

Eindrapportage project “Safe-by-Design leerinstrument integratie waarden in biotechnologie”

# **ACTIE, INTERACTIE EN REFLECTIE – EEN SAFE-BY-DESIGN LEERINSTRUMENT VOOR JONGE BIOTECHNOLOGEN**

Hoe ontwerpen voor veiligheid kan bijdragen aan de integratie van maatschappelijke waarden in biotechnologische toepassingen

STATUS Definitieve eindrapportage

VERSIE: 1.0

AUTEURS Kelly Streekstra, Marjoleine van der Meij &amp; Pim Klaassen

OPDRACHTGEVER Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

DATUM 30.04.2021

CONTACT Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

VERSIE HISTORIE	VERSIENUMMER	DATUM	AUTEUR	OPMERKING
	0.9	20/4/2021	Kelly Streekstra, Marjoleine van der Meij & Pim Klaassen	Versie voor feedback voorgelegd aan IenW.
	0.95	27/4/2021	Pim Klaassen	Eerste versie na feedback van IenW
	1.0	30/4/2021	Kelly Streekstra, Marjoleine van der Meij & Pim Klaassen	Definitieve versie voor oplevering aan IenW

## INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding .....	4
2.	Achtergrond.....	6
3.	Aanpak en methodologie .....	8
3.1.	Enkele feiten over de testfasen .....	9
3.2.	Enkele feiten over de analysefasen .....	10
4.	Bevindingen .....	12
4.1.	Waarom bestaat behoefte?.....	12
4.2.	Aansluiting op bestaande inzichten.....	13
4.3.	“The medium is the message” – de vorm van het leerinstrument als gestolde kennis .....	13
4.3.1.	Iterativiteit versus lineariteit.....	13
4.3.2.	“Barrières en drivers” versus interacties .....	14
4.4.	Leerdoelen.....	15
4.5.	Het leerinstrument .....	16
4.6.	Inzichten testfasen: effectiviteit en gebruikersdata.....	19
4.6.1.	Gebruiksvriendelijkheid en Bijdrage aan het groepsproces .....	21
4.6.2.	Bevordering van de inhoud en kwaliteit van het ontwerp .....	22
4.6.3.	Bewustzijn, kennis en inzicht van de (jonge) biotechnoloog .....	22
5.	Conclusie en discussie .....	23
5.1.	Hypothese bevestigd, vragen onbeantwoord .....	23
5.2.	Bruikbaarheid .....	24
5.3.	Toekomstig onderzoek .....	24
6.	Literatuur .....	25
	Appendices.....	26
	Appendix 1: Kleine selectie van bestudeerde alternatieve leerinstrumenten.....	26
	Appendix 2: Specificatie testomgevingen .....	27
	Appendix 3: Bevindingen toets 1, iGEM Giant Jamboree 2020 .....	31
	Appendix 4: Leden interne & externe klankbordgroep.....	33
	Appendix 5: Het WAIR leerinstrument.....	34

## 1. INLEIDING

Onderzoek en innovatie zijn nodig bij het aanpakken van de grote uitdagingen van deze tijd, maar het is zaak om te zorgen dat zij tegelijk niet ook nieuwe problemen in het leven roepen. Dit geldt bijvoorbeeld voor uitdagingen uiteenlopend van het aanpakken van de (Nederlandse) stikstofcrisis tot de wereldwijde klimaatcrisis en voor uitdagingen rond het betaalbaar houden van goede zorg tot het kwalitatief hoogwaardig voeden van de gehele wereldbevolking - ook in 2050, wanneer er naar verwachting zo'n 10 miljard mensen op aarde zullen zijn. Ontwikkelingen in de biotechnologie beloven een significante bijdrage te kunnen leveren aan het oplossen van deze en andere problemen, maar gaan hand in hand met veel onzekerheid.<sup>1</sup> Welke risico's ze met zich meebrengen voor de gezondheid van mens, dier of ecosysteem, is niet altijd bekend. Net zomin is te voorspellen hoe toekomstige biotechnologische toepassingen in moreel opzicht beoordeeld worden, zich verhouden tot bestaande wettelijke kaders, of bijdragen aan bijvoorbeeld het verkleinen of vergroten van wereldwijde ongelijkheden.

Om biotechnologische ontwikkelingen echt toekomstbestendig te maken, is het zaak dat de biotechnologen van de toekomst niet alleen beschikken over de relevante kennis en vaardigheden in technisch opzicht, maar zich ook breed en diep kunnen verhouden tot mogelijk onwenselijke kwesties die opspelen wanneer de vruchten van hun werk de echte wereld bereiken. Een anticiperende en brede blik op risico- en veiligheidskwesties, die ervoor zorgt dat dergelijke zaken vanaf de eerste fasen van onderzoek en ontwikkeling integraal meegenomen worden, is van groot belang. Hier wordt onder de noemer van Safe-by-Design (vanaf nu: SbD) in toenemende mate aandacht voor gevraagd.

Het concept SbD brengt reflectie op het snijvlak van risk governance, risicobeoordeling en risicomanagement samen. Het concept is omarmd in Nederlandse en, in toenemende mate, Europese beleidskringen waar risico en veiligheid van stoffen, materialen, producten en onderzoeks-, innovatie- en productieprocessen centraal staan. Het Nederlandse Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft SbD bijvoorbeeld opgenomen in haar milieubeleid, dat als inzet heeft milieu- en veiligheidsrisico's te minimaliseren. Ook legt een groeiende groep academici zich toe op de bestudering van SbD of de implementatie ervan in het eigen onderzoeks- en ontwikkelingswerk.<sup>2</sup> Met het brede en diepe perspectief op risico's en veiligheid waarmee SbD samenhangt, komt de hele levenscyclus van technologische toepassingen of producten daarvan in beeld – inclusief de waardeketens waar zij onderdeel van uitmaken. Het in de praktijk brengen van SbD vraagt dan ook van onderzoekers en innovatoren dat zij zich bewust zijn van allerhande mogelijke veiligheidskwesties, in verschillende stadia van het ontwikkelingsproces en gedurende de gehele levenscyclus van dat waaraan zij werken, en dat zij naar dit bewustzijn weten te handelen.

Hiermee mag duidelijker worden wat verstaan wordt onder SbD, maar dat beantwoordt nog niet de vraag wat een goede manier is om de hiervoor relevante kennis en vaardigheden over te brengen aan (jonge) biotechnologen. De voorliggende rapportage beschrijft de uitkomsten van een design research project – niet te verwarren met een SbD-project – uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat met als doel een leerinstrument te ontwikkelen dat bijdraagt aan het vermogen van (jonge) biotechnologen om oplossingen voor complexe maatschappelijke problemen te leveren die tot stand komen op een manier die aansluit bij de rationale achter het concept van SbD. In antwoord hierop hebben we een leerinstrument ontwikkeld dat in de context van de biotechnologie een manier van denken en doen helpt

<sup>1</sup> Zie bijvoorbeeld hier voor een helder en toegankelijk overzicht van de beloften – inclusief een bespreking van uitdagingen op de weg naar de realisatie van het potentieel dat biotechnologie heeft: <https://www.weforum.org/agenda/2021/04/synthetic-biology-potential-people-and-the-planet-gts21/>.

<sup>2</sup> Zie bijvoorbeeld deze twee themanummers, respectievelijk in NanoEthics (<https://link.springer.com/journal/11569/volumes-and-issues/11-3>) en in IJERPH ([https://www.mdpi.com/journal/ijerph/special\\_issues/safe\\_design](https://www.mdpi.com/journal/ijerph/special_issues/safe_design)).

bijbrengen die het concept van SbD gestalte geeft (Van Gelder et al., n.d.). In dit project hebben we langs een aantal iteratieve stappen toegewerkt naar enerzijds dit leerinstrument, en anderzijds een verstevigd begrip van de betekenis die SbD kan spelen in de context van biotechnologisch ontwerp. Ter ondersteuning van de ontwikkeling van het instrument is onderzoek gedaan, en het gebruik van het instrument vormde vervolgens ook onderdeel van het onderzoek. Tezamen zijn zo de volgende vragen beantwoord:

1. Welke kennis en vaardigheden hebben (jonge) biotechnologen nodig om op integrale wijze tegelijk veiligheid en andere breed gedeelde maatschappelijke waarden, zoals bijvoorbeeld uitgedrukt in de SDGs, gestalte te geven in onderzoek naar en ontwerp van nieuwe biotechnologische toepassingen?
2. Hoe moet het concept SbD worden uitgelegd en geoperationaliseerd wil het – in de context van de biotechnologie – eraan kunnen bijdragen gelijktijdig veiligheid en een variëteit aan andere maatschappelijke waarden mee te nemen in het ontwerp?
3. Bestaat in het trainen of onderwijzen van de onder (1.) genoemde kennis en vaardigheden een rol voor de onder (2.) gestipuleerde conceptualisering van SbD?

Voor we in §4 deze vragen beantwoorden, schetsen we eerst de maatschappelijke en wetenschappelijke achtergrond waartegen dit project heeft vorm gekregen (§2) en de gevolgde aanpak en gebruikte methoden (§3). We besluiten het rapport met conclusies, een discussie en enkele aanbevelingen (§5).

## 2. ACHTERGROND

Ontwikkelingen in de biotechnologie verlopen razendsnel. Deels gebeurt dit als reactie op vragen vanuit de maatschappij, en deels gebeurt dit doordat interne ontwikkelingen in de wereld van de biotechnologie nieuwe wegen openen. De vraag naar biotechnologische innovatie kent verschillende motieven, zoals die van een ervaren noodzaak tot een transitie naar een biobased en/of circulaire economie, het bijdragen aan de realisatie van de UN SDGs of het bijdragen aan de oplossing van de Covid-crisis. Biotechnologische toepassingen die deze vraag beantwoorden zijn bijvoorbeeld blauwalgen die genetisch zo zijn omgebouwd dat het “fabriekjes” worden die hoogwaardige chemicaliën of micronutriënten produceren, of de mRNA vaccins die momenteel zo’n centrale rol spelen in wereldwijde Covid-strategieën. Illustratief voor het tweede type motor achter biotechnologische ontwikkelingen, die van interne ontwikkelingen, is de “ontdekking” van het CRISPR-Cas9 mechanisme en het gebruik ervan als technologie die het mogelijk maakt om het genoom van organismen doelgericht aan te passen. In de afgelopen jaren hebben onderzoeken naar toepassingsmogelijkheden van CRISPR-Cas9 een vlucht genomen.

Ongeacht de vraag wat ontwikkelingen in de biotechnologie voortdrijft, kunnen we vaststellen dat biotechnologie vaak gepaard gaat met complexe veiligheidsvraagstukken, en in veel gevallen een aanzienlijke graad van onzekerheid over eventuele (ongewenste) neveneffecten. Voor zover de vergunningverlening voor werken met genetisch gemodificeerde organismen (GMOs) daartoe dwingt, komen de veiligheidsvraagstukken in kwestie vaak al goed in beeld. Maar of en hoe opkomende (bio)technologieën passen in bestaande wet- en regelgeving is niet altijd helder – denk bijvoorbeeld aan celvrije systemen, nano-biotechnologie of xenobiologie (Hogervorst et al. 2018). Onduidelijkheid over de vraag of en hoe deze en andere opkomende technologieën passen in bestaande kaders hangt nauw samen met het gegeven dat dergelijke technologieën of hun toepassingen hand in hand kunnen gaan met onbekende en onzekere risico’s. In sommige gevallen zullen de precieze risico’s van biotechnologische toepassingen misschien pas zichtbaar worden in toekomstige specifieke (en moeilijk voorspelbare) gebruiksccontexten. In dergelijke gevallen blijven de risico’s buiten de blik van de risicobeoordeling voor markttoelating, bijvoorbeeld tot er meer duidelijk is over welke risico’s zich exact voordoen, en onder welke omstandigheden.

Om deze reden zet het Nederlandse Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (vanaf nu: IenW) er op in om te stimuleren dat veiligheid zo vroeg mogelijk en integraal meegenomen wordt als overweging bij de ontwikkeling van (biotechnologische) kennis en innovaties. Dit gebeurt onder de noemer van SbD, als strategie om veiligheid nu en in de toekomst optimaal te waarborgen vanaf de start van onderzoek en ontwikkeling, en zo bij te dragen aan een schone, gezonde en veilige leefomgeving.

Schoon, gezond en veilig zijn begrippen die voor velerlei uitleg vatbaar zijn. De uitleg ervan kan verschillen per domein, zoals te zien is wanneer men kijkt naar bijvoorbeeld transport, industrie, landbouw of arbeidshygiëne. Ook binnen de specifieke context van de biotechnologie geldt dat onderscheiden betekenissen gegeven worden aan schoon, gezond en veilig (Bouchaut & Asveld 2020). Veiligheid kan bijvoorbeeld gaan over het waarborgen van de integriteit van ecosystemen of het minimaliseren van klimaatimpact, maar ook de verzekerde toegang tot (voedings-) producten die voldoen aan de individuele standaard van consumenten (“voedselveiligheid”). En in hoeverre is een biotechnologische toepassing veilig te noemen wanneer deze via reguliere mechanismen van de vrije markt bijvoorbeeld eerder bijdraagt aan de vergroting van wereldwijde ongelijkheden dan aan de verkleining daarvan? Afhankelijk van bijvoorbeeld welke waarde, welk object of wiens leven(s) men denkt dat het verdient beschermd te worden, zullen andere negatieve effecten benoemd worden, andere risico’s geïdentificeerd worden en beschermingsmaatregelen gepast worden geacht.

Met andere woorden: hoe smal of hoe breed gekeken moet worden naar risico's en kansen van biotechnologische ontwikkelingen is een complex vraagstuk op zichzelf. Als we even stilstaan bij de Corona pandemie, die de levens van vrijwel iedereen op aarde ten tijde van dit schrijven beheerste, en nagaan wat de rol van biotechnologische innovatie daarin is, wordt dat al snel duidelijk. Allereerst is er het tamelijk hardnekkige gerucht dat het SARS-CoV2 virus ontwikkeld zou zijn in een laboratorium te Wuhan – wat naar alle waarschijnlijkheid onwaar is (WHO 2021). Maar daarnaast heeft biotechnologie een wezenlijke plek in meerdere van de belangrijkste zaken die onze huidige omgang met het virus bepalen – Coronatests, en vaccins. Met name wanneer we naar de vaccins kijken, zien we dat hier nogal iets mee te stellen is. Dit geldt in het bijzonder vanwege de ongelijke verdeling ervan over de wereldbevolking, en de risico's voor de wereldwijde volksgezondheid die dit met zich meebrengt.<sup>3</sup> Intussen is er ook reden om te denken dat het vaccinatiebeleid schade toebrengt aan het vertrouwen van velen in zowel overheden, farmaceutische industrie als wetenschap.

Dergelijke overwegingen nodigen uit om het bereik van het op veiligheid gerichte en op anticipatie gestoelde begrip van SbD niet a priori al te nauw vast te leggen. Een manier om de wenselijke open blik veilig te stellen, is door de snijvlakken te zoeken van SbD en de Sustainable Development Goals (vanaf nu: SDGs). In het voorliggende project is dat gedaan, vanuit de gedachte dat de SDGs sowieso een uitstekende ingang bieden om veiligheidsoverwegingen een integrale plek te bieden in (denken over) technologieontwikkeling – immers, de SDGs nodigen op zichzelf al uit om de wederkerige koppelkansen te zoeken tussen uiteenlopende middelen, doelen en waarden, zoals innovatie, economische ontwikkeling, duurzaamheid, en rechtvaardigheid (Hajer et al. 2015). Conform Van Gelder et al. (manuscript) is de aan dit project onderliggende aanname dan ook dat SbD een uitstekende hefboom zou kunnen zijn om zaken hier in beweging te krijgen.

Een volgende aanname die ten grondslag ligt aan dit project, is dat een voorname manier om aan een goede – veilige, schone, gezonde en dus duurzame – toekomst te werken, mede verloopt via het onderwijs van degenen die in die toekomst verantwoordelijk zullen zijn voor (biotechnologisch) onderzoek en innovatie. Zodoende is in dit project een leerinstrument ontwikkeld dat erop gericht is (met name) studenten en beginnende biotechnologen te ondersteunen bij het meenemen van veiligheid en aanpalende waarden in hun biotechnologische ontwerp dat dient bij te dragen aan het realiseren van de SDGs: WAIR – of *the Wheel of Action, Interaction and Reflection*. In de volgende paragraaf beschrijven we de methodologische aanpak die we hierbij gehanteerd hebben.

---

<sup>3</sup> Zie bijvoorbeeld hier: <https://www.who.int/news/item/08-04-2021-covax-reaches-over-100-economies-42-days-after-first-international-delivery>

### 3. AANPAK EN METHODOLOGIE

In dit design research project hebben we grofweg de volgende logica gevolgd: (1) analyse, (2) synthese, (3) conceptualisatie, (4) test, (5) verbeterslag – waarbij in feite alle stappen twee keer doorlopen zijn (cf. Roozenburg & Eekels, 1991). In elk van deze stappen, hebben we een of meerdere onderzoeksmethoden gehanteerd. Tabel 1 hieronder geeft in vereenvoudigde vorm weer hoe het project zodoende aangepakt is.

*Tabel 1: Stappen in het project, hun rollen, de gebruikte methoden en de opbrengst(en) ervan.*

Stap	Rol	Methode(en)	Opbrengst(en)
Analyse	Tot een duidelijker probleemaafbakening komen door verdieping t.a.v. de verschillende “bouwstenen” van het project: de SDGs, Sbd, RRI, leerdoelen, iGEM en biotechnologische product-ontwikkeling. Opbrengst van de eerste fase omzetten in een programma van eisen en wensen voor het leerinstrument.	Desk study; (informele) interviews.	Verrijkte theoretische en conceptuele achtergrond; inzicht in toepassingsgebied van leerinstrument. Programma van eisen en wensen leerinstrument.
Synthese	Formulering van eerste brede palet aan ideeën voor de vormgeving van een leerinstrument en vervolgens weging en besluitvorming over met welke ideeën wel/ niet verder te gaan.	Brainstormsessies.	Schetsen en ontwerpideeën voor het leerinstrument.
Conceptualisatie	Integratie van ideeën naar verder uitgewerkt concept-leerinstrument dat aan de geformuleerde eisen en wensen voldoet.	Brainstormsessies; ontwerp-pogingen in verschillende online platforms (waaronder Mural).	Gedeeltelijk uitgewerkt concept-leerinstrument, klaar voor online test in een drietal workshops.
Test	Test van behoefte, effectiviteit en gebruiksvriendelijkheid van het concept-leerinstrument.	Online workshops met iGEM deelnemers en betrokken experts, gevolgd door enquête en nagesprekken met experts	Eerste inzicht in sterke en zwakke punten van het leerinstrument.
Verbeter	Verwerking input uit eerste test middels onderstaande stappen: vertaling van deze inzichten naar doorontwikkelde complete versie van het leerinstrument.		
Analyse	Verbeterde probleem- en behoeftenanalyse; aangepaste doelstelling en programma van eisen.	Drie systematische literatuuronderzoeken naar respectievelijk ethische, juridische en maatschappelijke	Verdiepend inzicht in welke ethische juridische en maatschappelijke kwesties er rond



		impacts van biotechnologie, de visie van biotechnologen daarop, en de plek van biotechnologie in het helpen realiseren van de SDGs.	synthetische biologie spelen volgens synthetisch biologen en volgens onderzoekers van wetenschap, technologie en samenleving; beter begrip van SDG-gerelateerde toepassingscontexten waarin SbD van betekenis kan zijn.
Synthese	Vertaling lessen uit bovenstaande naar herontwerp van afzonderlijke onderdelen van het leerinstrument.	Analyse van de test-data. Brainstorm- & ontwerp-sessies.	Vernieuwde designs voor alle losse onderdelen van het leerinstrument.
Conceptualisatie	Integratie van her-ontworpen elementen naar vernieuwd totaalontwerp.	Brainstorm- & ontwerp-sessies	Nieuwe en complete versie van het leerinstrument in Mural.
Test	Test van ervaren nut, effectiviteit en gebruiksvriendelijkheid van het leerinstrument.	Vrijwillig gebruik door MSc.-studenten van leer-instrument ter ondersteuning van verplicht projectwerk; enquête; vier interviews met deelnemers.	11 deels en 9 volledig ingevulde leerinstrumenten; 46 ingevulde questionnaires; 4 interviews
Verbeter	Feedback uit gebruik door studenten verwerken.		Huidige versie leerinstrument.

### 3.1. ENKELE FEITEN OVER DE TESTFASEN

De conceptversie van het leerinstrument die bij de eerste pilot getoetst is, telde drie oefeningen: één over de problemen centraal aan het project waaraan gewerkt wordt, één over de belanghebbenden rond (de oplossing voor) het probleem in kwestie, en één over mogelijke alternatieve oplossingen voor dat probleem. Elk van deze oefeningen is in één workshop getest. Aan de drie workshops van deze eerste test deden 41 deelnemers mee, die onregelmatig waren verdeeld over de workshops. Deelnemers kwamen uit onder meer Japan, Pakistan, Denemarken, Nederland, Canada en de Verenigde Staten. De workshops vonden gedurende de jaarlijkse afsluitende iGEM Giant (online) Jamboree plaats. Dit gebeurde op verschillende dagen en op verschillende tijdstippen, om de kans zo groot mogelijk te maken dat iGEM-deelnemers van over de hele wereld aan een van de workshops konden meedoen. Conform het workshop-format dat iGEM voor de hele Jamboree hanteerde, duurden de workshops elk 45 minuten.

Tabel 2: Diversiteit van deelnemers workshops tijdens virtual iGEM jamboree 2020

Geografische spreiding	Academische disciplines waarmee deelnemers zich identificeren
India, Zwitserland, Japan, Canada, Verenigde Staten, Denemarken, Groot Britannië, Portugal, Duitsland	Food science; Biology; biotechnology; synthetic biology governance; Biochemistry; Biology & Chemistry; Software Development; environmental science policy; Computational Biology Policy; Engineering Design; Biomedical Engineering; Bioengineering; Synthetic biology Metabolic engineering; genetics biochemistry; Public Policies Bioethics

De tweede test vond plaats binnen de context van een mastervak voor studenten van de bètafaculteit van de Vrije Universiteit Amsterdam (*Ethics in Life Sciences*). Voor deze tweede test was een complete versie van het leerinstrument beschikbaar, en aan deze test deden 224 deelnemers mee, afkomstig uit verschillende opleidingen aan de bètafaculteit en verdeeld over 28 projectgroepen. Gebruik van het leerinstrument ter ondersteuning van hun projectwerk was niet verplicht voor de studenten.

Één van de redenen om het gebruik van het leerinstrument niet verplicht te stellen in de cursus *Ethics in Life Sciences*, was dat het vrijwillige gebruik ervan op die manier mogelijk meer zou zeggen over hoe studenten de bruikbaarheid ervan ervaren. Door het gebruik niet verplicht te maken, werd het bijvoorbeeld mogelijk om na te gaan of de drempel om het instrument te gaan gebruiken niet te hoog is, en of het ontwerp al dan niet afschrikt. En eenmaal ermee in de weer, zien studenten er het nut van in, of niet? Verplicht gebruik zou minder zicht hebben gegeven op de antwoorden op deze vragen dan we nu hebben.

Uiteindelijk hebben 20 groepen met gemiddeld 14 studenten het instrument gebruikt, waarvan 9 volledig en 11 gedeeltelijk. Acht groepen hebben het instrument mogelijk wel gebruikt ter ondersteuning van de eigen gesprekken of het projectwerk, maar zonder in de online omgeving sporen achter te laten. Zo volgde bijvoorbeeld uit de informele interviews met de studenten dat 2 van de 4 respondenten het leerinstrument deels of niet hadden ingevuld, maar wel heel zorgvuldig alle stappen hadden opgevolgd voor het groepsproces en de inzichten noteerden in eigen documenten. Van de 224 deelnemers hebben er 46 (~20%) een questionnaire ingevuld met vragen over het leerinstrument. Vier studenten hebben we na afloop van de cursus geïnterviewd over de leeropbrengst en de bruikbaarheid van het instrument.

### 3.2. ENKELE FEITEN OVER DE ANALYSEFASEN

In de eerste analysefase zijn zes respondenten (informeel) geïnterviewd. Zie de tabel hieronder voor de relevante expertisegebieden en affiliatie.

Tabel 3: Respondenten (informele) interviews eerste analysefase

#	Expertise/ reden van interview	Affiliatie
R1	Voormalig consultant op het gebied van SDGs in innovatie	Nu: director of operations @ iGEM
R2	SbD in educatie	RIVM
R3	Risicobeoordeling biotechnologie	RIVM
R4	RRI, SbD	Zelfstandig onderzoeker

R5	iGEM deelnemer	VU/ UvA
R6	Vertaling leerdoelen naar speelse instrumenten	TU Delft
R7	Onderzoeker SbD in biotechnologie	TU Delft

In de tweede testfase hebben we 4 studenten geïnterviewd na afloop van het gebruik van het leerinstrument. Zie de tabel hieronder voor enkele gegevens over deze studenten.

#	Reden van interview	Opleiding
R8	Gebruiker van het leerinstrument in testfase 2, casus: gene drives	MSc. Management, Policy and Entrepreneurship in Health and Life Sciences (BSc. in Bèta Gamma)
R9	Gebruiker van het leerinstrument in testfase 2, casus: kweekvlees	MSc. Management, Policy and Entrepreneurship in Health and Life Sciences (BSc. in microbiologie)
R10	Gebruiker van het leerinstrument in testfase 2, casus: kweekvlees	MSc in Health & Life Sciences (BSc in gezondheidswetenschappen)
R11	Gebruiker van het leerinstrument in testfase 2, casus: xenotransplantatie	MSc in Biomedical Technology and Physics (BSc in medische natuurwetenschappen)

## 4. BEVINDINGEN

In dit project stond het ontwikkelen van een leerinstrument voorop. De kennis die het project moest voortbrengen was ofwel kennis ten gunste van de ontwikkeling van dit instrument, ofwel kennis over het instrument – en via deze wegen betreft het kennis over hoe, meer in het algemeen, over SbD gedacht kan of moet worden in de context van probleem-gebaseerd onderzoek en innovatie in de biotechnologie. In deze paragraaf presenteren we de uiteindelijke bevindingen van het project als geheel, zonder het iteratieve proces waarlangs we tot de verkregen inzichten zijn gekomen voortdurend als leidraad te nemen. We zullen hieronder daarom ingaan op hoe ons onderzoek tot de gekozen vorm en inhoud van het leerinstrument geleid heeft en bespreken wat de opbrengst ervan is.

### 4.1. WAARAAN BESTAAT BEHOEFTE?

De eerste vraag die beantwoord moest worden, omdat het betreffende antwoord bepalend is voor de aandachtspunten waar in het instrument aandacht voor is, was welke kennis en vaardigheden (jonge) biotechnologen nodig hebben om op integrale wijze tegelijk veiligheid en andere breed gedeelde maatschappelijke waarden, uitgedrukt in bijvoorbeeld de SDGs, gestalte te geven in biotechnologisch onderzoek en ontwikkeling.

De hier gestipuleerde behoefte aan (nieuwe) kennis en vaardigheden blijkt heel divers. Het gaat in de eerste plaats om het *bewustzijn* dat men nodig heeft om zich überhaupt op bepaalde thema's of vraagstukken te richten, en pas in de tweede plaats om (gespecialiseerde) kennis en vaardigheden om vragen die voortkomen uit de confrontatie van onderzoek en ontwikkeling met het maatschappelijk perspectief met diepgang te verkennen. In het interview met R1, tijdens de initiële interviewronde in de analysefase van het project, kwam bijvoorbeeld naar voren dat jonge biotechnologen regelmatig een technologische toepassing of “oplossing” als vertrekpunt van hun werk nemen, in plaats van een *probleem* dat het verdient opgelost te worden of een feitelijk bestaande behoefte bij een maatschappelijke partij. De SDGs kunnen hierbij helpen, omdat zij kunnen fungeren als ‘*creative constraints*’ die er de aandacht op vestigen dat werk in de synthetische biologie in potentie kan bijdragen aan de oplossing van feitelijk bestaande problemen in “de echte wereld” – in plaats van (alleen) aan problemen in de sfeer van het inkleuren van witte vlekken in laboratoriumonderzoek. Dit beeld werd bevestigd tijdens de online workshops tijdens de tweede test. R8 brengt de overweging in dat de SDGs voorafgaand aan gebruik slechts symbolische en abstracte doelen waren die zich eventueel goed leenden voor de communicatie of PR, wat ook naar voren kwam in het gesprek met R5. In de reflecties op het leerinstrument door R8 komt echter ook naar voren dat de SDG's door het gebruik van het leerinstrument voor het eerst tastbaar werden als ideaal hulpmiddel, als hulpmiddel om het streven naar ‘*morele verantwoordelijkheid*’ in het ontwerp gestalte te geven.

Daarbij kwam uit de gedane literatuuronderzoeken uitdrukkelijk het beeld naar voren dat synthetisch biologen maar zeer zelden een goed gearticuleerd beeld hebben van de vaak complexe en onzekere neveneffecten die kunnen kleven aan het werk dat zij doen. Ethische, juridische en maatschappelijke kwesties krijgen maar mondjesmaat aandacht in hun werk. Veiligheid en security zijn de thema's die nog het best belicht worden – maar vaak gaat de bespreking hiervan gepaard met een roep om of meer internationale afstemming van richtlijnen (McLeod et al., 2017; Kashir et al., 2011; Aubry, 2019), of meer zelf-regulatie door wetenschappers (Sliva et al., 2015; Pretorius & Boeke., 2018). Net als voor andere ethische, juridische en maatschappelijke kwesties geldt ook hiervoor dat ze zelden tot de kern van de aandacht behoren of de motivatie vormen dat het werk voortdrijft – in plaats daarvan worden ze eerder begrepen als randvoorwaarden waaraan voldaan moet zijn. De informele interviews bevestigden dit beeld. Zo verzocht R3 ons in de ontwikkeling van het leerinstrument een focus te leggen op het anticiperen van de veiligheidsaspecten in de praktijk van de biotechnologische toepassingen ná markttoelating, hetgeen in de ervaring van R3 te min in het bewustzijn en ontwerpprocessen van de jonge biotechnologen aanwezig is. Ook in de eerste

test reageerden iGEM participanten, na afloop van het iGEM traject, dat er een behoefte bestaat aan meer kennis op het gebied van sociaal-culturele expertise. Na de workshop in de eerste test reageert een participant: *“I think this is very interesting as last year I didn’t know ANYTHING about stakeholders and public engagement, so it is great to better understand how I can really know the impact of the project.”*

Los van het bewustzijn van de doelgroep, volgde uit de informele gesprekken de behoefte aan een hulpmiddel in het ontwerpproces, waarmee de ontwerpprocessen vanuit probleem/behoefte en de anticipatie en reactie op onzekere neveneffecten van het project op een overzichtelijke manier onderzocht kunnen worden. Dergelijke leer- en instrumentdoelen kwamen ook naar voren in de projecten van R2, en worden ook aangeboden in vergelijkbare ontwerptools en leerinstrumenten (zie Appendix 1). Zodoende reageerden veel gebruikers van het leerinstrument in testfase 2 dat met name de structuur die het leerinstrument inbracht in de groepsgesprekken zeer gewaardeerd werd.

#### **4.2. AANSLUITING OP BESTAANDE INZICHTEN**

SbD kan gezien worden als tamelijk radicale breuk met gebruikelijke benaderingen van veiligheid in de context van onderzoek en ontwikkeling, in zoverre SbD bijvoorbeeld meer dan gebruikelijk oog heeft voor verschillende typen onzekerheden (Van de Poel & Robaey 2017) en SbD uitnodigt om ook perspectieven op risico’s en veiligheid van niet-experts (of: niet-“technici”) mee te nemen in de vaststelling van wat verantwoorde ontwerpkeuzes ten aanzien van veiligheid zijn (Van Gelder et al., n.d.). Maar alhoewel met SbD nieuwe elementen worden geïntroduceerd in de omgang met risico’s vanuit een risicobeoordeling- en -management perspectief, kunnen we tegelijk vaststellen dat onder verschillende noemers ideeën ontwikkeld zijn die veel affiniteit hebben met de motivatie die ten grondslag ligt aan SbD. In het bijzonder valt dan te denken aan Responsible Research and Innovation, dat een veelomvattend conceptueel raamwerk biedt teneinde duurzame, moreel verantwoorde en maatschappelijk wenselijk onderzoek en innovatie te ondersteunen (Owen et al. 2012; Klaassen et al. 2018) en Value Sensitive Design, dat concrete handvatten geeft om uiteenlopende waarden een plek te geven in (technologische) ontwerpprocessen door ingenieurs (Van de Poel & Robaey 2017). Om te voorkomen dat we het wiel opnieuw zouden uitvinden, hebben we in dit project aansluiting gezocht bij literatuur hierover, en hebben we inspiratie geput uit reeds bestaande en in deze literatuur beschreven (leer)instrumenten die trachten handen en voeten te geven aan de in deze literatuur vastgelegde lessen. In Appendix 1 zijn de voornaamste van de instrumenten die we bestudeerd hebben dan ook beschreven.

#### **4.3. “THE MEDIUM IS THE MESSAGE” – DE VORM VAN HET LEERINSTRUMENT ALS GESTOLDE KENNIS**

Niet alleen hebben de eerste fasen van ons onderzoek hebben geleid tot de formulering van preciezere leerdoelen en keuzes voor thematische elementen die prominent moesten terugkomen in het leerinstrument. Ook is het vooronderzoek terug te vinden in het leerinstrument in de manier waarop gebruikers worden uitgenodigd na te denken over wetenschap, technologische innovatie en samenleving – en de interactie daartussen. Twee punten verdienen het hier uitgelicht te worden: de *framing* van de relatie tussen biotechnologisch werk en de wereld daarbuiten, waarvoor dat werk uiteindelijk bedoeld is, en het iteratieve karakter van biotechnologisch ontwikkelwerk.

##### **4.3.1. ITERATIVITEIT VERSUS LINEARITEIT**

Het integrale karakter van anticipatie op mogelijke onbedoelde negatieve impacts en de verwerking daarvan in nieuwe (ontwerp)beslissingen impliceert dat dat wat nodig is om op een verantwoorde manier onderzoek en innovatie uit te voeren, niet een momentane aangelegenheid is die op een zeker moment in een onderzoeks- of ontwikkelingstraject als afgehandeld beschouwd kan worden. Dit sluit aan bij de aard van onderzoek en ontwikkeling, en heeft onzes inziens ook repercussies voor hoe het leerinstrument vorm moet krijgen.

In alle alternatieve instrumenten die we bestudeerd hebben wordt impliciet dan wel expliciet aangesloten op een (verouderd) lineair beeld van het verloop van onderzoeks- en innovatieprocessen. Dit is zowel het geval voor de RIVM SbD serious game, het in het EC-gefinancierde project NewHoRRizon ontwikkelde “*societal readiness*” instrument<sup>4</sup> als voor conceptuele instrumenten zoals het stage-gate model van Cooper (2008). Onderzoek naar de manier waarop dergelijke processen doorgaans vorm krijgen wijst daarentegen uit dat ze veel beter als *iteratief* gekarakteriseerd kunnen worden. Gedurende onderzoeks- en ontwikkelingstrajecten vindt doorgaans een heen en weer gaande beweging plaats tussen stappen als probleemafbakening, vraagformulering, domeinafbakening, methodologisch ontwerp, dataverzameling, analyse en concluderen, ontwerpen, testen of bouwen.<sup>5</sup> En in de context van de synthetische biologie hanteert men vaak een expliciet cyclisch model van ontwerpen–bouwen–testen dat niet wezenlijk anders is dan de aanpak die ook in het voorliggende project gehanteerd is.

Om te zorgen dat in dergelijke iteratieve processen integraal aandacht besteed wordt aan de thema’s die aansluiten bij de hierboven geformuleerde kernelementen en leerdoelen van het leerinstrument (zie Box 1), hebben we het iteratieve karakter van onderzoek en innovatie expliciet een plek gegeven. Dit om iedere suggestie te vermijden dat men op een zeker moment voorbij de fase is dat aan deze of gene overweging aandacht besteed moet worden. Tegelijk geldt wel dat de ruimte om keuzes te maken en de impact die de keuzes kunnen hebben op de eindresultaten van een onderzoeks- of innovatietraject met de tijd afnemen. Hoe eerder men begint met het breed en integraal meenemen van de in het leerinstrument aangeboden elementen, hoe meer daar dan ook van verwacht mag worden in termen van zowel leeropbrengst als invloed op vorm en inhoud van het eindproduct. Feedback door studenten in de tweede test van het leerinstrument bevestigde de overwegingen bij dit kenmerk van het ontwerp van het leerinstrument. Enkele studenten concludeerden expliciet dat het gebruik van het leerinstrument, en dan in het bijzonder de toekomst-oefening, deed beseffen hoe belangrijk het SbD gedachtegoed is voor de beginfasen van ontwerpprocessen.

#### 4.3.2. “BARRIÈRES EN DRIVERS” VERSUS INTERACTIES

De centrale elementen in het leerinstrument worden steeds aan de gebruikers voorgelegd in de vorm van uitnodigingen om op bepaalde aspecten de interactie te onderzoeken tussen hun projectwerk en de wereld waarvoor dat werk uiteindelijk bedoeld is. Hieraan ligt het uitgangspunt ten grondslag dat er een wederkerige, interactieve relatie bestaat tussen ontwikkelingen in wetenschap en technologie enerzijds en de wereld daarbuiten anderzijds (Keulartz et al. 2004). Dit beeld wijkt af van het beeld waarin wetenschap en technologie als het ware een “natuurlijke” ontwikkeling kennen, die door externe (maatschappelijke) elementen gehinderd of bevorderd kan worden door zogeheten “barrières en drivers.” Ook het gedachtegoed van ‘societal readiness’ voor technologische ontwikkelingen en innovaties roept tot op zekere hoogte zo’n beeld op waarin wetenschap en ontwikkeling hun eigen dynamiek kennen, waar de omgeving voldoende op kan zijn voorbereid, of niet. Het Human Practices committee van iGEM geeft het interactie-gedachtegoed helder weer met de beschrijving van het bewustzijn dat zij nastreven onder de iGEM-deelnemers: “*Human Practices is the study of how your work affects the world, and how the world affects your work.*”<sup>6</sup>

Dit is belangrijk, omdat het helpt te doorzien dat wetenschap en technologie niet zomaar beschouwd dienen te worden als waardenutraal. De producten van onderzoek en ontwikkeling

<sup>4</sup> Zie hier: [Societal Readiness Thinking Tool – NewHoRRizon](#).

<sup>5</sup> Dat dit in (geschreven) eindproducten als zodanig niet eenvoudig teruggevonden kan worden, doet daar niets aan af – voor zover in de producten van onderzoeks- en innovatietrajecten verslag gedaan wordt van de weg naar de getrokken conclusies of vormgegeven innovaties, kunnen deze dan ook het best begrepen worden als rationele reconstructies ex post factum.

<sup>6</sup> Zie voor meer informatie over waar ‘Human Practices’ voor staat deze webpagina: [https://2020.igem.org/Human\\_Practices](https://2020.igem.org/Human_Practices)

worden niet alleen ingegeven door specifieke waarden, maar belichamen ook waarden. De toekomst waarin een nu ontwikkelde technologie terecht komt, is mede vormgegeven door die waarden – net zo goed als dat de nu expliciet breed omarmde waarden hun weg vinden naar het ontwerp van technologieën.<sup>7</sup>

#### 4.4. LEERDOELEN

Enkele kenmerken van onderzoek en ontwikkeling in de biotechnologie die relevant zijn in deze context betreffen de snelheid van ontwikkelingen in dit wetenschappelijke veld, de onvoorspelbaarheid van (het gedrag en de evolutie van) levende organismen, de onzekerheid qua risico's die biotechnologische toepassingen met zich meebrengen en de complexiteit van de (internationale) juridische kaders waarbinnen men moet werken (Robaey 2018; Mampuy 2021; Schuurbijs 2020). Deze kenmerken tezamen geven aan SbD in de context van de biotechnologie een extra urgentie. Immers, de *mindset* om met vooruitkijkende blik bezig te gaan met de vraag wat allemaal gedaan kan en moet worden om te zorgen dat de biotechnologische innovatie in kwestie helpt bij het oplossen van een zeker probleem zonder weer andere problemen in het leven te roepen, is van extra belang in een landschap met zo weinig vaste punten en zoveel onzekerheden. Dit is meegenomen bij de formulering van de in Box 1 weergegeven leerdoelen.

##### Box 1: Leerdoelen

- De gebruiker ontwikkelt de kennis en vaardigheden die nodig zijn om te reflecteren op biotechnologisch onderzoek, ontwikkeling van toepassingen en toekomstige praktijken daarin, in het licht van een breed spectrum van waarden.
- De gebruiker leert wat, in de context van diens eigen onderzoeks- of innovatieproject, SbD betekent.
- De gebruiker leert hoe SbD toe te passen om het eigen biotechnologische onderzoeks- of innovatieproject meer verantwoord vorm te geven.
- De gebruiker leert de betekenis van de begrippen 'onzekerheid, veiligheid en verantwoordelijkheid' kennen in de context van het eigen onderzoeks- of innovatieproject.
- De gebruiker leert dat de afzonderlijke SDGs niet beschouwd dienen te worden als op zichzelf staande, atomaire doelen, maar als elementen in een integrale aanpak van complexe problemen.
- De gebruiker is in staat om het eigen innovatieproject te evalueren in het licht van relevante SDGs en de waarden die daaraan ten grondslag liggen.
- De gebruiker leert hoe dergelijke anticiperende reflecties te incorporeren gedurende het eigen onderzoeks- of innovatieproject.
- De gebruiker ontwikkelt een houding van zorg, bewustzijn en voorzorg ten aanzien van biotechnologisch onderzoek en innovatie, in het licht van de integrale beschouwing van mogelijke (in)directe impacts op maatschappelijke waarden in alle fasen van het onderzoeks- of innovatieproces.
- De gebruiker leert de voordelen begrijpen van uitzoomen vanuit laboratoriumpraktijk naar de wereld buiten het laboratorium als middel om de mogelijke toekomstige en onzekere impacts van het eigen onderzoeks- of innovatieproject in beeld te krijgen.
- De gebruiker leert dat om een veilig en verantwoord biotechnologisch onderzoeks- of innovatieproject tot een goed einde te brengen, het waardevol is voorbij te gaan aan

<sup>7</sup> Zoals hieronder duidelijk wordt bij de bespreking van het leerinstrument, kadert deze interactieve relatie elk van de vijf vragen die centraal staan in elk van de oefeningen in, en de 5 vragen worden ook benoemd als 'dimensies van interactie' tussen de wereld en het biotechnologische project.

- alleen het eigen oordeel, en ook te putten uit de waarden, kennis en expertise van andere belanghebbenden, uit andere discipline velden of maatschappelijke sectoren.
- De gebruiker leert het belang kennen van een iteratieve en deliberatieve omgang met vragen over voor het eigen onderzoeks- of innovatieproject relevante doelen, waarden en belanghebbenden.

In het leerinstrument hebben we aan deze leerdoelen een plek gegeven door oefeningen te bouwen rondom de volgende vijf vragen:

1. Wat is het *probleem* dat je wilt (helpen) oplossen?
2. Welke (milieu)*veiligheids*overwegingen spelen hierbij een rol?
3. Welke *alternatieve oplossingen* voor het door jou geïdentificeerde probleem kun je bedenken?
4. Welke *belanghebbenden* zijn allemaal te identificeren rondom jouw oplossing voor het probleem in kwestie?
5. Hoe ziet *de toekomst* van jouw technologische toepassing eruit?

Met deze invulling van het leerinstrument, wordt ook de tweede vraag van het voorliggende onderzoek in feite beantwoord – dat is, de vraag hoe het concept SbD moet worden uitgelegd en geoperationaliseerd wil het, in de context van de biotechnologie, eraan kunnen bijdragen gelijktijdig veiligheid en een variëteit aan andere relevante maatschappelijke waarden mee te nemen in het ontwerp. In deze uitleg van SbD, die dus expliciet ontwikkeld is in de context van werken aan maatschappelijke doelen zoals de SDGs, ligt de nadruk op grofweg drie elementen om mee te nemen in de reflectie op mogelijk relevante risico- en veiligheidskwesties, en hoe daarmee om te gaan:

- A. Problemen en behoeften zouden altijd het uitgangspunt moeten vormen van waaruit aan innovatie wordt gewerkt;
- B. Anticipatie op verschillende typen mogelijk onwenselijke neveneffecten dient plaats te vinden. Om recht te doen aan de behoeften, wensen en waarden van verschillende relevante groepen belanghebbenden, is een brede definitie van wat veiligheidskwesties zijn daarbij het meest gepast;
- C. Reflectie op verschillende typen effecten die samenhangen met uiteenlopende (wenselijke en onwenselijke) toekomstscenario's moet een integraal onderdeel zijn van het proces dat de besluitvorming in innovatietrajecten voedt.

#### 4.5. HET LEERINSTRUMENT

De eindversie van het leerinstrument is een online en interactieve brainstormomgeving die jonge biotechnologen naar eigen behoefte kunnen inzetten ter ondersteuning van het eigen onderzoeks- of ontwikkelingswerk – bij voorkeur maar niet uitsluitend in teamverband.<sup>8</sup> Het leerinstrument nodigt jonge biotechnologen uit om heen en weer te gaan tussen verschillende reflectiethema's die het design van het biotechnologische project zouden moeten voeden (het 'idee' in het middelpunt van Figuur 1). Zoals al aangekondigd worden de iteratieslagen gestimuleerd middels een verzameling oefeningen voor elk van de 5 dimensies van interactie tussen het project en de wereld waarvoor het project bestemd is, waarin de gebruiker met een digitaal equivalent van post-its de inzichten uit de anticipatie- en reflectie-oefeningen kan loggen ten aanzien van de mogelijke toepassingspraktijk(en) waar het product van het biotechnologisch project uiteindelijk zou kunnen figureren.

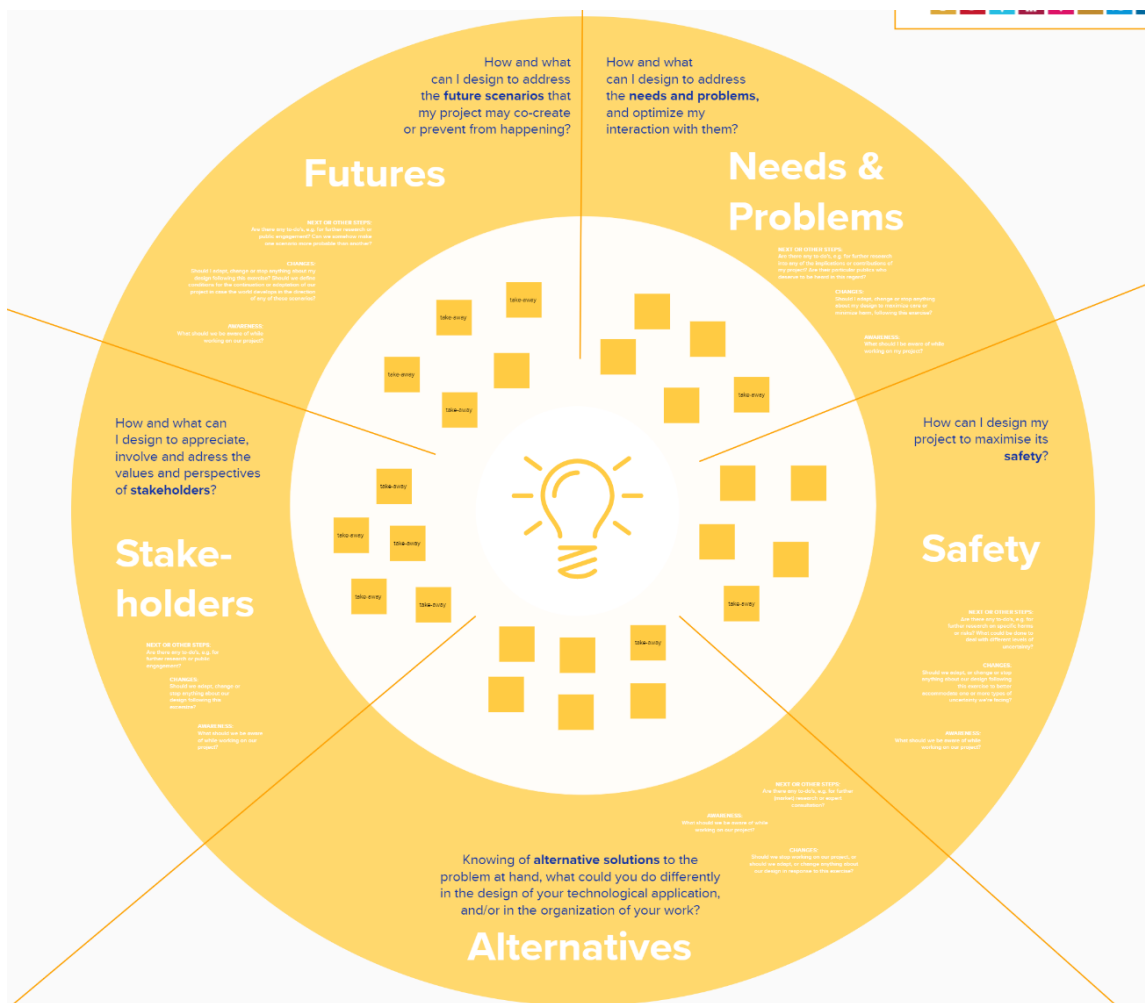
De doelgroep is breed: de jonge biotechnoloog kan in principe zonder voorkennis gebruik maken van het leerinstrument, al is uitgegaan van en getest met gebruikers van bachelor of master opleidingsniveau – niet per se met een achtergrond in de biotechnologie. De fase van het

<sup>8</sup> Het leerinstrument kan hier gevonden worden: <https://app.mural.co/embed/48f2d0e6-1255-4e7c-939b-1e427532dc4a>



biotechnologisch ontwerp is niet gedefinieerd, en hoewel het voor de ruimte voor aanpassing van het ontwerp optimaal is om al bij de start gebruik te maken van het leerinstrument, is het ook goed mogelijk om het instrument te gebruiken in latere fasen. De resultaten uit de twee testfasen bevestigden de bruikbaarheid van het instrument voor een dergelijke brede doelgroep, evenals het mogelijke leereffect dat het gebruik van het instrument kan hebben bij gebruik tijdens verschillende fasen van een onderzoeks- of ontwikkelingsproject. De eerste test, met de iGEM deelnemers, vond plaats na het afronden van hun biotechnologisch ontwerp, en de reacties van deze deelnemers waren positief: zij achtten de oefeningen zeer nuttig. Bij de tweede test, met een brede groep MSc. studenten, waren enkele gebruikers al vanaf het begin van het (conceptueel) projectwerk gebruik gaan maken van het leerinstrument, terwijl andere groepen dit pas later in hun ontwerpproces deden. Uit beiden groepen kwamen positieve reacties op de leeropbrengst (en de bruikbaarheid en toegankelijkheid) van het leerinstrument.

Het leerinstrument is vormgegeven als een ring, met in het midden het biotechnologische project, en aan de randen de dimensies van interactie met de wereld (zie Figuur 1). Voor elk van de vijf dimensies van interactie zijn oefeningen opgesteld, die het denken over de mogelijke interacties tussen het biotechnologisch project en de wereld stimuleren. De inzichten die volgen uit deze oefeningen, worden geformuleerd als design-interventies, en genoteerd in het midden van de ring als onderdeel van het biotechnologisch ontwerp. Voorafgaand aan deze oefeningen is het van belang dat de gebruiker een korte brainstorm met diens team heeft over een drietal vragen (welke zijn ondergebracht rechtsboven in het onlineleerinstrument): *“Waarom ontwerp je dit biotechnologische project?”* *“Wat ontwerp je?”* en *“Hoe ga je het designproces en projectmanagement aanpakken”*. Dergelijke eerste inzichten helpen bij een goede start aan het leerinstrument.



*Figuur 1: De vijf dimensies van interactie die centraal staan in het leerinstrument WAIR. Niet afgebeeld zijn de oefeningen die bij elk van deze dimensies horen. Zie Appendix 5 voor een volledige weergave van het WAIR leerinstrument, of klik op [deze link](#) voor de vrij toegankelijke online versie.*

Per dimensie van interactie, zijn oefeningen opgesteld. Hieronder volgt een korte beschrijving van wat er in deze oefeningen gebeurt. De oefeningen hoeven niet in een specifieke volgorde gemaakt te worden.

Voor de dimensie van **'needs & problems'** wordt de gebruiker gevraagd om het biotechnologisch project te positioneren in de wereldproblematiek en in relatie met de SDGs. Om tot dit helikopterperspectief te komen, is een verzameling zogenaamde *care cards* ontwikkeld. Dit zijn kaarten gebaseerd op data van de SDGs. Iedere kaart beschrijft een probleem in de wereld dat het verdient dat ervoor gezorgd wordt. De gebruiker kiest vervolgens aan de oplossing van welke van deze huidige problemen het biotechnologisch project kan bijdragen, en in welke behoefte(n) zodoende kan worden voorzien. Ook selecteert de gebruiker een of meer kaarten waar met het eigen biotechnologisch project mogelijk een negatief effect op kan bestaan in de toekomst. In een brainstorm noteren de gebruikers respectievelijk hoe ze het positieve effect kunnen versterken, en het negatieve effect kunnen verminderen of voorkomen.

Voor de dimensie van **'safety'** wordt de gebruiker verzocht om na te denken over de mogelijke veiligheidsimplicaties – in de breedste zin van het woord – dat het biotechnologisch project zou

kunnen hebben, en hoe het ontwerp van het biotechnologische project zo goed mogelijk deze veiligheidsaspecten in acht kan nemen. Stapsgewijs verkent de gebruiker wat er zou kunnen gebeuren, in welke wijze dat een gevolg voor de veiligheid zou kunnen hebben, hoe nadelige effecten op de veiligheid tegengegaan of verzacht kunnen worden, of op welke andere wijze een (ontwerp-)interventie gedaan kan worden ten aanzien van de gevonden veiligheidskwestie. Ter inspiratie voor het type vraagstukken waaraan gedacht kan worden, wordt in een informatie-box verwezen naar de categorieën van onzekerheid en risico zoals beschreven in Robaey en Van de Poel (2017): risico, scenario onzekerheid, professionele onwetendheid, onbepaaldheid (*indeterminacy*), en normatieve ambiguïteit.

Voor de dimensie van **alternatieve oplossingen** wordt de gebruiker verzocht allereerst nogmaals goed na te denken welke problemen het biotechnologisch project precies moet helpen oplossen. Vervolgens dient de gebruiker alternatieve oplossingen voor de gevonden problemen te identificeren, en werkt zij ter vergelijking de voor en nadelen van enkele alternatieven uit. Vervolgens wordt de gebruiker gevraagd hoe het biotechnologisch project zich zou moeten verhouden tot deze alternatieve oplossingen: als een concurrent, potentiële samenwerkingspartner, of complementaire oplossing? Tot slot wordt de gebruiker gevraagd kritisch te reflecteren of de vraag of haar project wel de beste oplossing voor het geïdentificeerde probleem is.

Voor de dimensie van belanghebbenden (**stakeholders**) identificeert de gebruiker stapsgewijs de belangrijkste stakeholders. Vervolgens onderzoekt zij diens perspectieven nader, en wordt zij uitgenodigd de mogelijke frictie en spanningsvelden tussen verschillende perspectieven bloot te leggen. Om tot de keuze voor de belangrijkste stakeholders te komen, wordt het ‘invloed versus belang’ raster getoond, en het perspectief van de gevonden stakeholders wordt verkend in termen van diens expertise, mogelijke argumenten, waarden en gevoelens. De mogelijke controverses in de gevonden perspectieven worden verder uitgewerkt, en de gebruiker wordt gevraagd om te bepalen welke rol zij wil innemen ten aanzien van deze spanningsvelden.

Als laatste, voor de dimensie van de **toekomst**, stelt de gebruiker via de scenariomethodologie een viertal scenario's op waar het biotechnologisch project in voorkomt. Deze toekomstbeelden nodigen uit tot reflectie: willen we hier wel naartoe, is dit wel een gewenste toekomst, welk aandeel in de vorming van die toekomst heeft ons project eigenlijk? Om deze scenario's te formuleren, identificeert de gebruiker allereerst de belangrijkste én meest onzekere trends. Twee van deze trends vormen de ‘assen’ van de scenarioset. Via het PESTEL kader wordt nagedacht over de Politieke, Economische, Sociale, Technologische, en Legale (Juridische)/beleidsmatige aspecten van elk scenario. Vervolgens beelden de gebruikers zich personen uit de toekomst in, en formuleren quotes en nieuwsartikelen die een licht werpen op de sociaal-maatschappelijke realiteit van dit scenario.

Tot slot is er nog de mogelijkheid om een **playful reflection oefening** te doen, waarin de gebruiker zich inbeeldt het biotechnologisch organisme of product zelf te zijn. Deze oefening kan een creatieve frisse blik werpen op het project.

#### 4.6. INZICHTEN TESTFASEN: EFFECTIVITEIT EN GEBRUIKERSDATA

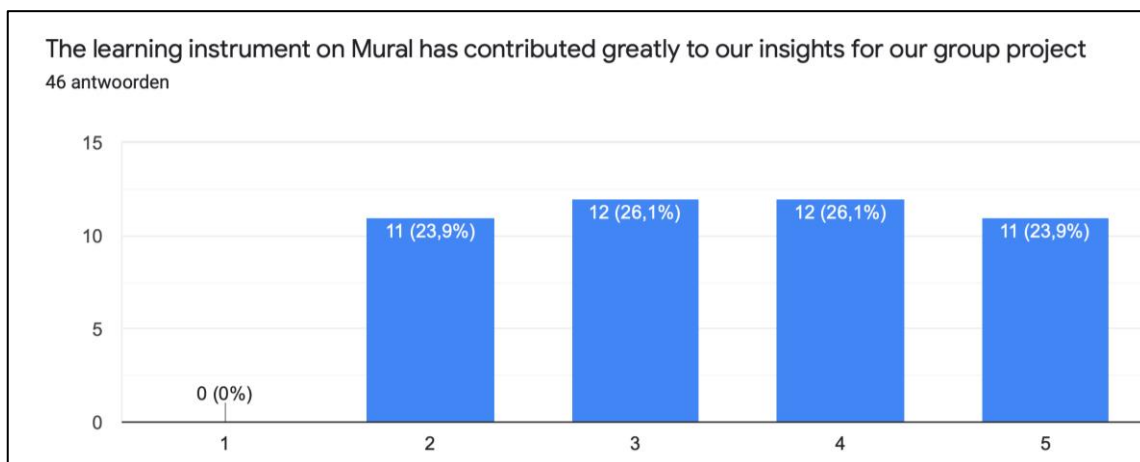
Beide testfasen boden inzicht in de werking van het leerinstrument, en boden aanleiding tot doorontwikkelingen. Hieronder gaan we voornamelijk in op de reacties op testfase 2, aangezien het leerinstrument op dat moment het meest doorontwikkeld was en de reacties daarmee de beste weergave geven van het gebruik en het effect van het leerinstrument. Waar relevant geven we ook direct aan wat we in de laatste verbeterslag gedaan hebben met eventuele punten van kritiek.

Middels de in Tabel 4 gepresenteerde wegen is data opgehaald over het gebruik en het effect van het leerinstrument bij gebruikers en experts. Onder die tabel zijn kort wat data te vinden die uit de enquête onder studenten verspreid is. De gepresenteerde inzichten betreffen achtereenvolgens de gebruiksvriendelijkheid, de bijdrage van het leerinstrument ten aanzien van de inhoud en kwaliteit van het biotechnologisch ontwerp en project, de bijdrage van het leerinstrument aan het groepsproces, en de bijdrage aan de ontwikkeling van de kennis, het inzicht en het bewustzijn van jonge biotechnoloog.

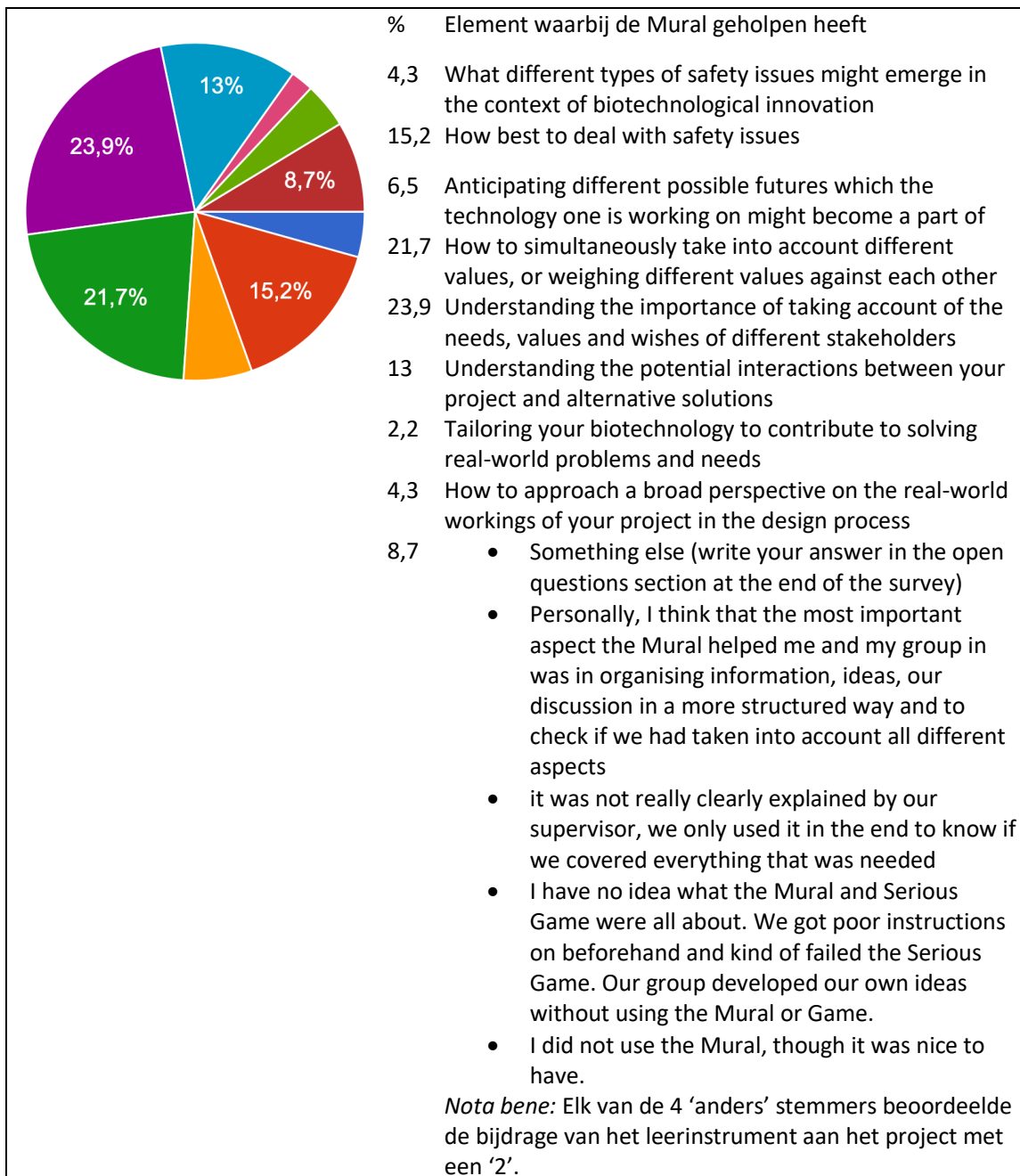
*Tabel 4: Wijzen om input op de tweede versie van het leerinstrument te krijgen, van gebruikers en experts.*

Gebruikers	Experts
<ul style="list-style-type: none"> <li>Groepsfeedback formulier van elke groep op het gehele vak.</li> <li>Individuele feedback via een enquête.</li> <li>Optie voor feedback in het leerinstrument.</li> <li>Vier informele interviews na afloop van het gebruik van het leerinstrument.</li> <li>Alle brainstormvellen met de leerinstrumenten zijn gedownload en gecheckt op gebruik.</li> <li>Eindcijfers en eindpresentaties van de studentengroepen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het complete leerinstrument is voorgelegd aan experts van de externe klankbordgroep en aan de opdrachtgever. Reacties zijn opgehaald via een enquête en enkele gesprekken.</li> <li>Tussentijdse indicatie van de voortgang van de groepen is doorgegeven door de werkgroepbegeleiders tijdens wekelijks contact met de betrokken werkgroepcoaches.</li> </ul>

De gebruikte enquête betrof het vak *Ethics in Life Sciences* als geheel, en bevatte twee gesloten en twee open vragen over het leerinstrument. In totaal hebben 46 studenten de enquête ingevuld – van de 224 in totaal. De gesloten vragen betroffen de mate waarin respondenten het eens waren met de stelling dat het instrument een grote bijdrage geleverd heeft aan het verworven inzicht dat zij nodig achtten om het projectwerk te kunnen doen (1 = in zijn geheel niet; 5 = heel erg), en de vraag met welke elementen van hun werk het instrument de studenten geholpen heeft er grip op te krijgen. De resultaten in het kort:



*Figuur 2: Mate waarin gebruik van het leerinstrument heeft bijgedragen aan verwerving van voor het groepsproject relevant inzicht*



Figuur 3: Elementen waaraan gebruik van het leerinstrument heeft bijgedragen

#### 4.6.1. GEBRUIKSVRIENDELIJKHEID EN BIJDRAGE AAN HET GROEPSPROCES

Sommige gebruikers ervaren het leerinstrument in eerste instantie als overweldigend. Dit leidde er bijvoorbeeld toe dat R7 pas later in het project het leerinstrument ging gebruiken. De oplossing die we hiervoor voor ogen hebben, is het opnemen van een introductiefilmpje en het verbeteren van de visuele indruk van het leerinstrument. Een aantal lijnen zijn weggehaald en de interface is "rustiger" gemaakt.

Naast deze kritische noten, zijn er ook positieve geluiden te horen. Zo wordt het leerinstrument zeer volledig genoemd, en wordt gewaardeerd hoe het gebruik ervan aangepast kan worden aan verschillende projectcontexten. Ook blijkt uit de ingevulde leerinstrumenten dat de oefeningen

duidelijk waren, en de studenten het type gedachten noteerden waarop bedoeld werd in het ontwerp van het leerinstrument.

Gebruikers gaven in de enquête aan dat het leerinstrument met name de gewenste structuur bood voor de discussies in de projectgroepen, en in die zin ondersteunde het leerinstrument het groepsproces.

#### **4.6.2. BEVORDERING VAN DE INHOUD EN KWALITEIT VAN HET ONTWERP**

Het is moeilijk te beoordelen wat de precieze invloed van het leerinstrument is op de inhoud en de kwaliteit van het projectwerk door de studenten. Het is immers in de context waarin we de test hebben moeten doen niet mogelijk een gerandomiseerd onderzoek uit te voeren, zoals bijvoorbeeld met zogenaamde AB tests gedaan wordt. Dit zijn tests waarin alle variabelen gelijk zijn, behalve de gebruikte en te testen interventie. AB tests worden veel gebruikt om websites te testen, en in de beste van alle mogelijke werelden zouden specifieke elementen van het leerinstrument op een vergelijkbare manier onderzocht worden. De onderwijscontext maakt dit echter onmogelijk, omdat de kwaliteit van het werk beoordeeld wordt met een cijfer en het oneerlijk is verschillende groepen verschillende zaken aan te bieden.

Dit betekent niet dat we helemaal geen indicatie hebben van de invloed op de inhoud van het leerinstrument op het projectwerk van de studenten, en op hun leerproces. Zo leert het gebruik van sommige brainstormelementen door enkele studentengroepen in hun eindpresentaties dat het leerinstrument ondersteunend was aan hun poging om de inhoud van hun werk te presenteren, en dat het hen hielp om hoofdzaken te identificeren en te articuleren.

De ingevulde leerinstrumenten toonden een mengeling aan ontwerpcriteria en ontwerp-iteraties in de ‘take-aways’ uit het leerinstrument. Aangezien het door gebruikers formuleren van ontwerpcriteria volgens ons een te vrijblijvende opbrengst is, die niet zichtbaar maakt dat onderzocht is of de gevonden criteria ook technologisch mogelijk te realiseren zijn, hebben we dit element nog aangepast in de eindversie van het leerinstrument.

Voor wat betreft de kwaliteit van het biotechnologisch ontwerp geldt dat we twee meetmomenten hadden. Redelijk aan het begin van de cursus, in week twee (van de vier), gaven werkgroepcoaches van de cursus aan dat die groepen die toen al begonnen waren het leerinstrument te gebruiken dat deze groepen opmerkelijk ver waren gekomen in hun denken. Aan het eind van de cursus konden we weer een meting doen, door te kijken naar de cijfers die de verschillende groepen behaald hebben voor hun projectwerk, en hoe dit zich verhield tot het meer of minder intensief gebruiken van het leerinstrument. Hier waren geen significante verschillen zichtbaar. Echter, de studenten kregen ook tal van andere instrumenten (niet facultatief!) aangeboden tijdens de cursus, dus er waren meerdere manieren waarop studenten zich konden informeren en wijzen waarop ze hun projectwerk konden vormgeven.

In de interviews die we na afloop van de cursus met vier gebruikers hebben gedaan, spraken de studenten veelal hun waardering voor het leerinstrument uit. Toch volgt uit de enquête een meer wisselend beeld (zie Figuur 2). Een respondent van de interviews vond dat het leerinstrument een robuuste structuur bood – maar daarmee mogelijk de verwachte diepgang en vrijheid van de te ondernemen reflectie verminderde. Overigens had deze student, in tegenstelling tot de meeste andere studenten, al enige ervaring met ontwerpprocessen en onderzoek naar biotechnologie en ethiek.

#### **4.6.3. BEWUSTZIEN, KENNIS EN INZICHT VAN DE (JONGE) BIOTECHNOLOOG**

Het bewustzijn van de mogelijk negatieve effecten van het biotechnologisch ontwerp, een van de aanleidingen voor de ontwikkeling van het leerinstrument, werd door gebruik van dit

leerinstrument bevordert in enkele oefeningen. Op de ingevulde brainstormomgevingen is duidelijk dat de gebruikers de mogelijk negatieve effecten van hun project actief meenemen in de overwegingen en besluitvorming.

Uit de enquête volgt, al dan niet naast de observatie dat het leerinstrument wat overweldigend is, dat studenten inzien aan hoeveel elementen wel niet gedacht kan en moet worden om tot een moreel verantwoord ontwerp te komen. Dat inzicht zien wij, zeker in combinatie met de positieve reactie op de structuur die het leerinstrument biedt om deze complexiteit te verkennen, als een zeer positief resultaat.

In de enquête komt bovendien naar voren dat de meeste gebruikers stellen dat het leerinstrument met name bijdroeg aan het bewustzijn omtrent de perspectieven van verschillende belanghebbenden, het belang ervan die mee te nemen in het ontwerpproces, en hoe dat te doen.

## 5. CONCLUSIE EN DISCUSSIE

### 5.1. HYPOTHESE BEVESTIGD, VRAGEN ONBEANTWOORD

Alhoewel de resultaten van deze studie het potentieel van denken langs de lijnen van SbD zichtbaar maken, zijn er duidelijk nog open eindjes. Dat komt bijvoorbeeld doordat de testomgeving van het leerinstrument er niet een was waarin feitelijk biotechnologisch ontwerp plaats kon vinden – of dat nu “nat” of “droog” (in het lab of digitaal) is – en waarin veiligheid zodoende daadwerkelijk “materieel verankerd” kon worden in het ontwerp – de testomgeving betrof vooralsnog een voornamelijk conceptuele ruimte.

In het leerinstrument dat in dit project centraal staat, heeft SbD een heel brede betekenis gekregen. Enerzijds is het verbonden met werk aan de brede ecologische, welvaarts- en ontwikkelingsdoelen zoals geformuleerd in de SDGs, en anderzijds is het verknoopt met een bepaalde manier van denken en doen die erg gericht is op de verankering van anticipatie en reflectie als onderdelen van technische onderzoeks- en innovatietrajecten. De intellectuele inspiratiebron van RRI is hierin goed terug te herkennen, en we stellen vast dat gebruikers dit als een goed werkbare combinatie hebben ervaren. Dit leiden we af uit het gegeven dat in de eindproducten van de studenten het breed meenemen van waarden in het ontwerp over het algemeen zichtbaar gelukt is. Evenzeer werd het door de studenten goed begrepen dat hierin een natuurlijke plaats bestaat voor het integrale en anticiperende veiligheidsconcept dat zo nauw verbonden is met SbD. De eindproducten van de studenten wijzen dit uit, en de resultaten uit de questionnaire en interviews na afloop van de tweede testfase bevestigen dit ook. In die zin is het antwoord op de derde boven geformuleerde onderzoeksvraag, *bestaat in het trainen of onderwijzen van de onder (i) genoemde kennis en vaardigheden een rol voor de onder (ii) gestipuleerde conceptualisering van SbD?*, dan ook zonder meer “ja.” We durven, anders gezegd, te beweren dat de hypothese die aan dit onderzoek ten grondslag lag, bevestigd is.

Maar deze optimistische boodschap dient wel enigszins genuanceerd en gecontextualiseerd te worden.

We kunnen namelijk zeggen dat de ultieme toets van het leerinstrument, voor zover daarvan überhaupt gesproken kan worden, in feite nog niet plaatsgevonden heeft. Een dusdanig streng, rigide én voldoende lang durend onderzoeksontwerp voor het voorliggende onderzoek om met zekerheid te kunnen zeggen dat alle leerdoelen die we geformuleerd hebben zijn gerealiseerd, én dat dit komt door de unieke bijdrage van het leerinstrument, vraagt een andere testomgeving en een andere looptijd dan we nu hadden. Immers, hierin moet het gebruik van het leerinstrument kunnen worden geïsoleerd van andere invloeden op wat gebruikers leren en wat ze doen met de aangereikte materialen – in onze eerste test binnen een workshop format was dat ondenkbaar, maar ook in het gebruik binnen de cursus *Ethics in Life Sciences* was dat niet haalbaar. In die cursus

interfereert het gebruik van het leerinstrument immers onvermijdelijk met andere zaken die gebruikers kunnen helpen om hetzelfde type lessen te leren, zoals allerhande reflectie-instrumenten, theorieën, inspirerende of afschrikkende voorbeelden en de door het RIVM ontwikkelde SbD Serious Game<sup>9</sup>.

Aangezien dit type onderzoek zich niet leent voor laboratoriumwerk, waarin alle relevante variabelen gecontroleerd kunnen worden, is het vrijwel onmogelijk een perfect gerandomiseerde test uit te voeren, waarin gecorrigeerd kan worden voor of uitgesloten kan worden dat gebruikers ook ondersteuning voor hun denken en doen halen uit andere bronnen en alleen de impact op het leren van het leerinstrument zelf gemeten wordt. Maar, een testomgeving waarin het leerinstrument gedurende een langer lopend project op iteratieve wijze het denken en de besluitvorming van de gebruikers ondersteunt, hebben we wél in het vizier. Dit zou bijvoorbeeld kunnen plaatsvinden binnen de context van feitelijk uitgevoerde iGEM projecten, die jaarlijks plaatsvinden en doorgaans lopen tussen het tweede en vierde kwartaal van elk jaar.

## 5.2. BRUIKBAARHEID

Misschien wel het belangrijkste dat over de bruikbaarheid van het leerinstrument gezegd kan worden, is dat het in een context waarin gebruik facultatief was er wel degelijk animo was voor het gebruik. Studententeams zijn aangemoedigd maar waren niet verplicht het instrument ter ondersteuning van hun projectwerk te gebruiken, en de overgrote meerderheid van de teams hééft het ook echt gebruikt. Zelfs meerdere van de teams die geen gebruik gemaakt hebben van de Mural als “whiteboard” om ideeën op te verzamelen hebben de vragen en structuren die het leerinstrument biedt gebruikt ter ondersteuning van de samenwerking, door er met teamgenoten over in gesprek te gaan en de overwegingen en conclusies uit die gesprekken een plek te geven in hun projectwerk.

De vraag is of bij “echt” projectwerk door jonge onderzoekers in de biotechnologie, zoals bijvoorbeeld plaatsvindt in de context van iGEM, het instrument evenzeer van waarde is. Een uitdaging bij de test daarvan is om voldoende goed te monitoren op hoe het gebruik van het instrument vorm krijgt, en wat het oplevert.

## 5.3. TOEKOMSTIG ONDERZOEK

Er zijn op basis van het nu gedane werk allerlei wegen te openen voor nieuw onderzoek. Om te beginnen natuurlijk het al genoemde en in de pijnlijke zittende werk om in beeld te krijgen hoe de bruikbaarheid wordt ervaren en wat de opbrengst van gebruik ervan is wanneer iGEM teams het instrument vroeg in of tijdens hun hele project hanteren. Maar ook verdient het aandacht of het instrument een rol van betekenis kan spelen als onderdeel van bijvoorbeeld *incubator programs*, waarin startups ondersteund worden tijdens de eerste onderzoeks- en ontwikkelingsstappen. En een andere manier om de bredere bruikbaarheid van het instrument te toetsen, is door te kijken of het ook van waarde is in andere (inter-)disciplinaire velden dan de biotechnologie. Tot slot zou het kunnen dat het zich ontwikkelende denken in en over SbD aanleiding geeft om het leerinstrument aan te passen – wat een reden is om deze ontwikkelingen bij te houden.

---

<sup>9</sup> Meer informatie over deze Serious Game is te vinden in Appendix 1.



## 6. LITERATUUR

- Aubry, S. (2019). The future of digital sequence information for plant genetic resources for food and agriculture. *Frontiers in plant science*, 10, 1046.
- Bouchaut, B., & Asveld, L. (2020). Safe-by-Design: Stakeholders' Perceptions and Expectations of How to Deal with Uncertain Risks of Emerging Biotechnologies in the Netherlands. *Risk Analysis*, 40(8), 1632-1644.
- Cooper, R. G. (2008). Perspective: The stage-gate® idea-to-launch process—update, what's new, and nexgen systems. *Journal of product innovation management*, 25(3), 213-232.
- Hajer, M., Nilsson, M., Raworth, K., Bakker, P., Berkhout, F., De Boer, Y., ... & Kok, M. (2015). Beyond cockpit-ism: Four insights to enhance the transformative potential of the sustainable development goals. *Sustainability*, 7(2), 1651-1660.
- Hogervorst, P. A. M., van den Akker, H. C. M., Dam-Deisz, W. D. C., Klaassen, P., van der Vlugt, C. J. B., & Westra, J. (2018). Assessment of human health and environmental risks of new developments in modern biotechnology: Policy report.
- Keulartz, J., Schermer, M., Korthals, M., & Swierstra, T. (2004). Ethics in technological culture: a programmatic proposal for a pragmatist approach. *Science, Technology, & Human Values*, 29(1), 3-29.
- Kashir, J., Jones, C., Child, T., Williams, S. A., & Coward, K. (2012). Viability assessment for artificial gametes: the need for biomarkers of functional competency. *Biology of reproduction*, 87(5), 114-1.
- Klaasen, P., Rijnen, M. C. J. A., Vermeulen, S., & Kupper, F. (2018). Technocracy Versus Experimental Learning in RRI. *Responsible Research and Innovation: From Concepts to Practices*, 77-98.
- Mampuy, R. (2021). The Deadlock in European GM Crop Authorisations as a Wicked Problem by Design: A need for Repoliticisation of the Decision-making Process. PhD dissertations, EUR.
- McLeod, C., Nerlich, B., & Mohr, A. (2017). Working with bacteria and putting bacteria to work: the biopolitics of synthetic biology for energy in the United Kingdom. *Energy research & social science*, 30, 35-42.
- Pretorius, I. S., & Boeke, J. D. (2018). Yeast 2.0—connecting the dots in the construction of the world's first functional synthetic eukaryotic genome. *FEMS Yeast Research*, 18(4), foy032.
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and public policy*, 39(6), 751-760.
- Robaey, Z. (2018). Dealing with risks of biotechnology: understanding the potential of Safe-by-Design. *Report commissioned by the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management*.
- Schuurbiers, D. (2020) Over biotechnologie en veiligheid Verslag van een serie interviews met onderzoekers binnen het NWO-TTW programma Biotechnologie en Veiligheid.
- Van de Poel, I. & Robaey, Z. (2017). Safe-by-Design: from safety to responsibility. *Nanoethics*, 11(3), 297-306.
- Van Gelder et al., (n.d.; ongepubliceerd manuscript) Safe-by-Design in Engineering: an overview and comparative analysis of engineering disciplines
- Sliva, A., Yang, H., Boeke, J. D., & Mathews, D. J. (2015). Freedom and responsibility in synthetic genomics: the Synthetic Yeast Project. *Genetics*, 200(4), 1021-1028.
- World Health Organization. (2021). WHO-convened global study of origins of SARS-CoV-2: China part.

## APPENDICES

APPENDIX 1: KLEINE SELECTIE VAN BESTUDEERDE ALTERNATIEVE  
LEERINSTRUMENTEN

Naam	Functie	Doelgroep	Goed	Minder goed	URL
iGEMmers guide to the future	Deelnemers aan iGEM wegwijs maken in dimensies van RRI	iGEM deelnemers	Aandacht voor grote diversiteit aan dimensies	Weinig aandacht voor veiligheid; repetitief	<a href="https://live.flatland.agency/12290417/rat-henau-igem/">https://live.flatland.agency/12290417/rat-henau-igem/</a>
The Ethics Canvas	Aanzetten tot reflectie over ethische en maatschappel- ijke kwesties rond innovatietraje- cten	Iedereen betrokken bij innovatie of innovatiebelei- d	Breed	Biedt weinig houvast en is niet specifiek toegerust om specifieke doelgroep te bedienen	<a href="https://ethicscanvas.org">https://ethicscanvas.org</a>
Frame Reflection Lab	Zet vooral aan tot (zelf-) reflectie	Wetenschap- pers en innovatoren	Nodigt uit de diepte in te gaan	Begeleiding nodig; geen expliciete aandacht voor veiligheid	<a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-018-0318-9">https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-018-0318-9</a>
SbD Serious Game (RIVM)	Veiligheidsbe- wustzijn vergroten; kennismaking met SbD	Studenten biotechnologi- e	Speels, breed, “snel”	Vangt aan bij fictieve casus ipv bij “eigen” projectwerk; weinig tijd en (dus) weinig diepgang	—
Societal Readiness Thinking Tool – NewHorRizon	Ondersteuning bij vergroten van “societal readiness” van innovaties	Onderzoekers , innovatoren, R&I beleidsmaker- s	Interface, reikwijdte	Gebrek aan focus	<a href="https://newhorrizon.eu/thinking-tools">https://newhorrizon.eu/thinking-tools</a>

## APPENDIX 2: SPECIFICATIE TESTOMGEVINGEN

Test 1 van het leerinstrument vond plaats in de vorm van een drietal workshops, en de tweede test verliep via een aangeboden leerinstrument dat zonder begeleiding werd benut voor een groepsopdracht.

Test 1: Future proofing your project workshops @ Giant Jamboree van iGEM

Het leerinstrument werd als eerst getest bij de iGEM giant jamboree, waar een drietal workshops werden aangeboden waarin verschillende oefeningen van het leerinstrument getest werden met de aanwezigen. In het tussentijds verslag van dit project werd beschreven hoe deze workshops waren vormgegeven.

De uitnodiging tot aanwezigheid voor deze workshops luidde als volgt:

Title: Future proofing your project

Ultimately, your work is not meant to stay in the lab: you want it to contribute to the SDGs (SDGs). However, in making the leap from lab to practice, your project may have all sorts of uncertain impacts on its users, communities or the environment. Thinking carefully and integrally about *how your work affects the world, and how the world affects your work*, is vital to future-proofing your project.

Therefore, we're building tools that can help you anticipate potential impacts of your work on the SDGs and to reflect on broad underlying values, such as safety and equity. And we want to ask the iGEM community for help!

In this hands-on sessions, you will get acquainted with a prototype of the tools, and we warmly welcome any feedback or idea's you may have!

Test 2: Ondersteunend leerinstrument voor de groepsopdracht van het vak Ethics in Life Sciences  
De studenten van het vak Ethics in Life Sciences kregen het leerinstrument aangeboden als ondersteunende tool in het belangrijkste project (80% van het eindcijfer) van het vak. Zie onderstaand de omschrijving van de groepsopdracht.

Group Assignment: SbD product development – presentation and deliberation

Objective:

- To understand the (moral) ramifications of specific design choices in technological innovation in the life sciences
- To conceptualize a morally responsible product
- To morally justify the design choices that you have made
- To master an open, constructive, and dedicated deliberation about the moral values and argumentation for or against specific design choices in technological innovation in the life sciences

Knowledge: Collect as a team the relevant knowledge to justify the development of your product.

Skills: Identify the basic ethical issues and values and execute a deliberation on a product with the valorization committee. To justify the choices made in the development process.

Attitude: Open mind in a dynamic deliberation.

Background

During this course, you will engage in a group project in which you have to apply the ethical knowledge that you learn during the lectures and seminars that are scheduled on Tuesdays and Fridays. Meetings on Wednesdays are dedicated to this project, and on the final Friday of the course this group work is assessed by way of an interactive exercise in which project results are presented and discussed. The topic central to the

project is technological innovation — or, more precise, the design of morally justifiable technologies. Technology is central because technological innovation is a main product of scientific research — and certainly among the publicly best visible and societally relevant products. In that light, applying the ethical knowledge and skills acquired during this course Ethics in Life Sciences to cases of technological innovation seems rather obvious. Technological developments take place at a high pace, and technology plays a large role in solving many societal challenges — be it in the sphere of climate, environment, health, communication or what not. Technological development can be driven by very diverse forces, but broadly speaking it is often explained as either resulting from the push by actors in the field of research and innovation, or from the pull from market forces associated with identified needs. Independent of which is most dominant in the development of a particular technology, assessing the societal and moral significance of technologies is always pertinent. And technologies whose origins are not in pre-existing societal needs, in order to be morally worthwhile, still need a credible account of what societal need they help fulfil. Moreover, technologies can — and often do — have more effects than those they were designed for in the first place. Such side effects can be morally neutral, positive, or negative. The challenge, of course, is to design technological innovations that from a moral point of view are not just neutral, but indeed are exemplary.

The assignment

For this project, you will form two sub-groups in your seminar groups, and each sub-group will:

- a) design a technology or technological application that manifests an acute awareness of the value-ladenness of technology and embodies multiple moral values, among which safety;
- b) present your design and engage in moral deliberation about it with a “valorization committee”;
- c) prepare for a role as valorization committee;
- d) deliberate about another sub-group’s design as valorization committee.

The four topics are distributed among the different seminar groups.

1. Xenotransplantation 2.0
2. Cultured meat
3. Gene drives
4. Using CRISPR-Cas 9 for modifying the human genotype

(Hypothetical) starting point

You have just finished your PhD — *you* referring to the entire sub-group you are working with! — and have engaged in state-of-the-art scientific research. Your research, moreover, might have potential for commercial spin-off. Of course, before it might truly enter the market, there is still much work to be done. During this project, you will develop a concept of an innovation based on your PhD research, in which you explicitly and elaborately take account of moral values and stakeholder perspectives.

The task

A. Towards a product design presentation

Your task is to develop and subsequently present a business model for your innovation that is designed for contributing to multiple moral values. Make sure that you:

- Show what the problem is that your innovation helps solve — applying the technology is not an end in itself, but a means to achieve something else;
- Show how your innovation works to (help) solve the problem at issue;
- Present an innovative solution that addresses at least three different moral values — of which *safety* must be one;

- Focus your presentation on the *moral argumentation* behind the design choices that you have made;
- Explain how your selection of pertinent values came about;
- Show the steps you took to go from values through strategies to measures;
- Show how your design manages to accommodate the needs, wishes, interests or concerns that different affected individuals and/or groups might have with your innovation;
- Display your mastery of the ethical theories and reflection and deliberation tools that you have become acquainted with throughout the course (possibly in handouts, not necessarily explicitly shown in presentation).

The contribution of the individual students in the deliberation and the contribution as a group achievement will be assessed by one of the course leaders. It comprises:

- A 10-minute presentation outlining the product and the relevant values and perspectives. In the notes area of the PowerPoint presentation the sheets are explained by the use of (scientific) literature.
- The actual deliberation performance (15 minutes): One sub-group explains their product and choices made and the other sub-group executes the role of the valorization committee.

This task starts on Tuesday in week 1. The final presentations take place on the final Friday of the course.

#### B. Towards morally assessing a product as valorization committee

Simulating different ethical committees, the product developed in this course is assessed by a *valorization committee*. The committee has the aim to determine whether the developed product, and its intended applications are morally just and can be applied in society. Hereto, reflection on values and interests at stake, reflection on how these are taken into account in the design of the product, and the identification of potential consequences/drawbacks/negative side effects the developers did not take into account.

Although the valorization committee can stop innovations from being further developed when necessary, its mission is to constructively deliberate with innovators about how to best implement moral values in product designs. It sees its relationship with the design community as one of “critical friendship”: itching when necessary, never shy to ask difficult questions and always proactively seeking ways to make sure that innovators “do the right thing.” It has no interest in pulling the plug on innovation, as it recognizes the role technologies can play in addressing societal and environmental challenges and needs. But neither is it convinced that innovation should always proceed, irrespective of the risks it might bring along. To optimally fulfil its role, the valorization committee seeks to have the deliberation revolve around the exchange of moral arguments and the inclusion of as many perspectives as is pertinent.

The form

On the last Friday of the course, two seminar groups will join together for the product presentation and deliberation. Thus, each final session contains four sub-groups. Each sub-group will present their product and consequently deliberate on the product design with the valorization committee, which will be played by another sub-group. The groups that are not taking part in the deliberation will play the role of observers. The observers will be asked to reflect on the deliberation performance after the deliberation is finished. They will look at the character of the deliberation, the quality of the arguments and the deliberation attitude of the participants.

The schedule for the deliberation session will be made in the first week of the course (depending on number of participating students in the course).

The deliberation will have a structured form and proceed in the following steps:

1. A 10-minute presentation by sub-group 1 on their product.
2. A 15-minute deliberation between the two sub-groups, the valorization committee asking the questions to the product developers.
3. A 10-minute plenary reflection by observers, deliberation participants and course leaders

In a deliberation, the use of time is important. The course leaders will therefore act as referees, watching the time. If your time is up, no further elaborations or contributions will be allowed.

Deliberation is about content, but also about form. You should not only come up with strong arguments but also present them well. Deliberations do focus on the quality of argument. This means, that you should not use fallacies, but instead offer well-justified reasons for your position. Deliberation should have an open and constructive character. This implies a clear and understandable voicing of arguments, but also listening to your opponent. Not only aim to send your message, but actively try to understand your opponent's message as well.

Assessment:

- clear and understandable voicing of arguments
- listening to one's opponents
- open and constructive character, meaning:
- take your opponents seriously
- try to understand their arguments and weigh them fairly
- where reasonable or necessary, prove to be open to adjusting your viewpoints in light of your opponents' arguments

### APPENDIX 3: BEVINDINGEN TOETS 1, IGEN GIANT JAMBOREE 2020

Onderstaande is overgenomen uit de tussenrapportage van dit project.

#### 1. Behoeften

We kregen inzicht in de behoeften van de doelgroep. Voorafgaand aan de oefeningen deden we een snelle uitvraag (via Mentimeter), waaruit bleek dat:

- 1.1. Veruit de meesten het moeilijk vinden om na te denken over de interacties tussen de wereld en hun biotechnologische projecten (12 vonden het moeilijk, 4 niet). Dit duidt op een behoefte aan ondersteuning bij het anticiperen van dergelijke interacties.
- 1.2. De meeste deelnemers reageerden dat ze “misschien” baat hadden gehad bij een tool of hulp tijdens hun iGEM project. (14 reageerden “misschien” en 4 “ja”). Teams hebben, zo kwam ook in gesprekken naar voren, mogelijk bepaalde ondersteuning gemist in het aanbod in de huidige iGEM informatiestructuur of breder (The World Wide Web). Baat bij een instrument is van meer afhankelijk dan van kenmerken van het instrument zelf, uiteraard – het moet ook goed bruikbaar en inzetbaar in de relevante context zijn.

Deze inzichten sluiten nauw aan op ons vooronderzoek, en bevestigen voor ons dat er potentiële interesse is in een leerinstrument, zoals beoogd in het SLIB project. De manier waarop instrumenten worden aangeboden of gepresenteerd, is hierbij echter evenzeer van belang als kenmerken van het instrument zelf.

#### 2. Format voor online interactie

We leerden dankzij deze workshops beter wat een geschikt format is voor online interactie met de oefeningen. We werkten met een online canvas, met daarin een van te voren ontworpen structuur waarin deelnemers kunnen werken (zie appendix). We hebben workshops 2 en 3 aangepast op basis van voortschrijdende inzichten, en in die zin bewezen de workshops zich als uitstekende pilot voor het werken met online instrumenten.

- 2.1. Deelnemers en facilitatoren waardeerden de werking van de online brainstorm-omgeving, en enkele facilitatoren merkten op hoe de tweede en derde workshops al geschikter ontworpen waren voor het brainstormen dan de eerste workshop, met name omdat feedback ter harte was genomen over de duidelijkheid van de van deelnemers verwachte activiteit (zie ook punt 2.3).
- 2.2. Desalniettemin viel er veel aan te merken op de werking van de online omgeving: met name was de *tijd* voor de oefeningen soms krap, was het invullen van het brainstorm-veld niet voor alle deelnemers even intuïtief, en waren niet alle deelnemers bereid om hun microfoon aan te zetten om een toelichting te geven op ondernomen acties.
- 2.3. We merkten dat in de meest geschikte brainstorm-formats heel duidelijke en korte acties geformuleerd waren in het canvas, dat de ‘kaarten’ of ‘post-its’ niet verplaatst moeten worden door de deelnemers maar klaar moeten staan om in te vullen. Dit neemt helaas wel weg van mogelijkheden voor participanten om andere invalshoeken te kiezen, of zelf met creatieve strategieën te komen.

Een deel van deze opbrengsten is waarschijnlijk zo toepasbaar op online leerinstrumenten in het algemeen, een deel lijkt specifiek te zijn voor het gebruik ervan in een workshop.

#### 3. Gebruikerservaringen

We kregen inzicht in de gebruikerservaringen van de deelnemers middels een plenaire nagesprek, enkele feedbackformulieren, en reacties in de chatbox. We maakten daaruit op dat de oefeningen voor enkele uitgesproken deelnemers tot een verbreding van hun blik leidden. Bovendien waren de reacties enorm enthousiast. Enkele reacties zijn hieronder genoemd:

- 3.1. We merkten dat de stof behulpzaam en nieuw was en voor enkele deelnemers: “I think this is very interesting as last year I didn’t know ANYTHING about

stakeholders and public engagement, so it is great to better understand how I can really know the impact of the project.”

participant workshop 3

- 3.2. Het instrument leidde ertoe dat deelnemers hun blik te verbreden en zette aan tot vervolgonderzoek:

[ During this session, I realized that... ] there are much more SDGs to think about than the ones that my team tackled in our project. - participant workshop 1

[With respect to my iGEM project, this workshop....] made me realise that we can do even more than we already did. :)

participant workshop 1

- 3.3. Deelnemers waren positief over de gebruiksvriendelijkheid van het instrument: [What did you appreciate about the learning instrument?] The general design is very pleasant and offers a nice overview.

participant workshop 3

De resultaten van de eerste pilot mogen statistisch gezien weinig om handen hebben, toch zijn ze rijk en behulpzaam. Om ze echt behulpzaam te maken, moesten we in het ontwerp rekening houden met het gegeven dat de context van de workshops zorgt dat de doelgroep iets anders is dan de beoogde. De iGEM teams waren immers allen klaar met hun project, en stonden dus niet geheel aan het begin van een biotech innovatie. Dat was voor ons ook een van de redenen dat we in de workshop met een hypothetische casus gewerkt hebben, en we deelnemers niet het instrument hebben laten toepassen op hun eigen werk – de verschillen tussen de verschillende deelnemers zou het heel moeilijk gemaakt hebben voor iedereen een bruikbaar instrument te bieden, en zou het voor ons onmogelijk gemaakt hebben de uitkomsten te duiden. Tegelijk is vanuit de huidige pilots wel enige transpositie van de resultaten nodig. Om dit te ondervangen vroegen we de deelnemers aan de workshops zich in te beelden wat ze nodig hadden gehad in een eerder stadium van hun project. Met hun project vers in het geheugen, konden de deelnemers van de workshops dit zich nog goed herinneren. Daarnaast komen de meeste teams tijdens de iGEM competitie tot een *proof of concept* dat bij een werkelijk innovatietraject het startpunt zou zijn. In andere woorden, het stadium waarin een iGEM project zich bevindt is vaak in de werkelijke biotechnologische innovatiepraktijk dusdanig vroeg, dat reflectie op waarden gerust upstream (reflectie) genoemd mag worden. Onder de hier beschreven omstandigheden, kunnen we pilot 1 gerust een volwaardige eerste test van het leerinstrument noemen.



**APPENDIX 4: LEDEN INTERNE & EXTERNE KLANKBORDGROEP**

Naam	Affiliatie	Expertise
Tessa Alexanian	iGEM Headquarters - Safety & Security Program Officer; iGEM Human Practices Committee	Biotechnology Safety & Security; Human Practices
JC Gray	iGEM Human Practices Committee	Synthetische biologie; Human Practices
Emilia Hannibal	iGEM SDGs Working Group; iGEM Headquarters - Head of Operations	SDGs; biotechnologie & entrepreneurship
Todd Kuiken	NC State University; iGEM Human Practices Committee; iGEM Safety & Security Committee	Environmental science; synthetic biology; Safety & Security; governance and policy of emerging technologies
Frank Kupper	Athena Instituut, Vrije Universiteit Amsterdam	RRI in synthetische biologie; wetenschapscommunicatie; public engagement; playful reflection
Virgil Rerimassie	Athena Instituut, Vrije Universiteit Amsterdam	SbD in biotechnologie; wetenschapscommunicatie; public engagement; Technology Assessment
Will Wright	iGEM SDGs Working Group; iGEM EPIC	Biotech entrepreneurship, SDGs, innovatiewetenschap

## **APPENDIX 5: HET WAIR LEERINSTRUMENT**

Zie op de volgende pagina een PDF versie van het volledige leerinstrument.

Voor optimale resolutie, verwijzen wij door naar de online versie van het leerinstrument. Deze is via [deze link](#) te bekijken en/of in gebruik te nemen door rechtsboven op 'start from template' te klikken.

## Welcome!

**Hello!**

A very warm welcome to this brainstorming space which aims to help young biotechnologists design their biotechnology from an integral perspective. Please feel free to explore and play around with this tool!

In case you have any questions, thoughts or ideas about this tool, you can email us via [k.streekstra@vu.nl](mailto:k.streekstra@vu.nl).

We hope you enjoy using this tool and that it may help you in designing your biotechnological project.

Very best,  
Pim Klaassen, Marjolaine van der Meij, and Kelly Streekstra  
Athena Institute, Free University Amsterdam

**About this tool**

Many emerging biotechnologies have the potential to contribute to the Sustainable Development Goals. However, emerging technologies are generally characterized by large degrees of uncertainty concerning their efficacy, safety, sustainability, or societal order or morality.

Anticipating these aspects to a complex, but valuable process. If done well, it can support the development of biotechnologies that meet societal needs and do so responsibly. Because what works in the lab generally speaking requires an entire system to ensure its effectiveness in the real world. And carefully considering possible futures can help you head around conditions that need to be met in such system – or could even help in redesigning the system bottom-up.

With this in mind, in a project commissioned by the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management, the Athena Institute is developing a **learning tool to help young biotechnologists anticipate the way their projects may interact with the world**, and to help them to integrate these insights into their **socio-technical design efforts** in biotechnology. This tool invites biotechnologists to simultaneously consider how they might increase their project's positive impact on the world while simultaneously decreasing their potential negative impacts. Practicing anticipation, design and reflection, from a transdisciplinary perspective, is key to this. This tool exists to support you in doing so.

## Working with this tool

**How to use this tool**

Throughout using this learning tool, you'll continuously shift from your biotechnological design in the middle of the tool towards the outer edge of the tool where each reflective and evaluative exercise covers one dimension of your project's interaction with the world. After each exercise, you formulate the takeaways for the project design on the posters in the inner orange ring.

The exercises cover 5 dimensions of interaction between the world and your project:

- **What needs and problems in the world need solving/deserve to be addressed?**
- **What safety considerations do you need to take into account?**
- **What alternative solutions exist and how do they compare to your design?**
- **How may stakeholders perceive and discuss your project?**
- **What could the future of this technology be like?**

Note that exploring the interactions between your project and the world is a **highly iterative endeavor**. Therefore, it doesn't matter what exercise you start with. And please keep in mind that your thoughts and findings in any exercise can potentially inform how you think about any of the other exercises in the tool.

**Design thinking from an integral perspective**

**Instructions to using the mural/whiteboard platform:**

There are a few technical options of the mural board that we'd like to highlight here:

- On this digital whiteboard, you can easily add any points with a **double-click** on the screen. You can also click on an empty point in the exercises to edit it.
- You might want to use the **lenses or images** that are available through the menu on the left hand side of this Mural. For visual reviews in particular.
- To **navigate this whiteboard**, you can use the controls on the right hand side, by clicking on the sections you want to go to. If you want to directly move towards the view of one of your group mates, just click on their icon in the bottom of your screen.

For any questions, feel free to contact Kelly at [k.streekstra@vu.nl](mailto:k.streekstra@vu.nl).

## What are you designing?

During all your design steps, it is vital to have a clear view of the question: **what are you designing?** At the very start this is a difficult question to answer, and upon advancing your work your answer may change significantly.

Use this space to approach your answer to this question. Spend a moment here to converge your team's ideas at the start of your design process, and whenever you get novel insights of what (re)you design, return to this space to distill your conclusions for your design & your design process.

This space is free for you to fill in according to your needs. You could choose to draw what it is you design, make a mind-map, or write it out. Keep the following questions in mind:

**Why are you designing?** For whom, what or where is this valuable?

**What are you designing?** And what elements should this design be comprised of to make sure your project reaches its potential? Think broadly! For inspiration, look at the overview in step 2 of the safety exercise.

**How will you design and manage this project?** What (design) processes are needed to make this project the most valuable version it might be?

# WAIR: The Wheel of Action, Interaction and Reflection to future-proof your project

**Expect to take 30-60 minutes for this exercise**

### What might be plausible futures with your technology?

**1. Think 3 requirements**

**2. Future scenarios (Midwinter, 2050)**

**3. Scenario reflections**

What do you conclude from this exercise for the design of your biotechnological project? Note these insights in points in the inner orange ring.

---

**Expect to take 30-40 minutes for this exercise**

### What needs and problems in the world need solving?

**1. Deck of Care Cards**

**2. Tackling low conditions**

**3. Tackling negative effects**

What do you conclude from this exercise for the design of your biotechnological project? Note these insights in points in the inner orange ring.

---

**Expect to take 30-40 minutes for this exercise**

### How may stakeholders perceive and discuss your biotech project?

**1. Who are your stakeholders?**

**2. What are the perspectives of your stakeholders?**

**3. How may they react to your contribution, and what is your job?**

How and what can I design to address the needs, and problems, and optimize my interaction with them?

How and what can I design to address the needs, and problems, and optimize my interaction with them?

How can I design my project to maximise its safety?

Knowing of alternative solutions to the problem at hand, what could you do differently in the design of your technological application, and/or in the organization of your work?

---

**Expect to take 30-40 minutes for this exercise**

### What safety considerations are important? Working towards "Safe by Design"

**1. Uncertainty and safety**

**2. Planned resources on safety**

**3. Changing the design of the project to enhance safety**

What do you conclude from this exercise for the design of your biotechnological project? Note these insights in points in the inner orange ring.

---

**Expect to take 30-45 minutes for this exercise**

### What alternative solutions exist and how do they compare to your design?

**1. What are you solving?**

**2. What alternative solutions are there and how do they compare to your design?**

**3. Comparing the alternatives to your design**

**4. What does this mean?**

What do you conclude from this exercise for the design of your biotechnological project? Note these insights in points in the inner orange ring.

## Take a break: playful reflection

You're creating something, it's alive, half a life, or at least, it's a form of biology that you're altering although it doesn't "exist" yet. It could help your exploration of it's future in the real world: if you imagine it, from now on, as not being some sterile object, but something more akin to a breathing, living thing.

**Imagine that you ARE your own synthetic organism or biotech intervention: who are you actually?**

Who are you really care about?

Who is your role model?

Who do you really look up to?

What are your fears and what are your dreams?

What are your strengths and weaknesses?

What are your values and what are your principles?

What are your hopes and what are your fears?

What are your dreams and what are your fears?

What are your strengths and what are your weaknesses?

What are your values and what are your principles?

What are your hopes and what are your fears?

What are your dreams and what are your fears?

## Thank you!

Thank you for making use of this tool, we hope it serves you well! The Athena Institute of the Free University of Amsterdam is developing this tool to help young biotechnologists think about the ways the world and their work may interact and to optimize their biotechnological designs through this anticipatory reflection. We'd love to hear any feedback, idea's or questions you may have. To share these, please send an email to Kelly Streekstra via [k.streekstra@vu.nl](mailto:k.streekstra@vu.nl) or Pim Klaassen: [p.klaassen@vu.nl](mailto:p.klaassen@vu.nl)