren. Ook mochten wij de vragen met zijn tweeën beantwoorden nadat Tom de presentatie had gegeven. Nadat onze presentatie erop zat, hebben we nog op het dakterras gezeten met leerlingen van andere landen.

Niek, Poul en Sebastiaan

Het serieuze werk is begonnen. Terwijl wij nog enigszins konden uitslapen zaten deelnemers van andere landen al vroeg in de stress met de presentaties die zij vandaag moesten doen.

Bij het bijwonen van deze presentaties merkten wij direct dat hier heel wat talent rondloopt. Ook de jury was scherp en stelde kritische vragen. Gedurende de dag zagen we steeds meer presentaties van verschillende niveaus en gelukkig waren Tom en Cédric in staat om het af te sluiten met een sterke voordracht. Waar zij zich hierover nu al geen zorgen meer hoefden te maken, moesten wij nog even flink aan de bak. Niek moest klaargestoomd worden om de jury de volgende dag te voorzien van een mooi verhaal en dat is goed gelukt. Hierna was er even tijd om te zwemmen en daarna stond al snel de oom van Niek klaar om ons mee op pad te nemen. Hij nam de hele groep mee naar plekjes die wij zelf nooit gezien zouden hebben. Op een gegeven moment stopten we midden in een straat en werd een kleine deur geopend met daarachter een trap omhoog. Wij hadden geen idee wat er bij





zo'n deurtje te zoeken zou moeten zijn, maar bovenaan de trap kwamen we in een gezellig restaurantje terecht. Het was prettig om weer even wat buiten het hotel te kunnen eten en we hebben hier allemaal van ons eten genoten. Hierna werden we meegenomen naar een cocktailbar met een horrorthema, waar we op het dakterras leuke gesprekken gehad hebben met Barbara en Jan.

Na dit uitstapje hebben we de hele avond in de lobby van het hotel onder het genot van muziek en stroopwafels zitten kaarten met leerlingen uit onder andere Brazilië, Duitsland, Iran en Rusland.



MAANDAG 22 APRIL

Niek, Poul en Sebastiaan

De grote dag: vandaag om 11:20 uur moest het gaan gebeuren. Niek was er helemaal klaar voor, alles wat we konden doen was op tijd opstaan en hopen dat de technologie voor de presentaties het bij ons niet zou begeven. Alle drie strak in pak werden we door de jury in de zaal uitgenodigd en alles verliep goed. Niek gaf een geweldige presentatie en de juryleden hadden een aantal goede vragen waar wij in ons beste Engels een antwoord op probeerden te formuleren. Ook dit ging goed en zo was het al snel weer afgelopen. Na afloop kregen we van zowel de jury als het publiek mooie com-

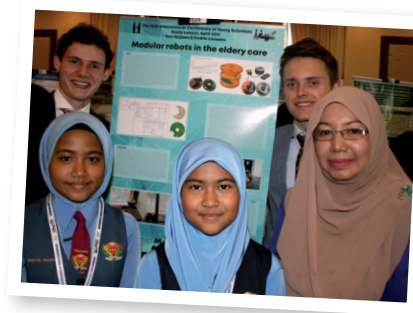
plimenten. Na een aantal foto's konden we de strakke pakken eindelijk inwisselen voor een korte broek en een T-shirt. De rest van de middag vierden we dat de presentatie goed was gegaan. Met onze nieuwe vrienden gingen we het centrum in, waar we een grote bak noedels wisten te scoren. Deze moest met stokjes gegeten worden, wat sommigen gemakkelijker afging dan anderen. Daarna hebben we de stad verkend. We zijn in de Petronas Towers geweest, maar helaas konden we maar tot de derde verdieping komen. De torens waren vooral indrukwekkend vanaf de buitenkant. Nadat we voor een regenbui hadden geschuild



konden we nog even door de drukke straten van Kuala Lumpur lopen en was het al weer tijd om terug te gaan naar het hotel voor het avondprogramma: breaking the ice. Hier was het de bedoeling dat we kennis maakten met de andere leerlingen, maar dit hadden wij eerder die week ook al veel gedaan. Aan het eind van de avond hebben we weer veel contact gehad met de leerlingen van andere landen totdat het tijd werd om te gaan slapen. Morgenvroeg moeten we klaarstaan om onze poster te presenteren.

Cédric en Tom

De maandag begon met de presentatie van Poul, Niek en Sebastiaan gegeven door Niek in de categorie Life Science. Na deze presentatie zijn we samen met enkele Duitsers de stad weer ingetrokken. We zijn nogmaals naar Chinatown gelopen en daarna richting de Masjid Jamekmoskee, waar we een metro hebben gepakt richting de Petronas Towers. Helaas begon het toen enorm hard te



regenen en moesten we schuilen in het winkelcentrum in de Petronas Towers. Hierna zijn we richting het hotel gegaan om daar deel te nemen aan de breaking-the-ice avond, waar wij een gezellige avond hadden en na enkele omkooptogingen 2de zijn geworden.

DINSDAG 23 APRIL

Cédric en Tom

Dinsdagochtend stond in het teken van de poster pitching. Hierbij moesten we onze poster pitchen en uitleggen aan mensen die langskwamen. Na de poster pitching zijn we in de middag met de bus richting de Batu Caves gegaan. Dit zijn grotten aan de bovenkant van Kuala Lumpur waar tempels in zijn gebouwd. Er gaat een grote gekleurde trap naar boven en ook staat er een enorm gouden beeld voor de grotten. In de grotten zijn een heleboel apen te vinden en ook kregen we een zegen van een van de monniken in de tempel.

Niek, Poul en Sebastiaan

Met pak aan en stropdas strak om de hals was het erg warm en benauwd in de zaal waar de posters gepresenteerd werden. Toch was het een interessante ochtend want nu konden we alle verschillende onderzoeken bij elkaar zien en vragen stellen en uitleg geven aan andere leerlingen.

In de middag stonden de Batu Caves op het programma. Dit zijn grotten met een hindoestaanse tempel. We keken



onze ogen uit
bij het 42 meter
hoge goudkleurige
standbeeld dat
voor de grotten
staat. Nadat we

de 272 treden hadden beklommen kwamen we
in de grotten terecht waar overal kleine aapjes klommen
op zoek naar onze etensresten. Hier zijn we lang gebleven
en hebben we veel mooie foto's gemaakt.

Na het eten in het hotel hebben we met onze Duitse
vrienden op onze gang op de grond gezeten en daar
gediscussieerd over een aantal serieuze onderwerpen.
Net toen we besloten dat we het over enkele zaken toch
niet eens zouden worden, kwamen de Iraniërs zingend
onze gang op om de Duitse Mia te feliciteren met haar
verjaardag. Haar verjaardag is eigenlijk pas nadat de ICYS
is afgelopen maar toch hadden ze alvast een taart voor
haar gebakken. Deze hebben we met een groepje op het
dak opgegeten en daarna zijn we naar de kamer gegaan.
Nog maar net op de kamer aangekomen werden we
alweer uitgenodigd voor het volgende feestje op het dak.

Dit keer waren
het de Brazilianen
die alles georga-
niseerd hadden
en dan weet je
dat muziek niet
ontbreekt. Deze
avond hebben we
veel geleerd van
de Braziliaanse
danscultuur.



WOENSDAG 24 APRIL

*Niek, Poul en
Sebastiaan*

Vanochtend was de prijsuitreiking waar we allemaal zo
naar uitkeken. En wat denk je? Heel Nederland wint
goud! Na vele foto's en felicitaties was het tijd om zelf
even te genieten van onze medaille en onze ouders te
laten weten dat we gewonnen hadden. Met de muziek
hard aan op de gang bestelden we McDonald's vanuit
het hotel om de overwinning te vieren. De bezorger
kwam net op tijd voordat de bussen naar de volgende
excursie vertrokken. We bezochten twee winkelcentra en
de Petronas Towers, maar omdat we deze zelf eerder al
bezoekt hadden, kregen we de vrijheid om andere delen



van het centrum te verkennen met ons groepje. Op een gegeven moment wilden we terugkeren naar het hotel dus gingen we naar het monorailstation. Daar zagen we hoe druk het is tijdens de spits in Kuala Lumpur. We moesten er eerst twee laten passeren totdat we onszelf in een trein wisten te duwen. Daar stonden we toen samengedrukt naar adem te happen totdat we bij ons station aankwamen.



Het avondprogramma bestond uit de culturele avond. Hier was het de bedoeling dat ieder land een optreden zou doen. Na traditionele dansoptredens van onder andere Maleisië en Thailand kwamen wij volledig in oranje gekleed het podium op om Frans Bauer te zingen. Op het podium moesten we het publiek nog even vermaken met Nederlandse woorden totdat de techniek alles op orde had en we konden beginnen. Na een rommelig maar vermakelijk optreden deelden we aan andere landen oranje slingers uit terwijl we ballonnen over de zaal verspreidden. Iedereen was enthousiast en wilde met ons op de foto en zo was de ICYS mooi afgesloten. Met een grote lading spullen die we van andere landen hadden gekregen keerden we terug naar onze kamer. Helaas was het voor een aantal vrienden van ons alweer tijd om te vertrekken naar het vliegveld. Van hen namen we afscheid en met de overgebleven groep hadden we nog een gezellige avond.

Cédric en Tom

Na een gezellige avond was woensdag dan toch eindelijk te prijsuitreiking, hierbij won Nederland maar liefst twee prijzen. Één in de categorie Engineering

en één in categorie Life Science. Na deze prijsuitreiking was er een officiële afsluiting door de organisatie. Die middag zijn we met de bus richting Chinatown gegaan en daarna richting de Petronas Towers. Zelf hadden we deze trip al op maandag gedaan, maar vandaag was het wel een stuk lekkerder weer. Hierdoor hebben we ook het park rond de Petronas Towers kunnen bekijken. In de avond was er een culturele avond georganiseerd waarbij Nederland goed aanwezig was en we de hele zaal oranje gekleurd hebben en een spetterende vertolking hebben neergezet van Frans Bauer.

DONDERDAG 25 APRIL

Cédric en Tom

Donderdag was helaas alweer de laatste dag en omdat wij pas in de avond zouden vliegen, was er nog tijd om de Thean Houtempel te bezoeken en de Masjid Jamekmoskee van binnen te zien. Hierna hebben we nog wat gegeten in Chinatown en zijn daarna, na een prachtige reis, teruggereisd richting Nederland waar een welkomstcomité met spandoeken ons op stond te wachten.

Niek, Poul en Sebastiaan

En dan is het alweer tijd om de koffers in te pakken. Toen dit bij iedereen gelukt was, gingen we erop uit om een aantal

plekken te bezoeken die niet in het programma van de ICYS zaten. We bezochten een Chinese tempel en een moskee, de een nog mooier dan de ander. Vanwege de hitte besloten we dat het wel weer tijd was om wat te gaan eten om ons daarna op te frissen in het hotel. Hiervoor moesten we eerst een spannende taxirit overleven en daarna door de donder en bliksem lopen, totdat we weer veilig in de thuisbasis waren. Vanuit hier vertrokken bussen naar het vliegveld. In de bus was er eindelijk even tijd om bij te komen van de drukke week en na te denken over wat voor moois we hadden meegemaakt. Na het avontuur van de ICYS en Kuala Lumpur keerden we terug naar Nederland met een gouden medaille op zak en, nog veel belangrijker, nieuwe vriendschappen en geweldige herinneringen voor het leven.



Environmental Science			
Prijs	Naam	Land	Titel van de presentatie
1 ^e prijs	Felicia Angie Hosea	Indonesië	Eichhornia Crassipes: the innovation of tree-free paper alternative
	Avriza Devano Bestafa	Indonesië	TLB: Tamarind leaves waste battery as alternative bio energy resource
	Ratchanikon Khamlue	Thailand	The study of the proper ratio of sugar factory wastewater to pig farm wastewater for generating electricity by using microbial fuel cell
2 ^e prijs	Jozsef Szaszi	Hongarije	Sequential oscillation in the ferroin-catalyzed Belousov-Zhabotinsky reaction: the case of oxalacetic acid substrate
	Ana Radovic	Servië	Bacterial nanocellulose: conversion of waste stream into biomaterial for waste treatment application
	Carina-Maria Petrenciu	Roemenië	The effects of ultraviolet C rays on paper contaminated with bacteria and microscopic fungi
	Patcharamai Huajaiwet	Thailand	The efficiency of Bacillus spp. from sediment bound in biochar for killing Microcystis spp.
	Marta Paladin	Kroatië	Generation of electricity with microbial fuel cells using bacterial communities from organic compost
3 ^e prijs	David Bendelja, Franjo Križaić	Kroatië	A comparison of composition and antimicrobial effects of different propolis solution
	Ognjen Srzentić	Servië	Raising ecological awareness among teenagers of endangered species with specific emphasis on Griffon vulture
	Natanan Samantha Askew	Thailand	Using the local gum as upland rice seed coating to reduce seedling mortality from water deficit due to the low rainfall
	Dzmitry Skrabahaty, Natalia Carolina Gonçalves	Wit-Rusland	Development of eco-safe formulations based on chitosan and PVA for seed incrustation
	Franciny Reichert Machado	Brazilië	ECOMPOSITES - Reutilization of fabric scraps from the footwear industry
	Nicole Mathews	Guam	Novel use of natural dispersants as a method to protect Guam's northern aquifer
	Kalana Wijewardhane, Hasini Wijewardhana	Sri Lanka	Development of an eco-friendly alternative for chemical weedicide application in agriculture, from Lantana camara – an alien invasive plant to Sri Lanka
	Patricia Honorato Moreira	Brazilië	Application of the Moringa oleifera seeds as a solution to eutrophication
	Pranjal Sharma	India	Structure of modern sustainable house
	Nur Izzati Omar	Maleisië	Trichogrow as growth enhancer for hydroponics
Special prize	Shashikala Maduwanthi	Sri Lanka	Soap production using goda in soap production
	Kunwardeep Singh	India	Waste management



Engineering			
Prijs	Naam	Land	Titel van de presentatie
1 ^e prijs	Frederik von Wrochem	Duitsland	Pet feeding machine
	Dmytro Lopushansky	Oekraïne	Multifunctional device for the visually impaired “HelpyEyes”
	Cédric Louwers, Tom Huijben	Nederland	Modular robotics in the elderly care: a research project about using a modular robotic system to improve the elderly care
2 ^e prijs	Márk Socaciu-Lendvai	Roemenië	Future of computer cooling systems-IOC
	Amin Farahani	Iran	Aqua optimizer device
	Deniz Mert Kara	Turkije	Nanocomposites and usage as structure defect detector
	Daniel Verdi do Amarante	Brazilië	Horsensor - obtaining and analyzing quantitative data in hippotherapy
	Pavlo Slyvka	Oekraïne	Contactless detector of vibrations
3 ^e prijs	Kirill Makarenko	Wit-Rusland	The use of rod ultrasonic waveguide for breaking icicles
	Evan Rebierre	Frankrijk	Illuminated water fountain
	Jufry Haikal Bin Juaidy	Maleisië	Low cost manufactured fire extinguisher
	Jack Maleki-Raee	Frankrijk	Airbot
	Pawel Miera	Polen	Cheap photovoltaic cell - solar energy for everyone
	Katarzyna Juszczyzyn	Polen	Ultrasonic 3D scanner
	Veljko Djondovic	Servië	Centralized system for mileage tracking
	Mateusz Malcherek	Polen	Noise in our surrounding and moreover
Special prize	James Wen Ke Han	Singapore	Optimising temperature and molten salts for synthesis of tin(IV) oxide as anode material for lithium-ion
	Przemyslaw Baca	Polen	Home photovoltaics

Mathematics			
Prijs	Naam	Land	Titel van de presentatie
1 ^e prijs	Saba Sabekia, Giorgi Razmadze	Georgië	Perfect cuboid
	Aliaksandr Piachonkin	Wit-Rusland	On the number of points on an algebraic curve modulo n
2 ^e prijs	Georgii Kadantsev	Rusland	Subquandles of free quandles
	Yevheniia Anastasiia Rudyk	Oekraïne	Two-parameter triangles described around curvilinear sickle-
	Noa Bihlmaier	Duitsland	Infinite sudokus
3 ^e prijs	Elene Gvalia, Tamta Jashi	Georgië	Sharygin's problem
	Ruslan Magdiev	Rusland	Geodesics in the discrete Heisenberg group
	Dariia Tyshchenko	Oekraïne	Applying the parameter for solving equations of higher powers
	Lizi Medzvelia, Nino Phiphia	Georgië	Complex numbers and geometry
	Dimitrije Rajcic	Servië	Two sided Taylor series approximations and their uses
	Nikita Senchuk	Rusland	Commutators identities and necklaces
	Anton Suravezhkin	Wit-Rusland	Neighborhood sets in graphs

Computer Science			
Prijs	Naam	Land	Titel van de presentatie
1 ^e prijs	Marc Auberer	Duitsland	Particulate matter network
2 ^e prijs	Nevena Vasilevska	Servië	A perceptron on a quantum processor
	Luke Tan	Singapore	AI-driven reduction to Gröbner basis
3 ^e prijs	Konstantinos Samamidis	Griekenland	Diabetes mellitus supporter application
	Dmitriy Matchenko	Rusland	Vector chat
	Michael Vietluzhskykh	Oekraïne	Cuttle system. Translation of programming languages

Life Science			
Prijs	Naam	Land	Titel van de presentatie
1 ^e prijs	Nikola Eva Madlova	Tsjechië	Synthesis of potential anti-tuberculosis drugs
	Laura Busak	Kroatië	A comparison of accurate object and color recognition in human near and far peripheral vision
	Ana Mijuskovic	Servië	Lung cancer: phloroglucinol, a new structural motive in development of chemotherapeutics
	Poul Nas, Sebastiaan Schols, Niek van Heerde	Nederland	Arbuscular mycorrhiza applied in agriculture
2 ^e prijs	Adela Tiganila	Roemenië	Potential therapy of metastasis in melanoma
	Lim Zhi Yi	Singapore	A genetic odyssey: investigating causative mutations in spinal muscular atrophy Patients without homozygous SMN1 deletions
	Marketa Simkova	Tsjechië	Determination of renal toxicity in BRAF inhibitors in vitro
	Bolgrárka Szabó	Hongarije	Synthesis and cytotoxic effects of sugar-modified nucleosides
3 ^e prijs	Fiona Terianto	Indonesië	Pineapple stem power: histamine poisoning prevention and fat decomposer
	Leya Yang	Guam	Antimutagenicity and antioxidant activity of the red pigment in Annatto (Bixa orellana) seeds
	Niko Faric	Slovenië	Syntheses of nanoparticles
	Luiza Fank, Eduarda Gressler, Amanda Bihenck Borges	Brazilië	Decreasing biofilm formation by Bacillus cereus in the meat industry equipment through the addition of magnesium ions
	Sinem Meryem Şahin	Turkije	Development of new generation bone tissue reinforced with titanium and collagen
	Bruna Leticia Land, Gabriel Benvenuto Schaab	Brazilië	DEF: electronic device for fibromyalgia
Special prize	Tasya Ayu Noorhaliza, Dewi Wijayanti	Indonesië	Tropical malaria detection using Banna midrib
	Supunje Weerakoon	Sri Lanka	Investigation of antimicrobial properties of Mikania micrantha

Physics			
Prijs	Naam	Land	Titel van de presentatie
1 ^e prijs	Li Chang	Singapore	Investigation of bubble formation from circular soap films by impinging air jets
2 ^e prijs	Jakub Kaszowski	Polen	Dynamics of chain shooter
	Yasmin Muderris	Duitsland	Graphene with a twist
	Roman Rouba	Wit-Rusland	Investigation of the Prince Rupert's drop properties
	Dila Çiğdem	Turkije	Investigation of conductance quantization with magnetic field control and application of biosensor
	Ilya Niafiodau	Wit-Rusland	Research of free flow and formation of bulk materials in the gravitational field
	Danila Deiankov	Rusland	Magneto-optical modulation of signals using colloidal strontium hexaferrite nanoplatelets
	Sahar Semsarha	Iran	Swimming vibrated bubbles
	Viona Setiawan	Indonesië	Audio feedback based musical instrument
3 ^e prijs	Armina Daraie	Iran	Tornado spheres
	Carl Gadde	Duitsland	Stringpipe – smoking a thread in a pipe
	Mahsa Geramimanesh	Iran	Suspended ball on water
	Márton Gyulai	Hongarije	Bottle flip
	Vid Kavčič	Slovenië	How to trick the ocean
	Filip Koldzic	Servië	Application of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) for estimating hardness of alloys
	Mahan Mottaghi Rad	Iran	Anti-gravity
	Patrik Penc	Hongarije	How to make a seismograph?
	Stefania Renata Stepanov	Roemenië	Studying chaos with the double pendulum
	Viktória Stiga	Hongarije	Is the flow of the hourglass really constant?
	Mia Begovic	Duitsland	Unexpected motion- an investigation of Leidenfrost stars
Special prize	Faraneh Farshid	Iran	Sci-fi sound
	Yana Holovatska	Oekraïne	Oscillations of the resonant elastic pendulum
	Shamisa Lotfi	Iran	Looping pendulum
	Vladyslav Morozov	Oekraïne	Planetary flybys anomalies
	Filip Solar	Tsjechië	Planar oscillations of piezoelectric ceramic resonators
	Paweł Wolny	Polen	Ion thruster





Colofon

Tijdschrift Van Melsenprijs en International Conference for Young Scientists 2019

Onder redactie van
Jan Marijnissen

Vormgeving
Floor Taayke Grafisch ontwerp

Fotografie
Barbara Evertsen, Jan Marijnissen, Gerard Verschooten, Mark Verlijdsdonk, Shutterstock; Toyotoyo, Nokuro, James Teohart, Blue Barron Photo, Andreas Fink, F11 Photo, N. Sakarin, Aureliy, Ijansempoi, Lifestyle Travel Portrait

Jury Van Melsenprijs
Prof. dr H.J.M. (Huub) op den Camp (Biologie)
Prof. dr. R.H.P. (Ronald) Kleiss (Natuurkunde + voorzitter)
Prof. dr. W.T.S. (Wilhelm) Huck (Scheikunde)
Prof. dr. G.J. (Gert) Heckman (Wiskunde)
Prof. dr. E. (Erik) Barendsen (Informatica)

Tekst
Jan Marijnissen

Samenvattingen
Alle deelnemers aan de Van Melsenprijs

Controle en tekstbewerking
Sabine Langens, Remon Versleijen

Dit is een uitgave van
Het Pre-University College of Science
Radboud Universiteit
Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica
Huygensgebouw, Kamer HG 02.508
Heyendaalseweg 135
6525 AJ Nijmegen

ISSN: 1872-5201





Groeten uit Kuala Lumpur