



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de wetenschappen en technologie

### **Masterthesis**

***Escape rooms in het onderwijs: openen activerende werkvormen nieuwe deuren voor leerlingen?***

#### **Ellen Dirkx**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de wetenschappen en technologie, afstudeerrichting wetenschappen

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Wanda GUEDENS

#### **COPROMOTOR :**

Prof. dr. Kristien BRASSINNE



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)

Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2019**  
**2020**



# School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de wetenschappen en technologie

## **Masterthesis**

***Escape rooms in het onderwijs: openen activerende werkvormen nieuwe deuren voor leerlingen?***

**Ellen Dirkx**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de wetenschappen en technologie, afstudeerrichting wetenschappen

### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Wanda GUEDENS

### **COPROMOTOR :**

Prof. dr. Kristien BRASSINNE



## Voorwoord

Deze scriptie beschrijft een onderzoek naar een escape room als activerende werkvorm in het onderwijs. Dit onderzoek werd uitgevoerd in een secundaire school te Hasselt. In het kader van mijn afstuderen aan de Educatieve masteropleiding aan de UHasselt in Diepenbeek. Dit onderzoek strekt zich uit over de periode van november 2019 tot juni 2020.

Het onderwerp van deze scriptie werd ons aangeboden door Prof. dr. Wanda Guedens en Prof. dr. Kristien Brassinne die respectievelijk onze promotor en copromotor waren gedurende het schrijven van deze masterproef. Bij deze wil ik graag beide begeleiders bedanken voor de fijne samenwerking en de tijd die zij hierin hebben gestoken om onze scriptie tot een goed einde te brengen ondanks enkele obstakels op de weg.

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in verschillende stadia. We zijn eerst op zoek gegaan naar een passend onderwerp voor onze studie dat ons bracht bij het testen van leerrendement tijdens een escape room waarna we deze escape room hebben uitgewerkt en uitgevoerd. Na het uitvoeren van de escape room werd alle data verzameld geanalyseerd en samengegoten in dit document.

Deze masterproef werd gestart met het vijfkoppige team dat bestond uit Brabers Pieter, Huygens Evert, De Smet Yana, Michiels Frederique en mezelf. Het voorbereidende werk werd met deze groep uitgevoerd. Na enkele meningsverschillen werd deze groep opgesplitst en werd dit team gereduceerd tot een driekoppig team met Brabers Pieter, Huygens Evert en mezelf. Desalniettemin wil ik toch mijn dank betuigen aan zowel Yana en Frederique voor de fijne samenwerking. Yana was tijdens onze eerste fasen zeker onze rots in de branding en verdient een speciaal bedankje.

Daarnaast wil ik zeker onze Nederlandse taal goeroe Pieter en harde werker Evert bedanken voor deze zeer aangename samenwerking. Deze twee personen hebben ervoor gezorgd dat het gewicht van het schrijven van deze scriptie veel lichter was. Als laatste zou ik ook nog graag mijn familie en vrienden bedanken die mij altijd gesteund hebben tijdens het schrijven van de thesis. Hun motiverende woorden hebben mij zeker en vast geholpen om door te zetten tot het einde. Tot slot wens ik u veel leesplezier toe tijdens het doornemen van deze scriptie.



# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	I
Abstract.....	III
1 Inleiding.....	1
1.1 De escape room als evaluatiemethode.....	2
2 Materiaal en methoden.....	5
2.1 Studieontwerp.....	5
2.1.1 Deelnemers en groepen.....	5
2.1.2 Escape room.....	6
2.1.3 Klassieke les.....	10
2.2 Dataverzameling.....	10
2.2.1 Enquêtes en interview.....	10
2.2.2 Toetsen.....	11
2.3 Data-analyse.....	12
2.3.1 Enquêtes.....	12
2.3.2 Toetsen.....	12
2.4 Ethische goedkeuring.....	12
3 Resultaten.....	13
3.1 Enquêtes.....	13
3.1.1 Leerrendement.....	13
3.1.2 Evaluatie.....	23
3.2 Toets.....	25
3.2.1 Verlaagd algemeen leerrendement tijdens een escape room.....	25
3.2.2 Lager leerrendement bij het aanreiken van nieuwe leerstof via een escape room.....	26
3.2.3 Geen verschil in het leerrendement bij het herhalen van leerstof via een escape room.....	27
3.3 Gedrag tijdens de escape room.....	27
4 Discussie.....	29
4.1 Escape room.....	29
4.2 Limitaties.....	30
4.3 Toekomstig onderzoek.....	32
5 Conclusie.....	35
6 Referenties.....	37
7 Appendix.....	39



## Abstract

In het secundair onderwijs wordt er tegenwoordig steeds meer game-based learning toegepast. Het competitieve en actieve aspect van deze leervorm heeft een positief effect op de lerenden. Een concreet voorbeeld van game-based learning is de escape room. Dit is een interactief spel waarbij de deelnemers moeten ontsnappen uit een kamer door het oplossen van verschillende raadsels binnen een bepaalde tijdslimiet. Het objectief van deze studie is om na te gaan wat de impact van een escape room is op het leerrendement van leerlingen. De hypothese die voorop gesteld en getoetst werd is dat de escape room voor een verhoogd leerrendement zorgt in de derde graad techniek-wetenschappen van het technisch secundair onderwijs. Om dit objectief te onderzoeken werd een escape room ontworpen rondom leerstof biologie en chemie van de derde graad techniek-wetenschappen. Er werden één controlegroep (n=7) en twee interventiegroepen (n=4) gevormd. Beide groepen bestonden uit een mix van zowel leerlingen uit het vijfde en zesde jaar. De controlegroep volgde een klassieke les en de interventiegroepen volgden beiden dezelfde escape room. Zowel de klassieke les als de escape room werden opgebouwd rondom de drie thema's genetica, biotechnologie en biomoleculen. Deze leerstof was herhaling voor de zesdejaars leerlingen en nieuwe leerstof voor de vijfdejaars leerlingen. Voor het verzamelen van de data werd er voor en na de les een enquête afgenomen bij de leerlingen en een interview bij de leerkracht om hun meningen te staven. Daarnaast werd er een test afgenomen over de behandelde leerstof in beide groepen. Uit de enquêtes bleek dat de leerlingen meer gemotiveerd waren tijdens het uitvoeren van de escape room. Daarnaast werden ze ook meer geactiveerd dan tijdens een klassieke les en zouden ze graag vaker een escape room willen uitvoeren in de les. De leerlingen van het vijfde jaar die de klassieke les volgden scoorden beter op de toets dan de leerlingen van het vijfde jaar die de escape room volgden. De zesdejaars in beide groepen daarentegen behaalden gelijke scores. Uit dit onderzoek konden verschillende conclusies getrokken worden. Allereerst is het gebruik van een escape room een nuttige activerende werkvorm voor het geven van herhalingslessen, remediëringen of verbreding van theoretische kennis in de vorm van vaardigheden. Het leerrendement blijft initieel gelijk maar de verhoogde motivatie zou op termijn wel kunnen zorgen voor een verhoogd leerrendement. Het aanbrenge van nieuwe leerstof via een escape room is daarentegen niet gunstig voor het leerrendement. Een oorzaak hiervoor is dat de leerlingen de leerstof op deze manier minder gestructureerd vonden dan een klassieke les. Dit onderzoek werd gedaan op een zeer kleine schaal waardoor de resultaten niet volledig betrouwbaar zijn door eventuele outliers. Toekomstig onderzoek dient gedaan te worden om deze voorlopige conclusies te ondersteunen. Hierbij moet er rekening gehouden worden met een voldoende grote populatiegrootte en de verschillende factoren die een invloed zouden kunnen hebben op de resultaten zoals leeftijd, geslacht, studierichting, het vak, etc.





# 1 Inleiding

De visie op onderwijs- en instructiemethoden kent de laatste jaren een enorme kentering. Sinds de oprichting van onderwijsinstellingen is het frontaal lesgeven, waarbij de leerkracht centraal staat, de belangrijkste vorm van lesgeven (Brockliss, 2005). Het beeld van de leerkracht die vooraan in klas de leerstof vertelt en de leerlingen die enkel luisteren en noteren is echter achterhaald (Freeman et al., 2014). In de nieuwe constructivistische theorie staat de leerling centraal. Via activerende werkvormen worden de leerlingen aangemoedigd om hun eigen leerproces in handen te nemen om zo een verscheidenheid aan vaardigheden te leren (Roehl, Reddy, & Shannon, 2013). In het bijzonder liggen hier kansen voor technologie in het onderwijs. De dag van vandaag beschikt meer dan 80% van de huishoudens in de ontwikkelde landen over een computer thuis (Statista, 2020). Kinderen leren spelenderwijze al op jonge leeftijd omgaan met technologie (Clarke et al., 2017). Bovendien spenderen kinderen en jongeren veel vrije tijd aan het spelen van videospelletjes (Erhel & Jamet, 2013). Sindsdien is er meer en meer bewijs dat computer- en videospelletjes de communicatietools bij uitstek zijn om instructies aan te bieden. Volgens Tobias et al. stimuleren computerspelletjes cognitieve en psychomotorische processen bij kinderen (Tobias, Fletcher, & Wind, 2014).

Uit de integratie van videospelletjes in het onderwijs groeide een nieuwe onderwijsmethode: game-based learning. In game-based learning worden computerspelletjes gebruikt om leerstof te verwerken, cognitieve vaardigheden te verbeteren of als simulatie om praktische vaardigheden te oefenen in een virtuele omgeving (Erhel & Jamet, 2013). Door het amusante karakter van de spelletjes zijn jongeren gemotiveerder en meer betrokken bij de leerstof (Annetta, Minogue, Holmes, & Cheng, 2009). Bovendien speelt bij leerlingen uit het secundair onderwijs onderlinge competitie een grote rol bij het motiveren van de leerlingen, zij het in mindere mate dan uitdagende opdrachten en onmiddellijke feedback (Nadolny, Alaswad, Culver, & Wang, 2017). Huizenga et al. (2019) onderzochten het spelverloop van een mobiel stadspel bij 216 leerlingen uit de eerste graad van het secundair onderwijs. Het spel werd gebruikt tijdens de lessen geschiedenis. De resultaten toonden aan dat hoe meer leerlingen betrokken werden in competitieve activiteiten, hoe meer kennis opgedaan werd over de middeleeuwse geschiedenis van Amsterdam (Huizenga, Admiraal, ten Dam, & Voogt, 2019). De invloed van competitie werd eveneens onderzocht door Hwang & Chan (2016). Tijdens een schooluitstap speelden twee klassen een mobiel educatief spel rond cultuur. In de ene klas speelden de leerlingen onderling tegen elkaar, terwijl er in de andere klas geen competitief karakter verbonden was aan het spel. Leerlingen die het spel uitvoerden in competitief verband waren positiever ingesteld om te leren. Bovendien was de cognitieve belasting lager dan bij leerlingen die het spel zonder competitie uitvoerden. Deze belasting is een maat voor de hoeveelheid informatie die het werkgeheugen kan verwerken op een gegeven moment. Door de cognitieve belasting van leerlingen te beperken, wordt het werkgeheugen niet overbelast en kan het leerproces efficiënter verlopen (Hwang & Chang, 2016).

Een escape room is een interactief spel waarbij deelnemers in teamverband moeten ontsnappen uit een kamer. Teams bestaan meestal uit kleine groepjes van vier tot zes personen. Om te winnen moet het team allerlei puzzels en raadsels in de kamer oplossen binnen een bepaalde tijdslimiet. Puzzels kunnen zich in verschillende vormen aanbieden, gaande van wiskundige problemen tot het ordenen van voorwerpen volgens een bepaalde logica. Vaak worden enkele puzzels pas gaandeweg toegankelijk na het oplossen van andere puzzels (Wiemker, Elumir, & Clare, 2015). Om het spel tot een goed einde te brengen moet het team over een brede set van vaardigheden beschikken. Een escape vereist organisatie, time management, een scherp observatievermogen en logisch en creatief denken. Bovendien staat het team constant onder tijdsdruk, waardoor kalmte en geduld belangrijk zijn. Dit maakt dat escape rooms interessant zijn als training in teamwerk en communicatie.

Ondertussen hebben escape rooms ook hun weg gevonden naar het onderwijs. In deze setting wordt het spel ingezet als een praktijkgerichte leerstrategie, waarbij leerlingen zich actief moeten engageren.

In een escape room leren de leerlingen op een efficiënte manier communiceren en samenwerken met elkaar. Bovendien wordt het logisch en kritisch denken gestimuleerd. Dit alles maakt van escape rooms een interessante werkvorm (Hermanns et al., 2017). Er zijn reeds publicaties verschenen over het gebruik van escape rooms in het onderwijs. Dietrich ontwierp een educatief escape spel omtrent het Leblancproces, een chemisch proces om soda te maken. Na afloop van het spel werden de leerlingen bevraagd over hun perceptie van het spel door middel van een enquête met 19 stellingen. De leerlingen gaven aan dat een escape room een geschikte werkvorm is om teamwerk en communicatie te verbeteren. Daarnaast bleken de leerlingen ook gemotiveerder en actiever te zijn dan tijdens een les waarbij frontaal wordt lesgegeven, de zogenaamde klassieke les (Dietrich, 2018).

## 1.1 De escape room als evaluatiemethode

Uit het voorgaande blijkt dat een escape room als activerende werkvorm lerenden helpt om gemotiveerd en actief mee te werken tijdens de les. Daarnaast is dit interactief spel door zijn praktijkgericht karakter ook geschikt als evaluatiemethode. Evaluatie wordt namelijk niet langer gezien als een stap die volgt op het geven van onderwijs, het wordt een leermoment op zich. Het onderwijsleerproces verloopt immers beter als de betrokkenen, zowel leerling als leerkracht, beschikken over gedetailleerde informatie over de vorderingen en eventuele problemen bij het verwerken van leerstof. Deze informatie kan verkregen worden aan de hand van evaluatiemomenten (Castelijns, Segers, & Struyven, 2011). Bovendien vormt evaluatie één van de meest sturende factoren in het onderwijs voor het leergedrag van de leerlingen (Dochy, Segers, & Sluijsmans, 1999). In het onderwijs wordt onderscheid gemaakt tussen 'assessment' en evalueren. **Assessment** omvat het identificeren en verzamelen van data om kennis, vaardigheden, attitudes, en leren te meten aan de hand van geselecteerde en gecreëerde data instrumenten (Feden & Vogel, 2003; Felder & Brent, 2016). Daarnaast staat het begrip evalueren voor het interpreteren van deze data en het vormen van de gepaste conclusies (Felder & Brent, 2016).

Afhankelijk van het doel van evaluatie kan er een onderscheid gemaakt worden tussen formatieve en summatieve evaluatie. Onder **summatief evalueren** wordt het systematisch verzamelen van gegevens verstaan met als doel te controleren of leerlingen de leerstof voldoende beheersen. Deze evaluatievorm wordt uitgedrukt door middel van een norm, zoals een cijfer of letter aan de hand van een methodetoets. Kortom, summatieve evaluatie wordt ingezet om te verifiëren of leerlingen de leerstof voldoende beheersen om vervolgonderwijs aan te vatten (Dixson & Worrell, 2016). **Formatief evalueren** daarentegen is gericht op het beoordelen waar de leerling zich bevindt in relatie tot het doel en wat er nog nodig is om het doel te behalen. Hierbij is het belangrijk dat leerlingen steeds feedback ontvangen na het formatief evalueren zodat ze bewust worden van hun werkpunten en mogelijkheden. Formatief evalueren kan op een formele (bv. portfolio) of informele manier (bv. vragen stellen tijdens de les) uitgevoerd worden (National Research, 2000). Kort samengevat is summatief evalueren gericht op het beoordelen van leerresultaten, terwijl formatief evalueren zich richt op de ontwikkeling van de leerling aan de hand van het bijsturen van zijn of haar leerproces.

Een geslaagde evaluatie voldoet aan drie verschillende criteria. Allereerst moet een evaluatie **betrouwbaar** zijn. De evaluatie moet met andere woorden consistent en nauwkeurig gebeuren met oog voor objectiviteit en het minimaliseren van beoordelaarseffecten. Concreet wil dit zeggen dat verschillende beoordelaars hetzelfde resultaat moeten bekomen, er voldoende doelen geëvalueerd moeten worden, de vragen of opdrachten duidelijk geformuleerd moeten worden, en de opdracht afgelegd moeten kunnen worden binnen een acceptabele tijdsduur (Cohen-Schotanus, Schönrock-Adema, & Scherpbier, 2005). Daarnaast is **transparantie** ook een belangrijk criterium. Dit heeft betrekking op de vragen en het berekenen van de scores. Leerlingen moeten op de hoogte zijn van de vooropgestelde doelen en de leerstof hieromtrent. Er wordt ook gestreefd naar transparantie op vlak van de evaluatievorm, de beoogde evaluatiecriteria en de weging van de individuele onderdelen of leerdoelen. Het laatste criterium dat belangrijk is voor een geslaagde evaluatie is **validiteit**. De evaluatie moet afgestemd zijn op de te behalen leerdoelen. Er moet nagegaan kunnen worden in welke mate de evaluatie meet wat men bedoelt te meten. Hierbij moet er ook gelet worden op het gebruik van

een passend niveau voor onderdelen van de evaluatie en oplossingsstrategieën die aansluiten op de praktijk (Mulder, 2009).

Tot op heden zijn er enkele onderzoeken bekend die het gebruik van escape rooms als evaluatiemethode onderzocht hebben. Nog vaak zijn de toepassingen van escape rooms beperkt tot het evalueren van praktische vaardigheden. Eukel et al. ontwikkelde een educatief spel om de kennis van derdejaars farmacistudenten over diabetes mellitus te evalueren en te verbeteren (Eukel, Frenzel, & Cernusca, 2017). De escape room werd georganiseerd als uitbreiding op negen uur klassiek onderwijs over het omgaan met diabetes patiënten. Het doel was om via allerlei puzzels een glucagon placebo injectie te bemachtigen en deze op correcte wijze toe te dienen. Voor de verschillende puzzels hadden de leerlingen de net aangeleerde vaardigheden over diabetes behandeling nodig om verder te raken. Via een live videostream met Google Hangouts verbinding konden lesgevers de voortgang van de leerlingen in de escape room volgen. De impact van de escape room werd getest door middel van een kennistoets voor en na de escape room. De resultaten toonden aan dat de studenten beduidend hoger scoorden op deze kennistoets na het uitvoeren van de escape room. Daarnaast werden de studenten gevraagd om een vragenlijst in te vullen om hun perceptie op deze nieuwe leeractiviteit te peilen. Deze resultaten demonstreerden dat leerlingen niet enkel gemotiveerder, maar ook langer en grondiger kunnen werken aan een leertaak. Deze bevindingen werden bevestigd door onderzoek van Roman et al., waar 95 verpleegkundestudenten aan de universiteit van Almeria een escape room uitvoerden in groepen van acht tot twaalf personen (Roman et al., 2019). Naast de mogelijkheid om in team te werken en communicatievaardigheden aan te scherpen werd de ongedwongen sfeer tijdens het evaluatiemoment door de leerlingen aangehaald als positief aspect. In tegenstelling tot klassieke examens voelden de leerlingen zich gesteund en minder stressvol.

Het doel van dit onderzoek is om kwalitatief na te gaan wat de impact van een educatieve escape room is op het leerrendement van leerlingen in de derde graad. Meer specifiek richt dit onderzoek zich op leerlingen van de derde graad techniek-wetenschappen, een doorstromingsrichting in het technisch secundair onderwijs. In deze richting ligt de nadruk op het verwerven van theoretische inzichten in de exacte wetenschappen en op onderzoek in het laboratorium. In vergelijking met wiskundige richtingen in het ASO ligt de klemtoon meer op de toepassingen van de wiskunde in de wetenschappen. Hierdoor verwerven de leerlingen praktische en technische vaardigheden die in de escape room geëvalueerd kunnen worden. De hypothese is dat het gebruik van een escape room als werkvorm kan bijdragen aan een verhoogd leerrendement bij leerlingen.



## 2 Materiaal en methoden

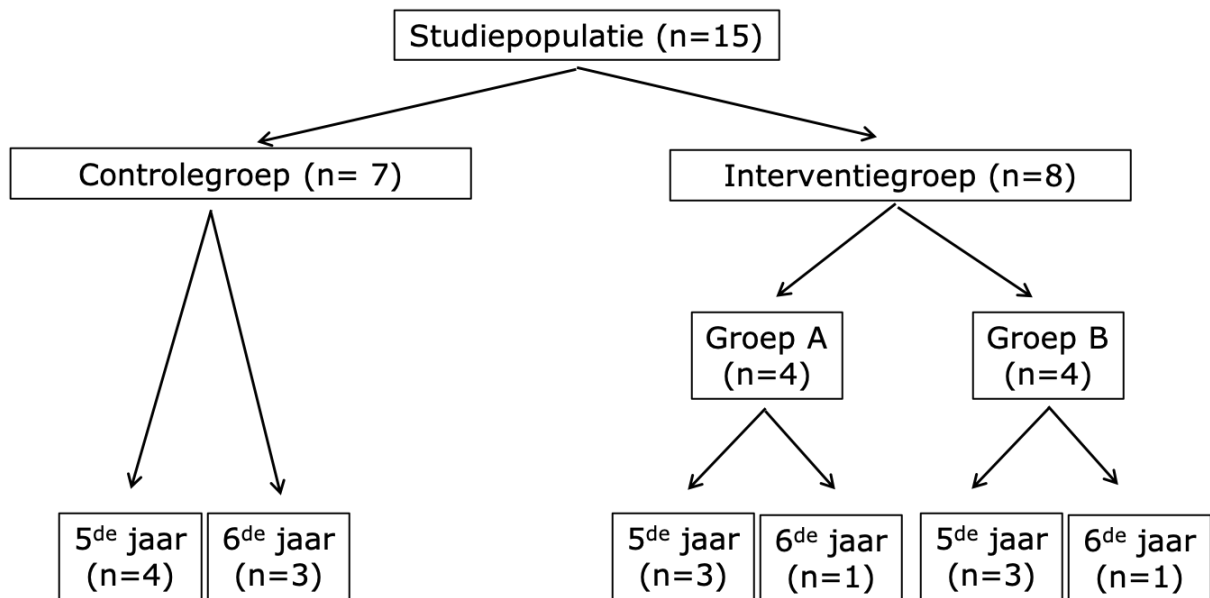
Dit hoofdstuk behandelt de wijze waarop de studie werd uitgevoerd. Dit omvat het studieontwerp met daarin de studipopulatie en de werking en uitvoering van de escape room. Daarnaast wordt de data-verzameling besproken en tot slot de verwerking van deze data.

### 2.1 Studieontwerp

Voor het nagaan van de hypothese werd een kwalitatieve pilootstudie uitgevoerd. Deze studie focuste zich vooral op het verschil in leerrendement, ervaringen en standpunten van leerlingen uit de derde graad techniek-wetenschappen omtrent het gebruik van een escape room als evaluatievorm. De studie omvatte verschillende stadia die werden uitgezet op een tijdlijn (Appendix 7.1). Op Campus Katholiek Onderwijs Hasselt ([Hast](#)) werd het praktische onderdeel van de studie uitgevoerd. Er werden twee leslokalen voorzien waarin de leerlingen ofwel de escape room uitvoerden, ofwel een klassieke les volgden. De klassieke les werd gegeven door de vaste leerkracht biologie, terwijl de escape room begeleid werd door de onderzoekers. Voor de start van de escape room en de klassieke les vulde elke leerling een voor-enquête en geïnformeerde toestemming in en werd de leerkracht geïnterviewd. De escape room en de klassieke les vonden parallel plaats en duurden beiden een lesuur. Beide lessen waren inhoudelijk hetzelfde en behandelden dezelfde leerstof, zij het op een verschillende manier. De klassieke les werd gegeven aan de hand van een onderwijsleergesprek en de escape room werd op een activerende manier ingericht. Tijdens het daaropvolgende lesuur verzamelden alle leerlingen in een leslokaal en vulden beide groepen een schriftelijke toets in. Na het indienen van de toets vulden de leerlingen van de interventiegroep de na-enquête in. Voor het invullen van de toets en de enquête werd een volledig lesuur ingepland.

#### 2.1.1 Deelnemers en groepen

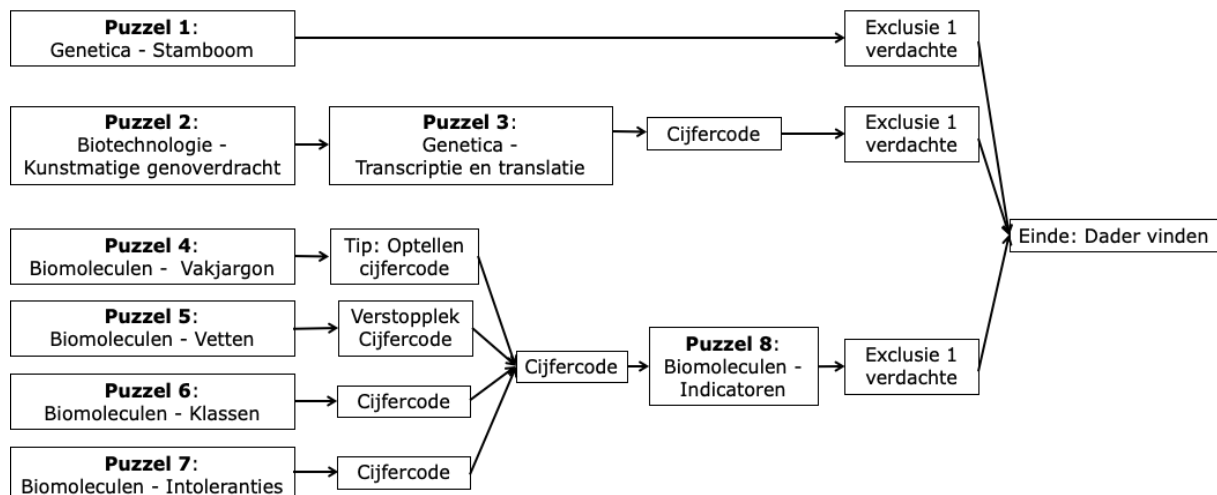
Oorspronkelijk namen 16 leerlingen deel aan de studie. Hiervan zaten elf leerlingen in het vijfde jaar techniek-wetenschappen en vijf leerlingen in het zesde jaar techniek-wetenschappen. In beide klassen gaf dezelfde leerkracht het vak biologie. Wegens ziekte kon één leerling van het vijfde jaar niet deelnemen aan de studie waardoor er een studipopulatie van 15 leerlingen overbleef. De leerlingen werden onderverdeeld in twee groepen (Figuur 1). De helft van de leerlingen werd geplaatst in een interventiegroep die de escape room uitvoerde en de andere helft in een controlegroep die een klassieke les volgde. De interventiegroep bestond uit zes leerlingen van het vijfde jaar en twee leerlingen van zesde jaar. De controlegroep bestond uit vier leerlingen van het vijfde jaar en drie leerlingen van het zesde jaar. Om te verhinderen dat een probleem met sociale interactie en (non-)verbale communicatie zou kunnen interfereren tijdens het spel werd een leerling van het vijfde jaar met een autisme spectrum stoornis (ASS) in de controlegroep geplaatst. Mits enkele aanpassingen zou deze escape room ook geschikt kunnen zijn voor leerlingen met ASS of andere leerstoornissen. In dit onderzoek werden de opdrachten niet specifiek aangepast voor inclusief onderwijs. De interventiegroep werd verder verdeeld in twee groepen van vier leerlingen, groep A en B. Bij deze verdeling werd rekening gehouden met het aantal vijfde- en zesdejaars per groep. Om twee identische groepen te bekomen werden er in iedere groep drie leerlingen van het vijfde jaar en een van het zesde jaar samen geplaatst.



**Figuur 1.** Indeling groepen studiepopulatie.

### 2.1.2 Escape room

De leerlingen van de interventiegroep speelden de escape room met opdrachten uit reeds geziene leerstof voor het zesde jaar. Voor de vijfdejaars was deze leerstof echter nieuw. De data uit de escape room van de vijfdejaars werd gebruikt voor de analyse van een escape room als didactische methode voor het aanbrengen van nieuwe leerstof. Met de data van zesdejaars werd onderzocht of een escape room een goed alternatief is voor een herhalingsles of een verbreding van reeds verworven theoretische kennis door deze leerstof toe te passen en nieuwe vaardigheden te verwerven. De inhoud van de escape room werd opgebouwd rondom drie verschillende thema's uit de geziene leerstof van het zesde jaar, namelijk genetica, biotechnologie en biomoleculen. Deze thema's werden allemaal gekoppeld aan een of meerdere leerplandoelstellingen (Appendix 7.7). Ieder thema bestond uit onafhankelijke puzzels. Dit wil zeggen dat iedere puzzel opgelost kon worden zonder hulp van de oplossing van een andere puzzel. De puzzels behandelden verschillende concepten. Binnen de puzzel omtrent genetica werd stamboomonderzoek behandeld. Biotechnologie omvatte kunstmatige genoverdracht, transcriptie en translatie. De laatste puzzel biomoleculen ging over vakjargon, verschillende klassen biomoleculen, verschillen tussen verzadigde en onverzadigde vetten, intoleranties en indicatoren. De uitgebreide beschrijving van de verhaallijn en individuele puzzels worden overlopen in de volgende secties en zijn samengevat in Tabel 1. In figuur 2 wordt er een overzicht gegeven van de puzzelpaden die doorlopen moesten worden voor het oplossen van de escape room.



**Figuur 2. Puzzelpaden escape room.** De escape room bestaat uit onafhankelijke en afhankelijke puzzels die leiden tot het excluderen van verschillende verdachten, zodat er één dader overblijft. Puzzel 1 kan onafhankelijk worden opgelost voor het excluderen van de eerste verdachte. Puzzel 2 en 3 zijn afhankelijk van elkaar voor het excluderen van de tweede verdachte. De overige puzzels zijn afhankelijk voor het excluderen van de derde verdachte.

### 2.1.2.1 Verhaallijn

Voor de verhaallijn van de escape room werd gekozen voor een moordzaak. Deze moord vond plaats in het fictieve familiebedrijf 'GenTec' dat wetenschappelijk onderzoek uitvoert. Het bedrijf wordt uitgbaat door vier familieleden. Eén van de familieleden deed illegaal onderzoek naar de ziekte door proefpersonen ziek te maken en er daarna geneesmiddelen op te testen. De proefpersonen werden ziek gemaakt door het injecteren van een vector met een insert van het ziektegen. Hierdoor kregen de proefpersonen dezelfde ziekte als de onderzoeker. Eén van de proefpersonen overleefde dit illegaal onderzoek niet en de dood van deze persoon werd onderzocht als moordzaak. De leerlingen kregen in het begin van de escape room een politierapport met een gedetailleerde beschrijving van de zaak (Appendix 7.8) en verdachtendossiers met de achtergrondinformatie (Appendix 7.9). Het leslokaal van de escape room werd gestaged als 'crime scene' door het aanbrengen van een omlijning van het lijk met ducttape. In de rest van het lokaal werden overal hints en puzzels verstopt voor het vinden van de dader.

### 2.1.2.2 Puzzel Genetica

De eerste puzzel Genetica was stamboomonderzoek. In de puzzel werd een onvolledige stamboom opgesteld om na te gaan hoe de genetische afwijking in de familie doorgegeven werd van generatie op generatie. Hierbij werd de info van de vier verdachten niet ingevuld. Omdat deze verdachten spoorloos verdwenen waren, was hun genetisch materiaal bijgevolg niet beschikbaar. In het lokaal werd een blad met een stamboom verstopt met op de achterzijde de uitleg voor het oplossen van een stamboom gebruik makend van de wetten van Mendel (Appendix 7.10.2). Aan de hand van een protocol (Appendix 7.10.1) verborgen in het lokaal konden de leerlingen de stamboom oplossen en zo ontdekken wie van de verdachten de genetische aandoening niet kon hebben en daardoor geen motief had om illegaal onderzoek uit te voeren. Hierdoor werd één van vier de verdachten geëxcludeerd.



### 2.1.2.3 Puzzel Biotechnologie en genetica

In de tweede puzzel Biotechnologie werden drie verschillende concepten verwerkt, namelijk kunstmatige genoverdracht, transcriptie en translatie. Voor de puzzel kunstmatige genoverdracht werd een papier met daarop een stuk van een vector met een ziektegen-insert (Appendix 7.11.3) verstopt in het lokaal waaruit de leerlingen het ziektegen-insert moesten knippen. Deze knipplaats moesten de leerlingen identificeren door de specifieke gensequentie van een restrictie-enzymen te zoeken in de gegeven vector-sequentie en op deze plaats te knippen. De specifieke gen-sequenties van verschillende vectoren werden op de onderkant van agarplaten genoteerd, zodat de leerlingen deze konden vergelijken met de gevonden vector-sequentie. Een handleiding met de werking van kunstmatige genoverdracht (Appendix 7.11.2) werd eveneens in het lokaal verstopt. Nadat de leerlingen het ziektegen uit de vector hadden geknipt kwamen ze aan het genetica-deel van de puzzel. Hierbij moesten ze deze sequentie vertalen naar een RNA-sequentie met behulp van transcriptie en daarna naar een aminozuur(AZ)-sequentie met behulp van translatie. De handleiding voor het uitvoeren van transcriptie en translatie (Appendix 7.11.1) en de AZ-kaart (Appendix 7.11.3) werden ook ter beschikking gesteld in het lokaal. De AZ op de AZ-kaart kregen allemaal een nummer. Door deze nummers van de AZ-sequentie op te tellen kregen de leerlingen een driecijferige code die ze konden gebruiken voor het openen van een cijferslot. Dit cijferslot sloot een doos af waarin een postkaart zat. Dit was het alibi van een van de vier verdachten waardoor de leerlingen weer een verdachte konden uitsluiten.

### 2.1.2.4 Puzzels Biomoleculen

In de derde en tevens laatste puzzel Biomoleculen werden vijf concepten verwerkt, namelijk vakjargon, klassen van biomoleculen, verzadigde en onverzadigde vetten, indicatoren en intoleranties. Door het oplossen van de puzzel ontdekten de leerlingen de laatste onschuldige verdachte aan de hand van de maaginhoud van het slachtoffer. De puzzel bestond uit vijf verschillende deelpuzzels die afhankelijk waren van elkaar, dat wilt zeggen dat elke deelpuzzel apart opgelost diende te worden voor het oplossen van de volledige puzzel Biomoleculen. De eerste deelpuzzel omvatte het concept 'vakjargon' (Appendix 7.12.2). Hierbij werd een blad verstopt in het leslokaal waarop leerlingen de cijfers van verschillende begrippen met de letters van de juiste definities moesten koppelen. Als de letters in de juiste volgorde geordend werden vormde dit de zin 'In de maaginhoud'. Dit was een tip die verwees naar het papier dat verstopt zat in de maaginhoud. Op dit papier stond geschreven dat de leerlingen de drie codes van de deelpuzzels van biomoleculen moesten optellen. Deze maaginhoud bevond zich naast de omlijning van het slachtoffer. Voor de tweede deelpuzzel werd het concept 'vetten' gebruikt (Appendix 7.12.2). In het lokaal werden verschillende stukken van een effectieve puzzel verstopt. Door hun kennis van het verschil tussen verzadigde en onverzadigde vetten toe te passen konden de leerlingen de puzzel oplossen. Op de achterzijde van de opgeloste puzzel stond het woord 'skelet' dat verwees naar het menselijk skelet aanwezig in het leslokaal. Hierin zat een papier met één van de drie driecijferige codes verstopt.

De derde deelpuzzel werd opgebouwd rond de verschillende klassen van biomoleculen. Hiervoor werden op de achterkant van het bord foto's van verschillende producten uit het dagelijkse leven geplakt. Deze representeerden de verschillende klassen biomoleculen. Aan de hand van de eerste letters van deze klassen konden de leerlingen via een codegrid een tweede driecijferige code vinden. Een vierde deelpuzzel werd opgebouwd rondom 'intoleranties'. In het lokaal werd een papier verstopt met daarop het mechanisme van lactose-intolerantie (Appendix 7.12.2). Hierin werden verschillende begrippen weggelaten. Naast het mechanisme stond er een lijst met de verschillende mogelijke begrippen die ingevuld konden worden, waarbij ieder begrip een volgnummer had. Bij het invullen van de juiste begrippen werd er opnieuw een driecijferige code gevormd. Nadat de leerlingen de drie cijfercodes opgeteld hadden vonden ze een nieuwe driecijferige code. Met deze code kon er een cijferslot geopend worden dat toegang gaf tot twee verschillende indicatoren nodig voor de vijfde deelpuzzel, opgebouwd rondom 'indicatoren'. Voor deze puzzel hadden de leerlingen, naast de

indicatoren, ook het protocol voor het gebruik van deze indicatoren nodig (Appendix 7.12.1). Dit protocol lag eveneens verstopt in het leslokaal. Voor deze proef werd de maaginhoud van het slachtoffer onderzocht. Hierop moesten de leerlingen testen doen met indicatoren om te ontdekken welke verdachte er nog onschuldig was. De twee indicatoren die de leerlingen ter beschikking hadden waren Sudan III (Vetten, oranje verkleuring) en Lugol (zetmeel, blauwe verkleuring). De verdachten hadden allemaal een kleurcode waarvan één van de kleuren overeen kwam met de positieve verkleuring van lugol. Door het oplossen van deze puzzel konden de leerlingen de laatste verdachte excluseren en de moordenaar aanduiden.

### 2.1.2.5 Reflectie

Bij het analyseren van de data werd er door de onderzoekers gereflecteerd over de uitvoering, de proeven en de timing. Er werden enkele aanpassingen gemaakt, zodat de escape room gespeeld kan worden door een nieuwe testgroep. Allereerst werden de protocols van de proeven ingekort tot maximum een pagina, omdat het lezen van de uitgebreide protocols te veel tijd in beslag nam tijdens de uitvoering van de escape room (Appendix 7.10.1, 7.11.1 en 7.11.2). Vervolgens werd de deelpuzzel vakjargon ingekort van 15 begrippen naar 10 begrippen (Appendix 7.12.2) en de intolerantie puzzel verwijderd. De toetsvraag over de intolerantie werd bijgevolg ook verwijderd. Ten slotte werd er ook beslist om op het einde van de escape room de leerlingen gezamenlijk een samenvattend politierapport te laten opstellen zodat de leerlingen de leerstof van iedere puzzel samen kunnen overlopen. Hiervoor zullen de leerlingen een template krijgen waarop specifieke vragen over de inhouden van de escape room beantwoord dienen te worden. Dit werd gedaan omdat de leerlingen van Campus Hast tijdens de escape room vaak maar bezig waren met één proef per persoon. Tot op heden werd er nog geen tweede escape room uitgevoerd met deze wijzigingen omwille van het sluiten van de scholen door de COVID-19 pandemie.

**Tabel 1. Thema's in de escape room.**

Thema	Concept	Puzzel	Resultaat
<b>Genetica</b>	Stamboom-onderzoek	Stamboom met genetische ziekte waarbij info over 4 personen ontbreekt.	Exclusie van gezonde verdachte.
	Transcriptie en translatie	Vertalen van het DNA-insert, van de puzzel biomoleculen, van een vector naar RNA- en AZ-sequentie.	Vormen cijfercode voor doos met cijferslot met alibi van 1 verdachte.
<b>Biotechnologie</b>	Kunstmatige genoverdracht	Uitknippen van DNA-insert uit vector door het vinden van de knipplaatsen voor restrictie-enzymen.	DNA-insert vinden dat vertaald moet worden.

<b>Biomoleculen</b>	Vakjargon	Verbinden vakjargon met de juiste definitie.	Tip voor het optellen van de drie cijfercodes van de proeven van biomoleculen voor het openen van een pot met cijferslot waarin indicatoren voor intolerantie puzzel liggen.
	Vetten	Puzzel over de verschillen tussen verzadigde en onverzadigde vetten.	Tip voor het vinden van de tweede cijfercode.
	Klassen biomoleculen	Klassen biomoleculen koppelen aan producten uit het dagelijkse leven.	Cijfercode
	Intoleranties	Puzzel over lactose-intolerantie.	Cijfercode
	Indicatoren	Onderzoeken maaginhoud op aanwezigheid zetmeel of lipiden.	Exclusie van verdachte door middel van kleurcode.

### 2.1.3 Klassieke les

De leerlingen uit de controlegroep volgden een klassieke les. De inhoud van deze les kwam overeen met de inhoud van de escape room, maar werd op een minder activerende manier gegeven aan de hand van een onderwijsleergesprek. De leerkracht biologie van campus Hast gaf deze les frontaal in de klas aan de controlegroep aan de hand van een PowerPointpresentatie (Appendix 7.13). De verhaallijn van de PowerPointpresentatie was gelijkaardig als deze van de escape room. Aan deze verhaallijn werden de verschillende thema's (genetica, biotechnologie en biomoleculen) gekoppeld.

## 2.2 Dataverzameling

Het verzamelen van de benodigde data werd gedaan aan de hand van verschillende documenten die door de leerlingen of leerkracht ingevuld moesten worden. Deze documenten zijn voor- en na-enquêtes, toetsen en een voor- en na-interview.

### 2.2.1 Enquêtes en interview

Voor het staven van de mening van de leerlingen over het gebruik van een escape room als activerende leer methode of als alternatieve evaluatiemethode werden twee enquêtes opgesteld met 19 stellingen. Allereerst werd er een voor-enquête (Appendix 7.4) opgesteld om de mening van de studenten vóór de escape room te staven. Hierbij werd er ook de nodige uitleg voorzien voor het concept 'escape room' zodat de leerlingen de enquête met de juiste achtergrondinformatie konden invullen. Daarnaast werd een na-enquête (Appendix 7.4) opgesteld om te controleren of de mening van de leerlingen veranderd was na het uitvoeren van de escape room. De stellingen van de enquête werden opgesteld aan de hand van het opmaken van persona's. Hierbij moest ieder lid van de onderzoeksgroep een fictieve persoon beschrijven en noteren welke vragen hij/zij aan deze persoon zou stellen in verband met de escape room. Deze vragen werden gebundeld en de mogelijke antwoorden werden gebaseerd op een

Likert-schaal (Sectie 2.2.1.1). Zowel de controlegroep als de interventiegroep voerden de voor-enquête uit maar enkel de interventiegroep voerde de na-enquête uit. De enquêtes werden anoniem uitgevoerd, enkel het jaar en de groep werden genoteerd.

De mening van de leerkracht werd ook gestaafd aan de hand van een interview. Het voor-interview (Appendix 7.5) werd afgelegd net voor de uitvoering van de escape room. Het na-interview heeft nooit kunnen plaatsvinden omwille van COVID-19. De data van het interview werd bijgevolg niet gebruikt.

### **2.2.1.1 Likert-schaal**

De enquêtes werden opgebouwd in een 4-punt Likert-schaal onderverdeling met de antwoordmogelijkheden “Akkoord”, “Eerder akkoord”, “Eerder niet akkoord” en “Niet akkoord”. Voor deze keuze baseerden we ons op een literatuurstudie (Garland, 1991; Pornel & Saldaña, 2013; Revilla, Saris, & Krosnick, 2014; Weijters, Cabooter, & Schillewaert, 2010). Enerzijds werd er gebruikgemaakt van een Agree-Disagree Likert-schaal omdat deze makkelijk te gebruiken is voor de ondervraagden. Hierdoor is dit ook een veelgebruikte schaal in sociale studies (Revilla et al., 2014). Anderzijds werd een 4-punt Likert-schaal aangewend omwille van vier redenen. Ten eerste toonde Revilla aan dat de kwaliteit van de data afneemt met een toenemend aantal punten in een agree-disagree schaal (Revilla et al., 2014). Om deze reden vielen schalen met meer dan 5 punten buiten beschouwing. Ten tweede geeft de 2-punt Likert-schaal te weinig informatie waardoor ook deze schaal buiten beschouwing werd gelaten. Enkel de veelgebruikte 4- of 5-punt Likert-schalen bleven over. Het verschil tussen deze schalen is dat de 5-punt Likert-schaal een neutrale optie voorziet. Hier krijgen de ondervraagden de mogelijkheid om noch met de stelling akkoord te gaan, noch de stelling tegen te spreken. Dit middelpunt brengt zowel voor- als nadelen met zich mee. Het voordeel van dit middelpunt is dat de resultaten niet worden beïnvloed door de keuze van de schaal. In de 4-punt Likert-schaal zal deze keuze hen worden ontnomen, wat de resultaten beïnvloedt (Pornel & Saldaña, 2013).

De nadelen van een neutraal antwoord zijn, ten eerste, dat het middelpunt ook ongewilde betekenissen kan krijgen. Naast het neutraal antwoord kan deze optie ook worden aangeduid wanneer de ondervraagden niet gemotiveerd zijn om over de stelling na te denken (Pornel & Saldaña, 2013). Dit zal leiden tot een vervalsing van de resultaten dat kan worden geëlimineerd door het gebruik van de 4-punt Likert-schaal. Daarnaast roept een middelpunt op tot 'social desirability bias'. Wanneer de 5-punt Likert-schaal wordt gehanteerd zullen de ondervraagden zich meer geneigd voelen om sociaal acceptabele antwoorden te kiezen. Het middelpunt biedt hen de optie om de stelling niet tegen te spreken ook al gaan ze niet akkoord. Het gebruik van een 4-punt Likert-schaal gaat dit tegen en elimineert deze social desirability bias (Garland, 1991; Pornel & Saldaña, 2013; Weijters et al., 2010). R. Garland vertelt dat door het gebruik van een 4-punt Likert-schaal hierdoor meer negatieve resultaten worden bekomen. Voor dit onderzoek werd de 4-punt Likert-schaal gekozen omdat de kwaliteit van de data afneemt met het aantal punten in een agree-disagree schaal, de 2-punt Likert-schaal te weinig informatie geeft, het middelpunt van de 5-punt likert-schaal ongewilde betekenissen kan geven en tot een vervalsing van de resultaten en het geven van sociaal acceptabele antwoorden kan leiden.

### **2.2.2 Toetsen**

Het verschil in leerrendement werd onderzocht aan de hand van toetsresultaten. Nadat de leerlingen de escape room hadden uitgevoerd of de klassieke les hadden gevolgd moest iedere leerling dezelfde toets afleggen. De toets (Appendix 7.6) werd opgebouwd met vragen over de drie thema's die in de escape room en de klassieke les behandeld werden, namelijk genetica, biotechnologie en biomoleculen. Het gewicht van iedere vraag kwam overeen met het aandeel dat ieder thema had tijdens de praktische uitvoering van de studie. Genetica, biotechnologie en biomoleculen telden respectievelijk voor zeven, vier en zeven punten mee van de 19.

## **2.3 Data-analyse**

Na het verzamelen van de data werd deze geanalyseerd voor het nagaan van de hypothese dat een escape room voor een verhoogd leerrendement zorgt in de derde graad techniek-wetenschappen van het technisch secundair onderwijs. Hiervoor werden de enquêtes, toetsen en interviews geanalyseerd.

### **2.3.1 Enquêtes**

Via de enquêtes werd er allereerst gekeken naar het verschil in mening van de interventiegroepen A en B voor en na het uitvoeren van de escape room. De meerwaarde van de escape room om reeds geziene leerstof te herhalen, is terug te vinden in het antwoord van de zesdejaars; de effectiviteit van de escape room om nieuwe leerstof aan te brengen, wordt weerspiegeld in de antwoorden van de vijfdejaars. De data van de enquêtes kunnen niet statistisch worden benaderd omwille van twee redenen. Langs de ene kant zijn er te weinig testresultaten. Door de corona pandemie was het namelijk onmogelijk om meerdere testen uit te voeren. Langs de andere kant wordt er gewerkt met een Likert-schaal. Wanneer gewone statistiek op deze schalen wordt toegepast doet men de foute veronderstelling dat de intervallen tussen alle antwoorden even groot zijn. Aangezien dit niet het geval is zullen de bekomen resultaten leiden tot foute conclusies. Om deze redenen worden enkel de percentuele antwoorden matrix van de enquête beschreven en worden er conclusies getrokken gebaseerd op het al dan niet voorkomen van gepolariseerde antwoorden (S. Jamieson, 2004).

### **2.3.2 Toetsen**

De toetsscores werden geanalyseerd met behulp van Microsoft Excel. De antwoorden van de toetsen werden geanalyseerd door deze te vergelijken met een verbeter sleutel (Appendix 7.6). Alle toetsen werden horizontaal verbeterd om een zo betrouwbaar mogelijk resultaat te bekomen. De scores van de controle- en interventiegroep werden vergeleken bij ieder onderdeel. Er werd gekeken naar totale toetsscores, deelpunten en aantal ingevulde vragen voor het analyseren van de data, deze werden geplott in een histogram. Voor de totale test scores werden de gemiddelden van de verschillende groepen genomen. De deelscores werden omgezet naar percentages en werden onderling vergeleken. Als laatste werd het percentage vragen dat blanco gelaten werd door de leerlingen vergeleken per thema.

## **2.4 Ethische goedkeuring**

De deelnemers ondertekenden allemaal een geïnformeerde toestemming (Appendix 7.3) alvorens het uitvoeren van de studie. Hierin werden alle objectieven, methodologieën, info over confidentialiteit van de data en praktische info over de vrijwillige deelname en het terugtrekken uit de studie beschreven. De leerlingen werden ook geïnformeerd door de leerkracht dat de afgenomen test en hun prestaties tijdens de uitvoering van de escape room onafhankelijk waren van hun score en niet meetelden als evaluatie voor het vak.

### 3 Resultaten

In deze sectie wordt de informatie uit de enquêtes en de afgenomen toetsen besproken. In deze resultaten worden enkel de percentages vermeld, hier is geen statistische analyse op uitgevoerd omwille van de redenen vermeld in sectie 2.3.1.

#### 3.1 Enquêtes

Voor de leerlingen die de escape room hebben getest, werden twee enquêtes voorzien: één bij aanvang van de escape room en één na het uitvoeren hiervan. In onderstaande paragrafen worden de resultaten van deze bevraging weergegeven. Om de optredende meningsverschuivingen te kunnen bespreken werden de enquêtes van de controlegroep niet in rekening gebracht. De gestelde vragen zijn opgedeeld in twee groepen. Eén met betrekking tot het leerrendement en een tweede groep toegespitst op de mogelijkheid om deze werkvorm te gebruiken als evaluatiemethode.

##### 3.1.1 Leerrendement

In volgende sectie worden de vragen behandeld die gerelateerd zijn aan het verhogen van het leerrendement. Deze vragen werden opgedeeld in stellingen die handelen over de leerwinst in het algemeen en stellingen die zich focussen op specifieke factoren om het leerrendement te verhogen. Onderstaande figuur biedt een overzicht van de behandelde stellingen in elk onderdeel.

#### Algemeen leerrendement

5: Een escape room lijkt me meer leerrijk dan een klassieke les.

6: Ik heb de leerstof beter begrepen nu ik deze kon verwerken in groep met minimale begeleiding van de leerkracht.

17: De escape room was een meerwaarde als middel voor het aanbrengen van leerstof.

18: Ik denk dat ik met een toets hetzelfde resultaat zou halen na de escape room dan na een klassieke les.

Factoren die het leerrendement beïnvloeden	
Activering	
3:	De escape room heeft me voldoende geactiveerd tijdens de les.
11:	Ik heb de volgende rol opgenomen in de escape room.
Uitdaging	
4:	De escape room heeft me voldoende uitgedaagd tijdens de les.
Leerhouding	
9:	Een escape room zou mij kunnen helpen om thuis een betere leerhouding aan te houden (i.v.m. voorbereiding voor de escape room).
10:	Ik zou bereid zijn om me voor te bereiden op een escape room.
Structuur	
14:	Het aanleren van leerstof via de escape room was voor mij voldoende gestructureerd/duidelijk.
13:	De escape room heeft mij geholpen om de hoofdconcepten van de bijzaken van de leerstof te kunnen onderscheiden.
Motivatie	
2:	De escape room heeft me meer gemotiveerd tijdens de les.
16:	De escape room heeft mijn motivatie en interesse gestimuleerd.
1:	Het lijkt me interessant om een klassieke les te vervangen door een escape room.
12:	De escape room heeft ervoor kunnen zorgen dat ik toch aandachtig was bij de leerstof van een vak dat buiten mijn gebied lag.
19:	Ik zou graag vaker een escape room willen doen om leerstof te verwerken.
Leerhouding	
7:	Het samenwerken tijdens de escape room sprak me aan.
8:	De samenwerking met andere leerlingen heeft me geholpen om de leerstof beter te begrijpen tijdens het uitvoeren van de escape room.

**Figuur 3.** Overzicht behandelde stellingen per topic.

### 3.1.1.1 Algemeen leerrendement

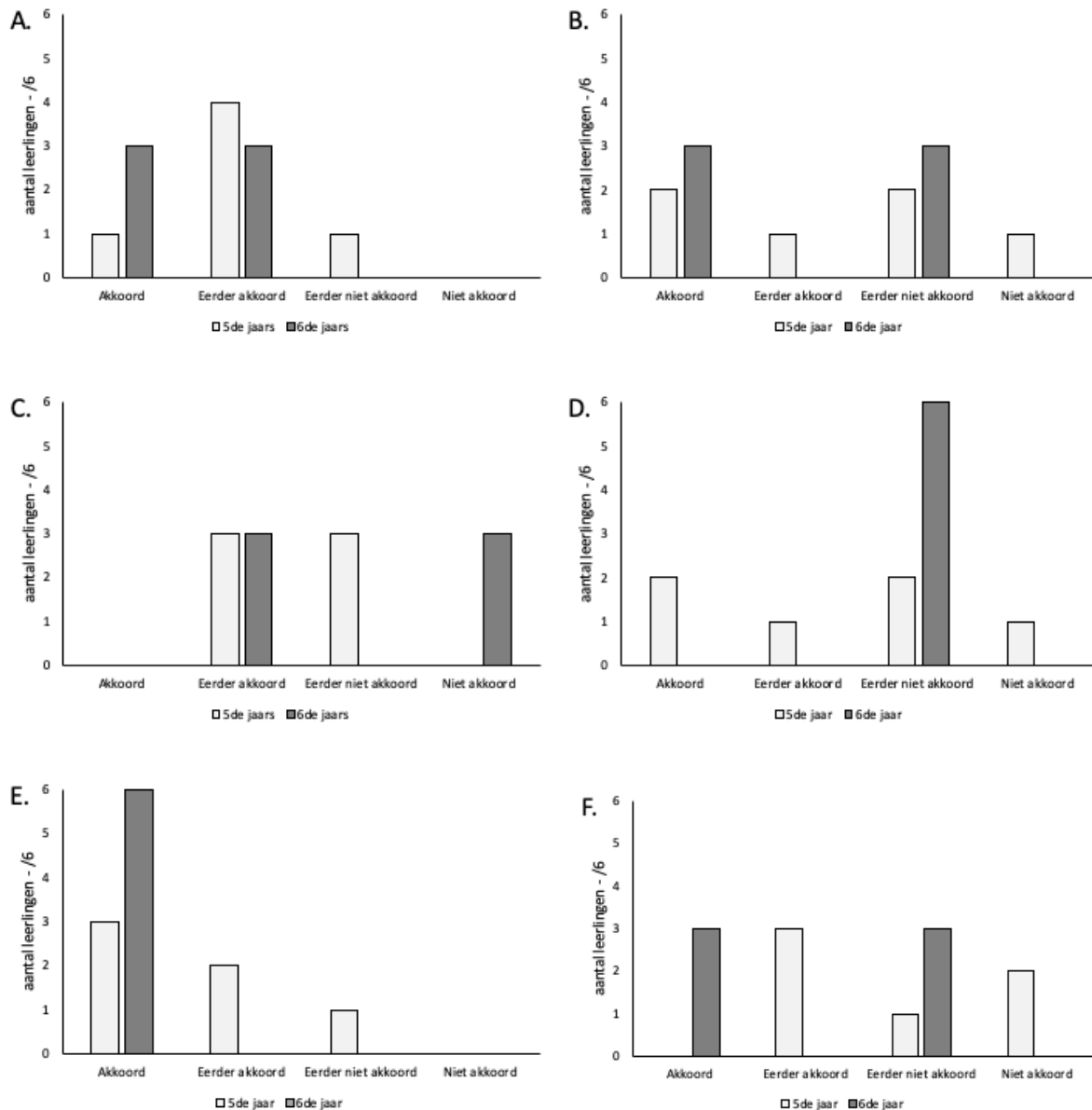
Ten eerste werd in stelling 5 aan de studenten gevraagd of zij een escape room leerrijker vinden dan een klassieke les. Er werd waargenomen dat voor het uitvoeren hiervan vier van de zes vijfdejaars deze vraag met “eerder akkoord” en één vijfdejaars met “akkoord” beantwoordden (Figuur 4.A). Slechts één vijfdejaars sprak de stelling tegen en antwoordde met “niet akkoord”. Daarnaast bevestigden beide zesdejaars de stelling ook met de antwoorden “akkoord” en “eerder akkoord”. Na het uitvoeren van de escape room veranderden deze meningen echter (Figuur 4.B). De antwoorden van zowel de vijfde- als zesdejaars verschoven richting de negatieve kant. Beide groepen gaven verdeelde resultaten waarbij de vijfdejaars nu tweemaal “akkoord”, éénmaal “eerder akkoord”, tweemaal “eerder niet akkoord” en éénmaal “niet akkoord” aanduiden en de zesdejaars hun mening verdeelde over “akkoord” en “eerder niet akkoord”. Er kan dus een duidelijke verandering van mening worden geconstateerd. Waar voorheen zou blijken dat de escape room leerrijker zou zijn, blijkt nadien dat deze stelling niet meer kan worden aangenomen.

Daarnaast werd in stelling 6 gevraagd aan de lerenden of ze de leerstof beter begrepen nu ze deze in groep konden verwerken met minimale begeleiding van de leerkracht. De resultaten tonen dat voor het uitvoeren van de escape room de meningen van de vijfdejaars even verdeeld waren over de antwoordmogelijkheden “eerder akkoord” en “eerder niet akkoord” (Figuur 4.C). Ook de mening van de zesdejaars waren verdeeld, waarbij één de stelling beantwoorde met “eerder akkoord” en de andere “niet akkoord” aangaf. Na het uitvoeren van de escape room veranderden de resultaten (Figuur 4.D). De meningen van de vijfdejaars verspreidden zich verder waarbij er nu twee leerlingen “akkoord” hadden aangeduid, één leerling “eerder akkoord”, twee leerlingen “eerder niet akkoord” en nog een leerling “niet akkoord”. Beide zesdejaars daarentegen veranderden hun mening naar “eerder niet akkoord”. De meningen van de studenten is zowel voor als na het uitvoeren van de escape room verdeeld.

Verder werd in stelling 17 (Figuur 4.E) gepeild of de leerlingen de escape room een meerwaarde vonden als middel om de leerstof aan te brengen. Hieruit blijkt dat vijf van de zes vijfdejaars akkoord gingen met deze stelling. Daarnaast bevestigden beide zesdejaars deze stelling ook door deze te beantwoorden met “akkoord”. De escape room werd dus algemeen gewaardeerd als een activerende werkvorm die een meerwaarde biedt.

Tenslotte werd in stelling 18 (Figuur 4.F) gevraagd of de lerenden denken hetzelfde resultaat te behalen na de escape room als na een klassieke les. De antwoorden hierop zijn zowel voor de vijfde- als zesdejaars verdeeld. De helft van de vijfdejaars bevestigde deze stelling met “eerder akkoord”, één leerlingen antwoordde met “eerder niet akkoord” en de twee resterende lerende lieten weten “niet akkoord” te gaan met deze stelling. De zesdejaars verdeelden hun antwoorden over “akkoord” en “eerder niet akkoord”. Ook hier zijn de meningen zeer verdeeld. De helft van de lerenden bevestigt de stelling.



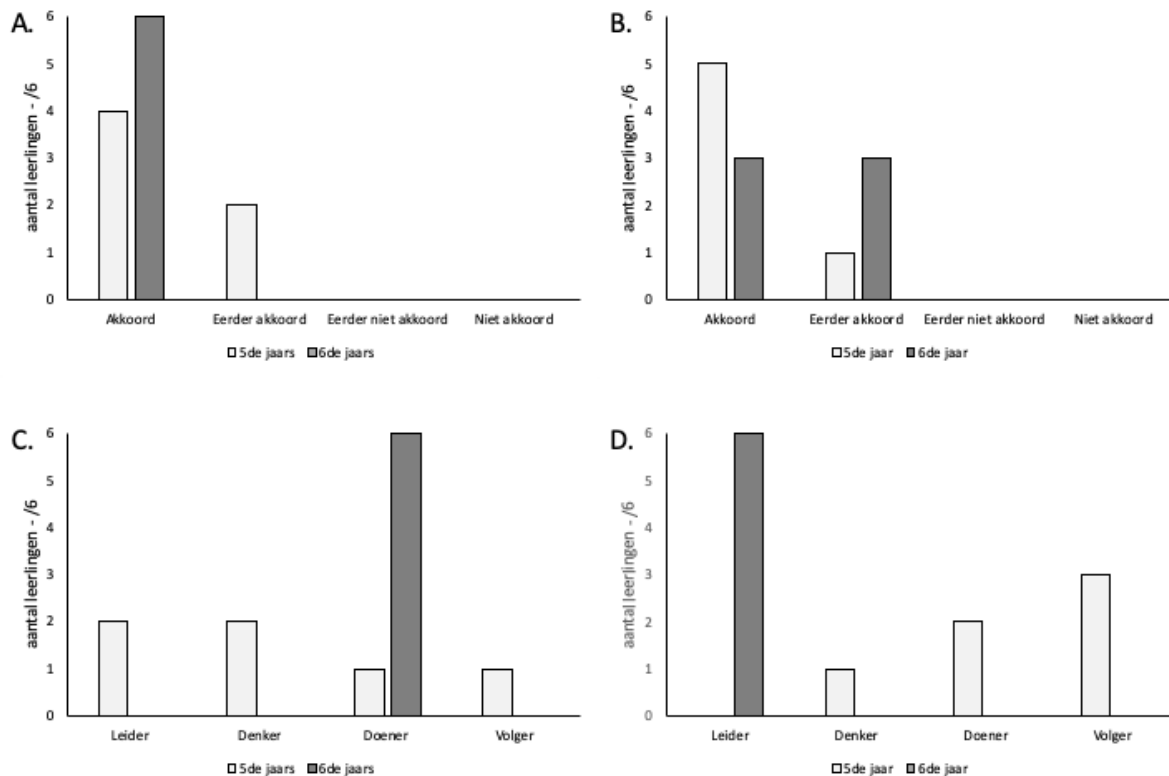


**Figuur 4. Resultaten bevraging leerrendement.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar het leerrendement. De resultaten zijn verdeeld. **A.** Stelling 5: Een escape room lijkt me meer leerrijk dan een klassieke les. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **B.** Stelling 5: Een escape room lijkt me meer leerrijk dan een klassieke les. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room **C.** Stelling 6: Ik zou leerstof beter begrijpen als ik deze kan/mag verwerken in groep met minimale begeleiding van de leerkracht. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **D.** Stelling 6: Ik heb de leerstof beter begrepen nu ik deze kon verwerken in groep met minimale begeleiding van de leerkracht. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room **E.** Stelling 17: De escape room was een meerwaarde als middel voor het aanbrengen van leerstof. **F.** Stelling 18: Ik denk dat ik met een toets hetzelfde resultaat zou halen na de escape room dan na een klassieke les.

### 3.1.1.2 Factoren die het leerrendement beïnvloeden

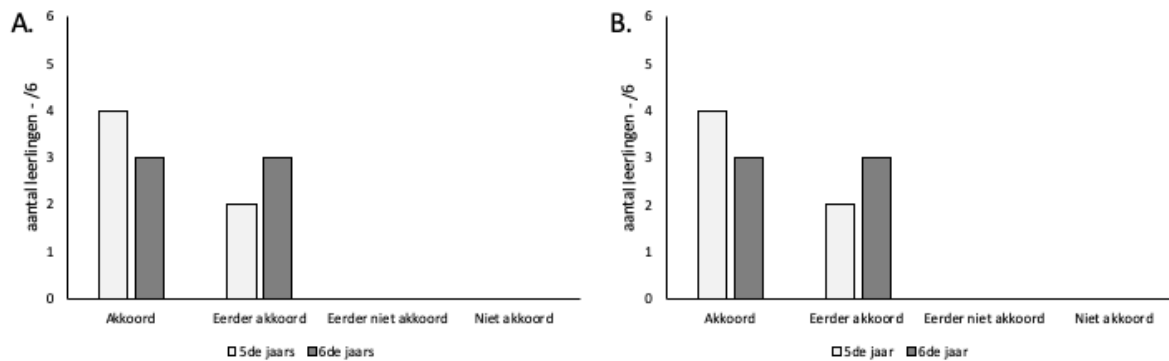
Ten eerste behandelen stellingen 3 en 11 de activering van de lerenden tijdens het uitvoeren van een escape room. Stelling 3 peilde naar het activerende karakter van de escape room. Hieruit blijkt dat voor het uitvoeren van de escape room twee derde van de vijfdejaars en beide zesdejaars akkoord gingen met deze stelling (Figuur 5.A). Na het uitvoeren bleven deze resultaten nog steeds volledig aan de bevestigende kant met nu 5/6<sup>de</sup> van de vijfdejaars dat “akkoord” antwoordde en de twee zesdejaars die hun antwoorden verdeelden over “akkoord” en “eerder akkoord” (Figuur 5.B). Uit deze resultaten kan worden afgeleid dat de escape room de lerenden aanzet om actief om te gaan met de leerstof.

Vervolgens verwijzen de resultaten uit stelling 11 naar de rol die de leerlingen hebben opgenomen in de escaperoom. Uit de voorafgaande vragenlijst kan worden gesteld dat de rollen die de vijfdejaars dachten op te nemen in een escape room sterk variëren (Figuur 5.C). Van de zes vijfdejaars voorspelden twee de functie van leider op te nemen, twee zagen zichzelf als denker, één als doener en één als volger. Daarnaast zagen beide zesdejaars zich als doeners. Na het uitvoeren van de escaperoom was er echter een duidelijke verandering merkbaar in deze antwoorden (Figuur 5.D). Beide zesdejaars zagen zichzelf tijdens het uitvoeren van de escape room als leiders. Van de vijfdejaars zag slechts één leerling zich nog als denker, twee als doener en drie als volger. Uit deze resultaten blijkt dat de zesdejaars de leiding namen en de helft van de vijfdejaars hun teamgenoten volgde.



**Figuur 5. Resultaten bevraging activering.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar het activerende karakter van de escaperoom. **A.** Stelling 3: Een escape room zou me voldoende activeren tijdens de les. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **B.** Stelling 3: De escape room heeft me voldoende geactiveerd tijdens de les. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room **C.** Stelling 11: Ik zou de volgende rol opnemen in de escape room. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **D.** Stelling 11: Ik heb de volgende rol opgenomen in de escape room. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

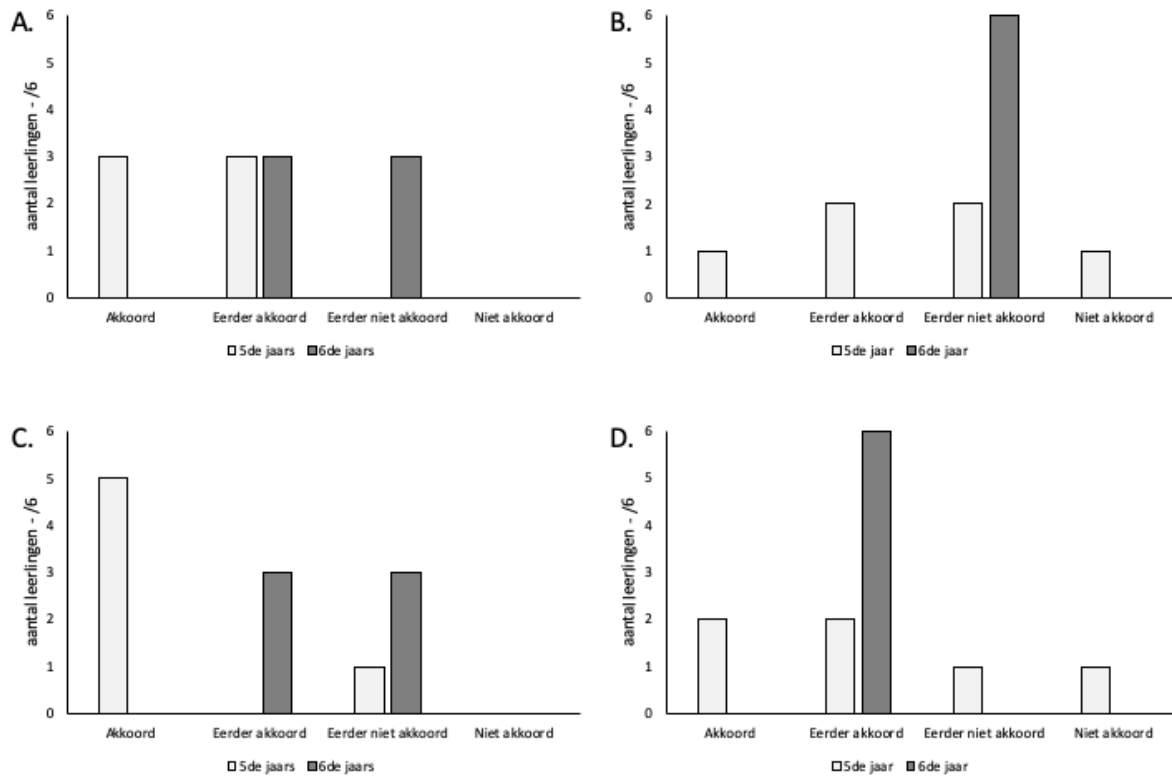
Daarnaast werden de leerlingen ook bevraagd over het uitdagingsniveau van de escape room. Uit de antwoorden van stelling 4 blijkt dat alle leerlingen deze hypothese bevestigden. Vier van de zes vijfdejaars beantwoordden stelling 4 met “akkoord” en twee met “eerder akkoord” (Figuur 6.A). Ook bij de zesdejaars waren de meningen verdeeld over deze twee antwoordmogelijkheden. Na het uitvoeren van de escaperoom bleven de resultaten voor beide jaren gelijk (Figuur 6.B). Aangezien alle leerlingen deze stelling dus zowel voor- als achteraf bevestigden kan worden geconcludeerd dat de escape room hen voldoende heeft uitgedaagd.



**Figuur 6. Resultaten bevraging uitdaging.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar de uitdaging. **A.** Stelling 4: Een escape room zou me voldoende uitdagen tijdens de les. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **B.** Stelling 4: De escape room heeft me voldoende uitgedaagd tijdens de les. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

Stellingen 9 en 10 handelden over de invloed van de escape room op de leerhouding van de lerenden. In stelling 9 werd gevraagd of een escape room de leerlingen zou helpen om thuis een betere leerhouding aan te nemen. Uit de antwoorden kan worden afgeleid dat alle vijfdejaars de stelling bevestigden voor het uitvoeren van de escape room (Figuur 7.A). Bij de zesdejaars was er echter één leerling die de stelling tegensprak door “eerder niet akkoord” te antwoorden. Na het uitvoeren van de escape room waren de meningen van de vijfdejaars verdeeld (Figuur 7.B). Slechts de helft bevestigde de stelling, waarbij enkel één leerling aangaf “akkoord” te gaan met deze stelling en twee anderen “eerder akkoord” gingen. Ook bij de zesdejaars is deze verschuiving waar te nemen. Beide leerlingen beantwoordden deze vraag nadien met “eerder niet akkoord”. Hieruit kan worden geconcludeerd dat hoewel voordien al de lerende dachten dat deze alternatieve werkvorm hun zou stimuleren thuis een betere leerhouding aan te nemen, deze stelling nadien niet meer bekrachtigd kan worden.

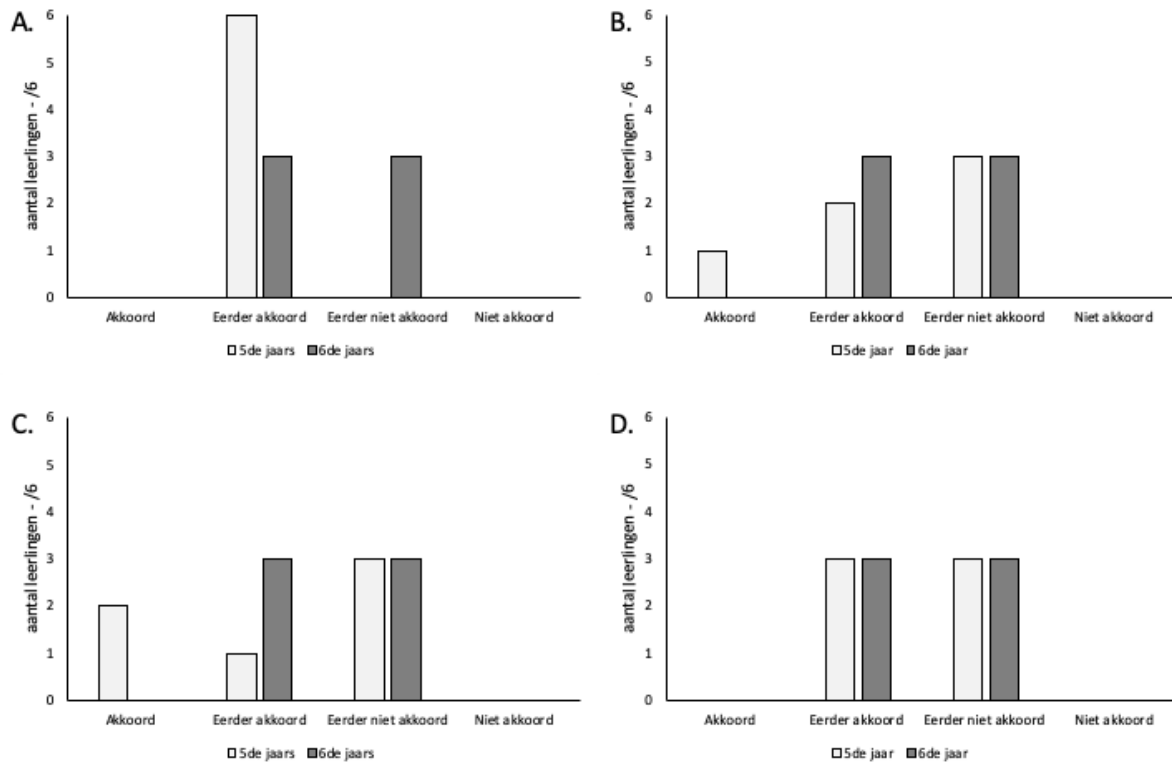
In stelling 10 werd gepeild naar de bereidwilligheid van de leerlingen om zich voor te bereiden op een escape room. Uit de antwoorden van stelling 10 kan afgeleid worden dat vooraf alle tien vijfdejaars akkoord gingen met deze stelling (Figuur 7.C). De meningen van de zesdejaars daarentegen waren verdeeld over “eerder akkoord” en “eerder niet akkoord”. Na het uitvoeren van de escape room waren de meningen van de vijfdejaars nog sterker verdeeld (Figuur 7.D), met nog slechts twee leerlingen die “akkoord” antwoordden, twee leerlingen die “eerder akkoord” aanduiden, één leerling die “eerder niet akkoord” aanvinkte en één leerling die liet weten “niet akkoord” te gaan. Bij de twee zesdejaars de bereidwilligheid groter na het spel. Beide antwoordden nadien met “eerder akkoord”. Hoewel de vijfdejaars minder overtuigd waren van deze stelling, bevestigden nog steeds zes van de acht vijfde- en zesdejaars uit de interventiegroep deze stelling. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de leerlingen open staan om zich voor te bereiden op een escape room.



**Figuur 7. Resultaten bevraging invloed op leerhouding.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar de invloed hiervan op hun leerhouding. **A.** Stelling 9: Een escape room zou mij kunnen helpen om thuis een betere leerhouding aan te houden (i.v.m. voorbereiding voor de escape room). Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **B.** Stelling 9: Een escape room zou mij kunnen helpen om thuis een betere leerhouding aan te houden (i.v.m. voorbereiding voor de escape room). Beantwoord na het uitvoeren van een escape room. **C.** Stelling 10: Ik zou bereid zijn om me voor te bereiden op een escape room. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **D.** Stelling 10: Ik zou bereid zijn om me voor te bereiden op een escape room. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

In stelling 14 werd gepeild of de escape room genoeg gestructureerd was voor het aanleren van leerstof. Alle vijfdejaars bevestigden deze stelling door “eerder akkoord” aan te duiden (Figuur 8.A). De meningen van de zesdejaars waren meer verdeeld. Na het uitvoeren van de escaperoom waren de meningen van de vijfdejaars terug verdeeld (Figuur 8.B). Slechts drie leerlingen bevestigden de stelling en één leerling had zijn antwoord veranderd naar “akkoord”. De drie andere lerenden gingen nadien “eerder niet akkoord”. De antwoorden van de zesdejaars bleven gelijk. Hieruit blijkt dat de meerderheid van de lerenden voordien dacht dat de escaperoom voldoende gestructureerd was voor hen, maar na het uitvoeren ervan enkelingen van mening veranderden. De resultaten zijn te verspreid om hier een conclusie uit te kunnen trekken.

Ook met stelling 13 werd gepeild naar de aangeboden structuur. In deze stelling werd gevraagd of de escape room de leerlingen hielp om de hoofdconcepten van de bijzaken van de leerstof te onderscheiden. Uit de resultaten kan worden waargenomen dat de antwoorden van de vijfdejaars gelijk verdeeld zijn over de bevestigende en de ontkrachtende zijde (Figuur 8.C). Twee leerlingen bevestigden de stelling door “akkoord” te antwoorden en één door “eerder akkoord” aan te duiden. De drie andere leerlingen beantwoordde deze vraag met “eerder niet akkoord”. Na het uitvoeren van de escape room was er weinig verandering in de resultaten (Figuur 8.D). Slechts de helft van de vijfdejaars bevestigde nog steeds de stelling, maar deden dit nu door alle drie “eerder akkoord” te antwoorden. De andere resultaten van de vijfde- en zesdejaars bleven gelijk. De antwoorden op deze stelling waren zowel vooraf als nadien erg verspreid.



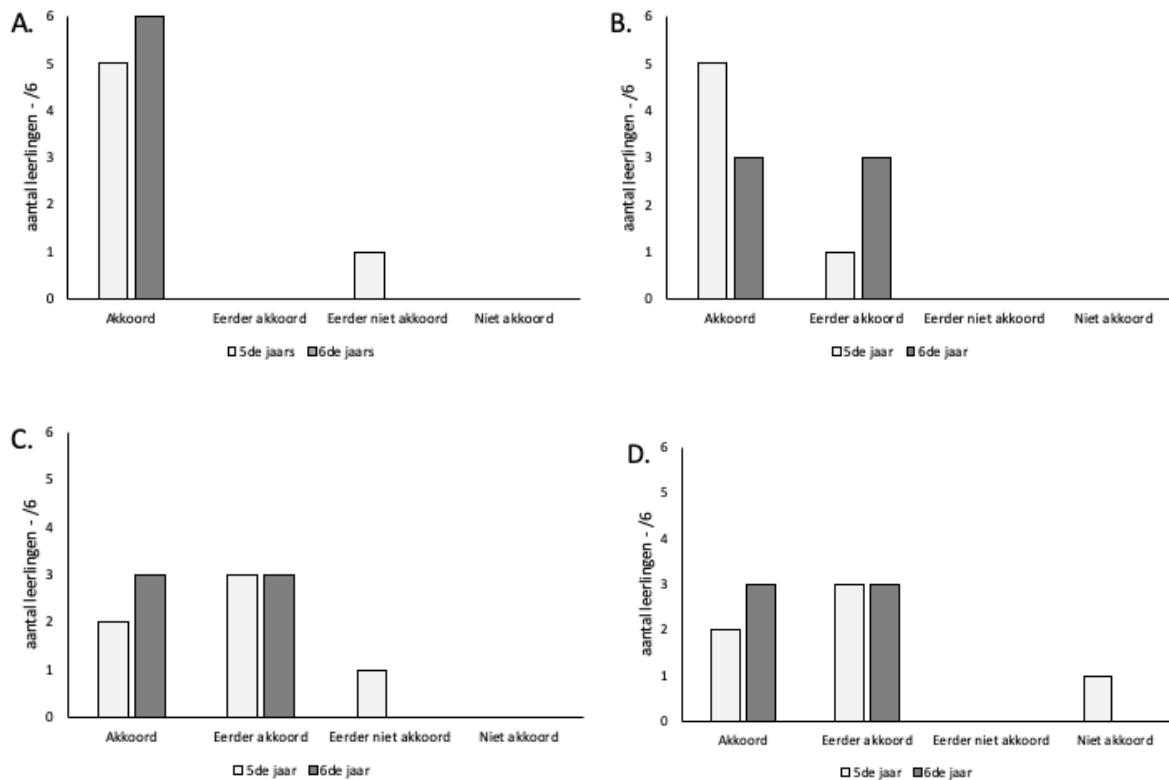
**Figuur 8. Resultaten bevraging structuur.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar de structuur. **A.** Stelling 14: Het aanleren van leerstof via een escape room zou voor mij voldoende gestructureerd zijn. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **B.** Stelling 14: Het aanleren van leerstof via de escape room was voor mij voldoende gestructureerd/duidelijk. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room **C.** Stelling 13: Een escape room zou mij helpen de hoofdconcepten van de bijzaken van de leerstof te kunnen onderscheiden. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **D.** Stelling 13: De escape room heeft mij geholpen om de hoofdconcepten van de bijzaken van de leerstof te kunnen onderscheiden. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

Verder werd er ook gepeild naar de motivatie die de escape room oproep bij de leerlingen. Ten eerste werd in stelling 2 gevraagd of de escape room hen motiveerde tijdens de les. Uit de resultaten van deze peiling kan worden waargenomen dat vooraf zowel de vijfde- als zesdejaars de stelling bevestigden (Figuur 9.A). Bijna alle vijfdejaars beantwoordden deze vraag met “akkoord” en slechts één leerling sprak de vraag tegen met “eerder niet akkoord”. Daarnaast bevestigden ook beide zesdejaars door “akkoord” aan te vinken. Na het uitvoeren van de escape room veranderden deze resultaten weinig (Figuur 9.B). Nog steeds beantwoordden vijf vijfde- en één zesdejaars met “akkoord”, maar veranderden de laatste vijfde- en zesdejaars hun antwoord naar “eerder akkoord”. Uit deze resultaten blijkt dat zowel voor als na het uitvoeren van de escape room de lerenden bevestigden dat deze werkvorm hen motiveert.

Verder werd in stelling 16 gevraagd of de escape room de lerenden hun motivatie en interesse heeft gestimuleerd. Ook in deze stelling waren de resultaten positief gepolariseerd (Figuur 9.C). Vijf vijfdejaars bevestigden deze stelling. Eén lerende antwoordde niet bevestigend met “eerder niet akkoord”. Ook de zesdejaars stemden in met deze stelling en antwoordden met “akkoord” en “eerder akkoord”. Hieruit blijkt dat de resultaten zich polariseren aan de bevestigende zijde, de escape room stimuleert dus wel degelijk de motivatie en interesse van de lerenden.

Vervolgens werd in stelling 19 aan de leerlingen gevraagd of ze vaker een escape room zouden willen doen om leerstof te verwerken. Uit de resultaten (Figuur 9.D) kan worden gelezen de opnieuw vijf van de zes vijfdejaars deze stelling bevestigden. Twee van hen gingen “akkoord” met de stelling en drie “eerder akkoord”. Eén leerling uit het vijfde jaar zag dit daarentegen niet zitten. De meningen van de

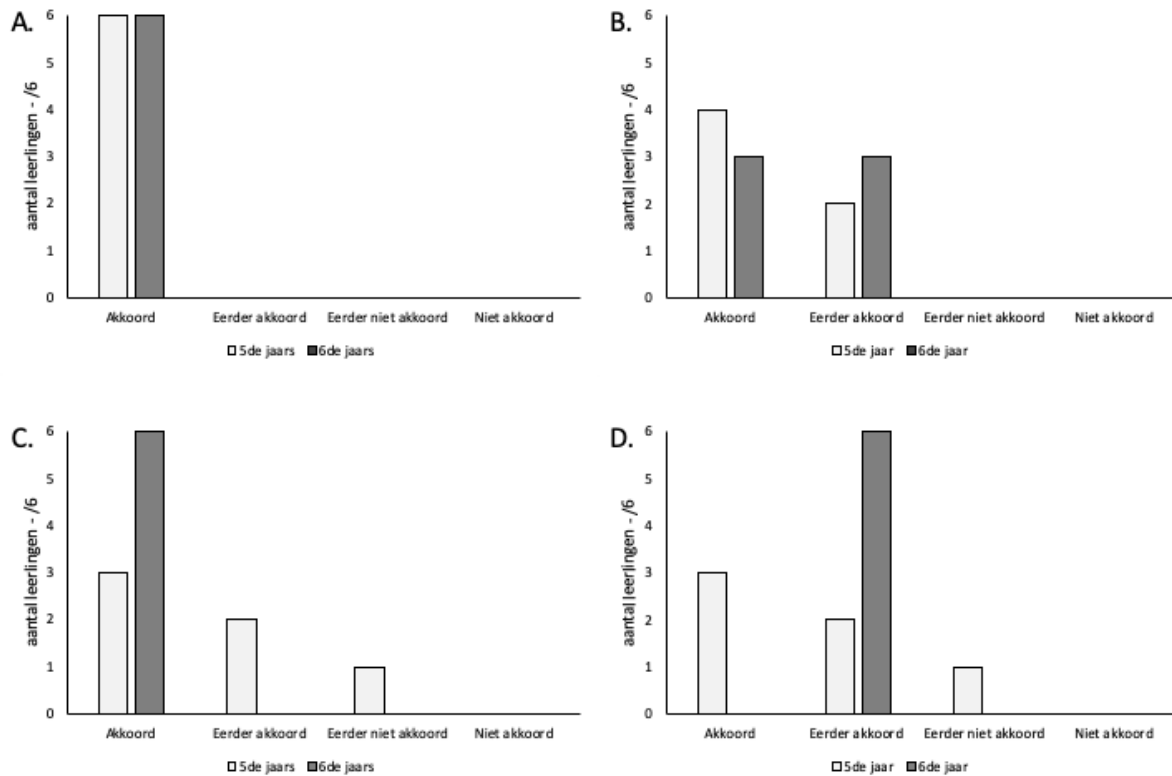
zesdejaars waren allebei positief. Uit deze resultaten blijkt dat zeven van de acht leerlingen graag nog eens een escape room willen gebruiken voor educatieve doeleinden.



**Figuur 9. Resultaten bevraging motivatie.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar de structuur. **A.** Stelling 2: Een escape room zou me meer motiveren tijdens de les. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **B.** Stelling 2: De escape room heeft me meer gemotiveerd tijdens de les. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room **C.** Stelling 16: De escape room heeft mijn motivatie en interesse gestimuleerd. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room. **D.** Stelling 19: Ik zou graag vaker een escape room willen doen om leerstof te verwerken. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

Vervolgens werd in de eerste stelling gepeild of het de leerlingen interessant lijkt om een klassieke les te vervangen door een escape room. Alle leerlingen gingen vooraf “akkoord” met deze stelling (Figuur 10.A). Na het uitvoeren van de escape room werd er echter een negatieve shift vastgesteld (Figuur 10.B). Twee vijfde- en één zesdejaars veranderden hun mening namelijk naar “eerder akkoord”. Hoewel de resultaten dus verzwakten kan nog steeds worden gesteld dat alle leerlingen de escape room een interessant alternatief vinden voor een klassieke les.

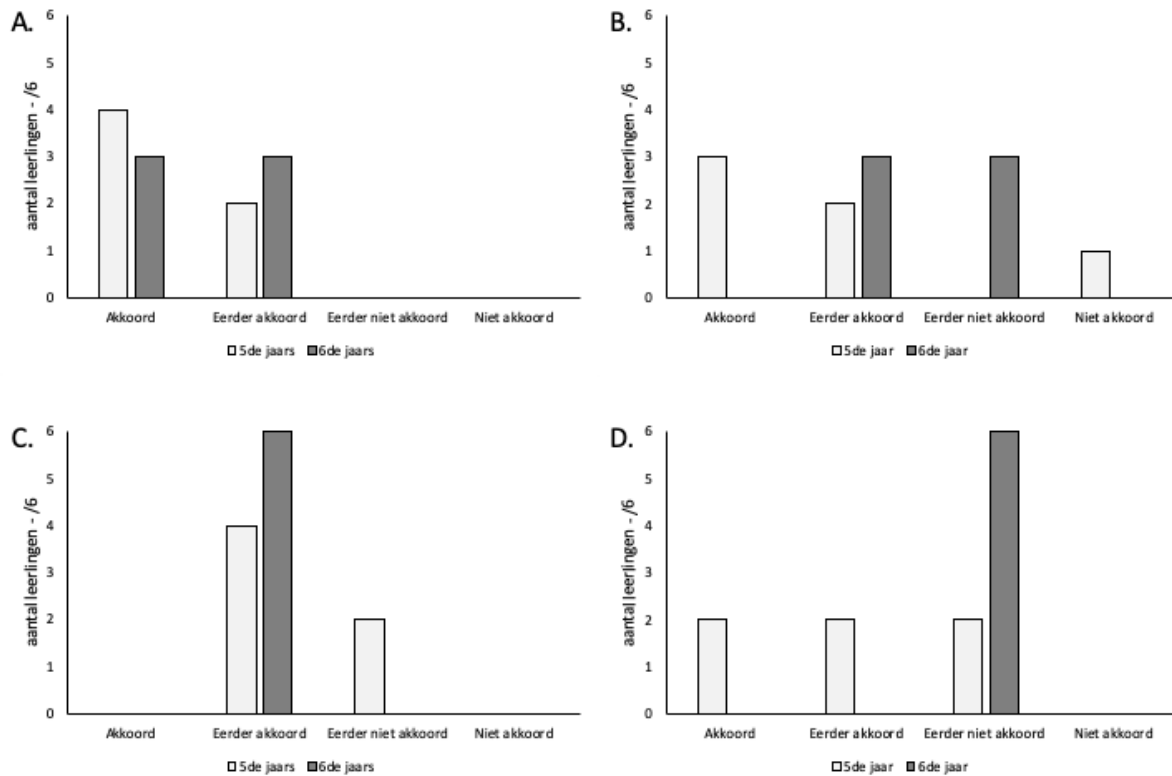
Verder werd aan de leerlingen gevraagd of een escape room ervoor kan zorgen dat leerlingen toch aandachtig blijven bij de vakken die hen niet aanspreken. Voor het uitvoeren van de escape room stemden vijf van de zes vijfdejaars hiermee in, waarbij er driemaal met “akkoord” werd geantwoord en tweemaal met “eerder akkoord” (Figuur 10.C). Ook de zesdejaars verklaarden akkoord te gaan met deze stelling. Na het uitvoeren van de escape room veranderden de resultaten van de vijfdejaars niet (Figuur 10.D). De zesdejaars daarentegen verschoven beiden hun antwoord naar “eerder akkoord”. Kortom, deze stelling werd zowel vooraf als nadien bevestigd door zeven van de acht leerlingen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat leerlingen een escape room een nuttige werkvorm vinden om geconcentreerd te blijven bij de leerstof. Dit werd ook vastgesteld tijdens het observeren van de leerlingen in de escape room.



**Figuur 10. Resultaten bevraging interesse.** **A.** Stelling 1: Het lijkt me interessant om een klassieke les te vervangen door een escape room. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **B.** Stelling 1: Het lijkt me interessant om een klassieke les te vervangen door een escape room. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room **C.** Stelling 12: Een escape room zou ervoor kunnen zorgen dat ik toch aandachtig zou zijn bij leerstof dat buiten mijn interessegebied ligt. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room **D.** Stelling 12: De escape room heeft ervoor kunnen zorgen dat ik toch aandachtig was bij de leerstof van een vak dat buiten mijn gebied lag. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room

Vervolgens werd ook de samenwerking in de escape room behandeld. Langs de ene kant werd in stelling 7 gevraagd of de samenwerking tijdens de escape room hen aansprak. Dit werd vooraf bevestigd door alle leerlingen (Figuur 11.A). Na het uitvoeren van de escape room was er een lichte negatieve verschuiving te merken (Figuur 11.B). Van de vijfdejaars bevestigden nu nog vijf lerenden de stelling. Eén leerling uit het vijfde jaar sprak de stelling nu tegen met “niet akkoord”. Ook bij de zesdejaars was deze shift te merken. Hun meningen waren nadien verdeeld over “eerder akkoord” en “eerder niet akkoord”. Hoewel er sprake is van een negatieve verschuiving bevestigden nog steeds 75% van de leerlingen de stelling. Er kan dus worden geconcludeerd dat de samenwerking de meerderheid van de studenten aanspreekt.

Langs de andere kant werd in stelling 8 gepeild of de samenwerking met medestudenten in de escape room de leerlingen helpt om de leerstof beter te begrijpen. Uit de resultaten kan worden waargenomen dat voor het uitvoeren van de escape room vier vijfde- en beide zesdejaars “eerder akkoord” gaan met deze stelling (Figuur 11.C). Daarnaast beantwoordden de overige twee vijfdejaars met “eerder niet akkoord”. Na het uitvoeren van de escape room veranderden deze resultaten echter (Figuur 11.D). De meningen van de vijfdejaars verdeelden zich over de antwoordmogelijkheden “akkoord”, “eerder akkoord” en “eerder niet akkoord” waarbij elke mogelijkheid tweemaal werd aangevinkt. De zesdejaars veranderden beide hun mening naar “eerder niet akkoord”.

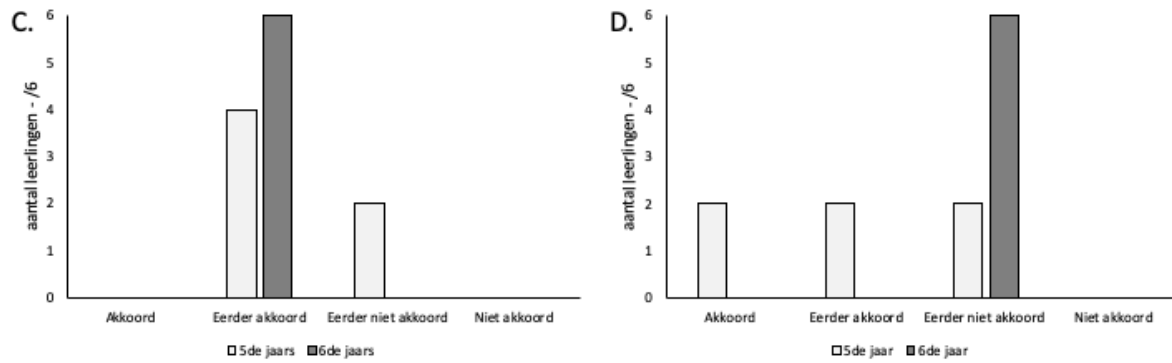


**Figuur 11. Resultaten bevraging samenwerking.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar de samenwerking. **A.** Stelling 7: Het samenwerken tijdens de escape room spreekt me aan. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **B.** Stelling 7: Het samenwerken tijdens de escape room sprak me aan. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room. **C.** Stelling 8: De samenwerking met andere leerlingen zou me helpen om de leerstof beter te begrijpen tijdens het uitvoeren van een escape room. Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **D.** Stelling 8: De samenwerking met andere leerlingen heeft me geholpen om de leerstof beter te begrijpen tijdens het uitvoeren van de escape room. Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

### 3.1.2 Evaluatie

Tot slot werd aan de leerlingen gevraagd of ze het eerlijk zouden vinden om een les te laten evalueren met puzzels van een escape room. Uit de resultaten kan worden gelezen dat vooraf de meningen van de vijfdejaars gepolariseerd waren aan de bevestigende zijde (Figuur 12.A). Drie vijfdejaars beantwoordden deze vraag namelijk met “akkoord” en twee met “eerder akkoord”. Eén leerling uit het vijfde jaar sprak deze stelling tegen met “eerder niet akkoord”. De zesdejaars daarentegen antwoordden beide negatief met “eerder niet akkoord”. Na het uitvoeren van de escaperoom bleven de resultaten voornamelijk gelijk (Figuur 12.B). Enkel één zesdejaars student veranderde van mening en ging van “eerder niet akkoord” naar “akkoord”. Kortom, de meerderheid van de leerlingen ervaart een escape room als een eerlijke evaluatiemethode.





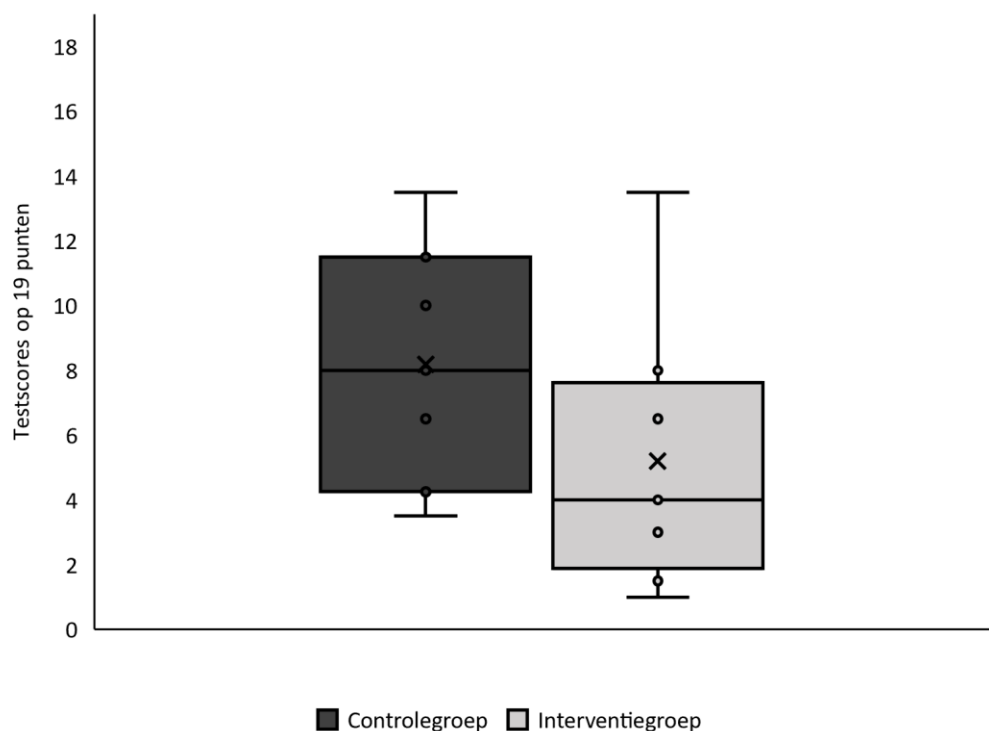
**Figuur 12. Resultaten bevraging evaluatie.** De leerlingen van de interventiegroep (n=8) legden een enquête af voor en na het uitvoeren van de escape room die peilde naar de samenwerking. Stelling 15: Ik zou het eerlijk vinden dat een les geëvalueerd wordt aan de hand van een escape room in plaats van een schriftelijke toets. **A.** Beantwoord voor het uitvoeren van een escape room. **B.** Beantwoord na het uitvoeren van een escape room.

## 3.2 Toets

Om te onderzoeken of een escape room kan bijdragen aan een verhoogd leerrendement, hebben zowel de controlegroep als de interventiegroep een toets afgelegd. Deze toets vond plaats na het respectievelijk volgen van de klassieke les of het uitvoeren van de escape room. Beide groepen kregen dezelfde test met leerstof die behandeld werd tijdens de escape room of de klassieke les. Aan de hand van deze scores werd getracht te achterhalen of de leerlingen in de escape room beter presteerden in vergelijking met de controlegroep. Daarnaast werd ook onderzocht of een escape room eerder nuttig is als herhalingsles, om nieuwe leerstof aan te reiken of beide. Hiervoor werden vier verschillende groepen vergeleken.

### 3.2.1 Verlaagd algemeen leerrendement tijdens een escape room

Om het algemene verschil in leerrendement te onderzoeken worden de volledige controlegroep en de interventiegroepen vergeleken. In beide groepen zijn dit zowel leerlingen uit het 5<sup>se</sup> en 6<sup>se</sup> jaar techniek-wetenschappen.

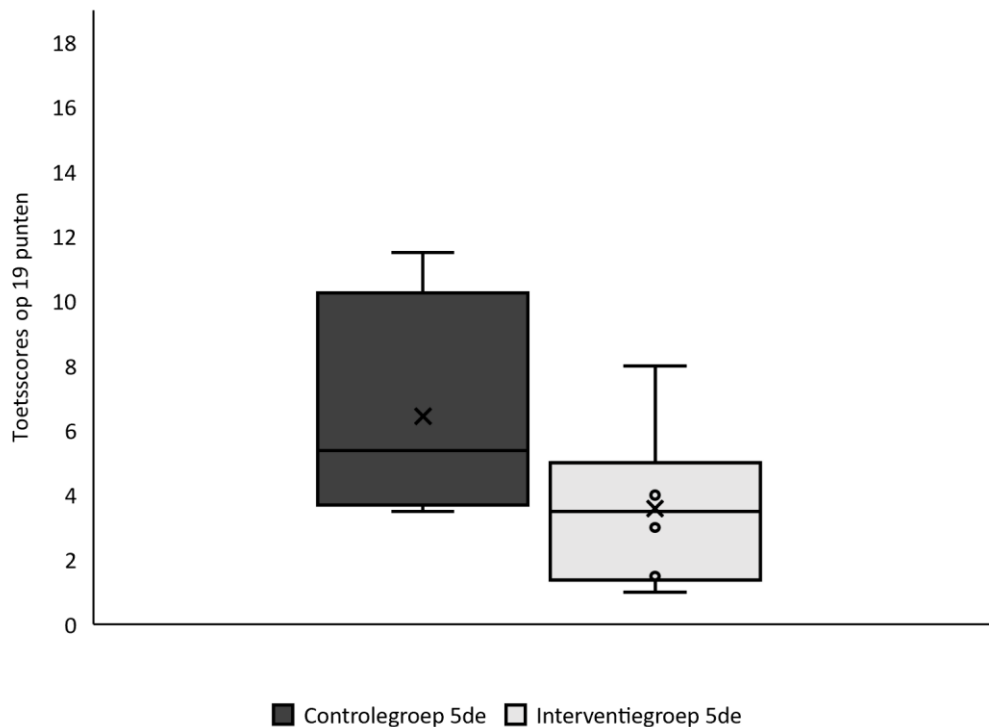


**Figuur 13. Resultaten toets 5de en 6de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=7) en de interventiegroep (n=8) legden een toets af na het uitvoeren van de escape room of klassieke les. De mediaan van de controlegroep ligt 4 punten hoger dan deze van de interventiegroep. De gemiddelde score ligt 3 punten hoger in de controlegroep.

De resultaten (Figuur 13) tonen aan dat de mediaan van de leerlingen uit de controlegroep ongeveer 4 punten hoger ligt dan deze van de interventiegroep. De leerlingen uit de controlegroep die een klassieke les hebben gevolgd scoren duidelijk hoger dan de leerlingen die hebben deelgenomen aan de escape room. Daarnaast wordt er ook een duidelijke spreiding van de toetsscores geobserveerd bij beide groepen met één opvallende uitschieter met een hoge score in de interventiegroep. In de volgende secties wordt onderzocht of dit verschil te wijten is aan de volledige heterogene groep of dat er een onderscheid is tussen de scores van de vijfde- en zesdejaars.

### 3.2.2 Lager leerrendement bij het aanreiken van nieuwe leerstof via een escape room

In deze sectie wordt nagegaan of een escape room een goede methode is voor het aanreiken van nieuwe leerstof. Dit werd onderzocht door de scores van de leerlingen van de controle- en interventiegroep van het 5<sup>de</sup> jaar techniek-wetenschappen te vergelijken. Tijdens de escape room en de klassieke les werd nog niet eerder geziene leerstof behandeld.



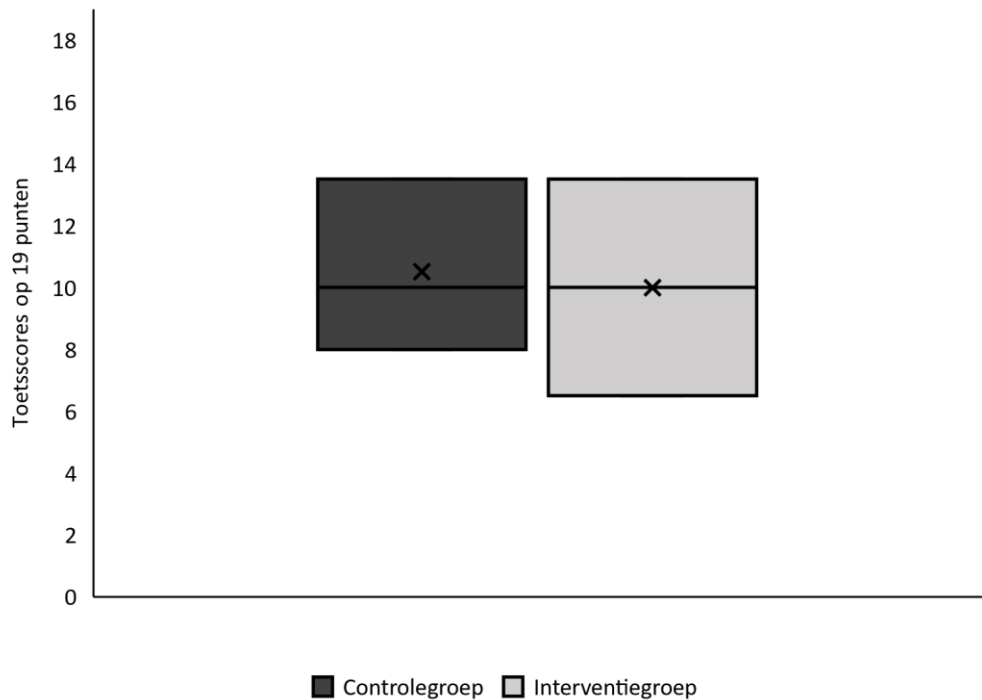
**Figuur 14. Resultaten toets 5de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=4) en de interventiegroep (n=6) legden een toets af na het uitvoeren van de escape room of klassieke les. De mediaan van de controlegroep ligt 1,9 punten hoger dan deze van de interventiegroep. De gemiddelde score van de controlegroep ligt 2,9 punten hoger in dan deze van de interventiegroep.

De resultaten (Figuur 14) laten een duidelijk verschil zien tussen de gemiddelde scores van de controlegroep en de interventiegroep. De mediaan van de controlegroep is 1,9 punten hoger dan deze van de interventiegroep. Daarnaast zijn de verschillen in gemiddelde score nog groter, de gemiddelde score van de controlegroep ligt 2,9 punten hoger. In de controlegroep is er wel een duidelijke spreiding van behaalde toetsscores. In deze kleine testgroep zorgde de escape room voor een lager leerrendement bij het aanreiken van nieuwe leerstof.

Bij het analyseren van de antwoorden van de vijfdejaars (Supplementaire Figuur 14.5) valt op dat de leerlingen van de controlegroep op alle vragen hebben proberen te antwoorden en bij iedere vraag één of meerdere deelvragen juist hebben beantwoord. Bij de interventiegroep werden er veel vragen opengelaten en werden enkel de vragen ingevuld over de onderwerpen waaraan deze leerlingen tijdens de escape room hebben gewerkt. Daarnaast was de inhoud van de antwoorden bij de controlegroep veel gestructureerder en werd er meer vaktaal gebruikt dan bij de leerlingen in de interventiegroep.

### 3.2.3 Geen verschil in het leerrendement bij het herhalen van leerstof via een escape room

Ten slotte werd onderzocht of een escape room een goede methode is voor het herhalen van geziene leerstof. Dit werd onderzocht door de scores van de controle- en interventiegroep van de leerlingen van het zesde jaar techniek-wetenschappen te vergelijken. De leerlingen kregen dezelfde puzzels van de escape room en dezelfde lesinhoud in de klassieke les maar voor de zesdejaars was de leerstof niet nieuw.



**Figuur 15. Resultaten toets zesde jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=3) en de interventiegroep (n=2) legden een toets af na respectievelijk het oplossen van de puzzels van de escape room of klassieke les. De mediaan van de controlegroep is gelijk aan deze van de interventiegroep. De gemiddelde score ligt 0,5 hoger in de controlegroep.

Bij de resultaten (Figuur 15) van de toetsen van de leerlingen van het zesde jaar werd geen beduidend verschil waargenomen tussen de scores van de controle- en interventiegroep. De mediaan van beide groepen is gelijk en het verschil in gemiddelde score van 0,5 punten is verwaarloosbaar omdat het aantal studenten van het zesde in beide groepen zeer laag is.

Bij het analyseren van de antwoorden van de leerlingen van het zesde jaar (Supplementaire Figuur 14.6) werd er waargenomen dat beide groepen de meeste vragen hadden proberen invullen en dat er ook bij iedere vraag één of meerdere deelvragen juist werden beantwoord. Er is echter wel een verschil in de manier waarop deze vragen werden beantwoord. De antwoorden van de leerlingen van de controlegroep waren meer gestructureerd en vollediger dan deze van de interventiegroep. Dit kan gekoppeld worden aan stelling 14, waarbij er een shift gezien werd bij de meningen van de leerlingen die de escape room hadden uitgevoerd. Na het uitvoeren van escape room waren er meer leerlingen die de escape room niet voldoende gestructureerd vonden dan voor het uitvoeren van de escape room.

### 3.3 Gedrag tijdens de escape room

Tijdens de uitvoering van de escape room was er een duidelijk verschil in samenwerking tussen beide groepen merkbaar. De leerlingen van groep B werkten samen aan de verschillende puzzels. De leerling uit het zesde jaar legde zelfs de theoretische achtergrond uit aan de vijfdejaars leerlingen in de groep. Deze groep slaagde erin om tijdig te ontsnappen uit de kamer. In groep A daarentegen werden de afzonderlijke puzzels verdeeld onder de groepsleden en werd er nauwelijks overlegd tussen de teamleden.

Ondanks de duidelijke verschillen in aanpak tussen beide teams werden er overeenkomsten geobserveerd. Het begin van de escape room verliep in beide groepen chaotisch, aangezien er binnen elk team geen plan van aanpak werd besproken en alle leerlingen willekeurig naar puzzels begonnen te zoeken. Daarnaast werden het politiedossier, de verdachtenlijst en de protocollen met de theoretische achtergrond niet grondig doorgelezen. Deze protocollen werden bewust bondig geschreven en met illustraties ondersteund, zodat het gebrek aan voorkennis enigszins gecompenseerd kon worden. Desondanks zal hiermee rekening gehouden moeten worden tijdens verder onderzoek. In beide groepen werden praktische handelingen correct en veilig uitgevoerd. Elke leerling deed automatisch handschoenen aan alvorens met chemische stoffen te werken. Bij de interpretatie van de indicator test ontstonden wel problemen. Het concept van positieve en negatieve controles werd blijkbaar niet goed begrepen. Deze begrippen werden kort uitgelegd in het protocol van de puzzel, maar zijn vanuit het leerplan echter geen verplichte leerstof.

## 4 Discussie

In volgende paragrafen worden de resultaten en verklaringen besproken. Vervolgens worden de limitaties van deze studie opgesomd en slot worden enkele mogelijkheden tot verder onderzoek vermeld.

### 4.1 Escape room

De resultaten van de enquêtes tonen aan dat de meningen over het leerrendement van de escape room verdeeld zijn. In stelling 5, 6 en 18, die de leerlingen bevraagden over hun ondervonden leerwinst, zijn de antwoorden verdeeld. De toetsresultaten geven aan dat het leerrendement van de escape room in deze zeer beperkte testgroep lager ligt dan die van een klassieke les. De interventiegroep scoorde hier namelijk gemiddeld drie punten minder dan de controlegroep. De escape room bevatte te veel puzzels, waardoor de leerlingen onvoldoende tijd en aandacht konden besteden aan elke puzzel. Bovendien was de leerstof zeker voor de vijfdejaars nog te moeilijk. De gebruikte puzzels werden intussen aangepast om deze moeilijkheidsgraad te beperken; zo is de puzzel over intolerantie verwijderd en de puzzel over vakjargon ingekort, net zoals de bijbehorende protocollen. Een andere verklaring is dat de leerstof voor de meeste leerlingen volledig nieuw was. Bij de zesdejaars, die de leerstof al hadden behandeld, was dit verschil in testcores verwaarloosbaar klein. Op basis van de resultaten van deze beperkte steekproef kan geconcludeerd worden dat een escape room een goede methode is voor het herhalen van geziene leerstof. Dit zorgt er niet alleen voor dat de leerlingen de geziene theoretische leerstof gaan herhalen maar deze ook spelenderwijs leren toepassen. Daarnaast is het ook duidelijk uit de resultaten van de vijfdejaars dat het gebruik van een escape room met deze grote hoeveelheid onderwerpen niet optimaal is voor het aanbrengen van nieuwe leerstof zoals gezien bij de leerlingen van het vijfde jaar.

Een andere mogelijke verklaring voor deze lagere resultaten werd aangehaald door de leerkracht. Hij vertelde dat de geselecteerde leerlingen voor de interventiegroep tijdens het jaar al zwakker scoorden voor biologie dan hun klasgenoten. Het verschil in scores tussen de interventie- en controlegroep kan dus mogelijk ontstaan zijn doordat in deze kleine steekproef, per toeval, zwakkere studenten werden ingedeeld.

Een andere mogelijke oorzaak is het gebrek aan structuur in deze werkvorm. Uit stelling 14 kan worden afgeleid dat leerlingen het uitvoeren van de escape room minder gestructureerd vonden dan voordien gedacht. Hoewel de resultaten van deze stelling verdeeld zijn, valt uit de toets af te leiden dat de antwoorden van de leerlingen uit de interventiegroep minder gestructureerd zijn dan deze van hun medeleerlingen uit de controlegroep. Dit is te verklaren door een gebrek aan structuur van de puzzels tijdens de escape room. Daarnaast bleek uit stelling 13, die de lerenden ondervraagde of de escape room hen had geholpen om de hoofd- van de bijzaken te kunnen scheiden, dat ook hier de meningen zeer verdeeld waren. Bovendien bleek uit de toetsen dat de interventiegroep de hoofd- en bijzaken moeilijk van elkaar kon onderscheiden. Ook hier speelt het gebrek aan structuur in de escape room een rol.

De resultaten tonen wel aan dat de escape room positief ontvangen werd door de leerlingen. Uit stelling 17 blijkt namelijk dat de leerlingen de escape room als een meerwaarde zagen voor het aanbrengen van leerstof. In stelling 2 en 16 bevestigden de leerlingen duidelijk dat ze hierdoor extra werden gemotiveerd. Deze motivatie is ook te merken uit de resultaten van stelling 1 en 19, waar de leerlingen aangaven dat het hen interessant lijkt om klassieke lessen vaker te vervangen door escape rooms. Daarnaast bleek uit stelling 12 dat de leerlingen ook veel aandachtiger bleven tijdens de les. Dit was ook te merken tijdens de observaties. De leerlingen waren gedurende de hele proef bezig met het oplossen van de raadsels.

Deze verhoogde aandachtsspanne kan, naast het motiverende aspect, ook worden verklaard door het activerende karakter van deze werkvorm. De leerlingen lieten in stelling 3 unaniem weten dat de escape room hen actief met de leerstof laat omspringen. In tegenstelling tot een klassieke les, waarbij de leerkracht de grootste verantwoordelijkheid heeft in het leerproces, moeten de leerlingen tijdens de escape room zelf hun leerproces in handen nemen. In de stelling waar er naar de rol van de lerende werd gepeild is er echter een grote verandering te merken. Tijdens het uitvoeren van de escape room bleken meer vijfdejaars zich te gedragen als volgers dan voorheen gedacht. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de leerstof voor hen nieuw was. Doordat ze nog niet vertrouwd waren met deze onderwerpen ondervonden ze mogelijk een grotere drempelwaarde om hiermee aan de slag te gaan. Daarnaast kan het Ringelman- en freerider-effect deze rolverandering ook verklaren (Ingham, Levinger, Graves, & Peckham, 1974; Kerr & Bruun, 1983). De zesdejaars daarentegen namen beiden, zonder dit te voorspellen, een leidersfunctie op. Deze functie werd hen vermoedelijk opgedragen door de andere groepsleden omwille van hun voorkennis en hun leeftijd. Desalniettemin waren alle leerlingen, ondanks hun verschil in voorkennis, betrokken bij de les.

De verhoogde motivatie en aandacht van de leerlingen kan ook worden verklaard door de uitdaging van de escape room. Uit de resultaten van stelling 4 kan namelijk worden waargenomen dat alle studenten de escaperoom voldoende uitdagend vonden. Deze ondervonden uitdaging kon worden opgeroepen omwille van verschillende redenen, zoals de hoeveelheid leerstof die moest worden verwerkt, het leren werken in deze nieuwe werkvorm, maar ook door de samenwerking in groep. Deze extra uitdagingen kunnen ook verklaren waarom het leerrendement van de studenten lager werd.

Zoals net vermeld maakte de unieke samenwerking de escape room uitdagender. Daarnaast kan dit ook net een motiverende factor zijn. Samenwerking met peers spreekt de leerlingen aan. Over de extra leerwinst die deze samenwerking met zich meebrengt zijn de meningen echter verdeeld. Uit de resultaten van stelling 8 blijkt dat de vijfdejaars deze samenwerking eerder gepaard zien met extra leerwinst, terwijl de zesdejaars dit eerder andersom zien. Het verschil in voorkennis is hierbij bepalend. De vijfdejaars konden nog veel leren van de zesdejaars, maar de zesdejaars hadden slechts weinig te leren van hun groepsleden. Een andere mogelijke verklaring voor de verschillende resultaten van de vijfde en zesdejaars is de artificiële groepssamenstelling. De leerlingen uit het zesde jaar kwamen in een groep terecht waar ze niemand kenden, wat een efficiënte samenwerking kan compliceren.

Hoewel de leerlingen werden gemotiveerd door de escape room kan worden gesteld dat deze motivatie niet mee naar huis wordt genomen. In de resultaten van stelling 9 is er een duidelijke negatieve shift te merken wanneer er naar de leerhouding van de lerenden thuis wordt gevraagd. Hoewel voor de les de meerderheid aangeeft thuis een betere leerhouding aan te nemen, lagen de meningen na de les verspreid. Ook in stelling 10, waarin gepeild werd naar de bereidheid van de lerenden om zich voor te bereiden op een escape room, is deze negatieve shift te merken. De zesdejaars zijn echter wel bereid om zich voor te bereiden. Zij zijn echter al meer voorbereid dan de vijfdejaars doordat ze de leerstof al hebben behandeld.

Tot slot laten de leerlingen in stelling 15 weten dat ze een escape room zien als een eerlijke alternatieve evaluatiemethode. Hoewel de meningen over de leerwinst van de escape room verdeeld zijn kan er wel worden geconcludeerd dat het volgens hen een goede manier is om het leerrendement te evalueren.

## **4.2 Limitaties**

Deze studie is onderworpen aan enkele limitaties. Ten eerste is de grootte van de studiepopulatie zeer klein, waardoor deze niet kwantitatief onderzocht kon worden. Aanvankelijk zou deze studie ook in bijkomende scholen uitgevoerd worden, maar door de uitbraak van COVID-19 en de daaropvolgende sluiting van alle scholen was dit niet mogelijk. Zoals vermeld in sectie 2.1.1 werd er de voorwaarde opgelegd dat elke testgroep één zesdejaars moest bevatten. Bovendien moest de leerling met ASS worden ingedeeld in de controlegroep, waardoor deze studie geen rekening houdt met leerlingen met leerstoornissen. Bijgevolg konden de studiegroepen niet volledig willekeurig verdeeld worden. Door het

mengen van vijfdejaars en zesdejaars in de testgroepen werden kunstmatig nieuwe teams samengesteld. De teamleden hadden nog niet eerder met elkaar samengewerkt, wat de communicatie en de aanpak in de escape room sterk beïnvloedt.

Een tweede beperking is dat de leerlingen een foute perceptie van zichzelf vormen. Zo duiden beide zesdejaars aan dat ze de leidinggevende rol hadden aangenomen terwijl de observatoren één zesdejaars hadden onderverdeeld in de categorie “doener” of “volger”. Daarnaast moest in stelling 15 rekening worden gehouden met de gelimiteerde kennis van de lerenden over evaluatie. De studenten hebben geen kennis van de voorwaarden voor een goede evaluatie. Dus hoewel de leerlingen een escape room aanvaardden als een alternatieve evaluatiemethode, mag er niet worden geconcludeerd dat dit daarom een goede methode is. Verder moet er ook rekening worden gehouden met de verschillende voorkennis van de lerenden.

Ten derde was de escape room beperkt in tijd. Het uitvoeren van de escape room vond plaats gedurende één lesuur van 50 minuten. Gedurende dit tijdsbestek vulden de deelnemers eveneens de eerste enquête en de informed consent in en werd de uitleg van de escape room gegeven. Zodoende bleef er uiteindelijk ongeveer 30 minuten over om de escape room effectief uit te voeren. Bovendien was de escape room op vraag van de leerkracht van de studiegroep gebonden aan de thema's biomoleculen, erfelijkheid en biotechnologie uit het leerplan van het katholiek onderwijs. Zowel de klassieke les als de escape room omvatten dus een breed pakket aan leerstof, die weinig aan elkaar gelinkt konden worden. Voor de klassieke les had dit als gevolg dat het moeilijk was om een duidelijke samenhang tussen de verschillende thema's aan te brengen. Ook voor de escape room had dit complicaties, namelijk dat er een keuze gemaakt diende te worden in de leerstof die verwerkt kon worden in de puzzels. Daarnaast had de onervarenheid van de opstellers van de escape room ook invloed op de resultaten. Doordat dit de eerste keer was dat deze groep een escape room voorbereidde is er nog ruimte voor verbetering, zoals in de tijdsinschatting en het aanbrengen van meer structuur. De beperkte tijd leidde vaak tot het individueel oplossen van een puzzel. Hierdoor deden de leerlingen enkel kennis op over het concept van hun puzzel. De concepten van andere puzzels werden hierdoor vaak niet onderzocht. Dit leidde tot een eenduidige kennis tijdens het oplossen van de test. Zo werd er ook vastgesteld dat de leerlingen van de interventiegroep vaak veel toetsvragen blanco lieten in tegenstelling tot de leerlingen van de controlegroep. Deze laatste konden bij iedere vraag wel een of meerdere deelvragen invullen doordat zij wel de volledige leerstof hadden gezien.

Ten vierde beschouwt deze studie enkel het kennisgerelateerd leerrendement. Andere competenties zoals samenwerken werden niet bij in deze studie opgenomen. Ten vijfde zijn er nog enkele limitaties door keuzes die moesten worden gemaakt. Zo is er geen neutrale optie in de Likert-schaal van de enquête waardoor leerlingen niet de optie kregen om neutraal te antwoorden. Dit beïnvloedt de resultaten. Daarnaast werd gekozen om de test meteen na de escape room af te nemen omwille van praktische redenen en zodat de leerlingen dit thuis niet zouden studeren. Hierdoor werd niet getest wat er in het langetermijngeheugen van de leerlingen is opgeslagen. De toets peilde dus voornamelijk het werkgeheugen van de leerlingen. Een verwerkingsperiode van minimaal 24u voorafgaand aan de test is een betrouwbaardere methode om het leerproces van de leerlingen te evalueren. Verder zijn de resultaten van de schriftelijke overhoring niet helemaal betrouwbaar. Door de test niet te quoteren voor het rapport van de leerlingen viel deze extrinsieke motivatie weg. Dit verklaart mogelijk waarom sommige leerlingen de test niet volledig hebben ingevuld.

Tot slot kon het geplande interview met de leerkracht na het uitvoeren van de escape room niet via face-to-face contact doorgaan omwille van social distancing maatregelen ten gevolge van COVID-19. Als alternatief werd er gepland om dit interview digitaal af te nemen. Er werd contact opgenomen met de leerkracht, maar hierop werd geen respons ontvangen. Dit heeft mogelijke gevolgen voor de interpretatie van bepaalde vragen. Bovendien vond de klassieke les plaats op hetzelfde tijdstip als de escape room, waardoor de leerkracht bij het oplossen van de puzzels in de escape room niet aanwezig was. De leerkracht heeft zich dus onvoldoende een beeld kunnen vormen over de werking van een



escape room in de klas. Dit kan in de toekomst vermeden worden door één van de onderzoekers de klassieke les te laten geven, zodat de leerkracht zelf aanwezig kan zijn bij de escape room. Hierbij is het uiteraard van belang dat de onderzoeker die de les geeft zowel over de nodige wetenschappelijke als didactische kennis moet beschikken.

### 4.3 Toekomstig onderzoek

De vele limitaties van deze studie zorgen ervoor dat dit onderzoek slechts een initieel onderzoek is. Allereerst zouden de leerlingen de geïnformeerde toestemming en de eerste enquête beter op voorhand krijgen, zodat er op het moment van het uitvoeren van de escape room geen tijd meer aan verloren gaat hieraan. De toets zou ook best plaatsvinden na een tijdspanne van minimum 24 uur. De toets zou dus niet meer afgenomen worden meteen na het uitvoeren van de escape room of na het volgen van de klassieke les, maar eerder de dag erna of zelfs later om te testen op het lange termijn geheugen. Vervolgens was het na-interview voor de leerkracht opgebouwd op basis van de enquête en vragen die de onderzoekers zichzelf stelden. In een volgend onderzoek zouden beide interviews gebaseerd worden op de discussie elementen die hierboven besproken werden.

Een ander element wat toegepast zou worden in een volgend onderzoek, is de grootte van de studie. Omwille van de uitbraak van COVID-19 is de studie op een kleine schaal uitgevoerd (n=16). Dit is natuurlijk te klein om besluiten te nemen die gebaseerd zijn op statistische berekeningen. In de discussie werd reeds vermeld dat de gebruikte puzzels aangepast zijn; zo werd de puzzel over intolerantie verwijderd en de puzzel over vakjargon ingekort, net zoals de bijbehorende protocollen. Deze aangepaste puzzels kunnen zeker uitgetest worden in een toekomstig onderzoek. In de literatuur zijn er bewijzen dat een escape room gebruikt kan worden om nieuwe leerstof aan te bieden. In deze studie werd het tegendeel vastgesteld en werd een escape room eerder gezien als een middel om leerstof te herhalen. Er werden hier enkele redenen voor geformuleerd, zoals de hoeveelheid leerstof die er aangeboden werd. Dit kan verder onderzocht worden aan de hand van een studie waarbij één groep leerstof voor zich krijgt uit één domein, terwijl een andere groep leerstof ziet uit twee domeinen en een derde groep uit drie of meerdere domeinen. Zo kan er ook een maximum bepaald worden voor de leerstof die verwerkt kan worden via een escape room. Daarnaast kan ook onderzoek worden gestart naar het leerrendement van escape rooms uitsluitend voor herhalingslessen. Verder kan er ook onderzoek gedaan worden naar een zelfde soort escape room als in deze studie waarbij de leerlingen van het vijfde jaar zich thuis zouden voorbereiden. Deze voorbereiding zou een positieve invloed kunnen hebben op de uitvoering ervan. Als de leerlingen zouden beschikken over de nodige theoretische voorkennis kan deze escape room zorgen voor het verder stimuleren van het 'hogere orde denken'. Volgens de taxonomie van Bloom is het toepassen, analyseren en evalueren van informatie, wat de leerlingen dan zouden doen tijdens deze escape room, een vorm van dit 'hogere orde denken' (Gogus, 2012).

Ook kan er verder worden onderzocht of een escape room een alternatief evaluatie-instrument kan vormen. De leerlingen gaven namelijk aan hiervoor open te staan, maar naar de betrouwbaarheid, validiteit en kwaliteit van deze evaluatie moet nog verder onderzoek worden geleverd. Verder kan er worden onderzocht of de escape room mogelijkheden biedt om het leerrendement van leerlingen te verhogen door gebruik te maken van hun opgeroepen motivatie. Uit de resultaten en observaties blijkt namelijk dat de mogelijkheid bestaat dat een escape room de lerenden extra zal aanzetten om moeite te doen voor het vak. Daarnaast werd in deze studie enkel het kennis-gerelateerde leerrendement in rekening gehouden. Verworven competenties zoals samenwerken werden niet in het onderzoek opgenomen. Verdere studies kunnen een bredere kijk op het leerrendement hanteren om zo een vollediger beeld te scheppen. Deze competenties zijn in technische richtingen zoals industriële wetenschappen ook opgenomen als leerplandoelstelling en zijn dus het onderzoeken waard.

Vervolgens kan een onderzoek naar begeleidingsmogelijkheden in een escape room en hun invloed op het leerrendement worden opgestart. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt er nog verbetering

mogelijk is in de aangeboden structuur van deze werkvorm. Extra begeleiding kan hier antwoord op bieden. Daarnaast kan deze begeleiding ook een betere samenwerking in de hand werken doordat deze de begeleide functie van de zesdejaars verlicht. Bovendien verlaagt dit de drempel om te experimenteren en fouten te maken.

Andere punten die ook interessant zijn om te onderzoeken zijn de verschillen tussen de verschillende onderwijsnetten en verschillen tussen geslachten. Of de twee geslachten gemengd zouden moeten worden bij het uitvoeren van een escape room of gescheiden, zou verder onderzocht moeten worden door een literatuurstudie gevolgd door experimenteel onderzoek. Ook naar het verschil in leeftijd kan verder onderzoek worden gevoerd. Zo kan experimenteel worden bepaald in welke leeftijdscategorieën het leerrendement van de escape room de klassieke les evenaart of overstijgt. Tot slot kan de mogelijkheid voor escape rooms voor leerlingen met leerstoornissen worden onderzocht. Deze leerlingen werden geëxcludeerd uit de interventiegroep.



## 5 Conclusie

In deze masterproef werd onderzocht of een escape room kan ingezet worden om het leerrendement van leerlingen uit de derde graad te verhogen. De resultaten uit deze studie tonen aan dat een escape room zowel voor leerkrachten als leerlingen een interessante werkvorm is om de leerstof op een interactieve manier te herhalen. De leerlingen zijn enthousiaster en gemotiveerder om te leren. Desalniettemin lijkt deze escape room minder geschikt om nieuwe leerstof aan te brengen. De aangebrachte leerinhouden in de escaperoom dienen afgestemd te zijn op het leertraject van de leerlingen. De leerlingen die de leerstof nog niet eerder hadden gezien, scoorden minder op de test en gaven aan minder gemotiveerd te zijn ten opzichte van de zesdejaars. Een gelijkaardig vervolgonderzoek met een grotere studiebevolking en aangepaste puzzels kan hierop sluitende antwoorden geven.



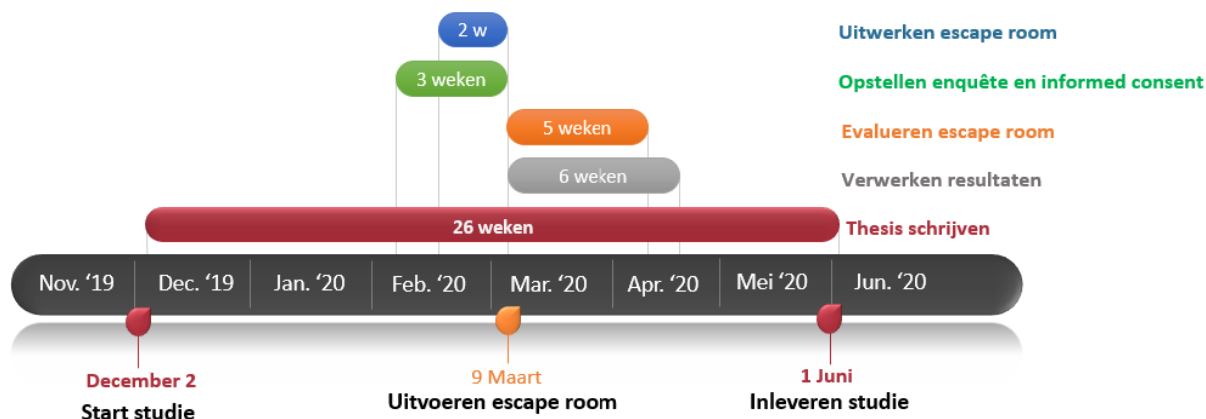
## 6 Referenties

- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y., & Cheng, M.-T. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education*, 53(1), 74-85.
- Brockliss, L. (2005). A history of the university in Europe. In: times supplements limited tower house, sovereign park, market harborough
- Castelijns, J., Segers, M., & Struyven, K. (2011). Evalueren om te leren: toetsen en beoordelen op school. In: Uitgeverij Coutinho.
- Clarke, S., Peel, D. J., Arnab, S., Morini, L., Keegan, H., & Wood, O. (2017). escapED: a framework for creating educational escape rooms and Interactive Games For Higher/Further Education. *International Journal of Serious Games*, 4(3), 73-86.
- Dietrich, N. (2018). Escape Classroom: The Leblanc Process—An Educational “Escape Game”. *Journal of chemical education*, 95(6), 996-999.
- Dixson, D. D., & Worrell, F. C. (2016). Formative and summative assessment in the classroom. *Theory into practice*, 55(2), 153-159.
- Dochy, F., Segers, M., & Sluijsmans, D. (1999). The use of self-, peer and co-assessment in higher education: A review. *Studies in Higher education*, 24(3), 331-350.
- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & education*, 67, 156-167.
- Eukel, H. N., Frenzel, J. E., & Cernusca, D. (2017). Educational gaming for pharmacy students—design and evaluation of a diabetes-themed escape room. *American journal of pharmaceutical education*, 81(7).
- Feden, P. D., & Vogel, R. M. (2003). *Methods of teaching: Applying cognitive science to promote student learning*. Boston, Massachusetts: McGraw-Hill.
- Felder, R. M., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM: A practical guide*: John Wiley & Sons.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Garland, R. (1991). The mid-point on a rating scale: Is it desirable? *Marketing Bulletin*, Vol. 2.
- Gogus, A. (2012). Bloom's Taxonomy of Learning Objectives. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 469-473). Boston, MA: Springer US.
- Hermanns, M., Deal, B., Hillhouse, S., Opella, J. B., Faigle, C., & Campbell IV, R. H. (2017). Using an "Escape Room" toolbox approach to enhance pharmacology education.
- Huizenga, J., Admiraal, W., ten Dam, G., & Voogt, J. (2019). Mobile game-based learning in secondary education: Students' immersion, game activities, team performance and learning outcomes. *Computers in Human Behavior*, 99, 137-143.
- Hwang, G. J., & Chang, S. C. (2016). Effects of a peer competition-based mobile learning approach on students' affective domain exhibition in social studies courses. *British Journal of Educational Technology*, 47(6), 1217-1231.

- Nadolny, L., Alaswad, Z., Culver, D., & Wang, W. (2017). Designing with game-based learning: Game mechanics from middle school to higher education. *Simulation & Gaming, 48*(6), 814-831.
- Pornel, J., & Saldaña, G. (2013). Four Common Misuses of the Likert Scale. *Philippine Journal of Social Sciences and Humanities, 18*, 12-19.
- Revilla, M., Saris, W., & Krosnick, J. (2014). Choosing the Number of Categories in Agree-Disagree Scales. *Sociological Methods & Research, 43*, 73-97. doi:10.1177/0049124113509605
- Roehl, A., Reddy, S. L., & Shannon, G. J. (2013). The flipped classroom: An opportunity to engage millennial students through active learning strategies. *Journal of Family & Consumer Sciences, 105*(2), 44-49.
- Roman, P., Rodriguez-Arrastia, M., Molina-Torres, G., Márquez-Hernández, V. V., Gutiérrez-Puertas, L., & Ropero-Padilla, C. (2019). The escape room as evaluation method: A qualitative study of nursing students' experiences. *Medical teacher, 1-8*.
- Tobias, S., Fletcher, J. D., & Wind, A. P. (2014). Game-based learning. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 485-503): Springer.
- Weijters, B., Cabooter, E., & Schillewaert, N. (2010). The effect of rating scale format on response styles: The number of response categories and response category labels. *International Journal of Research in Marketing, 27*(3), 236-247.
- Wiemker, M., Elumir, E., & Clare, A. (2015). Escape room games. *Game Based Learning, 55*.
- Ingham, A. G., Levinger, G., Graves, J., & Peckham, V. (1974). The Ringelmann effect: Studies of group size and group performance. *Journal of Experimental Social Psychology, 10*(4), 371-384. doi:[https://doi.org/10.1016/0022-1031\(74\)90033-X](https://doi.org/10.1016/0022-1031(74)90033-X)
- Kerr, N. L., & Bruun, S. E. (1983). Dispensability of member effort and group motivation losses: Free-rider effects. *Journal of Personality and Social Psychology, 44*(1), 78-94. doi:10.1037/0022-3514.44.1.78

## 7 Appendix

### 7.1 Tijdslijn



### 7.2 Zoekplan literatuurstudie

Literatuur werd gezocht aan de hand van verschillende databanken met de voornaamste zijnde Pubmed en Web of Science. Verder werd er ook gebruik gemaakt van American Chemical Society Publications en ERIC. Hiervoor werd er beroep gedaan op diverse **kernwoorden** (zie tabel 1). Om de gepaste literatuur te bekomen, werden verschillende combinaties in kernwoorden uitgevoerd bv. TITLE: (Escape Classroom) OR TITLE: (Escape room) OR TITLE: (Escape Lab). Bovendien werd er voor het vinden van de literatuur gefocust op het vakdomein chemie en verpleegkunde, aangezien deze opleidingen vaak een combinatie hebben van theorie en praktijk wat optimaal is voor een escape room. **Inclusiecriteria** voor literatuur zijn onderzoeken en papers die Nederlands- of Engelstalig zijn. Publicaties die **geëxcludeerd** werden, waren artikels en onderzoeken over de studiemotivatie in escape rooms. Ook book reviews en film reviews werden niet opgenomen in dit onderzoek. Hoewel een escape room relatief recent is, werd voor de zoekopdracht omtrent escape rooms in het onderwijs een datum van publicatie timespan opgelegd van 2015 tot 2020 om de meest recente toepassingen te vinden. Voor de grondlegging van escape rooms en gamification in het onderwijs werd geen timespan toegepast. In de referentielijsten van de geschikte artikels werd ook gezocht naar publicaties die niet direct in de databases gevonden werden. Hierdoor werden nog een aantal geschikte artikels gevonden.

**Tabel 1. Tabel met de kernwoorden gebruikt werden in de studie.** Geschreven in het Nederlands en vertaald vanuit het engels, samen met de synoniemen gevonden in de literatuur. Er werden veel verschillende combinaties van kenmerken geprobeerd.

Kernwoorden	Engels	Synoniem(en)
Escape room	Escape room	Escape lab, Escape Classroom
Gamificatie	Gamification	Game-based learning, Game
(Formatieve, summatieve) Evaluatie	(Formative, summative) Evaluation	Assessment
Chemie	Chemistry	
Educatie	Education	
Leerprestatie	Student performance	Student achievement
Verpleegkunde studenten	Nursing students	



## 7.3 Informed consent

### Voor de leerlingen

**Geinformeerde toestemming**

Titel van het onderzoek:  
Naam + contactgegevens onderzoeker: Yana De Smet (yana.desmet@student.uhasselt.be)  
Doel en methodologie van het onderzoek: Evalueren of het gebruik van een escape room als interactief leermiddel de leerprestaties verhoogd.

Duur van het experiment: 1 dag  
Ik begrijp wat van mij verwacht wordt tijdens dit onderzoek.  
Ik weet dat ik zal deelnemen aan volgende proeven of testen: Deelname aan escape room of controlegroep (les)

Ik weet dat er risico's of ongemakken kunnen verbonden zijn aan mijn deelname: Voor de deelnemers aan de escape room is er mogelijke blootstelling aan indicators. Voor de controlegroep zijn er geen risico's of ongemakken.


Ikzelf of anderen kunnen baat bij dit onderzoek hebben op volgende wijze: Er kan een toename zijn in de leerprestaties.

Ik begrijp dat mijn deelname aan deze studie vrijwillig is. Ik heb het recht om mijn deelname op elk moment stop te zetten. Daarvoor hoef ik geen reden te geven en ik weet dat daaruit geen nadeel voor mij kan ontstaan.  
De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden voor wetenschappelijke doeleinden en mogen gepubliceerd worden. Mijn naam wordt daarbij niet gepubliceerd, anonimiteit en de vertrouwelijkheid van de gegevens is in elk stadium van het onderzoek gewaarborgd.  
Ik wil graag op de hoogte gehouden worden van de resultaten van dit onderzoek. De onderzoeker mag mij hiervoor contacteren op het volgende e-mailadres:  
Voor vragen weet ik dat ik na mijn deelname terecht kan bij:  
Yana De Smet (yana.desmet@student.uhasselt.be)

**Ik heb bovenstaande informatie gelezen en begrepen en heb antwoord gekregen op al mijn vragen betreffende deze studie. Ik stem toe om deel te nemen.**

Datum: \_\_\_\_\_  
Naam en handtekening proefpersoon \_\_\_\_\_

Naam en handtekening onderzoeker \_\_\_\_\_

 UHASSELT  
KNOWLEDGE IN ACTION

Figuur 2. Informed consent voor de leerlingen.

### Voor de leerkracht

**Geinformeerde toestemming**

Titel van het onderzoek:  
Naam + contactgegevens onderzoeker: Yana De Smet (yana.desmet@student.uhasselt.be)  
Doel en methodologie van het onderzoek: Evalueren of het gebruik van een escape room als interactief leermiddel de leerprestaties verhoogd.


Duur van het experiment: 1 dag  
Ik begrijp wat van mij verwacht wordt tijdens dit onderzoek.  
Ik weet dat ik zal deelnemen aan volgende proeven of testen: Lesgeven aan de controlegroep.  
Ik weet dat er risico's of ongemakken kunnen verbonden zijn aan mijn deelname: Er is een verlies aan twee lesuren door het uitvoeren van de escape room en afname van de test. De leerlingen van de controlegroep werken mogelijk minder goed mee doordat ze niet mogen deelnemen aan de escape room.  
Ikzelf of anderen kunnen baat bij dit onderzoek hebben op volgende wijze: Een gedeelte van de leerlingen krijgt de kans om dezelfde leerstof te ontdekken op een interactieve manier die hergebruikt kan worden in de toekomst. Er is een mogelijke stijging in leerprestaties en voorkennis bij de leerlingen.

Ik begrijp dat mijn deelname aan deze studie vrijwillig is. Ik heb het recht om mijn deelname op elk moment stop te zetten. Daarvoor hoef ik geen reden te geven en ik weet dat daaruit geen nadeel voor mij kan ontstaan.  
De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden voor wetenschappelijke doeleinden en mogen gepubliceerd worden. Mijn naam wordt daarbij niet gepubliceerd, anonimiteit en de vertrouwelijkheid van de gegevens is in elk stadium van het onderzoek gewaarborgd.  
Ik wil graag op de hoogte gehouden worden van de resultaten van dit onderzoek. De onderzoeker mag mij hiervoor contacteren op het volgende e-mailadres:  
Voor vragen weet ik dat ik na mijn deelname terecht kan bij:  
Yana De Smet (yana.[desmet@student.uhasselt.be](mailto:desmet@student.uhasselt.be))

**Ik heb bovenstaande informatie gelezen en begrepen en heb antwoord gekregen op al mijn vragen betreffende deze studie. Ik stem toe om deel te nemen.**

Datum: \_\_\_\_\_  
Naam en handtekening proefpersoon \_\_\_\_\_

Naam en handtekening onderzoeker \_\_\_\_\_

 UHASSELT  
KNOWLEDGE IN ACTION

Figuur 3 – Informed consent voor de leerkracht.

## 7.4 Vragenlijsten

### Voor het uitvoeren van de escape room

Vragenlijst Escape Room (1)	
Groep: <input style="width: 80%;" type="text"/>	Klas: <input style="width: 80%;" type="text"/>
School: <input style="width: 100%;" type="text"/>	
Geslacht: <input type="checkbox"/> Man <input type="checkbox"/> Vrouw	

Plaats een kruisje in het vakje dat het meest overeenkomt met jouw mening.

Ben je bekend met het concept van een escape room? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee Indien nee, een escape room is een interactief spel dat uitgevoerd wordt in kleine groepjes van gemiddeld zes personen. De groep tracht samen puzzels, raadsels en uitdagingen op te lossen binnen een vooraf gedefinieerde tijdsperiode, meestal één uur, om te ontsnappen uit één of meerdere ruimtes.	Alkoord	Eerder alkoord	Eerder niet alkoord	Niet alkoord
1. Het lijkt me interessant om een klassieke les te vervangen door een escape room	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Een escape room zou me meer motiveren tijdens de les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Een escape room zou me voldoende activeren tijdens de les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Een escape room zou me voldoende uitdagen tijdens de les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Een escape room lijkt me meer leerrijk dan een klassieke les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ik zou leerstof beter begrijpen als ik deze kan/mag verwerken in groep met minimale begeleiding van de leerkracht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Het samenwerken tijdens een escape room spreekt me aan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. De samenwerking met andere leerlingen zou me helpen om de leerstof beter te begrijpen tijdens het uitvoeren van een escape room	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Een escape room zou mij kunnen helpen om thuis een betere leerhouding aan te houden (i.v.m. voorbereiding voor de escape room)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ik zou bereid zijn om me voor te bereiden op een escape room	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ik zou de volgende rol opnemen in de escape room: Alkoord = Leider: je leidt de groep Eerder alkoord = Denker: je doet de denkoefeningen Eerder niet alkoord = Doener: je doet de meer actieve oefeningen (practica, ...) Niet alkoord = Volger: je houdt je afzijdig en wacht op instructies van de rest	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Alkoord	Eerder alkoord	Eerder niet alkoord	Niet alkoord
12. Een escape room zou ervoor kunnen zorgen dat ik toch aandachtig zou zijn bij leerstof dat buiten mijn interessegebied ligt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Een escape room zou mij helpen de hoofdconcepten van de bijzaken van de leerstof te kunnen onderscheiden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Het aanleren van leerstof via een escape room zou voor mij voldoende gestructureerd zijn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ik zou het eerlijk vinden dat een les geëvalueerd wordt aan de hand van een escape room in plaats van een schriftelijke toets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Na het uitvoeren van de escape room

### Vragenlijst Escape Room (2)

Groep:  Klas:   
 School:   
 Geslacht:  Man  Vrouw

Plaats een kruisje in het vakje dat het meest overeenkomt met jouw mening.

Ik vond deze proef het leukste:	Akkoord	Eerder akkoord	Eerder niet akkoord	Niet akkoord
<input type="checkbox"/> Genetica				
<input type="checkbox"/> Biotechnologie				
<input type="checkbox"/> Biomoleculen				
1. Het lijkt me interessant om een klassieke les te vervangen door een escape room	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. De escape room heeft me meer gemotiveerd tijdens de les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. De escape room heeft me voldoende geactiveerd tijdens de les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. De escape room heeft me voldoende uitdagd tijdens de les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Een escape room lijkt me meer leerrijk dan een klassieke les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ik heb de leerstof beter begrepen nu ik deze kon verwerken in groep met minimale begeleiding van de leerkracht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Het samenwerken tijdens de escape room sprak me aan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. De samenwerking met andere leerlingen heeft me geholpen om de leerstof beter te begrijpen tijdens het uitvoeren van de escape room	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Een escape room zou mij kunnen helpen om thuis een betere leerhouding aan te houden (i.v.m. voorbereiding voor de escape room)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ik zou bereid zijn om me voor te bereiden op een escape room	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ik heb de volgende rol opgenomen in de escape room: Akkoord = Leider: je leidt de groep Eerder akkoord = Denker: je doet de denkoefeningen Eerder niet akkoord = Doener: je doet de meer actieve oefeningen (practica, ...) Niet akkoord = Volger: je houdt je afzijdig en wacht op instructies van de rest	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Akkoord	Eerder akkoord	Eerder niet akkoord	Niet akkoord
12. De escape room heeft ervoor kunnen zorgen dat ik toch aandachtig was bij leerstof dat buiten mijn interessegebied ligt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. De escape room heeft mij geholpen om de hoofdconcepten van de bijtaken van de leerstof te kunnen onderscheiden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Het aanleren van leerstof via de escape room was voor mij voldoende gestructureerd/duidelijk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ik zou het eerlijk vinden dat een les geëvalueerd wordt aan de hand van een escape room in plaats van een schriftelijke toets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. De escape room heeft mijn motivatie en interesse gestimuleerd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. De escape room was een meerwaarde als middel voor het aanbrengen van leerstof	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ik denk dat ik met een toets hetzelfde resultaat zou halen na de escape room dan na een klassieke les	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ik zou graag vaker een escape room willen doen om leerstof te verwerken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 7.5 Interview met de leerkracht

### Voor het uitvoeren van de escape room

1. Hebt u al eens eerder actieve spelvormen gebruikt in de les om de leerstof te laten verwerken door de leerlingen?

*Ik weet niet wat je als spelvorm bedoelt.*

Zoals wij nu de escape room doen, bijvoorbeeld, een soort van 'wie is het?' rond plantenclassificaties.

*Nee, ze werven veel met opdrachten en presentaties en we werken wel met digitale dingen, maar spelletjes...*

Wordt niet echt gedaan.

*Nee nee. Ja, buiten met evolutie ofzo, dan zijn dat spelletjes met konijntjes spelen ja.*

Ah oké, het hangt van het thema af eigenlijk?

*Ja, dan hebben ze konijntjes en dan kan je een mutatie toevoegen, een bruin konijntje en dan kan je daar een selectiefactor opzetten. Dat is een computerspelletje.*

Ja, dat telt ook.

2. Bent u bekend met het concept van een escape room?

*Ik ben daar mee bekend, ja.*

1. In een escape room word je samen met andere mensen in een kamer gezet en aan de hand van aanwijzingen en het oplossen van puzzels moet je uit de kamer ontsnappen

4. Denkt u dat een escape room gebruikt kan worden om nieuwe leerstof aan te brengen?

*Ik denk dat ik dat eerder zou gebruiken om leerstof te verwerken,. Om het erin te krijgen, in dat opzicht, dat in een escape room. Ik heb dat ook al gedaan, dat je met 5 man bent en iedereen is met iets anders bezig en op den duur vind je iets, maar je hebt niet alles gedaan zelf. Ik weet niet of dat de juiste manier is om leerstof erin te krijgen bij iedereen.*

Tenzij je kleine klasgroepen zou hebben en dan individueel zou laten doen?

*Ja, maar dan mist het een stukje zijn charme. Het is net het leuke om dat samen te doen. Als verwerking vind ik dat wel heel goed of als evaluatie na een heel stuk.*

4. Hoe zou een escape room volgens u kunnen bijdragen aan een betere leerstofverwerking ten opzichte van een klassieke les?

*Ik denk het uitdagende idee. Het is hun leefwereld en als je zo eens ou-of-the-box denkt, denk ik wel dat het motiverend kan zijn.*

5. Hoe zouden leerlingen volgens u tegenover escape rooms, in de klas, staan (qua motivatie, uitdaging, voorbereiding,...)?

*Qua voorbereiding, nu weten ze niet wat er juist gaat gebeuren, vandaag gaat dat geen verschil uitmaken. Ik denk dat het wel een motivatie is om de leerstof te bekijken want ze willen ook niet afgaan voor hun kameraden. Ik denk wel dat het motiverend kan werken.*

Ook als je het in de toekomst zou gebruiken, denk je wel dat ze hun beter gaan voorbereiden?

*Ik denk dat wel. Ik denk dat wel. De rest hangt af van wat zij kennen, ik kan mij dat wel inbeelden.*

6. Zou u het overwegen om een escape room te gebruiken als evaluatiemiddel in plaats van een schriftelijke toets?

*Is een moeilijke vraag omdat je met een groepswork zit. Misschien wel, afwachten wat het vandaag gaat geven. Misschien wel.*

7. Wat zou u tegenhouden om een escape room te integreren in de les?

*Ik moet het eerst zien, hoe het gaat bollen. Niet veel, maar ik heb geen zin om er een hele dag dingetjes van voor te bereiden voor een half uur plezier. Voor de rest neen, want we zijn zelf ook aan het kijken voor zoiets te zien.*

Dus eigenlijk vooral het voorbereidend werk dat er in kruipt om zoiets te doen?

*Het nadeel hier is, ik heb geen enkele parallelle groep. Ik heb zoveel lessen, allemaal aparte groepen, waar ik allemaal aparte voorbereidingen voor maak. Het is niet dat ik dat kan voorbereiden en dan 5 keer kan doen. Ik steek veel tijd in mijn lessen, daar niet van, maar ik kan dat niet bij iedere groep zo doen.*

8. Welke ondersteuning (van collega's, directie, materiaal,...) denkt u nodig te hebben bij het opstellen en uitvoeren van een escape room?

*Hetzelfde, qua materiaal zijn we goed uitgerust, met de coördinator valt ook goed mee. Het probleem is een stukje, als ik een escape room ontwikkel, dat dat voor mijn collega's in hun klassen niet geschikt gaat zijn omdat wij allemaal andere leerplannen hebben. Dat is ook een beetje wat het tegenhoudt. Het is leuk om dat met collega's samen op te stellen, maar we hebben geen parallelklassen.*

Het is dan enkel voor één groep?

*Als we dat doen, zou het voor deze groep zijn en dan kunnen we dat bij een andere collega maken speciaal voor sociaal-technisch en dat houdt het een stukje tegen. Eigenlijk is het individueel werk voor een groot stuk.*

9. Zou u bereid zijn om meer tijd te spenderen aan de voorbereiding van een escape room dan aan een traditionele lesvoorbereiding? (Eventueel extra: hoeveel tijd?)

*Ik denk dat sowieso, als je een uitgebreid practicum doet, daar steek je ook meer tijd in dan. Ik heb mijn cursussen zelf geschreven, mijn lessen zelf gemaakt, daar kruipt tijd in. Daar zie ik het probleem nu niet in, maar het moet goed in elkaar zitten.*

Hoeveel extra tijd, denk je, dat daar zou insteken?

*Hangt af van wat je wil. Ik denk uiteindelijk, we doen veel met erfelijkheid, we zoeken ook extra oefeningen. Je moet een paar oefeningen aan elkaar koppelen en je hebt eigenlijk al iets.*

Dus op zich valt het wel mee?

*Ik denk dat het mee kan vallen, hangt ervan af hoe uitgebreid. Je kan er heel veel tijd insteken, maar ik denk dat het ook vlotjes kan gaan.*

### **Na het uitvoeren van de escape room**

1. Bent u na het uitvoeren van de escape room overtuigd dat een escape room bijdraagt aan een betere leerstofverwerking? Of eerder niet?
2. Welke vaardigheden zouden volgens u nog meer aan bod kunnen/moeten komen in een escape room?
3. Hoe denkt u dat de leerlingen de escape room ervaren hebben?
4. Bent u, na het uitvoeren van deze escape room, van plan om een escape room te integreren in de les indien de resultaten gunstig zijn?

5. Wat zou u tegenhouden om een escape room te integreren in de les?
6. Zou u het gebruik van een escape room in de klas aanraden aan collega's?
7. (Eventueel om een "vervolgstudie" te suggereren): Zou u een escape room inzetten als evaluatiemethode?

## 7.6 Toets met de antwoorden

Rode tekst = Aanpassingen gedaan na uitvoering escape room.

Groene tekst = Correcte antwoorden.

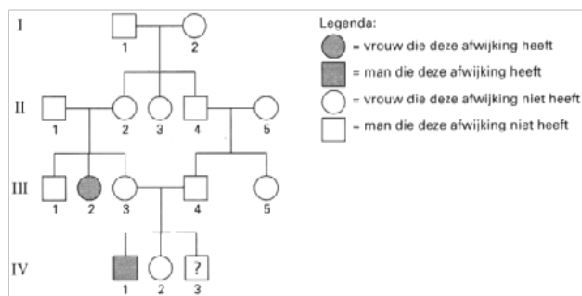
Naam: \_\_\_\_\_  
Klas: \_\_\_\_\_  
School: \_\_\_\_\_  
Datum: \_\_\_\_\_

### Toets Biologie – Genetica, Biotechnologie en Biomoleculen

#### Genetica

##### Vraag 1 – Erfelijke afwijkingen (2 punten)

In de familie van een vrouw (IV-2) komt een bepaalde erfelijke afwijking voor. Familieleden met deze afwijking zijn verstandelijk gehandicapt. De stamboom van deze familie is weergegeven in de afbeelding hieronder.



Deze vrouw (IV-2) heeft een broer (IV-3). Aangenomen wordt dat geen mutaties optreden.

Hoe groot is de kans dat de broer deze afwijking heeft? Beargumenteer je antwoord

$$\frac{1}{2} (III-3) \times \frac{1}{2} (III-4) = \frac{1}{4} (IV-3)$$

De aandoening is recessief overerfbaar dus de broer moet van beide ouders het gen overerven om de afwijking te hebben. Beide allelen van het gen moeten dus de afwijking bevatten zodat de zoon de aandoening overerft.

##### Vraag 2 – Transcriptie en translatie (5 punten)

a. Wat gebeurt er bij onderstaande processen? (3 punten)

Transcriptie: DNA omzetten naar RNA

Translatie: RNA omzetten naar Aminoszuren

Naam: \_\_\_\_\_  
Klas: \_\_\_\_\_  
School: \_\_\_\_\_  
Datum: \_\_\_\_\_

- b. Welke sequenties worden er gevormd na transcriptie en translatie van onderstaande DNA-sequentie? (2 punten)

TACACCAGCGCGAAGATGGGTTAATGCGCAGCAATT

Na transcriptie: AUG UGG UOG CGC UUC UAC OCA AUU ACG CGU CGU UAA

Na translatie: Met – Trp – Ser – Arg – Phe – Tyr – Pro – Ile – Thr – Arg – Arg - STOP

## Biotechnologie

### Vraag 3 – Vectoren (2 punten)

Wat is een vector en waarvoor wordt het gebruikt binnen de biotechnologie?

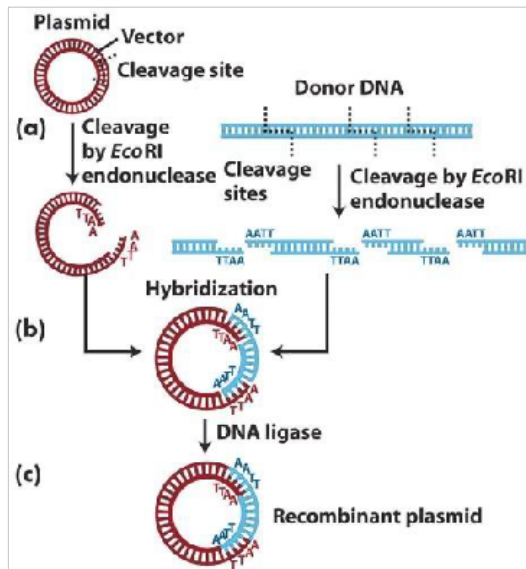
Een vector is in de celbiologie en de moleculaire biologie de benaming voor een middel dat gebruikt wordt om genetisch materiaal (meestal DNA) in een cel of organisme te brengen. Vaak heeft een vector de vorm van een circulair stuk DNA (een plasmide). Maar hij kan ook in andere vormen voorkomen.



Naam: \_\_\_\_\_  
 Klas: \_\_\_\_\_  
 School: \_\_\_\_\_  
 Datum: \_\_\_\_\_

**Vraag 4 – Inbrengen van genen (2 punten)**

Beschrijf en teken het proces waarmee men DNA kan implementeren in een vector.



**Biomoleculen**

**Vraag 5 – Klassen en indicators**

Mathias en Laurent zijn broers. Een van de twee broers heeft een zetmeel-intolerantie en de andere broer is wel tolerant voor zetmeel.

- a. Wat betekent dit verschil? Door wat wordt dit veroorzaakt?
  - b. Stel dat we feces stalen van beide broers ontvangen van hun dokter, hoe kunnen we testen welke van de beide broers zetmeel-intolerant is?
- a. De ene broer kan geen zetmeel verteren terwijl de andere broer dit wel kan. Bij zetmeel-intolerante personen ontbreekt het enzym amylase waardoor zetmeel niet kan worden afgebroken wat leidt tot het verteren van zetmeel door de darmbacteriën wat zorgt voor symptomen.
- b. De stalen testen met lugol (= zetmeel indicator):  
 Zetmeel intolerant  zetmeel wordt niet afgebroken  bevindt zich in feces  lugol verkleuring  
 Zetmeel tolerant  Zetmeel wordt afgebroken door amylase  bevindt zich niet in feces  geen of mindere lugol verkleuring

Naam: \_\_\_\_\_  
Klas: \_\_\_\_\_  
School: \_\_\_\_\_  
Datum: \_\_\_\_\_

### Vraag 6 – Verjaardagscake

Esmee besloot om voor haar verjaardag een cake te bakken ter traktatie. Ze heeft op internet onderstaand recept gevonden voor het bereiden van de cake:

- 200g Zelfrijzende bloem
- 200g Suiker
- 50g Boter
- 60 ml Melk
- 1 ei
- 1 Theelepel vanille extract

- a. Welke klassen van biomoleculen vind je hierin terug?
- b. Enkele vriendinnen van Esmee zijn veganistisch, daarom besluit ze over te schakelen naar plantaardige olie in plaats van boter. Wat zijn de belangrijkste verschillen hiertussen?
- c. Esmee voegt bij deze cake twee soorten sachariden toe namelijk lactose en suiker. Wat is het verschil tussen beiden?

- a. Boter= lipiden  
Suiker= Koolhydraten  
Melk = Proteïnes, koolhydraten en vetten  
Ei= Proteïnes
- b. Dierlijke vetten (boter) zijn verzadigd en compacter en plantaardige vetten (plantaardige olie) zijn onverzadigd en minder compact (makkelijker afbreikbaar).
- c. 2 glucosemoleculen vs veel meer glucosemoleculen verbonden door glycosidebinding.

**Succes!**

## 7.7 Gekoppelde leerplandoelstellingen en eindtermen

### Leerplandoelstellingen

Leerplan: [https://pro.g-o.be/blog/documents/2017-016.pdf?fbclid=IwAR2RXdcm8p\\_D71k9RSW1lyxJRxWpYk3a\\_W9-Orakg-SNNYq8yGfDSG4GqG8](https://pro.g-o.be/blog/documents/2017-016.pdf?fbclid=IwAR2RXdcm8p_D71k9RSW1lyxJRxWpYk3a_W9-Orakg-SNNYq8yGfDSG4GqG8)

Leerplannummer: 2017/016

Onderwerp	Subonderwerp	Leerplandoelstellingen	
Genetica	Stamboom-onderzoek	21 – 28 45	<p><b>21</b> – Door middel van informatieverwerking, erfelijkheid linken aan een of meerdere maatschappelijke thema's.</p> <p><b>22</b> – Met voorbeelden het begrip erfelijkheid illustreren.</p> <p><b>23</b> – Aan de hand van concrete voorbeelden de kenmerken van organismen verklaren vanuit erfelijkheid.</p> <p><b>24</b> - De overerving van het geslacht uitleggen.</p> <p><b>25</b> - Een kruisingsschema opstellen.</p> <p><b>26</b> - De overerving van geslachtsgebonden kenmerken verklaren vanuit een kruisingsschema.</p> <p><b>27</b> - Aan hand van de concrete voorbeelden de variatie tussen organismen verklaren vanuit erfelijkheid en omgevingsinvloeden.</p> <p><b>28</b> - Vanuit een maatschappelijke bekommernis respect voor lichamelijke en mentale diversiteit tonen.</p> <p><b>45</b> - Een stamboom opstellen en interpreteren</p>
	Transcriptie en translatie	6	<b>6</b> - DNA en RNA als codesysteem bespreken om de eiwitsynthese te verduidelijken
Biotechnologie	Restrictie-enzymen	40	<b>40</b> - Kunstmatige genoverdracht stapsgewijs uitwerken met een voorbeeld.
Biomoleculen	Vakjargon	76 88	<p><b>76</b> - De chemische structuur van belangrijke biologische moleculen herkennen en beschrijven en enkele voorbeelden van biomoleculen geven.</p> <p><b>88</b> - De wetenschappelijke naamgeving correct hanteren en het belang van dit systeem aangeven.</p>
	Klassen	76	<b>76</b> - De chemische structuur van belangrijke biologische moleculen herkennen en beschrijven en enkele voorbeelden van biomoleculen geven.
	Indicators	76	<b>76</b> - De chemische structuur van belangrijke biologische moleculen herkennen en beschrijven en enkele voorbeelden van biomoleculen geven.

### Eindtermen

<http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20Biologie-2017-012.pdf>

Onderwerp	Subonderwerp	Eindtermen

Genetica	Stamboomonderzoek	1	1 - Kenmerken van organismen en variatie tussen organismen verklaren vanuit erfelijkheid en omgevingsinvloeden. 2 - Aan de hand van eenvoudige voorbeelden toelichten hoe kenmerken van generatie op generatie overerven.
	Transcriptie en translatie	2	
Biotechnologie	Restrictie-enzymen		n.v.t.
Biomoleculen	Vakjargon		n.v.t.
	Klassen		n.v.t.
	Indicators		n.v.t.

## 7.8 Politierapport

Het politierapport met informatie over het incident en wat reeds ondernomen was. In de sectie 'verdere informatie' konden de leerlingen hun gevonden informatie schrijven.



# Politierapport

Zaak n°: 2020030923 Datum: 09/03/2020

Dienstdoend ambtenaar: Commissaris Van Dijk Voorbereid door: Inspecteur Decock

Incident: Verdacht overlijden en vermiste personen

### Gedetailleerde omschrijving van het incident:

*De politie deed reeds geruime tijd onderzoek naar 'GenTec', een familiebedrijf dat wordt uitgebaat door 4 broers en zussen, omwille van illegale onderzoekspraktijken. Zo weten we dat één van de eigenaars een bepaalde ziekte heeft en hiervoor een geneesmiddel zocht. Zo werd het ziektegen ingebouwd in een plasmide (circulair genetisch materiaal van een bacterie) en werd de resulterende vector aangebracht in een proefpersoon. De mogelijke geneesmiddelen werden vervolgens op het proefpersoon getest. De politie had niet genoeg bewijsmateriaal om het bedrijf stil te leggen en weet ook niet wie van de eigenaars verantwoordelijk is voor dit onderzoek. De proefpersoon is nu dood aangetroffen en de politie onderzoekt dit verdacht overlijden. Ze willen weten wie van de eigenaars illegaal onderzoek deed, en dus verantwoordelijk is voor de moord. Op het moment van ons onderzoek zijn alle vier de eigenaars vermist dus ondervragingen zijn niet mogelijk.*

### Ondernomen acties:

*Een autopsie werd reeds uitgevoerd op het slachtoffer en heeft uitgewezen dat het slachtoffer net voor het overlijden nog gegeten had. De inspecteurs hebben de maaginhoud aan jullie overhandigt voor verder onderzoek. Het is aan jullie om te achterhalen wie de dader is zodat de politie deze kan seinen en vervolgen.*

### Verdere informatie:

## 7.9 Verdachtendossiers

De vier verdachtendossiers die de leerlingen ter beschikking hadden.



# Vincent Malesteyn

### Algemeen

2013 – 2016  
Sales manager • GenTec

2016 – heden  
CFO • GenTec

Oudste zoon van Didier Malesteyn en dus de erfgenaam van GenTec. Na zijn studies meteen in het familiebedrijf gerold als verkoopmanager. Is sinds enkele jaren als CFO of financieel directeur verantwoordelijk om het bedrijf winstgevend te houden. Uiterst bekwaam in zijn job, maar niet erg geliefd bij de rest van het personeel. Verloof met Cynthia De Ridder, die in verwachting is van hun eerste kind.

- 30 november 1989 te Hasselt

 Verloofd met Cynthia De Ridder

 vincent.malesteyn@gentec.be

### Strafblad

- Enkele PV's voor roekeloos rijgedrag. Rijbewijs werd al tweemaal voor enkele weken ingetrokken.

### Alibi

- Zou volgens zijn agenda een investeerdersvergadering gehad hebben tot 22 uur. Volgens enkele aanwezigen zou deze vergadering echter vroeger zijn afgelopen.
- V. Malesteyn is in voorlopige hechtenis, maar weigert mee te werken. Zou enkel tegen de speurders gezegd hebben "Dit zat eraan te komen".

### Opmerkingen

- Vincent Malesteyn was al enkele weken wanhopig op zoek naar nieuwe investeerders. Zou het dan toch niet zo goed gaan met het bedrijf?
- Het laatste jaar werd Vincent Malesteyn maar liefst vier keer kortstondig opgenomen in het ziekenhuis. Volgens zijn verloofde heeft hij al heel zijn leven last van stress-gerelateerde epilepsie aanvallen.
- Met een kindje op komst is het toch handig om te weten of je al dan niet drager bent van een genetische aandoening?



# Sebastian Malesteyn

## Algemeen

2019 – heden  
PR manager • GenTec

Kleinzoon van wijlen Karel Malesteyn en jongste familielid in het bedrijf. Is nog maar een jaar geleden binnengehaald in het bedrijf als PR manager. In die functie is hij verantwoordelijk voor het onderhouden van de sociale media van het bedrijf, voor de contacten met de pers en voor het opstellen van reclamecampagnes. Zeer rustige en bescheiden jongen die nog niet veel mensen in het bedrijf kent.

- 4 oktober 1995 te Zonhoven



In een relatie met Lisa Bayeux



bastian.malesteyn@gentec.be

## Strafblad

- In 2016 werd er tegen Sebastian Malesteyn een PV voor openbare dronkenschap en agressie. Zou tijdens een studentenfeest ruzie gekregen hebben met een andere café-ganger. Ook het slachtoffer zou hierbij betrokken geweest zijn, maar het is onduidelijk of de twee elkaar kennen. Hierna nooit meer verdacht van soortgelijke feiten.

## Alibi

- Vertrok in de namiddag reeds naar huis “om zijn koffers te pakken”. De bewakingsbeelden tonen echter aan dat hij 's avonds nog even op zijn kantoor geweest is. Zou tegen een bewakingsagent gezegd hebben dat hij “nog een verslag moest afgeven aan zijn oom”.
- S. Malesteyn is met zijn vriendin een weekendje weg en kon nog niet verhoord worden. Niemand weet waar zij verblijven en hun gsm staat uit.

## Opmerkingen

- Is als PR manager niet betrokken bij wetenschappelijke proeven in het bedrijf, maar toonde hier toch enorm veel interesse voor. Zou zijn nicht Alicia gesmeekt hebben voor een rondleiding in de R&D afdeling.
- Toch zeer vreemd om uitgerekend nu een weekendje te plannen met zijn vriendin. Waarom wist niemand hier van af? Zijn ze gevlucht? En waarom zijn ze niet bereikbaar?



# Didier Malesteyn

## Algemeen

1991 – 2014  
Directeur R&D afdeling • GenTec

2014 – heden  
CEO • GenTec

Oudste zoon van wijlen de heer Karel Malesteyn en sinds diens overlijden in 2014 CEO van GenTec. Wordt vaak door zijn familie omschreven als een stille, hardwerkende baas die enkel oog heeft voor de reputatie van het bedrijf. Volgens zijn personeel zou hij echter niet begaan zijn met zijn medewerkers en zou er zelfs geen goeiedag van af kunnen.

- 24 juni 1964 te Hasselt

 Getrouwd met  
Anne-Marie Seynaeve

 Didier.malesteyn@gentec.be

## Strafblad

- In 2016 in beschuldiging gesteld wegens fraude. Malesteyn zou zonder medeweten van de Raad van Bestuur bedrijfssubsidies gebruikt hebben voor persoonlijke doeleinden. Geseponeerd wegens gebrek aan bewijzen. Geld werd evenwel nooit teruggevonden.

## Alibi

- Didier Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het labo. Dit wordt bevestigd door bewakingsbeelden binnen het bedrijf. Evenwel zijn er nergens beelden terug te vinden van Malesteyn met het slachtoffer samen.
- D. Malesteyn is sinds zondagavond vermist en kon nog niet verhoord worden.

## Opmerkingen

- Beschikt als CEO over alle sleutels van het bedrijf. Handig toch?
- Didier Malesteyn zou de laatste tijd nog meer dan anders in zichzelf gekeerd zijn. Zijn vrouw sukkelde al een tijdje met haar gezondheid en Malesteyn was regelmatig afwezig om voor haar te zorgen. Hoe ver zou hij gaan voor zijn geliefde vrouwtje?





# Alicia Malesteyn

## Algemeen

2016 – 2018  
Laborant • GenTec

2018 – heden  
Directrice R&D afdeling • GenTec

Enig kind van Johan Malesteyn en Patricia Severens en bijgevolg nichtje van Didier Malesteyn, met wie ze een zeer goede band heeft. Werkte nog maar twee jaar als laborant vooraleer ze promoveerde tot directrice van de Research and Development afdeling. Deze beslissing stuitte op onbegrip bij het personeel, zou volgens hen veel te onervaren zijn en “enkel maar het lievelingetje van de baas”.

• 13 maart 1992 te Hasselt



Single



alicia.malesteyn@gentec.be

## Strafblad

- Blanco

## Alibi

- Zou normaal op de avond van de moord een volleybalmatch hebben, maar is daar niet komen opdagen. Volgens haar teamgenoten was dit niet de eerste keer en zou dit steeds te maken hebben met haar vele werk.
- A. Malesteyn is sinds zondagavond ondergedoken en weigert met de politie of de pers te praten “vooraleer die smeerlap is opgepakt”.

## Opmerkingen

- Zeer ambitieus om zich te bewijzen als vrouwelijke wetenschapster in een typische mannenwereld. Een nieuw geneesmiddel op de markt brengen zou de ultieme bekroning op het werk zijn.
- Als directrice van de R&D afdeling moet Alicia Malesteyn op de hoogte zijn van testen in het labo. Heeft zij zelf proeven liggen uitvoeren of beschermt ze iemand?
- Alicia Malesteyn kende het slachtoffer van tijdens haar studententijd. Zou hem ooit hebben afgewezen, waarna een ruzie volgde. Niet duidelijk of de twee elkaar nadien nog hebben gezien of gesproken.

## 7.10 Genetica











### 7.10.1 Protocol

Hieronder staat het originele protocol dat gebruikt geweest is in de escape room in HAST. Na het uitvoeren van de escape room werd er beslist om de protocollen in te korten voor toekomstig gebruik, de aanpassingen worden weergegeven in het rood.

#### STAMBOOMONDERZOEK EN -ANALYSE

Overerving van erfelijke kenmerken kan men vanuit verschillende invalshoeken bestuderen. Een klassieke benadering is het uitvoeren van kruisingsexperimenten om het patroon van overerving van een kenmerk doorheen elkaar opvolgende generaties te onderzoeken. Om de overerving van menselijke kenmerken te onderzoeken, zijn kruisingsproeven ethische redenen uitgesloten. Bovendien duurt het jaren voor de mens geslachtsrijp is en bovendien heeft een mensenpaar slechts een gering aantal nakomelingen.

Stamboomonderzoek en stamboomanalyse bewijzen hier hun nut om na te gaan hoe een afwijking in een familie wordt doorgegeven van generatie op generatie. Aanvullend bij stamboomonderzoek kan men meer diepgaand chromosoomonderzoek of DNA-onderzoek uitvoeren. Meestal wordt een stamboom van een familie opgemaakt op vraag van een persoon die advies wil in verband met de overerving van een afwijking. Als er bijvoorbeeld bij toekomstige ouders een vermoeden bestaat dat er een erfelijke afwijking in de familie voorkomt, is het nuttig een gedetailleerde stamboom op te stellen. Door de stamboom te analyseren, kan men nagaan bij welke familieleden in de vorige generaties de afwijking tot uiting kwam en wie er mogelijke dragers kunnen zijn. Ook een persoon die een afwijking heeft, kan naar aanleiding daarvan de vraag stellen om een stamboom op te maken. Een stamboom wordt altijd volgens bepaalde regels opgemaakt met behulp van een aantal conventionele tekens.

I, II, III, IV ... duiden opeenvolgende generaties aan	 twee-eiige tweeling
 normale man	 eeneiige tweeling
 aangetaste man	 partnerrelatie
 normale vrouw	 gescheiden
 aangetaste vrouw	 ouders met kind
 overleden	

Figuur 1. Conventionele symbolen voor het opstellen van stambomen.

Uit stambomen kunnen we meestal afleiden:

- Of een afwijking door een recessief of een dominant allel wordt bepaald
- Of het allel zijn locus heeft op een autosoom of een geslachtschromosoom
- Soms is het ook mogelijk het genotype (homozygoot of heterozygoot) van de individuen te bepalen.

#### Dominant vs. recessief

Voor de meeste erfelijke kenmerken beschikken we over twee aparte allelen. Wanneer twee homologe chromosomen hetzelfde allel bevatten voor een bepaald gen, dan gebruiken we de term "homozygoot".

Het resultaat gemakkelijk te voorspellen. Iemand met twee allelen bruin heeft bruine ogen en met twee allelen blauw heeft blauwe ogen.

Wanneer beide allelen verschillen van elkaar, dan spreken we van een heterozygote toestand. Het resultaat is dan niet zo meteen duidelijk. Het zal afhangen van de 'sterkte' van de allelen. Het **dominante** allel (A) van een allelenpaar is dat allel dat bij het organisme fenotypisch tot uiting komt, zelfs wanneer dat organisme heterozygoot is voor dat kenmerk. Het **recessieve** allel (a) is dan dat allel dat alleen tot uiting komt als het organisme homozygoot is voor het betreffende kenmerk. Bijvoorbeeld: bij de mens domineert normaal kleurenzicht over kleurenblindheid; een individu dat heterozygoot is voor het kenmerk kleurenzicht zal dus een normaal kleurenzicht hebben.

Genotype:	AA	Aa	aa
	Homozygoot	Heterozygoot	Homozygoot

Fenotype:

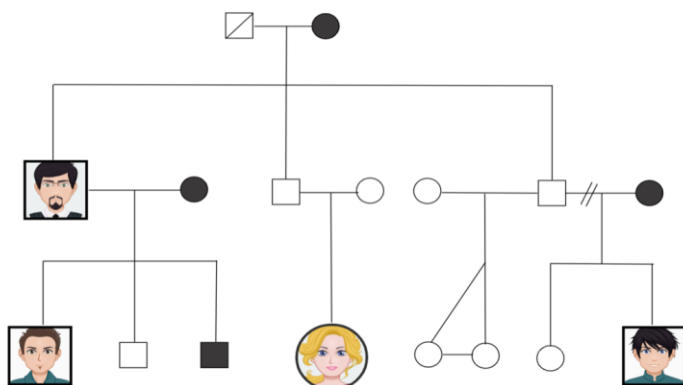


Normaal kleurenzicht    Normaal kleurenzicht    Kleurenblindheid

### Stamboomanalyse

Veel erfelijke ziekten worden gelukkig niet door dominante maar door recessieve genen veroorzaakt. Als je heterozygoot bent voor zo een ziekte of afwijking, zorgt het dominante allel ervoor dat je ze niet hebt. Er bestaat echter wel een kans dat je de recessieve genen doorgeeft aan je nakomelingen. Als bijvoorbeeld een gezond persoon, die heterozygoot (drager) is voor een erfelijke ziekte, een kind krijgt van een gezonde partner, die dezelfde ziekte eveneens heterozygoot in zich draagt, kan het kind homozygoot zijn voor het recessieve kenmerk. Het kind heeft dan die erfelijke ziekte. Zonder het zelf te weten, bezitten veel mensen een recessief gen voor een erfelijke afwijking of ziekte. Als zo iemand een willekeurige partner uit een andere familie kiest, blijft de kans bijzonder klein dat ze allebei drager zijn van een recessief gen voor dezelfde afwijking. Die kans vergroot echter als beide partners tot eenzelfde familie behoren (bloedverwanten). Het risico om recessieve genen homozygoot samen te brengen in het nageslacht is dan veel groter.

### 7.10.2 Puzzel met oplossing



## 7.11 Biotechnologie

Hieronder staat de originele protocollen die gebruikt geweest zijn in de escape room in HAST. Na het uitvoeren van de escape room werd er beslist om de protocollen in te korten voor toekomstig gebruik, de aanpassingen worden weergegeven in het **rood**.

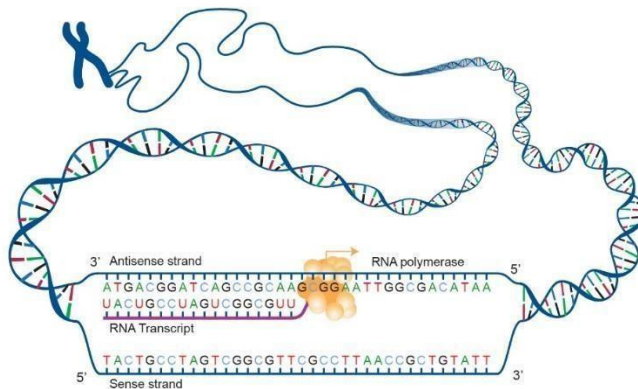
### 7.11.1 Protocol DNA naar RNA

**De opbouw van een polypeptideketen uit het desoxyribonucleïnezuur door middel van het Messenger ribonucleïnezuur**

*Mogelijk om zo de eiwitten uit het zieke gen te bepalen?*

Desoxyribonucleïnezuur (DNA) is de drager van het erfelijk materiaal, gevestigd in de celkern. Het bestaat uit twee strengen in de vorm van een dubbele helix. Elke streng is hierbij opgebouwd uit een ruggengraad, bestaande uit fosfor- en suikergroepen, en basen. Er zijn vier voorkomende base, namelijk adenine (A), thymine (T), guanine (G) en cytosine (C). De basen verbinden de twee strengen door middel van waterstofbruggen tussen A en T of G en C. Enkel deze baseparen kunnen voorkomen.

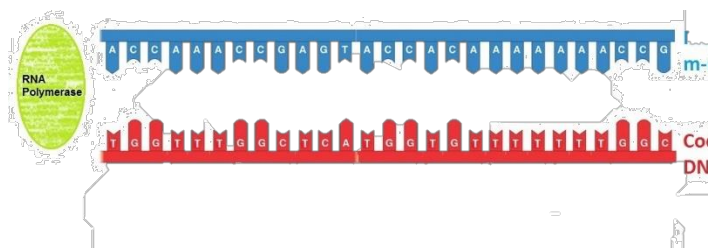
**Van DNA naar mRNA**



**Figuur 1. Transcriptie**

Het DNA vertelt hoe eiwitten moeten worden geproduceerd en fungeert dus als bouwplan. Om dit ontwerp te kunnen uitwerken moeten de plannen worden gekopieerd en worden doorgegeven aan de werkmannen, in dit geval de ribosomen. Deze kopie van het DNA wordt Messenger ribonucleïnezuur (mRNA) genoemd.

De omzetting van DNA naar mRNA heet transcriptie. In dit proces zal het RNA-polymerase enzym zich koppelen aan het DNA. Hierdoor zal het DNA zich tijdelijk ontbinden waardoor het enkelstrengs wordt, zoals aangegeven in figuur 2.

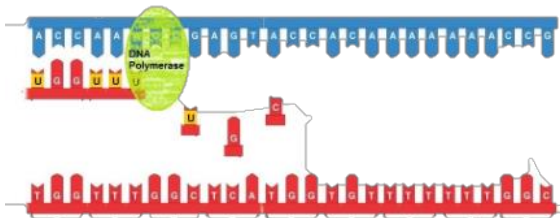


**Figuur 2. Het ontkoppelen van het DNA.**

De 3' naar 5' streng DNA zal hierbij worden uitgelezen door het RNA-polymerase enzym en een complementaire kopie, namelijk de mRNA, zal worden opgebouwd. Dit doet het enzym door steeds de andere helft van het basepaar aan de mRNA keten te kleven, zoals getoond in figuur 3. Enkel thymine zal in het mRNA worden vervangen door uracil (U). Tabel 1 geeft weer welke base er aan het mRNA zal worden toegevoegd afhankelijk van de afgelezen DNA base.

**Tabel 1: complementaire base op het mRNA**

Base gelezen op het DNA	Base geplaatst op het mRNA
A	U
T	A
G	C
C	G

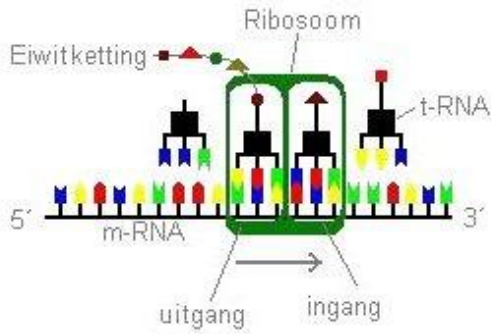


**Figuur 3. De opbouw van het mRNA door het RNA-polymerase enzym.**

Dit proces blijft doorgaan tot het RNA-polymerase enzym een stopcodon leest in het DNA. Dit is een sequentie van basen in het DNA die het enzym laten weten dat de code compleet is. Hierna koppelt het enzym zich los, waarna het DNA zich terug sluit en de afgewerkte mRNA keten wordt verplaatst buiten de celkern.

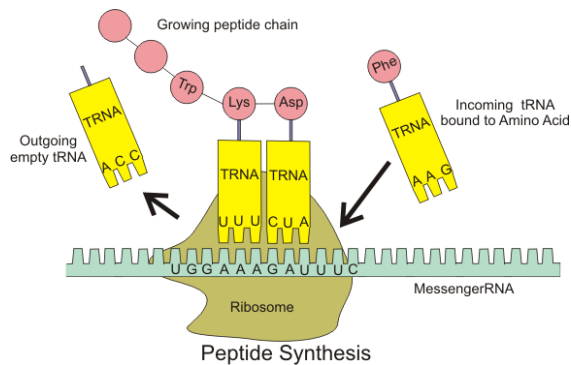
**Van mRNA naar eiwitten**

Wanneer het mRNA de celkern heeft verlaten kan een ribosoom deze uitlezen. Het ribosoom leest het mRNA door telkens drie opeenvolgende base te bekijken (figuur 4). Dit worden codons genoemd. Het mRNA begint steeds met een startcodon dat het begin van de formule voor het eiwit aangeeft. Hierna volgen een hele structuur van codons die elk staan voor verschillende aminozuren en tot slot wordt de code afgesloten met een stopcodon, dat aangeeft dat het eiwit volledig is.



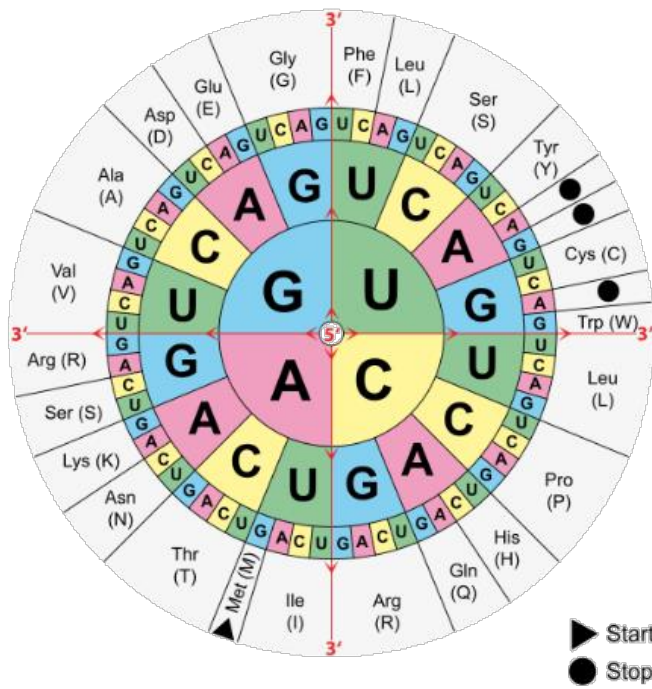
**Figuur 4. Het ribosoom leest het mRNA in codons.**

Het eiwit wordt opgebouwd doordat de ribosomen transfer RNA (tRNA) aanroepen die complementair zijn aan het mRNA. Deze tRNA zijn telkens gebonden aan specifieke aminozuren. Wanneer dit tRNA aan het mRNA wordt gekoppeld zal het ribosoom het aminozuur verbinden aan de voorgaande streng om zo een polypeptide keten, of eiwit, te maken. Eenmaal het aminozuur aan de keten is verbonden wordt het tRNA terug verwijderd en schuift het ribosoom één codon op om het volgende tRNA te kunnen binden. Wanneer het stopcodon dan wordt bereikt zal het ribosoom zich loskoppelen van het mRNA en het eiwit vrijgeven.



**Figuur 5. De omzetting van mRNA naar een polypeptideketen met behulp van een ribosoom en tRNA.**

De aminozuursequentie die het mRNA voorschrijft kan achterhaald worden met behulp van onderstaande figuur. De voorkomende codons moeten hierin worden gezocht om zo te bepalen voor welk aminozuren ze staan. Dit doet men door van binnen naar buiten het codon uit te lezen in de figuur.



## 7.11.2 Protocol kunstmatige genoverdracht

Aanpassingen worden aangegeven in het rood, deze zijn verwijderd in het nieuwe protocol.

### KUNSTMATIGE GENOVERDRACHT

Kunstmatige genoverdracht omvat een aantal technieken om heel gericht de genetische informatie van een organisme te wijzigen. Daarbij maken onderzoekers gebruik van de processen van natuurlijke genoverdracht en bootsen ze na. De bedoeling van kunstmatige genoverdracht is onder andere betere medicijnen en vaccins te maken, defecte genen te vervangen door gezonde of de eigenschappen van voedingsgewassen te verbeteren. Eerst sprak men van genetische manipulatie, maar door de negatieve bijklank van dat begrip wordt het nog weinig gebruikt. We spreken nu van gentechnologie of genetische modificatie.

Biotechnologen zijn erin geslaagd om nieuwe eigenschappen aan een organisme toe te voegen of bestaande kenmerken aan te passen. Dit alles is mogelijk omdat in alle organismen het DNA dezelfde structuur heeft, de erfelijke code is met andere woorden universeel. Als men dus genen van één organisme naar een ander wil overbrengen, moet men dat gen uit het DNA kunnen 'knippen' en nadien naar een ander stuk DNA vervoeren en dan erin 'plakken'. Door dit knippen en plakken kan men heel nauwkeurig een DNA-fragment of gen aan een ander organisme toevoegen of eruit verwijderen. Zo kan men bestaande eigenschappen veranderen, verwijderen of nieuwe toevoegen. De organismen die hieruit ontstaan, noemen we dan genetisch gemodificeerde organismen (GGO's) of transgene organismen.

Om kunstmatige genoverdracht uit te voeren maken gentechnologen gebruik van bepaalde enzymen en van transportmiddelen voor het te introduceren DNA.

### Enzymen voor kunstmatige genoverdracht

Men maakt bij kunstmatige genoverdracht gebruik van 2 soorten enzymen:

- Restrictie-enzymen (= knipenzymen)
- DNA-ligasen (= plakenzymen)

Verder heeft men voor kunstmatige genoverdracht ook een transportmiddel nodig voor het DNA.

### Restrictie enzymen

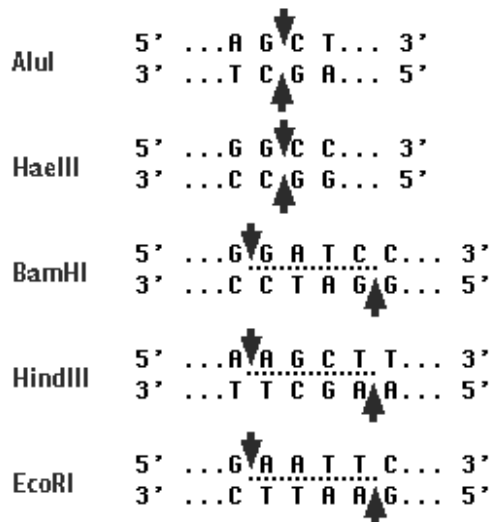
Wetenschappers hebben ontdekt dat sommige bacteriën zich tegen aanvallen van bacteriofagen kunnen verdedigen. Ze beschikken over een natuurlijk afweersysteem in de vorm van restrictie-enzymen. Die enzymen gaan het vreemde DNA dat binnengedrongen is in stukken knippen. Het viraal DNA wordt hierdoor onschadelijk gemaakt, zodat het virus uitgeschakeld wordt. Ze worden hierdoor ook wel eens moleculaire scharen of knipenzymen genoemd.

De afbraak van het DNA gebeurt niet toevallig, het treedt alleen op als in het vreemde DNA een welbepaalde basenvolgorde voorkomt. Het restrictie-enzym herkent aan die volgorde dat het DNA vreemd is en breekt het daar door. De meeste restrictie-enzymen knippen het DNA niet doormidden, maar op plaatsen die enkele basen van elkaar verwijderd zijn. Ze splitsen in een palindroom, naar analogie van woorden die, in beide richtingen gelezen, hetzelfde woord opleveren vb. lepel, radar. Na het openknippen vertonen de DNA-fragmenten aan hun uiteinden dikwijls een welbepaalde reeks van ongepaarde basen die uitsteken. Deze uiteinden zijn complementair en hebben de neiging om elkaar op te zoeken, we noemen ze daarom sticky ends.



Men heeft uit verschillende soorten bacteriën restrictie-enzymen geïsoleerd. Sommige daarvan, maar niet allemaal, knippen DNA met resterende sticky-ends. Het zijn deze knipenzymen die van nut zijn in de gentechnologie.

De namen van de restrictie-enzymen bestaan uit een lettercode afgeleid van de bacterie waaruit het enzym afkomstig is. Vb. één van de eerste restrictie-enzymen werd geïsoleerd uit de R-stam van de bacterie *Escherichia coli* en noemde men EcoRI.



## DNA-ligasen

Restrictie-enzymen worden gebruikt om DNA op een specifieke plaats te knippen. Het DNA-stuk dat men wenst over te dragen naar een doelwitcel moet dan ingevoegd of geligeerd (geplakt) worden.

Dat inlassen van DNA-stukken wordt gekatalyseerd door een groep van specifieke enzymen: de DNA-ligasen, ook wel eens plakenzymen genoemd. Ze verbinden, met verbruik van ATP, het 3'-hydroxyleinde van het ene nucleotide met het 5'-fosfaateinde van het andere nucleotide. Ze zijn dus werkzaam in de suiker-fosfaat-ruggengraat.

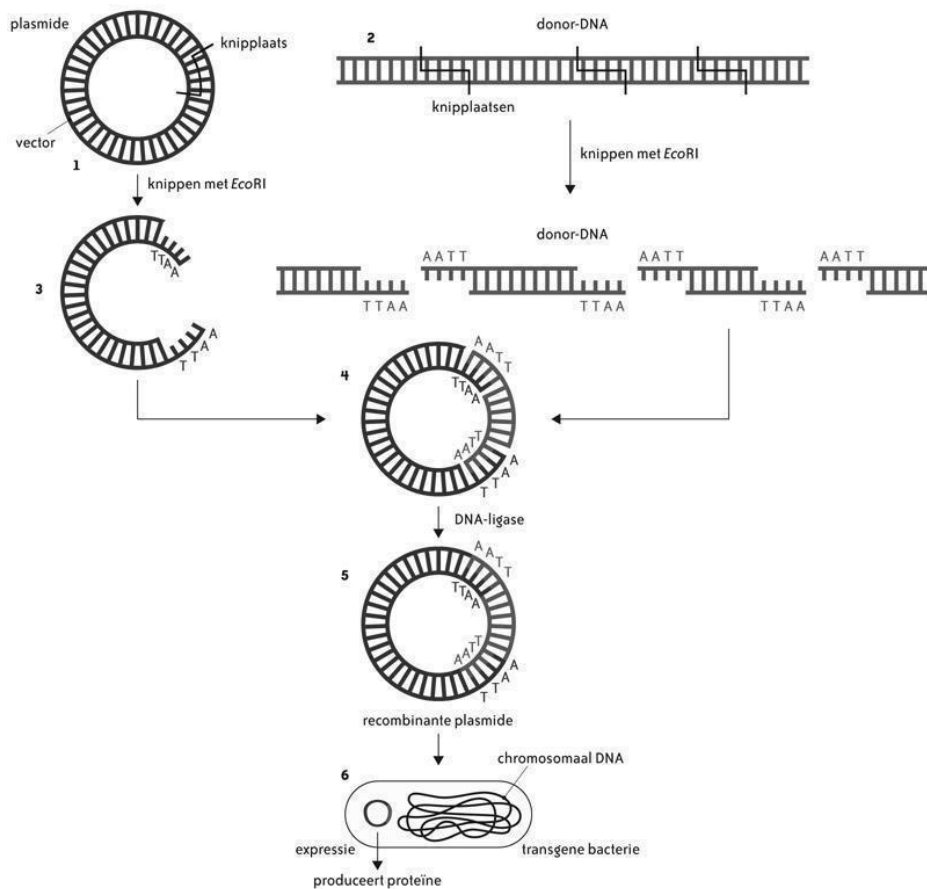
DNA-ligasen zijn niet betrokken bij de complementaire binding tussen de basen zelf. De vorming van de H-bruggen wordt gekatalyseerd door DNA-polymerasen.

## Transportmiddelen voor DNA bij kunstmatige genoverdracht

In de loop der jaren zijn er verschillende transportmiddelen ontwikkeld om vreemd DNA in een cel binnen te smokkelen. Sommige van die transportmiddelen noemen we vectoren. Dat kunnen zijn:

- Plasmiden: met behulp van knipenzymen en plakenzymen vervangt men bepaalde genen op de plasmide door de gewenste genen. De recombinante plasmide is dan de vector om de gewenste genen af te leveren in de doelwitcel.
- Op maat gemaakte virussen: Sommige virusgenen worden weggeknipt en vervangen door het gewenste DNA. Het recombinante virus is dan de vector om het gewenste DNA te introduceren in de doelwitcel.

## Algemene werkwijze bij kunstmatige genoverdracht



Hoewel er verschillende technieken voor kunstmatige genoverdracht ontwikkeld zijn, bespreken we een voorbeeld waarbij een plasmide de vector is om een transgene bacterie te maken.

1. Eerst wordt een plasmide uitgezocht waarin de passende basenvolgorde voorkomt waarop het restrictie-enzym kan inwerken. Die plasmide, die als vector dienst moet doen, wordt geïsoleerd uit een bacterie en opengeknipt met een restrictie-enzym, vb. EcoRI. Het plasmide zal slechts op één plaats breken.
2. Het donor-DNA wordt met hetzelfde restrictie-enzym EcoRI geknipt, maar zal op meerdere plaatsen breken.
3. De opengeknipte plasmide en alle donor-DNA-stukken hebben dezelfde sticky-ends namelijk AATT.
4. Het gewenste stuk donor-DNA wordt samengevoegd met de opengeknipte plasmide; DNA-polymerase zorgt voor de H-bruggen tussen de complementaire sticky ends.
5. DNA-ligase verbindt de openingen in de suiker-fosfaatruuggengraten; er is nu een recombinante plasmide ontstaan, opgebouwd uit bacterieel DNA en donor-DNA.
6. De recombinante plasmide wordt opnieuw in de bacterie gebracht. Dat is nu een transgene bacterie. Als alles goed gaat, wordt het donor-DNA door de bacterie tot expressie gebracht.

### 7.11.3 Puzzel met oplossing

Restrictie-enzymen	Sequentie	Knipplaats
EcoRI	5'GAATTC 3'CTTAAG	5'---G      AATTC---3' 3'---CTTAA    G---5'
BAMHI	5'GGATTC 3'CCTAGG	5'---G      GATCC---3' 3'---CCTAG    G---5'
HindIII	5'AAGCTT 3'TTCGAA	5'---A      AGCTT---3' 3'---TTCGA    A---5'
HaeIII	5'GGCC 3'CCGG	5'---GG      CC---3' 3'---CC      GG---5'

#### DNA sequentie vector

5' - AGCTATTACGATAGCTATACGCTACGAATTATGCCAGATGCTGGATACAACCTGA**AATTC**  
TGACGACT - 3'

3' - TCGATAATGCTATCGATATGCGATG**CTTAA**TACGGTCTACGACCTATGTTGACTTTAAG  
ACTGCTGA - 5'

#### Transcriptie

DNA 3' - TAC GGT CTA CGA CCT ATG TTG ACT - 5'

mRNA 5' - AUG CCA GAU GCU GGA UAC AAC UGA - 3'

#### Translatie

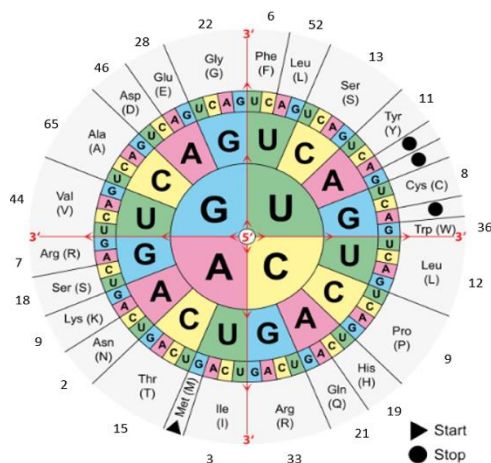
mRNA 5' - AUG CCA GAU GCU GGA UAC AAC UGA - 3'

AZ-seq Start Pro Asp Ala Gly Tyr Asn Stop

#### Code

AZ-seq Start Pro Asp Ala Gly Tyr Asn Stop

Code 9 + 46 + 65 + 22 + 11 + 2 = 155



## 7.12 Biomoleculen

Hieronder staat het originele protocol dat gebruikt geweest is in de escape room in HAST. Na het uitvoeren van de escape room werd er beslist om de protocollen in te korten voor toekomstig gebruik, de aanpassingen worden weergegeven in het rood.

### 7.12.1 Indicatoren met oplossing - Protocol

#### INLEIDENDE INFORMATIE

De maaginhoud van de overledene bevat informatie omtrent de moordverdachten. Om deze informatie te bekomen dienen er testen te worden uitgevoerd op de maaginhoud. Vooraleer deze testen kunnen worden uitgevoerd, dient de maaginhoud, hierna genoemd het staal, verdund te worden. 20 mL staal verdunnen met 80 mL water. Noteer bij het uitvoeren van iedere test de waarnemingen in de toegewezen kader.

#### ALGEMENE LABORATORIUMVAARDIGHEDEN

- Gebruik pipetten uitsluitend voor één chemische stof
- Label de proefbuizen
- Maak gebruik van een negatieve controle

#### HOE WERKEN MET EEN NEGATIEVE CONTROLE

Een negatieve controle is een staal dat altijd negatief zal testen. Bij indicator testen is een negatieve controle noodzakelijk om te weten of je staal negatief is, en dus dezelfde kleur vertoont, of positief is, wat dus een kleurverandering zal weergeven. Een negatieve controle kan in deze situatie makkelijk gebeuren met water en enkele druppels van de gewenste indicator.

#### INDICATOR TESTEN VOOR HET AANTONEN VAN BIOMOLECULEN

##### **Lipide test: Soedan III kleuring**

*Objectief:* De eventuele aanwezigheid van lipiden aantonen

*Materialen:*

- Handschoenen
- Pipet
- Proefbuisrek
- 2 proefbuisjes (1 voor het staal, 1 als negatieve controle)
- Soedan III kleuring
- Staal

*Protocol:*

- Vul een vierde van de proefbuis met het verdunde staal. Vul nog een vierde van de proefbuis met water. De proefbuis is nu in totaal halfvol.
- Voeg 6 druppels Soedan III toe aan de proefbuis. Bedek de opening met je duim en meng zachtjes. Laat even staan.
- Als vet aanwezig is, zal er een fasescheiding plaatsvinden met het vet drijvende op de oplossing.

##### **Complexe Suikers (Zetmeel) Test: Lugol Iodine oplossing**

*Objectief:* De eventuele aanwezigheid van complexe suikers zoals zetmeel aantonen.

*Materialen:*

- Handschoenen
- Pipet
- Proefbuisrek
- 2 proefbuisjes (1 voor het staal, 1 als negatieve controle)
- Lugol oplossing
- Staal

*Protocol:*

- Voeg 40 druppels (2 mL) van het verdunde staal toe aan de proefbuis
- Voeg 3 à 4 druppels aan Iodine toe.
- Noteer de waargenomen kleur en vergelijk met de negatieve controle.

WAARNEMINGEN

Biomoleculen	Indicator	Chemische Test	Positieve kleur	Negatieve kleur
<b>Koolhydraten – Zetmeel</b>				
<b>Lipiden</b>				

Conclusie?

.....  
.....  
.....  
...

**Tip!**

De waargenomen positieve kleur toont aan welke verdachte het **niet** geweest is.

PUZZEL

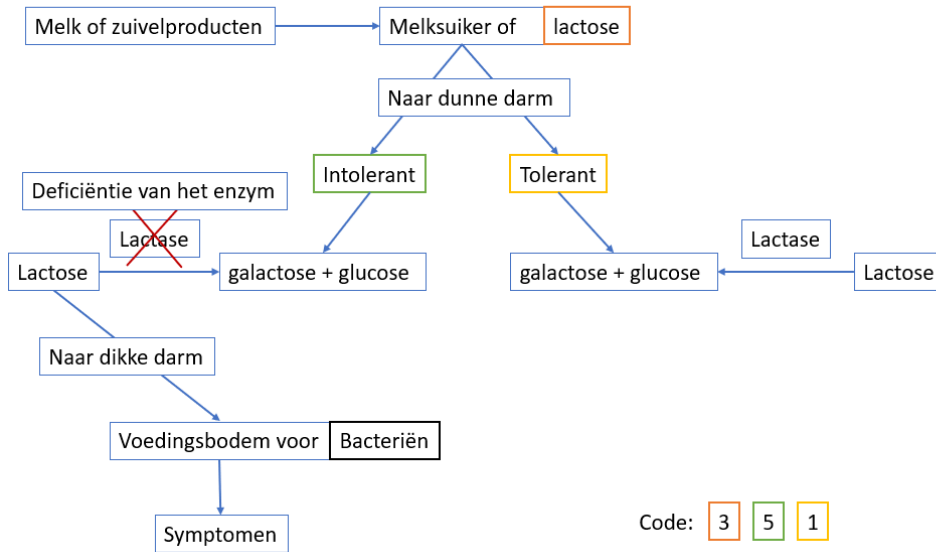
Indicatoren	Kleur positief resultaat
Soedan III (lipiden)	Oranje
Lugol (zetmeel)	Zwart

### 7.12.2 Puzzels biomoleculen met oplossing

Hieronder staat het originele protocol dat gebruikt geweest is in de escape room in HAST. Na het uitvoeren van de escape room werd er beslist om de protocollen in te korten voor toekomstig gebruik, de aanpassingen worden weergegeven in het **rood**.

#### Intolerantie

## Verbetersleutel



1. Tolerant
2. Maltose
3. Lactose
4. Allergisch
5. Intolerant
6. Niet-allergisch
7. Virussen
8. Sacharose
9. Bacteriën
10. Zetmeel

Code: 3 5 1

## Vakjargon

A

### Verbetersleutel

1. Glycosidebinding (m)
2. Sacharide (n)
3. Disacharide (a)
4. Polysacharide (l)
5. Monosacharide (i)
6. Peptidebinding (d)
7. Proteïnen (p)
8. Aminozuren (u)
9. Verzadigde vetzuren (d)
10. Onverzadigde vetzuren (g)
11. Fosfolipiden (n)
12. Steroiden (h)
13. Triglyceriden (e)
14. Nucleïne-zuren (a)
15. ATP (o)

- i 5 Enkelvoudige suikers met 3 tot 8 koolstofatomen per molecule, glucose is een voorbeeld.
- n 11 Macromolecule opgebouwd uit een centrale glycerolmolecule waaraan twee vetzuren en een fosfaatgroep verbonden zijn. Het zijn de bouwstenen van alle membranen.
- d 6 Dit is een chemische binding tussen de bouwstenen van eiwitten. Het is een binding tussen de carboxylgroep van het ene aminozuur en de aminogroep van het volgende aminozuur.
- e 13 Macromoleculen opgebouwd uit een glycerolmolecule waaraan drie vetzuren zijn verbonden. Ze zijn vooral een energiebron.
- m 1 Dit is een binding tussen een koolhydraat en een andere molecuul, al dan niet een ander koolhydraat
- a 14 Dit is een complex macromolecuul waarin nucleotiden aan elkaar geschakeld zijn, DNA en RNA zijn voorbeelden
- a 3 Deze bestaat uit twee gelijke of twee verschillende enkelvoudige suikers
- g 10 Deze verbindingen bevatten één of meer dubbele bindingen
- i 4 Macromoleculen waarin een groot aantal enkelvoudige suikers aaneengeschakeld zijn
- n 2 Ook wel suikers of koolhydraten genoemd
- h 12 Vetachtige moleculen opgebouwd uit 4 koolstofstructuren; cholesterol is een voorbeeld
- o 15 Een koolstofverbinding die tussenkomt in de energiehuishouding in cellen. Het is een verbinding waarin energie tijdelijk kan worden opgeslagen.
- u 8 Dit zijn de bouwstenen van eiwitten; ze bestaan uit een centraal C-atoom waarop een aminogroep, een H-atoom, een carboxylgroep en een restgroep gebonden zijn.
- d 9 Deze verbindingen bevatten enkel enkelvoudige C-C-bindingen, geen dubbele bindingen
- p 7 Ook wel eiwitten genoemd

Juiste code: in de maaginhoud

B

### Verbetersleutel

1. Glycosidebinding (m)
2. Disacharide (a)
3. Polysacharide (l)
4. Monosacharide (i)
5. Peptidebinding (d)
6. Verzadigde vetzuren (d)
7. Onverzadigde vetzuren (g)
8. Fosfolipiden (n)
9. Triglyceriden (e)
10. Nucleïne-zuren (a)

- m 4 Enkelvoudige suikers met 3 tot 8 koolstofatomen per molecule, glucose is een voorbeeld.
- a 7 Macromolecule opgebouwd uit een centrale glycerolmolecule waaraan twee vetzuren en een fosfaatgroep verbonden zijn. Het zijn de bouwstenen van alle membranen.
- a 9 Macromoleculen opgebouwd uit een glycerolmolecule waaraan drie vetzuren zijn verbonden. Ze zijn vooral een energiebron.
- g 1 Dit is een binding tussen een koolhydraat en een andere molecuul, al dan niet een ander koolhydraat
- i 10 Dit is een complex macromolecuul waarin nucleotiden aan elkaar geschakeld zijn, DNA en RNA zijn voorbeelden
- n 2 Deze bestaat uit twee gelijke of twee verschillende enkelvoudige suikers
- h 7 Deze verbindingen bevatten één of meer dubbele bindingen
- o 3 Macromoleculen waarin een groot aantal enkelvoudige suikers aaneengeschakeld zijn
- u 6 Deze verbindingen bevatten enkel enkelvoudige C-C-bindingen, geen dubbele bindingen
- d 5 Dit is een chemische binding tussen de bouwstenen van eiwitten. Het is een binding tussen de carboxylgroep van het ene aminozuur en de aminogroep van het volgende aminozuur

Juiste code: maaginhoud

**Figuur 2. A.** Toont de oorspronkelijke puzzel die gebruikt werd in de escape room; **B.** toont de aanpassingen die gemaakt zijn. Er zijn vijf woorden en definities verwijderd.

## Klassen van biomoleculen

Welke klassen behoren tot biomoleculen?	Code Crid				
1: Koolhydraten	1	2	3	4	5
2: Lipiden	A	B	C	D	E
3: Nucleïne-zuren	F	G	H	I	J

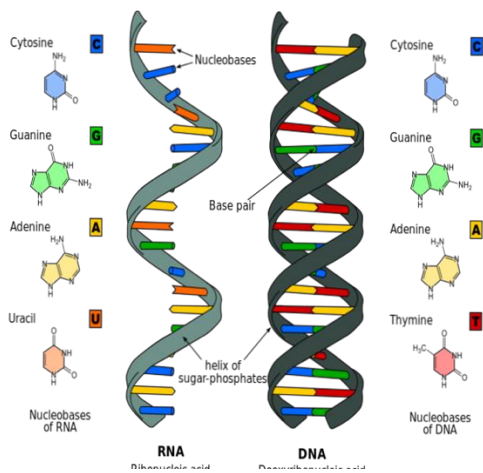
4: Proteïnen	K	L	M	N	O
Abc...	P	R	S	T	U
	V	W	X	Y	Z
Eerste 3 □ Code: 124					



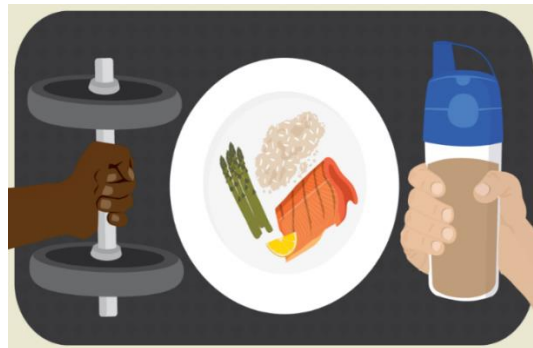
HKDYRALTOEON



DIEPLIN



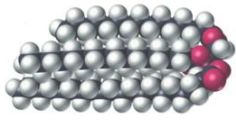
ENÏNEUZUCRELN



TNEPÏROEN

## Vetten

Dierlijk vet

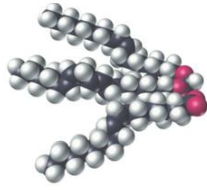


Vaste stof

Verzadigd

Hoger smeltpunt

Plantaardig vet



Olie

Onverzadigd

Lager smeltpunt

**L S K E  
E T**



# 7.13 Klassieke les

**Cluedo:  
Wie is de moordenaar?**

Genetica  
Biotechnologie  
Biomoleculen

1

### Inleiding

- 4 verdachten 1 moordenaar
- De dader
  - Ziek
  - Ziektegen inbouwen in plasmide
  - Vector loggelaten op een aantal proefpersonen
- Één proefpersoon dood
- Maaginhoud ter beschikking



2

#### Didier Malesteyn

**Algemeen**  
1988-1989  
1990-1991  
1992-1993  
1994-1995  
1996-1997  
1998-1999  
2000-2001  
2002-2003  
2004-2005  
2006-2007  
2008-2009  
2010-2011  
2012-2013  
2014-2015  
2016-2017  
2018-2019  
2020-2021  
2022-2023  
2024-2025

**Situatie**  
In 2018 is de beschuldiging gevallen tegen Vincent Malesteyn. Vincent Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Vincent Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Vincent Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld.

**Alles**  
Didier Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

**Conclusies**  
Didier Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

#### Vincent Malesteyn

**Algemeen**  
1988-1989  
1990-1991  
1992-1993  
1994-1995  
1996-1997  
1998-1999  
2000-2001  
2002-2003  
2004-2005  
2006-2007  
2008-2009  
2010-2011  
2012-2013  
2014-2015  
2016-2017  
2018-2019  
2020-2021  
2022-2023  
2024-2025

**Situatie**  
In 2018 is de beschuldiging gevallen tegen Vincent Malesteyn. Vincent Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Vincent Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Vincent Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld.

**Alles**  
Vincent Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

**Conclusies**  
Vincent Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

3

#### Sebastian Malesteyn

**Algemeen**  
1988-1989  
1990-1991  
1992-1993  
1994-1995  
1996-1997  
1998-1999  
2000-2001  
2002-2003  
2004-2005  
2006-2007  
2008-2009  
2010-2011  
2012-2013  
2014-2015  
2016-2017  
2018-2019  
2020-2021  
2022-2023  
2024-2025

**Situatie**  
In 2018 is de beschuldiging gevallen tegen Sebastian Malesteyn. Sebastian Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Sebastian Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Sebastian Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld.

**Alles**  
Sebastian Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

**Conclusies**  
Sebastian Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

#### Alicia Malesteyn

**Algemeen**  
1988-1989  
1990-1991  
1992-1993  
1994-1995  
1996-1997  
1998-1999  
2000-2001  
2002-2003  
2004-2005  
2006-2007  
2008-2009  
2010-2011  
2012-2013  
2014-2015  
2016-2017  
2018-2019  
2020-2021  
2022-2023  
2024-2025

**Situatie**  
In 2018 is de beschuldiging gevallen tegen Alicia Malesteyn. Alicia Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Alicia Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld. Alicia Malesteyn heeft de zaak met Didier Malesteyn gedeeld.

**Alles**  
Alicia Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

**Conclusies**  
Alicia Malesteyn was op de avond van de moord aanwezig in het appartement van de slachtoffer. Hij heeft de slachtoffer gezien en heeft hem horen zeggen dat hij de moordenaar was.

4

## Stamboom

- Genotype: de verzameling eigenschappen van het individu die geërfd is van de ouders
- Fenotype: alle waarneembare eigenschappen van een organisme ontstaan uit genotype en invloed van omgeving

	Gen	Allel
• Gen: erfelijke eigenschap	Haarkleur	Bruin
• Allel: variant van een gen		Blond
		Rood
		Zwart

5

## Stamboom

- Homozyoot: twee dezelfde allelen voor een eigenschap
- Heterozyoot: twee verschillende allelen voor een eigenschap
- Dominant: allel komt altijd tot uiting
- Recessief: allel komt enkel tot uiting indien homozyoot

6

## Stamboom

- Monohybride kruisingen
- Overerving van eigenschappen

Kruisingschema			
Ouders (P)	P1: Aa	P2: Aa	
Geslachtscellen	A a	A a	
Nakomelingen (F1)			
	P1		
P1 x P2	A	a	
A	AA	Aa	
a	Aa	aa	

7

## Stamboom

Legende

- Man
- Vrouw
- Ziek
- Overleden
- Ouders met kind
- Geslachtscellen

8

## Stamboom

Legende

- Man
- Vrouw
- Ziek
- Overleden
- Ouders met kind
- Geslachtscellen

9

## Biotechnologie

- Dader: ziektegen in bacteriekolonie bacteriën in proefpersonen biotechnologie
- Bacterie-plasmide:
  - Via knip en plak enzymen genen op plasmide vervangen door gewenste genen
  - Gewenste genen afleveren in doelwitcel
  - DNA van de bacterie + ziektegen (zie figuur)

door te knippen en plakken wordt het gewenste stuk DNA in het plasmide gezet.

10

## Biotechnologie

- Plasmide met passende basenvolgorde voor restrictie-enzym (EcoRI)
- Plasmide geknipt met EcoRI
- Donor-DNA geknipt met EcoRI
- Plasmide en donor-DNA: dezelfde sticky ends
- Donor-DNA + plasmide door DNA polymerase
- DNA-ligase verbindt openingen in ruggengraat
- Plasmide met donor-DNA in bacterie donor DNA tot expressie

Kunstmatige genoverdracht

11

## Genexpressie

- Transcriptie
  - DNA RNA (mRNA)
  - A, U, G en C
- Door RNA polymerasen
  - Op de startsequentie binden
  - DNA strengen losmaken
- mRNA
  - Nabewerking: splicing
  - Naar cytosol via exportines

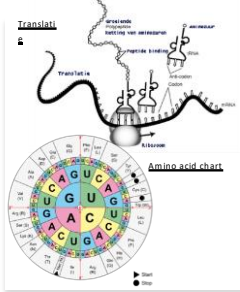
Transcriptie

Splicing

12

## Genexpressie

- Translatie
  - RNA Proteïne
  - Door ribosomen en tRNA
    - Ribosoom: mRNA lezen: per 3 basen (codons)
  - tRNA:
    - Aminozuren brengen
    - Complementair aan codon



13

## Verdachten

EcoRI 5' ...GATTC... 3'  
3' ...CTAAG... 5'

DNA-sequentie Alicia:  
5' GTAAGAATTCCTTAGAATTCGCCATTATCGAATTCAGGATCTTAC 3'  
3' CATTCTAAGAAATCTTAAGGCGGTAATAGCTTAAGTCTAGAAATG 5'

DNA-sequentie Vincent:  
5' GTAATAATTCCTAGGATTCGCCAGAAATTCAGGTTATCATCTTAC 3'  
3' CATTATTAAGAGATCCTAAGGCGGCTTAAGTCCAATAGTAGAATG 5'

DNA-sequentie Sebastian:  
5' GTAAGATTCCTTAGAACCGCCATTATCATTGAGGATCTACGTAAT 3'  
3' CATTCTAAGAAATCTTGGCGGTAATAGTAAGTCTAGAAATGCAATTA 5'

14

## Verdachten

EcoRI 5' ...GATTC... 3'  
3' ...CTAAG... 5'

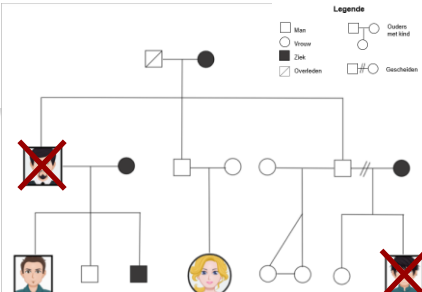
DNA-sequentie Alicia:  
5' GTAAGAATTCCTTAGAATTCGCCATTATCGAATTCAGGATCTTAC 3'  
3' CATTCTAAGAAATCTTAAGGCGGTAATAGCTTAAGTCTAGAAATG 5'

DNA-sequentie Vincent:  
5' GTAATAATTCCTAGGATTCGCCAGAAATTCAGGTTATCATCTTAC 3'  
3' CATTATTAAGAGATCCTAAGGCGGCTTAAGTCCAATAGTAGAATG 5'

DNA-sequentie Sebastian:  
5' GTAAGATTCCTTAGAACCGCCATTATCATTGAGGATCTACGTAAT 3'  
3' CATTCTAAGAAATCTTGGCGGTAATAGTAAGTCTAGAAATGCAATTA 5'

15

## Stamboom




Legende:  
 □ Man  
 ○ Vrouw  
 ■ Ziek  
 □# Overleden  
 □# Geschieden  
 □# Daters met kind

16

## Biomoleculen

- Maaginhoud ter beschikking gesteld
  - Informatie over de moordenaar
  - Testen uitvoeren: indicator testen voor het aantonen van biomoleculen



17

## Biomoleculen

	Definitie
Fosfolipiden	Macromoleculen opgebouwd uit een centraal glycerolmolecuul waaraan twee vetzuren en een fosfaatgroep verbonden zijn Bouwelementen van alle membranen
Triglyceriden	Macromoleculen opgebouwd uit een glycerolmolecuul waaraan drie vetzuren zijn verbonden Energiebron

- Lipiden
  - Test: Sudan III kleuring
  - Lipiden = vetten

18

### Biomoleculen

Dierlijk vet	Plantaaardige olie
Vaste stof	Olie
Verzadigd	Onverzadigd
Hoger smeltpunt	Lager smeltpunt

19

### Biomoleculen

	Definitie
Glycosidebinding	Een binding tussen een sacharide en een ander molecuul, al dan niet een andere sacharide
Monosachariden	Enkelvoudige suikers met 3 tot 8 koolstofatomen per molecuul (glucose)
Disachariden	Twee gelijke of twee verschillende monosachariden (lactose)
Polysachariden	Macromoleculen waarin een groot aantal monosachariden aaneengeschakeld zijn

- Sachariden**
  - Test complexe suikers (zetmeel): Lugol
  - Suikers = sachariden = koolhydraat

20

### Lactose-intolerantie

Maaginhoud: geen melk of andere zuivelproducten

```

    Melk of zuivelproducten -- Melksuiker of lactose --> Intolerant -- Lactose --> Galactose + glucose
                                                                                               |
                                                                                               v
                                                                                       In dikke darm:
                                                                                       Voedingsbodem
                                                                                       voor bacteriën
                                                                                               |
                                                                                               v
                                                                                       Symptomen

    Melk of zuivelproducten -- Melksuiker of lactose --> Tolerant -- Lactose --> Galactose + glucose
  
```

21

### Biomoleculen

- Nucleïnezuren**
  - Complexe macromoleculen waaraan nucleotiden aan elkaar geschakeld zijn
  - DNA en RNA

22

### Biomoleculen

**Aminozuur**

**Peptidebinding**

$$\begin{array}{c}
 \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\
 \text{glycine}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\
 \text{glycine}
 \end{array}
 \rightleftharpoons
 \begin{array}{c}
 \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\
 \text{dipeptide opgebouwd uit twee moleculen glycine}
 \end{array}
 + \text{H}_2\text{O}$$


- Proteïnen**
  - Of eiwitten
  - Bouwstenen: **Aminozuren**
  - Verbonden door peptidebinding
    - Een chemische binding tussen aminozuren.
    - Tussen de carboxylgroep en aminogroep

23

### Biomoleculen - Indicator Test

Biomoleculen	Indicator	Positieve Kleur	Negatieve Kleur
Koolhydraten - Zetmeel	Lugol	Paars/Zwart	Goud/Oranje
Lipiden	Sudan III	Vetring	Geen vetring
Simpelen suikers	Benedict oplossing	Oranje/Rood	Blauw
Proteïnen	Biureet oplossing	Paars/Zwart	Lichtblauw/paars bijna helder

24




**Vincent Malesteyn**

**Biografie**  
 Naam: Vincent Malesteyn  
 Geboortedatum: 03 november 1970  
 Plaats: [Onbekend]

**Relaties**  
 Partner: [Onbekend]

**Adres**  
 [Onbekend]

**Overleden**  
 Datum: [Onbekend]



**Alicia Malesteyn**

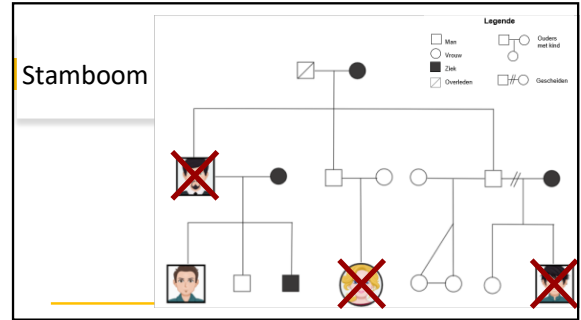
**Biografie**  
 Naam: Alicia Malesteyn  
 Geboortedatum: 13 maart 1982  
 Plaats: [Onbekend]

**Relaties**  
 Partner: [Onbekend]

**Adres**  
 [Onbekend]

**Overleden**  
 Datum: [Onbekend]

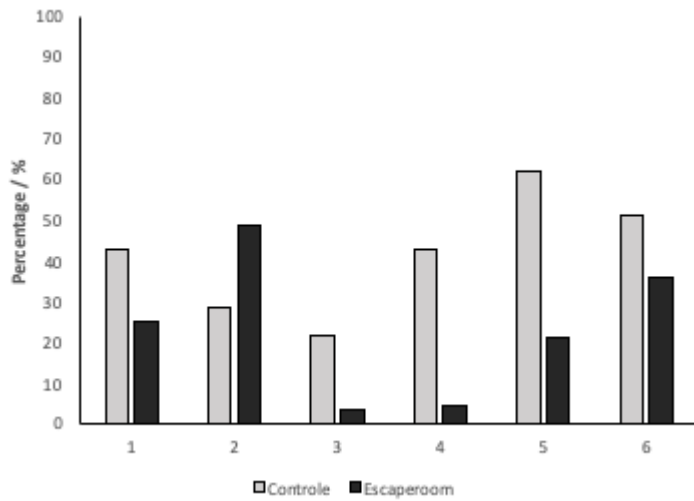
25



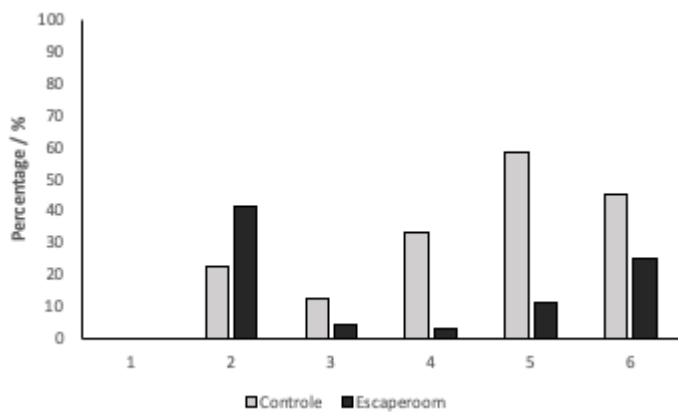
26

## 7.14 Resultaten

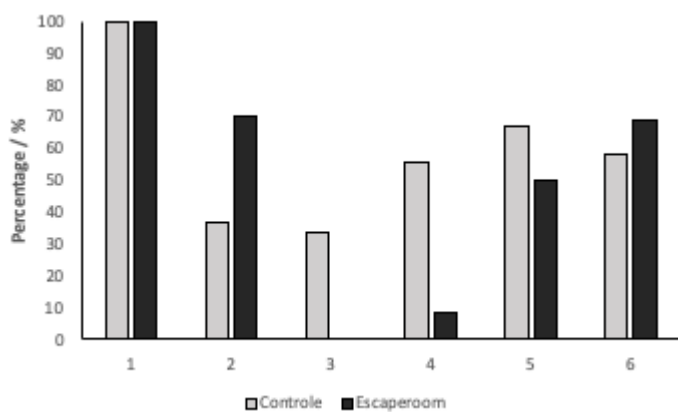
### 7.14.1 Supplementaire data toetsen



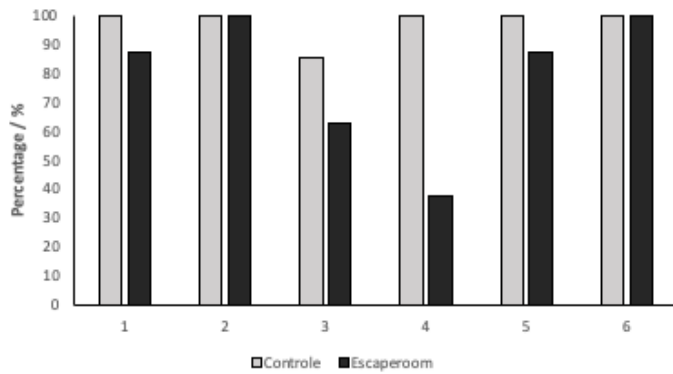
**Supplementair Figuur 14.1 Resultaten individuele vragen 5de en 6de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=7) scoren op iedere vraag, uitgezonderd vraag 2, individueel beter dan de leerlingen van de interventiegroep (n=8).



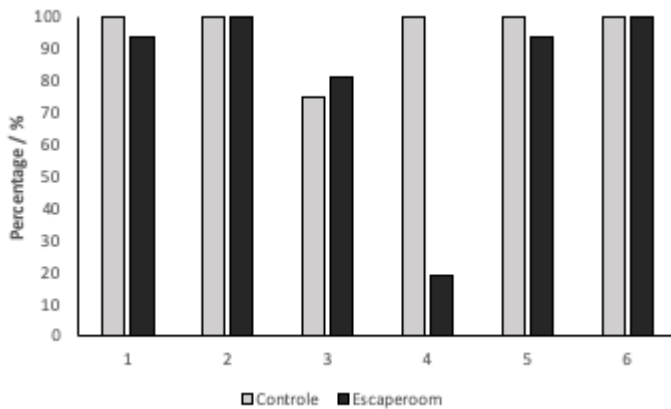
**Supplementaire Figuur 14.2 Resultaten individuele vragen 5de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=4) scoren op iedere vraag, uitgezonderd vraag 2, individueel beter dan de leerlingen van de interventiegroep (n=6).



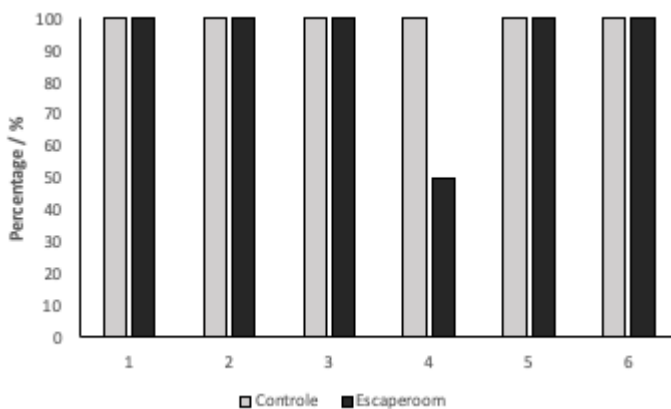
**Supplementaire Figuur 14.3. Resultaten individuele vragen 6de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=3) scoren niet beduidend beter dan de leerlingen uit de interventiegroep (n=2).



**Supplementaire Figuur 14.4 Percentage beantwoorde vragen 5de en 6de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=7) hebben minder vragen blanco gelaten dan de leerlingen van de interventiegroep (n=8).



**Supplementaire Figuur 14.5 Percentage beantwoorde vragen 5de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=4) hebben minder vragen blanco gelaten dan de leerlingen van de interventiegroep (n=6).



**Supplementaire Figuur 14.6 Percentage beantwoorde vragen 6de jaar techniek-wetenschappen.** De leerlingen van de controlegroep (n=3) hebben evenveel vragen beantwoord als de leerlingen van de interventiegroep (n=2), met uitzondering van vraag 4.

## 7.15 Data management plan

### Achtergrond

Dit Data Management Plan (DMP) beschrijft alle gegenereerde en verzamelde data van de masterproef “Sher-unlock: escape the classroom”, ondernomen aan de Universiteit Hasselt in België.

### Nieuwe informatie

Een overzicht van methoden voor gegevensverzameling en datasets wordt hier gegeven. Opslag gegevens, waaronder bestandsformaten en metagegevens zijn beschreven.

### Kernwoorden

Data Management Plan; Masterproef; escape room; educatief

### Verzamelde data

Er werden informed consents afgenomen bij alle deelnemers van de studie. Inclusief de leerkracht biologie en de leerlingen van het vijfde en zesde jaar techniek-wetenschappen in het technisch secundair onderwijs te HAST, gelegen te Hasselt, België.

Een pre- en post-escape room interview werd afgenomen met de leerkracht biologie van het vijfde en zesde jaar techniek-wetenschappen in het technisch secundair onderwijs te HAST, gelegen te Hasselt, België. Het pre-interview werd opgenomen als MP4 bestand en getranscribeerd. Het post-interview verliep door maatregelen tegen COVID-19 digitaal via mail.

Een pre- en post-escape room enquête werd schriftelijk afgenomen bij leerlingen van het vijfde en zesde jaar techniek-wetenschappen in het technisch secundair onderwijs te HAST, gelegen te Hasselt, België.

De leerlingen van het vijfde en zesde jaar techniek-wetenschappen in het technisch secundair onderwijs te HAST, gelegen te Hasselt, België, legden na het uitvoeren van de escape room en klassieke les schriftelijk een test af.

### Standaarden, bestandsformaten en metadata

Alle databestanden worden opgeslagen als CSV, PDF of MP4 bestanden voor platform overschrijdende compatibiliteit, uitwisselbaarheid en lange-termijn toegang. Metadata wordt intern opgeslagen in hetzelfde document.

Metadata velden omvatten: identificatie, oprichter, titel, publicatiejaar, onderwerp, taal, grootte, formaat, rechten, datums (bijgewerkt). De volgende datasets zullen worden opgeslagen:

1. Informed consents
2. Interview met leerkracht
3. Enquêtes leerlingen
4. Testen leerlingen

### Rollen en verantwoordelijkheden

Data verzameling en productie van materialen: Pieter Brabers, Yana De Smet, Ellen Dirx, Evert Huygens, Frédérique Michiels

Supervisie van project: Prof. dr. Kristien Brassinne, Prof. dr. Wanda Guedens



Data opslag: Een hardcopy van de masterproef zal achtergelaten worden op de Universiteit Hasselt. Als deel van het data management plan, zal de data geüpload worden op een google Drive folder en beschikbaar gesteld worden voor een periode van 5 jaar (tot juni 2025).

### **Verspreiding van de gegevens**

Alle data en metadata zal privaat bewaard worden in de cloud op google Drive. Op aanvraag kan de data beschikbaar gesteld worden. Gebruik van universele bestandsformaten verzekert maximale uitwisselbaarheid en platform onafhankelijke compatibiliteit voor alle gebruikers.

### **Policy voor het delen van data en publieke toegankelijkheid**

Er zijn geen beperkingen op gegevens nodig, of ethische of privacykwesties. Intellectueel eigendomsrechten blijven bij de supervisors van het project (K. Brassinne, W. Guedens). Data kan toegankelijk gemaakt worden op aanvraag onder de verwachting dat het correct geciteerd en toegeschreven wordt.

### **Archiveren, opslaan en bewaring**

Papieren kopieën van de masterproef zullen worden gearchiveerd op de Universiteit Hasselt bij de project supervisors (K. Brassinne, W. Guedens) te België. Zowel de data als schriftelijke masterproef zal digitaal gearchiveerd worden op google Drive.

De stabiliteit en toegankelijkheid van google Drive voorziet een geschikte optie voor lange-termijn opslag van data, en moet een minimaal risico op gegevensverlies garanderen.

Contactpersoon voor het verkrijgen van toegang tot de data:

Prof. dr. Kristien Brassinne [kristien.brassinne@uhasselt.be](mailto:kristien.brassinne@uhasselt.be)

### **Project**

“Sher-unlock: escape the classroom”

### **Gastinstelling**

Universiteit Hasselt, België

## 7.16 Creative deliverable



Het  
**SHER-UNLOCK ESCAPE ROOM**  
Draaiboek

# TIJDLIJN



**Vorbereiding**  
3 uur



**Uitvoering**  
50 minuten



**Evaluatie**  
20 minuten

## ALGEMENE INFO

### ONDERWERPEN EN LEERPLANDOELSTELLINGEN

#### Stamboomonderzoek

Genetica

- **22** - Met voorbeelden het begrip erfelijkheid illustreren.
- **23** - Aan de hand van concrete voorbeelden de kenmerken van organismen verklaren vanuit erfelijkheid.
- **24** - De overerving van het geslacht uitleggen.
- **25** - Een kruisingsschema opstellen.
- **26** - De overerving van geslachtsgebonden kenmerken verklaren vanuit een kruisingsschema.
- **27** - Aan hand van de concrete voorbeelden de variatie tussen organismen verklaren vanuit erfelijkheid en omgevingsinvloeden.
- **28** - Vanuit een maatschappelijke bekommernis respect voor lichamelijke en mentale diversiteit tonen.
- **45** - Een stamboom opstellen en interpreteren

## Transcriptie en translatie

- **6** - DNA en RNA als codesysteem bespreken om de eiwitsynthese te verduidelijken

## Kunstmatige genoverdracht

- **40** - Kunstmatige genoverdracht stapsgewijs uitwerken met een voorbeeld.

## Vakjargon

- **76** - De chemische structuur van belangrijke biologische moleculen herkennen en beschrijven en enkele voorbeelden van biomoleculen geven.
- **88** - De wetenschappelijke naamgeving correct hanteren en het belang van dit systeem aangeven.

## Klassen

- **76** - De chemische structuur van belangrijke biologische moleculen herkennen en beschrijven en enkele voorbeelden van biomoleculen geven.

## Indicators

- **76** - De chemische structuur van belangrijke biologische moleculen herkennen en beschrijven en enkele voorbeelden van biomoleculen geven.

## VERHAALLIJN



Om de escape room te kaderen krijgen de leerlingen onderstaande info in de vorm van een politierapport:

Gedetailleerde omschrijving van het incident: De politie deed reeds geruime tijd onderzoek naar 'GenTec', een familiebedrijf dat wordt uitgebaat door 4 leden van dezelfde familie, omwille van illegale onderzoekspraktijken. Zo weten we dat één van de eigenaars een bepaalde ziekte heeft en hiervoor een geneesmiddel zoekt. Zo werd het ziektegen ingebouwd in een plasmide (circulair genetisch materiaal van een bacterie) en werd de resulterende vector aangebracht in een proefpersoon.

De mogelijke geneesmiddelen werden vervolgens op het proefpersoon getest. De politie had niet genoeg bewijsmateriaal om het bedrijf stil te leggen en weet ook niet wie van de eigenaars verantwoordelijk is voor dit onderzoek. De proefpersoon is nu dood aangetroffen en de politie onderzoekt dit verdacht overlijden. Ze willen weten wie van de eigenaars illegaal onderzoek deed, en dus verantwoordelijk is voor de moord. Op het moment van ons onderzoek zijn alle vier de eigenaars vermist dus ondervragingen zijn niet mogelijk.

Ondernomen acties:

Een autopsie werd reeds uitgevoerd op het slachtoffer en heeft uitgewezen dat het slachtoffer net voor het overlijden nog gegeten had. De inspecteurs hebben de maaginhoud aan jullie overhandigt voor verder onderzoek. Het is aan jullie om te achterhalen wie de dader is zodat de politie deze kan seinen en vervolgen.

Er zijn ook vier verdachtendossiers opgesteld, dit zijn de vier mogelijke daders waarvan die de leerlingen er drie moeten uitsluiten tijdens de escape room:



Didier



Sebastian



Vincent



Alicia

## PUZZELS

### Puzzel 1 - Stamboomonderzoek

Voor deze puzzel wordt een onvolledige stamboom gebruikt om na te gaan hoe de genetische afwijking in de familie doorgegeven werd van generatie op generatie. Hierbij wordt de info van de vier verdachten niet ingevuld. Omdat deze verdachten spoorloos verdwijnen is hun genetisch materiaal bijgevolg niet beschikbaar. In het lokaal wordt een blad met een stamboom verstopt met op de achterzijde de handleiding voor het oplossen van een stamboom gebruik makend van de wetten van Mendel. Zo kunnen de leerlingen de stamboom oplossen en ontdekken wie van de verdachten de genetische aandoening niet heeft en daardoor geen motief heeft om illegaal onderzoek uit te voeren. Hierdoor wordt één van vier de verdachten geëxcludeerd.

### Puzzel 2 - Transcriptie, translatie en kunstmatige genoverdracht

In deze puzzel worden drie verschillende concepten verwerkt, namelijk kunstmatige genoverdracht en transcriptie en translatie. Voor de puzzel kunstmatige genoverdracht wordt er een stuk van een vector met een ziektegen-insert verstopt in het lokaal waaruit de leerlingen het ziektegen-insert moeten knippen. Deze knipplaats moeten de leerlingen identificeren door de specifieke gensequentie van een restrictie-enzymen te zoeken in de gegeven vector-sequentie en op deze plaats te knippen. De specifieke gen-sequenties van verschillende vectoren worden op de onderkant van agarplaten genoteerd, zodat de leerlingen deze kunnen vergelijken met de gevonden vector-sequentie. Een handleiding met de werking van kunstmatige genoverdracht wordt eveneens in het lokaal verstopt. Nadat de leerlingen het ziektegen uit de vector knippen moeten ze deze sequentie vertalen naar een RNA-sequentie met behulp van transcriptie en daarna naar een aminozuur(AZ)-sequentie met behulp van translatie. De handleiding voor het uitvoeren van transcriptie en translatie en de AZ-kaart worden ook ter beschikking gesteld in het lokaal. De AZ op de AZ-kaart krijgen allemaal een nummer. Door deze nummers van de AZ-sequentie op te tellen verkrijgen de leerlingen een driecijferige code die ze kunnen gebruiken voor het openen van een cijferslot. Dit cijferslot sluit een doos af waarin een postkaart zit dat als alibi dient voor een tweede verdachte.

### Puzzel 3 - Biomoleculen vakjargon

Voor deze puzzel wordt er een blad verstopt in de het leslokaal waarop leerlingen de cijfers van verschillende begrippen met de letters van de juiste definities moeten koppelen. Als de letters in de juiste volgorde geordend worden vormt dit de zin 'In de maaginhoud'. Dit is een tip die verwijst naar het papier dat verstopt zit in de maaginhoud, daarop staat geschreven dat de leerlingen de drie codes van de deelpuzzels van biomoleculen moeten optellen. Deze maaginhoud bevindt zich naast de omlijning van het slachtoffer.

## Puzzel 4 - Verzadigde en onverzadigde vetten

In het lokaal worden verschillende stukken van een effectieve puzzel verstopt. Door hun kennis van het verschil tussen verzadigde en onverzadigde vetten toe te passen kunnen de leerlingen de puzzel oplossen. Op de achterzijde van de opgeloste puzzel staat het woord 'skelet' dat verwijst naar het menselijk skelet aanwezig in het leslokaal (woord aanpassen naargelang verstopt plaats). Hierin zit een papier met één van de drie driecijferige codes verstopt.

## Puzzel 5 - Intoleranties

In het lokaal wordt een papier verstopt met daarop het mechanisme van lactose-intolerantie. Hierin worden verschillende begrippen weggelaten. Naast het mechanisme staat er een lijst met de verschillende mogelijke begrippen die ingevuld konden worden, waarbij ieder begrip een volgnummer heeft. Bij het invullen van de juiste begrippen wordt er opnieuw een driecijferige code gevormd.

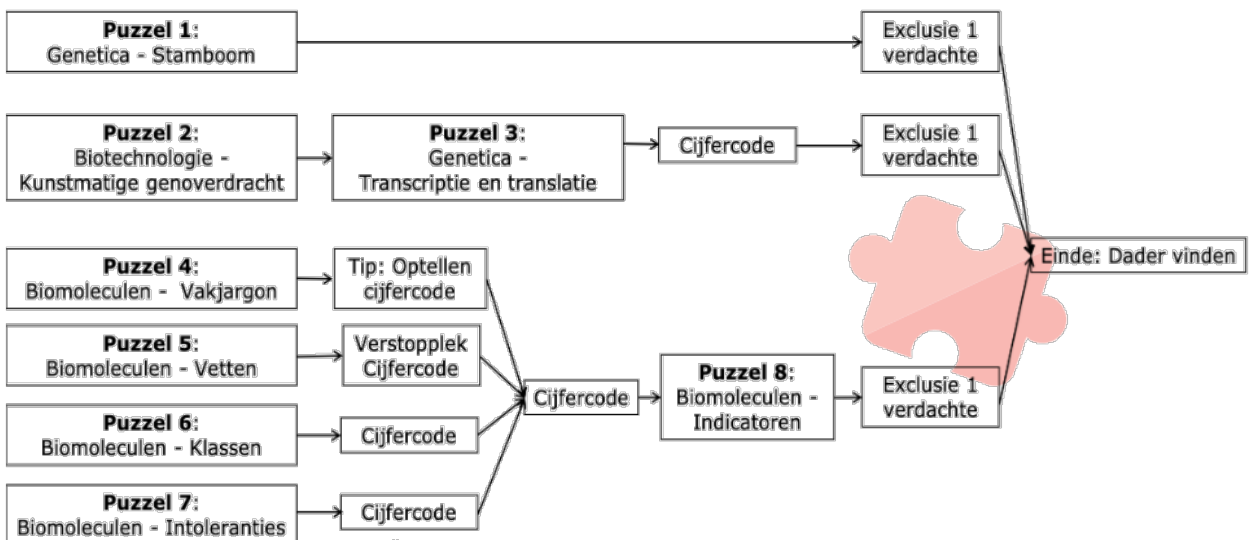
## Puzzel 6 - Klassen biomoleculen

De derde deelpuzzel wordt opgebouwd rond de verschillende klassen van biomoleculen. Hiervoor worden op de achterkant van het bord foto's van verschillende producten uit het dagelijkse leven geplakt. Deze representeren de verschillende klassen biomoleculen. Aan de hand van de eerste letters van deze klassen kunnen de leerlingen via een codegrid een laatste driecijferige code vinden. Nadat de leerlingen de drie cijfercodes hebben opgeteld vinden ze een nieuwe driecijferige code. Met deze code kan er een cijferslot geopend worden dat toegang geeft tot twee verschillende indicatoren nodig voor de vijfde deelpuzzel, opgebouwd rondom 'indicatoren'.

## Puzzel 7 - Indicatoren

Voor deze puzzel krijgen de leerlingen, naast de indicatoren, ook het protocol voor het gebruik van deze indicatoren. Dit protocol ligt eveneens verstopt in het lokaal. Voor deze proef wordt de maaginhoud van het slachtoffer onderzocht. Hierop moeten de leerlingen testen doen met indicatoren om te ontdekken welke verdachte er nog onschuldig is. De twee indicatoren die de leerlingen ter beschikking hebben zijn Soedan III (Vetten, oranje verkleuring) en Lugol (zetmeel, blauwe verkleuring). De verdachten hebben allemaal een kleurcode waarvan één van de kleuren overeen komt met de positieve verkleuring van lugol. Door het oplossen van deze puzzel kunnen de leerlingen de laatste verdachte uitsluiten en de moordenaar aanduiden.

## OVERZICHT PUZZELS



## MATERIAAL

### Genetica



#### Printen:

- Handleiding
- Puzzel: Stamboom

### Biotechnologie



#### Printen:

- Handleiding: Transcriptie en translatie
- Handleiding: Kunstmatige genoverdracht
- DNA-streng vector

#### Maken:

- Petrischalen met restrictieenzym knipplaats

#### Meenemen:

- Doosje
- Postkaart als alibi
- 3 cijferig slot

### Biomoleculen



#### Printen:

- Protocol: Indicatoren
- Puzzel: Intolerantie
- Puzzel: klasse biomoleculen
- Puzzel: Vetten

#### Maken:

- Maaginhoud

#### Meenemen:

- Indicatoren:
  - Lugol
  - Soedan III
- 3 cijferig slot
- Tip in maaginhoud
- Afgesloten pot
- Pasteurpipetten
- Handschoenen
- Proefbuizen
- Labojassen

### Verhaallijn

#### Printen:

- Politierapport
- Verdachtendossiers

#### Meenemen:

- Ducttape



# VOORBEREIDING

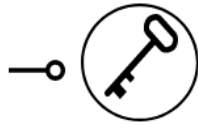
## STAP 1



## VOORBEREIDING

- ✓ **Maaginhoud maken (biomoleculen):**
  - Kook pasta en voeg hier plantaardige olie aan toe.
  - Mix dit mengsel en doe er nog wat ongezoete maïs bij.
  - Doe dit mengsel in een potje.
  
- ✓ **Petrischalen voorbereiden (biotechnologie):**
  - Maak een voedingsbodem met vleesbouillon, gelatine en water
  - Schrijf op elke petrischaal één kniksequenties van de verschillende restrictie enzymen.
  - Voeg de voedingsbodem toe in de petrischalen
  
- ✓ **Voorzie volgende materialen:**
  - 2 afsluitbare doosjes met driecijferig slot
  - 1 glazen potjes met driecijferig slot
  - 1 postkaart met het alibi van Sebastiaan
  - Lugol
  - Soedan III
  - Veiligheidsvoorzieningen per leerling: labojas, veiligheidsbril, handschoenen
  - 2 pipetjes
  - 4 proefbuizen
  - Proefbuis rek
  - Bekerglas
  
- ✓ **Print volgende documenten:**
  - Algemeen
    - Politierapport
    - 4 Verdachtendossiers
  
  - Genetica
    - Handleiding: Stamboomonderzoek en - analyse
    - Stamboompuzzel
  
  - Biotechnologie
    - Handleiding: Transcriptie en translatie
    - Handleiding: Kunstmatige genoverdracht
    - DNA-streng vector
  
  - Biomoleculen
    - Puzzel 1: Vakjargon
    - Puzzel 2: Vetten en knip deze uit
    - Puzzel 3: Klassen Biomoleculen
    - Puzzel 4: Intolerantie
    - Handleiding: Algemene laboratoriumvaardigheden
    - Tip op papiertje "tel de cijfers op"

## STAP 2



### OPSTELLEN ESCAPE ROOM

- ✓ **Algemeen**
  - Leg het politierapport en de verdachtedossiers klaar voor de leerlingen.
  
- ✓ **Genetica**
  - Leg de stamboompuzzel klaar in de ruimte en verstop het stamboomonderzoek formulier in de buurt.
  
- ✓ **Biotechnologie**
  - Leg de verschillende petrischalen, de biotechnologie opdracht en de handleiding: Transcriptie en translatie samen klaar in de ruimte. Verstopt de handleiding "Transcriptie en translatie" in de buurt.
  - Plaats de postkaart met alibi van Sebastiaan in een afsluitbare doos en doe deze op slot met het driecijferig slot. De code van dit slot moet gelijk zijn aan 155.
  
- ✓ **Biomoleculen**
  - Leg de puzzel "vakjargon" en "intoleranties" klaar in de ruimte.
  - Verstopt vervolgens het blaadje met een tip "tel de cijfers op" in de maaginhoud.
  - Knip de puzzel van vetten zodat op elk puzzelstuk slechts één woord of letter staat.
  - Hang deze puzzelstukken aan elkaar met een paperclip en verstopt deze in het lokaal.
  - Verstopt een papiertje met een driecijferige code in het skelet.
  - Hang de puzzels van "klassen biomoleculen" achteraan het bord.
  - Plaats de proefbuisjes met Lugol en Soedan III, de pipettes, en het bekeerglas in de glazen pot.
  - Doe de pot op slot met het een driecijferig slot. De code die hiervoor wordt gebruikt is gelijk aan de som van de codes verkregen in de puzzels "vetten" en "klassen biomoleculen" en "intoleranties".
  - Leg de veiligheidsvoorzieningen hierbij in de buurt.



# UITVOERING



## **Groepen**

- Deel de leerlingen op in groepen van drie tot zes personen.



## **Zelfstandig**

- Laat de leerlingen zelfstandig werken.



## **Coach**

- Wees een coach voor de leerlingen, begeleid enkel waar nodig.
- Geef tips als de leerlingen vast zitten.
- Let er steeds op dat de leerlingen veilig werken.



## **Evaluatie**

- Laat de leerlingen in de volgende les een politierapport opstellen met daarin de antwoorden vragen en de werkwijze.
- Stel zelf enkele belangrijke vragen op die de leerlingen moeten kunnen beantwoorden. Koppel deze aan de leerplandoelstellingen.