

DE PERCEPTIE VAN MICROBIOLOGIE BIJ ZESDEJAARSLEERLINGEN IN HET SECUNDAIR ONDERWIJS

Aantal woorden: 12.992

Duygu Gök

Studentennummer: 01404128

Promotor: Prof. dr. Anne Willems

Verkorte Educatieve Masterproef (9SP) voorgelegd tot het behalen van de graad van de Educatieve Master in de wetenschappen en technologie

Academiejaar: 2021 – 2022, Educatieve Masteropleiding



Voorwoord

Wat waren het twee bijzondere academiejaren, zowel in de goede als minder goede zin van het woord. Laten we vorig academiejaar even laten voor wat het was, want wat ik toen allemaal heb moeten doorstaan is in één woord onaanvaardbaar. Maar dat ook dit academiejaar een “hobbelig ritje” zou worden, had ik niet zien aankomen (het kon nooit erger worden dan vorig academiejaar, toch?). Maar man, wat heb ik een moeilijke periodes achter de rug...

Om het even kort te houden, de belangrijkste zaken hier zijn 1) dat ik mijn beide oma's heb verloren in december (en dat ook zo kort op elkaar...) en 2) dat mijn mama gediagnosticeerd is geweest met borstkanker. Uiteraard waren er nog andere niet zo “toffe” zaken, zoals ziek zijn door corona en een plotse operatie van mijn konijn, maar in vergelijking met de twee hierboven genoemde zaken, zijn deze heel wat minder erg. Om heel eerlijk te zijn, was ik mijn motivatie echt wel kwijt na het verlies van mijn oma's. Gelukkig had ik mijn stages grotendeels al achter de rug, dat was toch al iets waar ik mij geen zorgen over moest maken, maar een thesis schrijven, daar stond mijn hoofd helemaal niet naar. Ik zag het als een monster van een opdracht, met als gevolg faalangst en uitstelgedrag. Nu, laten we eerlijk zijn, met net geen 120 bladzijden kan het wel een monster genoemd worden (maar dat het zo groot zou worden, kon ik toen niet voorspeld hebben natuurlijk). Er zat één ding op: alles stap per stap aanpakken, ook al waren het *baby steps*.

Het eerste dat op mijn lijstje stond, was uitzoeken wat ik nu alweer in gedachten had voor deze thesis. Ik nam mijn notities erbij en terwijl ik erdoor ging, dacht ik “Wow, maar dit is super interessant!” en zo kreeg ik beetje bij beetje mijn motivatie terug en wou ik er helemaal voor gaan. Uiteindelijk had ik er zelf zo'n plezier in: de zoektocht naar verschillende onderwerpen voor het Instagramaccount, de posts ontwerpen, het doorzoeken van de literatuur (ik wist dat microbiologie belangrijk was, maar dat er een link was met elke SDG, had ook ik niet verwacht), het zien binnenkomen van de responsen van leerlingen op de enquête, ... elk onderdeel was even plezant! Wat eerst een onmogelijke opdracht leek (want oh wee, 8000 woorden... hoe ging dat lukken?), resulteerde in een thesis waarbij elke etappe even interessant was... met heel wat meer woorden dan die “onmogelijke” 8000.

Uiteraard zou deze thesis niet tot stand gekomen zijn zonder vele mensen, die ik nu even uit de grond van mijn hart wil bedanken. Eerst en vooral, mijn familie: dankjewel mama, papa en zussen. Ondanks alle verdrietige momenten die we samen hebben doorstaan, stonden jullie altijd achter mij. Merci om mijn grootste steun en supporters te zijn! Het grootste dankjewel verdient mijn mama uiteraard. Je bent geweldig! Ik ben blij dat ik kan schrijven dat alle bestralingen achter de rug zijn. Laten we hopen dat we nooit meer zo vele bezoeken aan het ziekenhuis zullen moeten brengen. Laat de tijd waarin we

zullen zeggen “Ah weet je nog toen in het ziekenhuis...” maar snel komen. Aan mijn zus Didem, mijn excuses om zo vaak je plannen om samen iets leuks te gaan doen af te wijzen met als reden mijn thesis. Eens ik het ingediend heb, sta ik open voor alles. Laten we er een toffe zomer van maken!

Dankjewel aan al mijn vriendinnen! Zo blij om mensen als jullie mijn vriendinnen te kunnen noemen! Ik kon altijd mijn hart luchten bij jullie, *no matter what*. Dankjewel om tijdens deze moeilijke periodes er altijd te zijn voor mij.

Dankjewel Masala vzw, waar ik mijn *content creation skills* heb kunnen aanscherpen. Zonder jullie bootcamp, had ik nooit de Instagramposts voor deze thesis zo goed kunnen maken. Intussen zijn jullie een tweede familie geworden voor mij, dat weten jullie ook.

Bedankt aan alle geïnterviewde personen voor jullie eerlijke en waardevolle feedback! Bedankt aan alle leerkrachten die mij hielpen in het verspreiden van mijn enquête en een speciale *shout-out* naar Myriam om tijd vrij te maken om de enquête samen met haar leerlingen in te vullen. Uiteraard ook bedankt aan elke leerling(e) die de enquête heeft ingevuld! Zonder jullie was deze thesis er niet.

Als laatste, dankjewel professor Willems! Bedankt om voor de tweede keer mijn promotor te zijn en het ganse proces zo goed te begeleiden. Bedankt om ook altijd empathie te tonen en om mij te helpen om deze thesis tot een goed eind te brengen dankzij je waardevolle feedback. Ik had mij geen betere promotor kunnen wensen!

Zo blij dat ik deze thesis eindelijk af heb! Ik kan niet wachten om het in te dienen en (eindelijk) te gaan genieten van mijn welverdiende rust (en iedereen die mij goed kent, weet hoe hard ik dit nu nodig heb). Ik kijk alvast uit naar wat de toekomst zal brengen en ben er zeker van dat er mij mooie dingen staan te wachten.

Gent, juni 2022

Inhoudsopgave

Voorwoord	I
Inhoudsopgave	III
Lijst van afkortingen.....	V
Lijst van figuren	VI
Lijst van tabellen.....	VIII
Abstract.....	XI
1. Inleiding.....	1
2. Literatuurstudie	2
2.1 Microbiologie in het secundair onderwijs	2
2.1.1 Gemeenschapsonderwijs (GO!)	2
2.1.2 Onderwijsvereniging van Steden en Gemeenten (OVSG).....	4
2.1.3 Katholiek Onderwijs Vlaanderen (KOV).....	7
2.2 Microbiologie buiten het klaslokaal: de relatie met de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen	10
3. Methodologie	14
3.1 Doelstellingen en onderzoeksdesign.....	14
3.2 Dataverzameling	14
3.2.1 Het Instagramaccount @tiny.microbes.....	14
3.2.2 Kwalitatieve dataverzameling: het diepte-interview	15
3.2.3 Kwantitatieve dataverzameling: de enquête	15
3.3 Dataverwerking.....	16
3.3.1 Kwalitatieve dataverwerking: het diepte-interview.....	16
3.3.2 Kwantitatieve dataverwerking: de enquête	16
4. Resultaten.....	18
4.1 Kwalitatieve resultaten: het diepte-interview	18
4.2 Kwantitatieve resultaten: de enquête.....	19
5. Discussie	28

5.1 De perceptie van en interesse voor microbiologie bij zesdejaarsleerlingen.....	28
5.2 Microbiële geletterdheid in de toekomst: microbiologie na de modernisering.....	33
6. Conclusie	35
Literatuurlijst	37
Figuren	47
Bijlagen.....	56
I. Figuren.....	56
II. Tabellen	68
III. Enquête	93

Lijst van afkortingen

AMR: antimicrobiële resistentie

ASO: algemeen secundair onderwijs

GO!: gemeenschapsonderwijs

GWP: geïntegreerde werkperiode

KOV: Katholiek Onderwijs Vlaanderen

LPD: leerplandoelstellingen

NWE-leerlingen: leerlingen uit niet-wetenschappelijke richtingen

OVSG: Onderwijsvereniging van Steden en Gemeenten

SDG's: *Sustainable Development Goals*

STEM: *science, technology, engineering and mathematics*

TSO: technisch secundair onderwijs

VN: Verenigde Naties

WE-leerlingen: leerlingen uit wetenschappelijke richtingen

Lijst van figuren

Figuur 1. De Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (VN, 2022).

Figuur 2. Overzicht van het account @tiny.microbes in de Instagram app.

Figuur 3. Responsen op de vraag “Wat is microbiologie volgens jou?”.

Figuur 4. Responsen op de vraag “Wat is microbiologie volgens jou?”, geordend volgens het percentage leerlingen dat het woord opgesomd heeft.

Figuur 5. Procentuele verdeling van de responsen op de vraag “Denk je dat microbiologie belangrijk is in de huidige maatschappij?”.

Figuur 6. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de weetjes, zijnde (A) “Vind je deze weetjes interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”.

Figuur 7. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de carrouselpost over bioluminescente lampen, zijnde (A) “Vind je deze informatie interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”.

Figuur 8. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de carrouselpost over *coral bleaching*, zijnde (A) “Vind je deze informatie interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”.

Figuur 9. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de carrouselpost over kabelbacteriën, zijnde (A) “Vind je deze informatie interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”.

Figuur 10. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de reels, zijnde (A) “Vind je deze reels interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”.

Figuur 11. Procentuele verdeling van de responsen op de vraag “Denk je dat microbiologisch onderzoek belangrijk is in de huidige maatschappij?”.

Figuur 12. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen (A) “Vind je dat je voldoende lessen rond microbiologie hebt gekregen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen?” en (B) “Zou je meer willen leren over microbiologie op school?”.

Figuur A1. De weetjes op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de verschillende bijhorende captions.

Figuur A2. De carouselpost over bioluminescente lampen op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption.

Figuur A3. De carouselpost over *coral bleaching* op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption.

Figuur A4. De carouselpost over kabelbacteriën op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption.

Figuur A5. De afzonderlijke slides van de reel over voeding op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption.

Figuur A6. De afzonderlijke slides van de reel over *microbe art* op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption.

Figuur A7. De afzonderlijke slides van de reel over Archaea op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption.

Figuur A8. Logo van het Instagramaccount @tiny.microbes.

Lijst van tabellen

Tabel A1. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad ASO van het GO!.

Tabel A2. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het GO! (specifiek voor de sportrichtingen, plant-, dier- en milieutechnieken en sociale en technische wetenschappen).

Tabel A3. Leerplandoelstellingen natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het GO! (niet-wetenschappelijke richtingen).

Tabel A4. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het GO! (wetenschappelijke richtingen).

Tabel A5. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad ASO van het OVSG.

Tabel A6. Leerplandoelstellingen toegepaste natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (specifiek voor biotechnische wetenschappen).

Tabel A7. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (specifiek voor techniek-wetenschappen).

Tabel A8. Leerplandoelstellingen natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (wetenschappelijke richtingen).

Tabel A9. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (niet-wetenschappelijke richtingen).

Tabel A10. Leerplandoelstellingen toegepaste natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het OVSG (specifiek voor biotechnische wetenschappen).

Tabel A11. Leerplandoelstellingen toegepaste natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (specifiek voor tandtechnieken).

Tabel A12. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad ASO van het KOV.

Tabel A13. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het KOV (specifiek voor de richting chemie).

Tabel A14. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het KOV (specifiek voor dier- en landbouwtechnische wetenschappen, planttechnische wetenschappen en natuur- en groentechnische wetenschappen).

Tabel A15. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het KOV (specifiek voor de sportrichtingen).

Abstract

In de leerplannen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen ASO en TSO is de aandacht voor microbiologie beperkt en veelal eerder gefocust op de negatieve aspecten. Nochtans is dit een heel actueel thema, met meer positieve dan negatieve facetten. Dit kan ook afgeleid worden uit de link met elk van de zeventien Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (SDG's), wat getuigt van het belang van microbiële geletterdheid in de huidige maatschappij. In deze studie werden de perceptie van en interesse voor microbiologie bij zesdejaarsleerlingen ASO en TSO onderzocht. Hiervoor werd een enquête opgesteld en gelinkt aan een Instagramaccount met verschillende posts rond microbiologische onderwerpen (@tiny.microbes). Over het algemeen bleek de perceptie van microbiologie bij de leerlingen aan de start van de studie eerder negatief te zijn. Dit veranderde echter na het bekijken van de Instagramposts. Hiernaast bleek dat zowel leerlingen uit wetenschappelijke als niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen interesse hebben in microbiologie en er meer over zouden willen leren in ofwel de lessen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen of tijdens lessen die buiten de gewoonlijke lessuren aangeboden worden. Twee zaken kunnen hier als oplossing naar voren geschoven worden. Enerzijds zou een vak microbiologie ingericht kunnen worden voor de geïnteresseerde leerlingen, met mogelijkheden tot differentiatie afhankelijk van de leerlingengroep. Anderzijds zou een samenwerking tussen scholen en microbiologen in het vak (universiteiten, industrie), bijvoorbeeld via het organiseren van excursies, ervoor kunnen zorgen dat de leerplannen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen, en bij uitbreiding de eindtermen, op termijn meer aandacht zouden kunnen schenken aan microbiologie. Zo zou er voor meer microbiële geletterdheid gezorgd kunnen worden bij de leerlingen in het secundair onderwijs, dat hen klaar zou stomen om als wereldburgers kritisch om te gaan met microbiologische kennis en uitdagingen in de toekomst.

Kernwoorden: ASO, leerplandoelstellingen, leerplannen, microbiële geletterdheid, microbiologie, natuurwetenschappen, SDG's, (toegepaste) biologie, TSO

1. Inleiding

We leven in een wereld die sterk aan het veranderen is. Hier komen grote maatschappelijke uitdagingen bij kijken, die zich weerspiegelen in de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (SDG's of *Sustainable Development Goals*) van de Verenigde Naties (VN). Microbiologie heeft hierbij een niet te onderschatten rol, aangezien het met elk van de SDG's een al dan niet directe link heeft. Het is meer dan logisch dat er dan belang gehecht moet worden aan de zogenaamde microbiële geletterdheid (*microbe literacy*). Dit start reeds in het onderwijs en vooral de leerkracht wetenschappen heeft hier een belangrijke functie. Jongeren in het secundair onderwijs komen namelijk in aanraking met microbiologie tijdens de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen. Toch is het aandeel microbiologie in de eindtermen en leerplannen van het secundair onderwijs meestal beperkt of voornamelijk gefocust op de negatieve aspecten, zoals microbiologie in relatie tot ziekten en voedselbederf. Naast leerplandoelstellingen waarbij de meer algemene onderwerpen zoals de bouw van de cel aan bod komen, zijn er maar een beperkt aantal die specifiek gericht zijn op de positieve aspecten van microbiologie.

Hoe staat het dan met de microbiële geletterdheid van zesdejaarsleerlingen, die op het punt staan om hun studies in het hoger onderwijs aan te vatten, of een carrière op de arbeidsmarkt? Hoe staan zij ten opzichte van microbiologie in al zijn vormen? Hebben de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen hun de microbiologische kennis gegeven om als wereldburgers hier in de toekomst kritisch mee om te kunnen gaan? Deze vragen staan centraal en zullen in dit onderzoek beantwoord worden.

Deze educatieve masterproef bestaat uit vier delen. In het eerste deel, de literatuurstudie, wordt microbiologie in de leerplannen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen in het algemeen en technisch secundair onderwijs bekeken en wordt de relatie tussen microbiologie en de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen onderzocht. In het tweede deel wordt de methodologie van deze studie toegelicht, waarbij de doelstellingen en het onderzoeksdesign, de kwalitatieve en kwantitatieve dataverzameling en de verwerking van deze data uitgelegd worden. In het derde deel volgen de resultaten van de studie, die verder geanalyseerd en besproken worden in het vierde en laatste deel, de discussie. Hieruit worden als conclusie mogelijke oplossingen voor het bevorderen van de microbiële geletterdheid bij leerlingen geformuleerd.

2. Literatuurstudie

In deze literatuurstudie wordt enerzijds microbiologie in de leerplannen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen van het algemeen (ASO) en technisch secundair onderwijs (TSO) bekeken. Anderzijds wordt er gefocust op de relatie van microbiologie met de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (SDG's).

2.1 Microbiologie in het secundair onderwijs

Microbiologie komt in het secundair onderwijs voornamelijk aan bod in de lessen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen. Vertrekkende vanuit de eindtermen hebben de verschillende onderwijsnetten en -koepels de leerplandoelstellingen (LPD) geformuleerd. Hier worden deze voor enerzijds het officieel onderwijs besproken, meer bepaald het gemeenschapsonderwijs (GO!) en het gesubsidieerd officieel onderwijs, meer specifiek voor het OVSG, Onderwijsvereniging van Steden en Gemeenten. Anderzijds worden de LPD in het vrij onderwijs, meer specifiek het gesubsidieerd vrij onderwijs (KOV – Katholiek Onderwijs Vlaanderen) besproken. Aangezien de zesdejaarsleerlingen in deze studie de lessen gekregen hebben volgens de leerplannen vóór de modernisering, worden om deze reden dan ook de LPD van de oudere leerplannen bekeken.

2.1.1 Gemeenschapsonderwijs (GO!)

In het ASO is er in het GO! voornamelijk aandacht voor microbiologie in de tweede graad, zoals blijkt uit de verschillende LPD voor het vak biologie bij wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke richtingen (GO!, 2012b, 2012a) (Tabel A1, II. Tabellen, Bijlagen). Deze starten bij de basis, het waarnemen van verschillende groepen micro-organismen en verschillen en gelijkenissen met andere groepen organismen (classificatie). Hier komen zaken als één- en meercelligheid, pro- en eukaryoten en de drie domeinen (Archaea, Bacteria, Eukarya) aan bod. Hierna komen de bouw, vorm en indeling van bacteriën aan bod. Hiernaast wordt aandacht gegeven aan het kweken van bacteriën en de omgevingsfactoren die hun vermenigvuldiging beïnvloeden. Enkel bij de wetenschappelijk georiënteerde richtingen komen technieken om bacteriegroei te voorkomen voor in het leerplan. Naast de rol van bacteriën in de natuur en kringlopen, komen ook de bouw en vorming van virussen aan bod, met enige uitbreiding bij de wetenschappelijke richtingen. De resterende LPD zijn voornamelijk gericht op de relatie tussen mens en bacterie/virus: voedselbederf en -bereiding, darmbacteriën, ziekten en de bestrijding van bacteriën en virussen in het lichaam.

In de tweede graad TSO wetenschappen kan er een onderscheid gemaakt worden in de verschillende leerplannen op basis van de richtingen. In de richting techniek-wetenschappen komen dezelfde LPD

terug als deze in ASO wetenschappen, aangevuld met leerlingenproeven over de determinatie van micro-organismen en enkele bewaartechnieken (GO!, 2015d). Dit verschilt voor de richting biotechnische wetenschappen, waar deze bijkomende LPD niet opgenomen zijn in het leerplan en zelfs het volledige deel rond 'mens en gezondheid: bacteriën' wegvalt, met uitzondering van "de leerlingen kunnen het belang van bacteriën in de natuur aangeven" (GO!, 2015e).

Voor de sportrichtingen, plant-, dier- en milieutechnieken en sociale en technische wetenschappen (TSO) zijn er opnieuw verschillende LPD rond microbiologie in de tweede graad, vergelijkbaar aan ASO niet-wetenschappen, maar beknopter (GO!, 2015a, 2015c) (Tabel A2, II. Tabellen, Bijlagen). Hiernaast krijgen zij ook een luik rond 'mens en milieu, ecologie en duurzaamheid', waarbij de leerlingen de relatie moeten kunnen leggen tussen de aanwezigheid van verontreinigende factoren en mogelijke invloeden ervan op een biotoop. In het leerplan staat vermeld dat de leerkracht hier kan wijzen op de relaties tussen een sterke (organische) vervuiling, de verhoogde bacteriële afbraak, de daling van het zuurstofgasgehalte, de ontwikkeling van rottingsbacteriën en de aantasting van het zelfreinigend vermogen. Voor de niet-wetenschappelijke TSO-richtingen in de tweede graad zijn er een beperkt aantal LPD rond microbiologie in het vak natuurwetenschappen (GO!, 2015b) (Tabel A3, II. Tabellen, Bijlagen).

In de derde graad ASO komt microbiologie niet specifiek aan bod in het vak biologie bij wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke richtingen (GO!, 2014a, 2014b). Wel wordt aandacht gegeven aan de bouw van de cel, met ook de verschillen tussen onder andere pro- en eukaryote cellen bij de wetenschappelijke richtingen, het celmetabolisme en de celdeling. Hiernaast wordt de erfelijke informatie in de cel behandeld, waarbij ook gentechnologie aan bod komt bij de wetenschappelijk georiënteerde richtingen. Als optie staat vermeld dat hier een oefening of leerlingenproef zou uitgevoerd kunnen worden over de transformatie bij bacteriën. In het deel rond immunologie (enkel bij wetenschappen) kan er dan ook nog gewezen worden op bijvoorbeeld de ziekenhuisbacterie, voetschimmels, tuberculose, hiv-infecties, ... en op antibiotica bij de preventie van infecties. In het vak natuurwetenschappen komen al deze onderwerpen ook aan bod, in een sterk verkorte vorm (GO!, 2014c).

Voor de wetenschappelijke richtingen in de derde graad TSO komen, gelijkaardig aan ASO wetenschappen, de cel, celdeling en erfelijke informatie in de cel (beknopter) aan bod (GO!, 2017a). Hiernaast keren dezelfde LPD immunologie en ook biotechnologie terug. In een module infectieziektes worden ziekteverwekkende bacteriën, schimmels en parasieten en antibiotica behandeld en kan de werking van een antibiogram in een leerlingenproef bekeken worden (Tabel A4, II. Tabellen, Bijlagen).

Een uitzondering hierop is de richting techniek-wetenschappen, waarbij een ander leerplan toegepaste biologie gebruikt wordt (GO!, 2004). Hierin komen onderwerpen als kringlopen van elementen in de natuur, de bouw van de cel, stofwisseling en celdeling aan bod. Biotechnologie kan als keuzethema behandeld worden. Zowel de klassieke biotechnologie, bijvoorbeeld micro-organismen in de bereiding van voeding (zoals bijvoorbeeld brood, bier, wijn, azijn, yoghurt en kaas) en in waterzuivering, als de moderne biotechnologie, bijvoorbeeld de bereiding van penicilline en vaccins, kunnen aan bod komen. Ook het celmetabolisme is hier een keuzeoptie, net als de historiek van antibiotica en bewaar- en kiemvrije technieken.

In het vak natuurwetenschappen in de derde graad TSO komen geen microbiologie-gerelateerde onderwerpen aan bod (GO!, 2017b; GO! et al., 2017).

2.1.2 Onderwijsvereniging van Steden en Gemeenten (OVSG)

In het ASO van het OVSG komt microbiologie in het vak biologie bij wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke richtingen opnieuw vooral aan bod in de tweede graad (OVSG, 2012c, 2012b, 2012a) (Tabel A5, II. Tabellen, Bijlagen). Vergelijkbaar aan het leerplan biologie in het GO! komen de verschillende domeinen (Bacteria, Archaea, Eukarya), pro- en eukaryoten, de functies van micro-organismen in kringlopen, hun rol bij voedselbederf, bacteriën en virussen als ziekteverwekkers en de bestrijdingswijzen, de vermenigvuldiging van bacteriën en de bouw van virussen aan bod (OVSG, 2012c, 2012b). Exact dezelfde LPD zijn terug te vinden in het vak biologie bij de niet-wetenschappelijke richtingen, met dat verschil dat er minder diep ingegaan wordt op bepaalde details (OVSG, 2012a) (Tabel A5, II. Tabellen, Bijlagen).

In de tweede graad TSO wetenschappen kan er opnieuw een onderscheid gemaakt worden in leerplannen voor het vak toegepaste biologie, afhankelijk van de richting. In biotechnische wetenschappen komt als enig microbiologie-gerelateerd onderwerp in de lessen toegepaste biologie de classificatie van organismen aan bod (POV, 2004). Hiernaast is er echter een vak toegepaste natuurwetenschappen, waarin er meer microbiologie aan bod komt (POV, 2004). Meer specifiek wordt er ingegaan op onderwerpen als biotechnologie, virustesting bij planten als bestrijdingstechniek, bestrijding van ziekteverwekkers bij dier en mens (onder andere antibiotica, vaccins en de aidsproblematiek komen hier aan bod) en de bouw van de cel. Specifieke LPD over microbiologie behandelen onderwerpen als technieken in voedselverwerking (fermentatie met gisten, bacteriën en schimmels) en voedselbewaring, waarbij er ook ruimte is voor leerlingenproeven over bewaar technieken (Tabel A6, II. Tabellen, Bijlagen).

In de richting plant-, dier- en milieutechnieken zijn microbiologie-gerelateerde LPD in het leerplan toegepaste biologie gefocust op de systematiek bij de grote groepen belagers (waaronder schimmels), de invloed van virussen, bacteriën en schimmels op planten en dieren en de interactie tussen de biotische en de abiotische invloedsfactoren in ecosystemen, waarbij voorbeelden van biologische waterzuivering aan bod komen (POV, 2011).

Het leerplan toegepaste biologie verschilt ook voor de richting techniek-wetenschappen, waar er een groot stuk rond bacteriën en virussen wordt gegeven (OVSG, 2015c) (Tabel A7, II. Tabellen, Bijlagen). Verschillende microbiologische onderwerpen komen aan bod: belangrijke microbiologische ontdekkingen, de indeling van micro-organismen, verschillen tussen pro- en eukaryoten, de celbouw bij bacteriën, de Gram- en Ziehl-Neelsen-kleuringen, voedingsbodems gieten, sporenvorming, omgevingsfactoren voor de groei van bacteriën, het onderscheid tussen besmetting, virulentie en infectie, besmetting via voedsel en drinkwater en de belangrijkste kiemen hierbij, de bestrijding van micro-organismen in het lichaam, vaccinatie, sterilisatie, pasteurisatie, de bouw en eigenschappen van virussen (met ook aandacht voor ziekten als aids en hepatitis) en kort ook biotechnologie.

In het vak natuurwetenschappen voor de wetenschappelijke richtingen komt er ook een stuk microbiologie aan bod, met onderwerpen als bacteriën en virussen als ziekteverwekkers en de bestrijdingswijzen, hun invloed op de menselijke gezondheid, de rol van bacteriën bij voedselbederf en van gistcellen in fermentatie voor voedselbereidingen. Hiernaast komt in het stuk fysiologie kort de bouw en reproductie van virussen aan bod en aids als voorbeeld van een infectieziekte (OVSG, 2015b) (Tabel A8, II. Tabellen, Bijlagen).

In niet-wetenschappelijke richtingen van de tweede graad TSO komt microbiologie ook aan bod in het vak biologie (OVSG, 2015a) (Tabel A9, II. Tabellen, Bijlagen). De rollen van bacteriën en virussen als ziekteverwekkers en de bestrijdingswijzen komen aan bod, de rol van bacteriën bij voedselbederf en in kringlopen, de bouw van virussen (beknopt), de rol van gistcellen in fermentatie en heel kort ook biotechnologie. Hiernaast zijn er richtingen zoals fotografie en sociale en technische wetenschappen, waarbij in het vak toegepaste natuurwetenschappen of toegepaste biologie geen microbiologie-gerelateerde onderwerpen aan bod komen (OVSG, 2005, 2011).

In de derde graad ASO van het OVSG komt microbiologie niet specifiek aan bod voor de wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke richtingen (OVSG, 2014c, 2014a, 2014b). Vergelijkbaar aan het GO!, wordt er wel aandacht gegeven aan de bouw van de cel, het celmetabolisme, de celdeling, erfelijke informatie in de cel en gentechnologie (hier kan er gewezen worden op antibioticumresistentie). Ook voor het vak natuurwetenschappen komen al deze onderwerpen aan bod, in een sterk verkorte vorm (OVSG, 2014d).

In de derde graad TSO zijn er opnieuw verschillende leerplannen voor het vak toegepaste biologie. Wat altijd terugkeert (hierna: “basis”) zijn de bouw van de cel, het celmetabolisme, de celdeling, erfelijke informatie in de cel en gentechnologie (met aandacht voor antibioticumresistentie).

Voor de richting biotechnische wetenschappen komen naast de basis het onderscheid tussen pro- en eukaryote cellen en virussen, mycoplasmen en prionen als grensgevallen aan bod (POV, 2003). Hiernaast is er in deze richting ook het vak toegepaste natuurwetenschappen, met onderwerpen als biologische kenmerken van de bodem (onder andere micro-organismen), biogeochemische cyclussen, waterverontreiniging en -zuivering, cyanobacteriën als foto-autotrofen en nitrificerende bacteriën als chemo-autotrofen, voedselconservering en -kwaliteit en biotechnologie (bijvoorbeeld fermentatie in de brouwerij en zuivelfabriek) (POV, 2003). Als leerlingenproef kan het bacteriegehalte in een bodemstaal onderzocht worden. Hiernaast kan microbiologie als onderwerp door de leerlingen gekozen worden voor de geïntegreerde proef. Ook is er een luik microbiologisch onderzoek, waarbij onderwerpen als sterilisatie, bemonstering, uitplaten, opsporen van bacteriën, tellingen en gisting aan bod komen (POV, 2003) (Tabel A10, II. Tabellen, Bijlagen). In het meer theoretische luik worden dan de sterilisatietechnieken, cultuurmedia, enttechnieken en het opruimen van microbiologisch afval besproken (POV, 2003) (Tabel A10, II. Tabellen, Bijlagen).

In de richting techniek-wetenschappen gaan microbiologie-gerelateerde LPD naast de basis over chemosynthese (specifiek nitrificerende bacteriën), het gebruik van micro-organismen en/of enzymen in de industrie (bijvoorbeeld biotechnologie, kaas maken, alcoholische gisting, vermenigvuldiging van gistcellen, ...), de ziekenhuisbacterie en werken met culturen van bacteriën en/of schimmels (bijvoorbeeld steriel werken, de invloed van temperatuur, pH, antibiotica, ... op de groei) (OVSG, 2017e).

In de richtingen dier- en landbouwtechnische wetenschappen en planttechnische wetenschappen komen er geen microbiologie-gerelateerde LPD aan bod in het vak toegepaste natuurwetenschappen (POV & GO!, 2011b, 2011a, 2011c).

In de derde graad TSO niet-wetenschappen komt er nauwelijks microbiologie aan bod in de vakken biologie en natuurwetenschappen, met uitzondering van de LPD “de leerlingen kunnen het verband tussen evolutie en maatschappij illustreren gebruik makend van actuele thema’s”, waarbij onder andere de ziekenhuisbacterie aan bod kan komen (OVSG et al., 2017). Hiernaast worden opnieuw verschillende leerplannen gevolgd voor verschillende niet-wetenschappelijke richtingen.

In het vak toegepaste biologie bij schoonheidsverzorging komen een aantal LPD voor die gelinkt kunnen worden aan microbiologie (OVSG, 2017c). Zo komen bacteriën aan bod bij het deel over het urinewegstelsel (de samenstelling van urine bij ziekte) en de ziekenhuisbacterie.

In de richting defensie en veiligheid zijn er ook een aantal LPD in het vak biologie die aansluiten bij microbiologie (OVSG et al., 2021). Zo wordt de rol van micro-organismen bij de vertering en secretie behandeld, het kweken van bacteriën en kan er als leerlingenproef de invloed van antibiotica op bacteriën bekeken worden.

In de richting topsport komt microbiologie niet specifiek aan bod in toegepaste biologie, wel wordt aandacht gegeven aan de basis (OVSG, 2017a). Dit is ook het geval bij de richting sociale en technische wetenschappen, behalve dat het celmetabolisme en gentechnologie niet behandeld worden en dat de ziekenhuisbacterie aan bod komt (OVSG, 2017d).

In de richting tandtechnieken komt in het vak toegepaste natuurwetenschappen ook microbiologie aan bod (OVSG, 2017g). Naast de ziekenhuisbacterie gaan de microbiologie-gerelateerde LPD over de levensvoorwaarden en bouw van bacteriën, infecties van de mond en luchtwegen, de bouw en voortplanting van virussen, virale infecties, de bestrijding van bacteriën en virussen in het lichaam en het belang van steriliteit (Tabel A11, II. Tabellen, Bijlagen).

In het vak toegepaste biologie bij gezondheids- en welzijnswetenschappen komt naast de basis het verschil tussen pro- en eukaryote cellen, de ziekenhuisbacterie, pathogene organismen en hun eigenschappen en de levenscyclus en pathogenese (onder andere virussen en bacteriën) aan bod (OVSG, 2017b). Exact dezelfde leerstof komt aan bod in het vak toegepaste natuurwetenschappen bij de derde graad jeugd- en gehandicaptenzorg, alleen beknopter (OVSG, 2017f).

2.1.3 Katholiek Onderwijs Vlaanderen (KOV)

Vergelijkbaar aan het GO! en OVSG komt in het KOV microbiologie in het vak biologie bij wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke richtingen ASO opnieuw vooral aan bod in de tweede graad (VVKSO, 2012b, 2012a). De verschillende LPD met betrekking tot microbiologie gaan over de invloed van bacteriën, virussen, schimmels, gisten en andere parasitaire organismen op de menselijke gezondheid en hoe men zich kan beschermen tegen de schadelijke gevolgen van deze organismen (VVKSO, 2012b) (Tabel A12, II. Tabellen, Bijlagen). Hiernaast komen nuttige bacteriën aan bod, antibiotica en resistentie, probiotica, antimycotica en het belang van hygiëne. Opnieuw worden micro-organismen in de natuur en kringlopen besproken, de classificatie van organismen waarbij pro- en eukaryote cellen, de vijf rijken en de drie domeinen en finaal ook virussen aan bod komen. Ook bij de niet-wetenschappelijke richtingen komt dezelfde leerstof biologie aan bod in het leerplan, maar dan iets beknopter (VVKSO, 2012a).

In de tweede graad TSO is er opnieuw een onderscheid in de verschillende leerplannen biologie afhankelijk van de richting. Bij de richtingen biotechnische wetenschappen, techniek-wetenschappen

en plant-, dier- en milieutechnieken komen dezelfde LPD als in het ASO terug, met uitzondering van “de leerlingen kunnen de betekenis van micro-organismen in de natuur toelichten” (VVKSO, 2015b, 2015c, 2015a). In het vak biotechniek in de richting biotechnische wetenschappen komt microbiologie wel uitgebreider aan bod (onder andere biotechnologie en invloed van omgevingsfactoren), maar dit vak valt buiten dit onderzoek (VVKSO, 2005). Ook in het vak plant-, dier- en milieutechnieken in de gelijknamige richting komt microbiologie aan bod (virussen, bacteriën en schimmels in relatie tot schade bij planten en dieren), maar ook dit vak valt buiten dit onderzoek (VVKSO, 2016b).

Voor het vak natuurwetenschappen in de tweede graad TSO zijn er ook verschillende leerplannen. Voor de meeste richtingen komt enkel de LPD rond de classificatie van organismen aan bod, waarbij pro- en eukaryote cellen, de vijf rijken, de drie domeinen en virussen aan bod komen (VVKSO, 2015h, 2015g, 2015d, 2015f, 2015e). Enkel bij de bouwrichtingen en toerisme komen in het vak natuurwetenschappen geen microbiologie-gerelateerde LPD aan bod (VVKSO, 2015j, 2015i).

In de derde graad ASO in het KOV komt in de wetenschappelijke richtingen, met uitzondering van sportwetenschappen, de basis aan bod met extra LPD over gisting met als mogelijke leerlingproeven knopvorming bij bakkersgist en de bereiding van zuurkool, kaas, bier, wijn of yoghurt uit melk (VVKSO, 2014a). Hiernaast komen chemosynthese aan bod (bijvoorbeeld bij nitrificerende bacteriën, ijzerbacteriën of kleurloze zwavelbacteriën) en de afwijkende werking van het afweersysteem, waarbij hiv en antibioticumresistentie besproken kunnen worden. Voor de richting sportwetenschappen is, naast de basis, de enige uitbreiding die wel van toepassing is, de LPD over het afweersysteem (VVKSO, 2017b).

In de niet-wetenschappelijke richtingen komt microbiologie niet specifiek aan bod in het vak biologie (VVKSO, 2004). Vergelijkbaar aan het GO! en OVSG, wordt er wel aandacht gegeven aan de basis. Dezelfde onderwerpen komen aan bod in het vak natuurwetenschappen, maar in verkorte vorm (VVKSO, 2014b).

In de derde graad TSO zijn er opnieuw verschillende leerplannen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen. In de richting chemie komen dezelfde LPD als ASO wetenschappen aan bod in het vak toegepaste biologie (VVKSO, 2017j). Hiernaast komt er een stuk microbiologie aan bod, waarbij de bouw van bacteriën en virussen, hun invloed op de menselijke gezondheid, sterilisatie-, kweek- en bewaarstechnieken, ziekteverwekkende en nuttige bacteriesoorten, de levenscyclus en factoren die de groei van bacteriën beïnvloeden, sporenvorming en de voortplanting van virussen worden behandeld (Tabel A13, II. Tabellen, Bijlagen). Dezelfde LPD gelden in de richtingen farmaceutisch technisch assistent en gezondheids- en welzijnswetenschappen (VVKSO, 2017l, 2017m). Extra microbiologie-

gerelateerde LPD bij deze twee richtingen zijn het verband tussen besmetting, infectie, pathogeen vermogen en afweer, aseptisch werken met bacteriën, de werking en gevaren van antibiotica, vormen van bacteriën op basis van microscopische waarnemingen en bacteriën onderscheiden door het toepassen van kleuringen. Bij de richting farmaceutisch technisch assistent zijn er hierbovenop nog extra LPD over het belang van micro-organismen en het bereiden en beënten van steriele voedingsbodems.

In de richting biotechnische wetenschappen worden ook dezelfde LPD als ASO wetenschappen gevolgd in het vak toegepaste biologie, met uitzondering van de LPD gentechnologie die hier ontbreekt (VVKSO, 2016c). In het gelijknamige vak in deze richting komt microbiologie ook aan bod (bijvoorbeeld kweken van bacteriën, voedingsbodems gieten, enten, sterilisatie, voedselbederf, ziekteverwekkers, bereiding van kaas/wijn/..., biodegradatie van afval, directe gentransfer, vaccinproductie, ...), maar dit vak valt buiten dit onderzoek (VVKSO, 2016a).

In de richting techniek-wetenschappen worden opnieuw dezelfde LPD als ASO wetenschappen gevolgd, met uitzondering van deze rond de afwijkende werking van het afweersysteem (VVKSO, 2017j). In een extra deel microbiologie zijn er LPD met betrekking tot de bouw en levenscyclus van bacteriën, het onderscheiden van bacteriën via kleuringen, sporenvorming, het belang van micro-organismen, aseptisch werken met bacteriën, voedingsbodems bereiden en beënten, verschillende vormen van sterilisatie, factoren die de groei van bacteriën beïnvloeden en de invloed van bacterieremmende middelen (waarbij een antibiogram uitgevoerd kan worden).

In het vak toegepaste biologie bij de richtingen dier- en landbouwtechnische wetenschappen, planttechnische wetenschappen en natuur- en groentechnische wetenschappen komt opnieuw de basis aan bod (met uitzondering van het celmetabolisme en gentechnologie) (VVKSO, 2017o). Hiernaast is er een groot deel microbiologie in het leerplan (Tabel A14, II. Tabellen, Bijlagen). Deze LPD gaan over het voeden en voortplanten bij schimmels/bacteriën, hoe schimmels planten infecteren en factoren die er een invloed op hebben, hun levenscyclus, structuren, het overwinteren, de verspreiding van sporen, plantenparasiterende schimmels, bacteriënziekten bij planten, het verschil tussen een virus, viroïde en mycoplasma, de voortplanting van virussen, virusoverdracht bij planten, (niet-) persistente virussen en de relatie met bestrijding, virusziekten, maatregelen om ze te voorkomen en schadesymptomen bij planten. Hiernaast is er de LPD “de leerlingen kunnen argumenten formuleren voor en tegen het genetisch manipuleren van land- en tuinbouwgewassen” waarbij *Agrobacterium tumefaciens* als voorbeeld van natuurlijke genoverdracht aangehaald wordt.

In de niet-wetenschappelijke sportrichtingen komt ook de basis aan bod in toegepaste biologie (VVKSO, 2017n). Hiernaast is er een stuk microbiologie met als onderwerpen de bouw van bacteriën en virussen, de invloed van schimmels en gisten op de menselijke gezondheid, hoe de mens zich tegen

de schadelijke gevolgen hiervan kan beschermen, het verband tussen onder andere besmetting, infectie en pathogeen vermogen, afweer, een virale infectie met symptomen en preventie, de levenscyclus van bacteriën en sporenvorming (Tabel A15, II. Tabellen, Bijlagen).

In het vak natuurwetenschappen in de niet-wetenschappelijke richtingen zijn de microbiologie-gerelateerde LPD beknopt: enkel de bouw van de cel en de celdeling komen aan bod (VVKSO, 2017e, 2017f, 2017g, 2017c, 2017a). Hiernaast kan het verschil tussen bacteriële en virale infecties en het gepast gebruik van antibiotica aan bod komen bij de LPD “de leerlingen kunnen enkele voorzorgsmaatregelen beschrijven om soa’s te vermijden”. Een eerste uitzondering hierop is natuurwetenschappen bij de richtingen boekhouden-informatica, handel, informaticabeheer en secretariaat-talen (VVKSO, 2017i). Hier zijn er namelijk aanbevolen LPD rond microbiologie. Deze gaan over het onderscheid tussen bacteriën en virussen, eukaryoten en prokaryoten, concrete voorbeelden van nuttige toepassingen van bacteriën (bijvoorbeeld voeding, darmflora, waterzuivering, ...), ziekten door bacteriën en virussen en de behandeling en voorkoming van besmetting. Een tweede uitzondering is natuurwetenschappen in de richting sociale en technische wetenschappen (VVKSO, 2017h). Hier komen ook erfelijke informatie in de cel en gentechnologie aan bod en de LPD over de afwijkende werking van het afweersysteem.

2.2 Microbiologie buiten het klaslokaal: de relatie met de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen

Het is geen geheim dat we tegenwoordig geconfronteerd worden met verschillende wereldse problemen, zoals klimaatverandering, armoede en onrechtvaardigheid. Om te werken aan deze en vele andere uitdagingen, werden de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (SDG’s) in 2015 door de VN in het leven geroepen: 17 doelstellingen, gekoppeld aan 169 targets, met als doel een duurzamere wereld tegen 2030 (Sustainable Development Goals Belgium, 2022) (Figuur 1). Iets wat echter te weinig belicht wordt, is de link tussen elk van deze Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen en microbiologie. Deze relatie zal verder geïllustreerd worden aan de hand van verschillende voorbeelden.

Een aantal van de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen kunnen direct gelinkt worden aan microbiologie, zoals SDG 6 – schoon water en sanitair – en SDG 12 – verantwoorde consumptie en productie. Eén op vier mensen wereldwijd heeft geen toegang tot schoon drinkbaar water (Ritchie & Roser, 2021a). Hiernaast zijn onveilige sanitaire voorzieningen en water verantwoordelijk voor respectievelijk 775 000 en 1.2 miljoen doden per jaar (Ritchie & Roser, 2021a, 2021b). Dit probleem treft voornamelijk de ontwikkelingslanden (wat gelinkt kan worden aan SDG 1 – geen armoede – en SDG 3 – goede gezondheid en welzijn, *cf. infra*). Microbiologische toepassingen kunnen hier echter

oplossingen voor bieden. Zo kan vervuild water contaminantvrij gemaakt worden door technieken waarbij micro-organismen ingezet worden, zoals biologische filtratie (Fowler & Smets, 2017). De link met SDG's 1 en 3 wordt nog duidelijker wanneer de zogenaamde "ziekten van armoede", zijnde tuberculose, malaria en hiv/aids, allen van microbiologische aard, erbij genomen worden (World Health Organization, 2021). Deze komen vaker voor bij mensen in armoede, wat ook weer gelinkt kan worden aan SDG 10 – ongelijkheid verminderen. Hierbij aansluitend is er het fenomeen van antimicrobiële resistentie (AMR), waarvan voorspeld wordt dat het tegen 2050 jaarlijks de oorzaak van 10 miljoen doden zal worden (O'Neill, 2014). AMR zorgt ook voor het bemoeilijken van het bereiken van SDG 3, aangezien microbiële infecties hierdoor niet efficiënt behandeld kunnen worden. De oplossing zou echter ook binnen de microbiologie te kunnen vinden zijn: zo heeft faagtherapie bijvoorbeeld het potentieel om ingezet te worden tegen AMR (Kortright et al., 2019). Zowel de ziekten van armoede als AMR zijn het onderwerp van verschillende microbiologische studies die op deze manier bijdragen aan het bereiken van SDG's 1 en 3. Hiernaast gaat er ook bijvoorbeeld steeds meer aandacht naar het verband tussen welbepaalde stoornissen, zoals autisme, en het darmmicrobioom en wordt het positieve effect van pre- en probiotica onderzocht (Mehra et al., 2022). Kortom, op medisch vlak zijn er tal van microbiële toepassingen die onderzocht worden.

Een andere SDG die een rechtstreeks verband heeft met microbiologie, is SDG 13 – klimaatactie. Onderzoek heeft aangetoond dat micro-organismen, die de basis van het leven vormen, een centrale rol spelen in klimaatverandering: ze hebben er niet enkel een invloed op (denk bijvoorbeeld aan de productie en consumptie van verschillende broeikasgassen), maar worden er zelf ook door beïnvloed (Cavicchioli et al., 2019). De impact die klimaatverandering zal hebben, zal afhangen van hoe micro-organismen hierop zullen reageren. Een gekend gevolg van de klimaatverandering, de verzuring van zeewater (ook gelinkt aan SDG 14 – leven in water), heeft bijvoorbeeld grote gevolgen voor koralen. Microbiologisch onderzoek wil aantonen hoe de uitstoting van micro-algen door koralen, wat leidt tot het bleken en sterven van de koralen, tegengegaan zou kunnen worden in de strijd tegen klimaatverandering, bijvoorbeeld op moleculair niveau via de CRISPR-technologie (van Oppen & Oakeshott, 2020). Dit is ook van belang op vlak van SDG 12 – verantwoorde consumptie en productie – aangezien koralen belangrijke ecosystemen vormen die ecosysteemdiensten bieden. Zo leveren ze voedselzekerheid via duurzame aquacultuur en visserij, wat mogelijk is door de grote biodiversiteit in deze ecosystemen (Woodhead et al., 2019). Het zijn ook micro-algen die duurzame alternatieven kunnen bieden voor fossiele brandstoffen via derde generatie biobrandstoffen zoals biodiesel, bio-ethanol en biogassen (Hossain et al., 2019). Hiernaast zijn er ook toepassingen mogelijk voor het

genereren van bio-elektriciteit via micro-organismen (Nealson, 2017). Al deze toepassingen leunen aan bij SDG 7 – betaalbare en duurzame energie.

Zoals eerder aangehaald spelen micro-organismen ook een rol in het verwijderen van contaminanten in drinkwater. Dit kan verder uitgebreid worden naar zeewater (SDG 14 – leven in water). Zo hebben bepaalde micro-organismen het potentieel om bijvoorbeeld plastic en olie af te breken (Jacquin et al., 2019; Xu et al., 2018). Op het land voeren micro-organismen ook belangrijke functies uit, bijvoorbeeld door het aangaan van symbiotische relaties met planten (SDG 15 – leven op het land). Zo zijn er micro-organismen op de wortels van bomen en planten die een rol spelen in het verbreden van de immuniteit van planten en kunnen planten zelf selectief micro-organismen met een positief effect op hun groei en gezondheid aantrekken in de bodem (Reinhold-Hurek et al., 2015; Sasse et al., 2018; Vannier et al., 2019). Het onderzoeken van deze interacties is ook belangrijk met het oog op SDG 2 – geen honger, aangezien de wereldbevolking blijft groeien. Tegen 2050 zou het aantal mensen op de wereld volgens voorspellingen zelfs stijgen tot 9.9 miljard (Population Reference Bureau, 2020). Microben zullen een belangrijke rol spelen, wetende dat ze enerzijds aangewend worden voor de productie van heel wat voedsel en anderzijds ook voedselbederf kunnen veroorzaken (Lorenzo et al., 2018).

Een groeiende wereldbevolking vraagt ook meer jobopportunities (SDG 8 – eerlijk werk en economische groei), die gecreëerd kunnen worden door microbiële biotechnologie. Dit biedt heel wat kansen voor duurzame economische ontwikkeling, industrie en innovatie (SDG 9 – industrie, innovatie en infrastructuur) (Timmis et al., 2017). Uiteraard gaat een groeiende wereldbevolking ook gepaard met een nood aan duurzame steden en gemeenschappen (SDG 11). Onderzoek heeft aangetoond dat bepaalde bacteriën biocement kunnen maken, waardoor zichzelf herstellende muren een mogelijke realiteit zouden kunnen worden. Wat nog interessanter is, is dat dit biocement ook koolstofdioxide kan sekwestreren en hierdoor niet enkel een duurzame oplossing biedt voor het bouwen van de stad van de toekomst, maar ook een bijdrage levert in de strijd tegen klimaatopwarming (SDG 13) (Dade-Robertson et al., 2017).

Eén van de doelstellingen die een indirecte link heeft met microbiologie is SDG 16 – vrede, veiligheid en sterke publieke diensten. Dit gaat dan vooral over *microbial forensics*: het gebruik van biowapens, identificatie van personen aan de hand van hun microbiom en zelfs de identificatie van de locatie van een misdaad en het uur van overlijden van een slachtoffer op basis van veranderingen in het microbiom tijdens de ontbinding van het lichaam (Robinson et al., 2021).

De ontwikkelingsdoelstellingen die gericht zijn op gendergelijkheid en het verminderen van ongelijkheid, respectievelijk SDG's 5 en 10, kunnen indirect via microbiologie aangepakt worden door bijvoorbeeld meer vrouwen aan te moedigen om te werken in de microbiologie of als sprekers op conferenties te hosten (Casadevall, 2015). Hiernaast kunnen onderwerpen als sekse en gender meer betrokken worden in microbiologisch onderzoek ("Breaking the Bias in Microbiology," 2022).

Doelstelling 17 – partnerschap om doelstellingen te bereiken – gaat erom dat via partnerschappen en samenwerkingen wereldwijd microbiologische kennis gedeeld kan worden en wetenschappelijke vooruitgang sneller gerealiseerd kan worden. Zo kunnen er bijvoorbeeld ook uitwisselingsprogramma's tussen faculteiten en onderzoeksgroepen van hoger onderwijsinstellingen tussen verschillende landen plaatsvinden om dit te bereiken (Fagunwa & Olanbiwoninu, 2020). Dit leunt ook aan bij SDG 10 – ongelijkheid verminderen.

De laatste doelstelling die nog niet besproken werd, is SDG 4 – kwaliteitsonderwijs. De link tussen deze doelstelling en microbiologie is vanzelfsprekend indien de link met de verschillende SDG's zoals hierboven besproken in acht wordt genomen. Cijfers voor het Vlaams onderwijs zijn er (nog) niet, maar een studie in het basisonderwijs in Italië heeft bijvoorbeeld aangetoond dat 60% van de bevroegde leerlingen microben als schadelijk zag en enkel 25% de positieve rollen van microben kon bevestigen (Milandri, 2004). Hieruit blijkt dat de perceptie van microbiologie bij leerlingen op de lagere school overwegend negatief is. Nochtans hebben microben voornamelijk positieve effecten en kunnen ze aangewend worden voor tal van biotechnologische toepassingen (*cf. supra*). De *microbe literacy* of microbiële geletterdheid – de kennis van relevante microbiële activiteiten, hoe ze een impact hebben op ons leven en hoe ze ingezet kunnen worden in het voordeel van de mensheid – ontbreekt bij de algemene bevolking (Timmis et al., 2019). De beschikbare informatie is vaak niet neutraal noch volledig, waardoor een grote onzekerheid gecreëerd wordt. Hierdoor kunnen wetenschappelijk onderbouwde keuzes zelfs tot onvoorspelbare en ongewenste resultaten leiden (Timmis et al., 2019). Microbiële geletterdheid is daarom onmisbaar in de samenleving, zowel bij het nemen van persoonlijke beslissingen, als bij de beleidsontwikkeling bij de overheid en het bedrijfsleven, waarbij er een belangrijke rol is voor de input van microbiologen of andere mensen met kennis van microbiologie. Microbiële geletterdheid zou een onderdeel moeten worden van de taakomschrijving van de wereldburger en dit begint in het onderwijs (Timmis et al., 2019).

3. Methodologie

3.1 Doelstellingen en onderzoeksdesign

Om na te gaan hoe zesdejaarsleerlingen ASO en TSO staan ten opzichte van microbiologie, werd in dit onderzoek hun perceptie hiervan onderzocht, enerzijds op basis van hun kennis microbiologie uit de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen en anderzijds nadat ze educatieve Instagramposts over verschillende microbiologische onderwerpen en toepassingen te zien kregen. Zo kon nagegaan worden in welke mate de leerplandoelstellingen (en in de brede zin de eindtermen) bijdragen tot de microbiële geletterdheid bij leerlingen die binnenkort de stap naar het hoger onderwijs of de arbeidsmarkt zullen zetten.

In het onderwijs worden tegenwoordig verschillende online platforms gebruikt, zoals bijvoorbeeld YouTube, Kahoot! en BookWidgets, ter ondersteuning van de lessen. Meer en meer beginnen ook sociale mediaplatforms zoals Instagram hier een plaats te krijgen (Carpenter et al., 2020). In een eerdere studie naar het gebruik van Instagram als hulpmiddel bij het leren van anatomie, werd al aangetoond dat het als aanvulling op de reguliere lessen een positief effect heeft (Nguyen et al., 2021). Een andere studie bevestigde hoe Instagram tijdens de COVID-19 pandemie de toegang tot wetenschappelijk onderwijs en kennis bij jongeren heeft bevorderd (Puigvert et al., 2022). Hiernaast is het platform gemakkelijk in gebruik en leunt het sterk aan bij de leefwereld van de doelgroep van deze studie. Ook biedt het platform kansen om educatieve content te presenteren op een aantrekkelijke manier, verschillend van wat mogelijk is in het klaslokaal. Om deze redenen werd Instagram als educatief platform aangewend in deze studie. Een Instagramaccount met educatieve content rond microbiologie, @tiny.microbes, werd opgericht en gelinkt aan een enquête om de perceptie van microbiologie bij zesdejaarsleerlingen ASO en TSO in het secundair onderwijs te onderzoeken.

3.2 Dataverzameling

3.2.1 Het Instagramaccount @tiny.microbes

Eerst werd het Instagramaccount @tiny.microbes (<https://www.instagram.com/tiny.microbes/>) opgericht (Figuur 2). Dit account bevat posts rond verschillende microbiologische onderwerpen, gaande van faagtherapie, tot toepassingen van Archaea, kunst met microben tot lampen met bioluminescente bacteriën. Deze posts werden gemaakt in het online ontwerpplatform Canva (<https://www.canva.com/>) en op verschillende manieren gepresenteerd. Enerzijds werden er weetjes opgesteld onder de vorm van een enkele slide (Figuur A1, I. Figuren, Bijlagen). Anderzijds werden er carouselposts gemaakt om bepaalde onderwerpen meer in detail uit te kunnen leggen (Figuren A2,

A3 en A4, I. Figuren, Bijlagen). Finaal werden video's ("reels") gemaakt om korte opsommingen rond bepaalde microbiologische onderwerpen toe te laten (Figuren A5, A6 en A7, I. Figuren, Bijlagen). Elke post werd begeleid door een caption bestaande uit een stuk tekst en/of hashtags die relevant zijn voor de posts. Ook werd in Canva een logo gemaakt voor het account (Figuur A8, I. Figuren, Bijlagen). Het account werd openbaar gesteld om toegankelijk te zijn voor de leerlingen, zodat zij niet genoodzaakt waren om het te volgen om de inhoud te kunnen bekijken.

3.2.2 Kwalitatieve dataverzameling: het diepte-interview

Er werd een enquête opgesteld in Qualtrics (<https://ugent.qualtrics.com/>). Om echter een kwantitatieve enquête te kunnen bekomen, werd na een oproep via sociale media eerst een diepte-interview afgenomen bij tien personen, waarvan vijf met een wetenschappelijke achtergrond en vijf met een niet-wetenschappelijke achtergrond. Op basis van hun opmerkingen en feedback kregen de enquête en het Instagramaccount hun finale vorm.

3.2.3 Kwantitatieve dataverzameling: de enquête

In eerste instantie werden verschillende Gentse secundaire scholen gecontacteerd met de vraag of ik langs zou kunnen komen om in verschillende zesdejaarsklassen ASO en TSO mijn onderzoek kort toe te lichten, met de vraag aan de leerlingen om de enquête in te vullen. Spijtig genoeg stonden deze scholen hier niet voor open, waardoor ik een algemene mail voor de leerlingen heb opgesteld die op verschillende scholen werd verspreid via enkele leerkrachten biologie. Hiernaast was één leerkracht biologie bereid om de enquête tijdens haar lessen door de leerlingen af te laten leggen. Ook werd er via sociale media een oproep gedaan om de enquête in te vullen.

De enquête bestond uit vier delen (III. Enquête, Bijlagen). In het eerste deel werd de perceptie van microbiologie bij de leerlingen bevraagd aan de hand van drie vragen. Er werd gevraagd om in enkele woorden te omschrijven wat microbiologie voor de leerlingen is of inhoudt en er werd ook gevraagd of ze denken dat microbiologie belangrijk is in de huidige maatschappij, met motivering van hun antwoord.

In het tweede deel van de enquête konden de leerlingen kennismaken met het Instagramaccount @tiny.microbes. De posts waren gecategoriseerd per type: eerst kwamen de vier weetjes aan bod, gevolgd door de carouselposts, respectievelijk 'bioluminescente lampen', 'coral bleaching' en 'kabelbacteriën', en finaal de reels. Na het bekijken van de posts, kwamen dezelfde vragen opnieuw terug. Enerzijds werd de vraag gesteld of ze de content interessant vonden, gevolgd door de vraag of

ze iets nieuws geleerd hadden. Finaal werd gevraagd of ze de informatie in de posts belangrijk vonden voor de wetenschap en/of de maatschappij, met motivering van hun antwoord.

In het derde deel werd aan de leerlingen gevraagd om te omschrijven wat ze denken dat microbiologie inhoudt na het bekijken van de posts. Hiernaast werd hen de vraag gesteld of ze denken dat microbiologisch onderzoek belangrijk is in de huidige maatschappij. Meer specifiek gericht op het onderwijs, werd gevraagd of ze vinden dat ze voldoende lessen rond microbiologie hebben gekregen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen en of ze meer zouden willen leren over microbiologie op school. Naast de opties “ja, in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen” en “nee”, konden ze hier ook kiezen voor “ja, in lessen die extra aangeboden worden (bv. tijdens de middagpauze)”.

In het vierde en laatste deel van de enquête werden enkele demografische gegevens bevroegd (school, richting en geslacht).

3.3 Dataverwerking

3.3.1 Kwalitatieve dataverwerking: het diepte-interview

De feedback en opmerkingen die resulteerden uit de diepte-interviews werden samengebracht en gecategoriseerd naargelang hun betrekking tot enerzijds de Instagramposts en anderzijds de enquête. Op basis van deze feedback werden beide aangepast tot hun finale vorm (Figuren A1 tot A7, I. Figuren; III. Enquête, Bijlagen).

3.3.2 Kwantitatieve dataverwerking: de enquête

De responsen op de eerste vraag “Wat is microbiologie volgens jou?” werden geordend per woord en geteld. Woorden werden samen gezet als:

- ze het enkelvoud en meervoud van hetzelfde woord waren (bijvoorbeeld ‘bacterie’ en ‘bacteriën’),
- een woord werd gebruikt ter versterking van het gegeven woord (bijvoorbeeld ‘zeer’ of ‘super’ bij ‘klein’),
- een adjectief van een substantief gegeven werd (bijvoorbeeld ‘microscopisch’ en ‘microscoop’),
- verschillende woorden gecategoriseerd konden worden onder één term of onderwerp (bijvoorbeeld ‘milieu’: ‘microplastics’, ‘vulkaan’, ‘natuur’; ‘toepassingen’: ‘antibiotica’, ‘vaccins’, ‘voedingsindustrie’),

- een woord gecategoriseerd kon worden als een specifieke vorm van een ander woord (bijvoorbeeld 'biotechnologie' en 'biologie' bij 'wetenschap'),
- synoniemen gegeven werden (bijvoorbeeld 'microben' en 'micro-organismen').

Hierna werden deze data op twee manieren geanalyseerd. Ten eerste werden de woorden afzonderlijk bekeken ten opzichte van het totaal aantal woorden. Deze werden gevisualiseerd aan de hand van een cirkeldiagram. Ten tweede werd bekeken welk percentage van de leerlingen elk woord genoemd had. Dit werd gevisualiseerd in een staafdiagram.

De antwoorden op de volgende vragen in de enquête, meer specifiek de ja/nee-vragen, werden geordend naargelang onderwijsvorm (ASO en TSO) en richting (wetenschappelijk ten opzichte van niet-wetenschappelijk). Hieruit bleek echter dat de groepen ASO niet-wetenschappen en TSO wetenschappen te klein waren om een correct beeld te geven, respectievelijk 8 en 6 responsen ten opzichte van 40 en 29 responsen voor ASO wetenschappen en TSO niet-wetenschappen. Om deze reden werd gekozen om de wetenschappelijke richtingen ASO en TSO samen te groeperen en de niet-wetenschappelijke richtingen ASO en TSO. Dit resulteerde in twee groepen van respectievelijk 46 en 37 respondenten.

De tellingen van de responsen op de ja/nee-vragen werden, om een vergelijking van de groepen mogelijk te maken, omgezet naar percentages en hierna gevisualiseerd aan de hand van staafdiagrammen. Deze data konden aan de hand van de responsen van de leerlingen op de open vragen verder verduidelijkt worden in de analyse.

4. Resultaten

4.1 Kwalitatieve resultaten: het diepte-interview

Uit het diepte-interview resulteerden opmerkingen en feedback met betrekking tot enerzijds de Instagramposts en anderzijds de enquête.

Opmerkingen over de Instagramposts hadden meestal betrekking op de inhoud en lay-out van de posts, bijvoorbeeld:

- *“Super interessant!”*
- *“De posts zijn echt goed.”*
- *“Ze zien er super goed uit!”*
- *“Leuke posts!”*
- *“Er is veel variatie in de posts.”*
- *“De posts zijn super leuk gedaan.”*
- *“Super mooie Instaposts.”*

Hiernaast kwamen ook opmerkingen voor over het gebruik van Instagram als platform in de studie, bijvoorbeeld:

- *“Leuk dat het op Instagram is, is heel hedendaags.”*
- *“Instagram maakt het toegankelijk voor de leerlingen.”*

Andere opmerkingen wezen op minieme foutjes in de posts (bijvoorbeeld ‘DNA-polymerasen’ in plaats van ‘DNA polymerasen’) of verduidelijkingen (‘broeikaseffect’ bij stijgende temperatuur van het zeewater).

Oorspronkelijk was er ook een quiz over darmflora op het Instagramaccount, om voor meer interactie in de enquête te zorgen. Echter, zodra deze quiz een bepaalde tijd online had gestaan in Instagram, was het niet meer mogelijk om zelf de quizvragen te beantwoorden, waardoor ervoor gekozen werd om dit weg te laten.

Wat betreft de enquête, waren er onder andere opmerkingen over de vragen zelf. Er werd twee keer gewezen op het terugkeren van dezelfde vragen:

- *“Enkel misschien wat spijtig dat steeds dezelfde vragen terugkomen.”*
- *“Dezelfde vragen keren vaak terug.”*

Anderzijds wezen anderen er op dat de vragen wel goed opgesteld waren, bijvoorbeeld:

- *“De vragen zijn ruim, maar je kan waarschijnlijk niet veel dieper ingaan.”*
- *“Leuke combinatie van open en gesloten vragen.”*
- *“Je vragen zien er goed uit.”*
- *“Het zit goed in elkaar.”*
- *“De vragen zijn echt goed.”*

Uiteindelijk werd besloten om de vragen te behouden zoals ze waren, aangezien de meerderheid van de geïnterviewden ze goed vond.

De suggestie om een volgbalkje aan de enquête toe te voegen kwam ook een aantal keer voor, waardoor dit aangepast werd in de enquête. Eén persoon suggereerde om de vragen waarin demografische gegevens, zoals school en geslacht, bevraagd werden achteraan de enquête te zetten, aangezien dit volgens de methodologie zo aangeraden wordt. Dit werd dan ook zo aangepast. Ook kwam eens voor dat het pijltje onderaan de eerste pagina over het hoofd werd gezien, waardoor een mededeling “Klik op de pijl hieronder om de enquête te starten” toegevoegd werd.

Andere opmerkingen gingen over aanpassingen, zoals het beknopter schrijven van de inleiding en het toevoegen van ‘anders’ bij de vraag over het geslacht. De gebruikte memes aan de start en het einde van de enquête werden ook geapprecieerd. Over het algemeen werd gezegd dat alle vragen duidelijk waren, de enquête goed in elkaar zat en het tof was om deze in te vullen. Een aantal van de geïnterviewde personen wezen er ook op dat ze het interessant vonden dat de enquête aanzette tot nadenken over de huidige maatschappij en het goed was dat op het einde terug werd gereflecteerd, zodat er gepeild kon worden naar wat de jongeren allemaal geleerd zouden hebben.

4.2 Kwantitatieve resultaten: de enquête

Er werden finaal 137 responsen op de enquête geregistreerd. Een deel hiervan was niet bruikbaar, omdat de leerlingen de enquête niet hadden afgewerkt en hierdoor onvolledige responsen verkregen werden. Hiernaast bleken er ook volledig lege responsen opgeslagen te zijn, vermoedelijk door een fout in het systeem en door een aantal personen die de enquête wilden bekijken zonder deze in te vullen. Zo bleven slechts 83 bruikbare responsen over voor de analyse. Deze werden gecategoriseerd volgens twee groepen, enerzijds de leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen (hierna: “WE-leerlingen”) en anderzijds de leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen (hierna: “NWE-leerlingen”). Deze groepen bestonden uit respectievelijk 46 en 37 leerlingen. De leerlingen kwamen uit verschillende scholen, zijnde Sint-Lievenscollege, BenedictusPoort en Visitatie

(KOV), GO! Atheneum Voskenslaan, GO! Lyceum Gent, Tectura Groenkouter en Tectura Gent-centrum (GO!) en Atheneum Wispelberg en IVG-School (OVSG).

In de eerste vraag “Wat is microbiologie volgens jou?” werd er aan de leerlingen gevraagd om minimaal drie en maximaal tien woorden op te sommen. Het totaal aantal woorden was 326, wat betekent dat elke leerling gemiddeld ongeveer vier woorden heeft opgesomd. De top 10 woorden die terugkwamen waren (van vaakst naar minder vaak): ‘bacteriën’, ‘klein’, ‘microscopie’, ‘cellen’, ‘virussen’, ‘wetenschap’, ‘levende organismen’, ‘onderzoek’, ‘micro-organismen’ en ‘schimmels’, samen verantwoordelijk voor ongeveer 83% van alle antwoorden (Figuur 3). De resterende woorden werden gecategoriseerd als ‘overige’ om een overzichtelijk cirkeldiagram te krijgen (Figuur 3).

Wanneer er dan gekeken werd naar het percentage leerlingen dat de woorden had opgesomd, sprong ‘bacteriën’, dat door 66% van de leerlingen genoemd werd, erbovenuit (Figuur 4). Woorden die door net niet de helft van de leerlingen opgesomd werden, zijn ‘klein’ en ‘microscopie’ (elk 43%). Drie op tien leerlingen gaf ‘cellen’, ‘virussen’ en ‘wetenschap’ als antwoord (respectievelijk 31%, 31% en 30% van de leerlingen). ‘Levende organismen’ werd door 24% van de leerlingen aangehaald, ‘onderzoek’ door 23%, ‘micro-organismen’ door 19% en ‘schimmels’ door 13%. Nog lagere waarden werden bekomen voor ‘dieren’ (8%), begrippen rond milieu en celbouw (elk 8%), ‘planten’ (7%), ‘DNA’ (6%), ‘mens’ (5%), ‘moleculen’ (5%), toepassingen van microbiologie (4%), ‘ziekteverwekkers’ (4%), begrippen rond het kweken van micro-organismen (4%), ‘algen’ (2%), ‘microbioom’ (2%), ‘waternlooiën’ (2%) en ‘Antonie van Leeuwenhoek’ (1%).

Op de vraag “Denk je dat microbiologie belangrijk is in de huidige maatschappij?” antwoordden 100% van de WE-leerlingen en 89% van de NWE-leerlingen “ja” en slechts 11% van de NWE-leerlingen “nee” (Figuur 5).

Bij de motivering van dit antwoord door leerlingen die “ja” hadden geantwoord werden verschillende zaken aangehaald, meestal gelinkt aan ziekten en medicatie. Enerzijds werd er soms gesproken over de invloed van micro-organismen op het menselijk lichaam, bijvoorbeeld:

- *“Veel invloed op de gezondheid van de mens.”*
- *“Door de interacties tussen het menselijk lichaam en bijvoorbeeld bacteriën en virussen.”*

Anderzijds werd er verwezen naar onderzoek naar geneesmiddelen en vaccins, bijvoorbeeld:

- *“Om ziektes te onderzoeken en daar een medicijn tegen te vinden.”*
- *“We leven nu in een wereld met veel nieuwe ziektes en virussen, microbiologie kan deze onderzoeken.”*
- *“Voor het maken van medicijnen tegen bacteriën en virussen.”*
- *“Het bevordert het ontwikkelen van vaccins.”*
- *“Het zou kunnen helpen bij het verhelpen van verschillende ziektes, zoals kanker.”*

In een aantal gevallen werd specifiek het coronavirus aangehaald, bijvoorbeeld:

- *“Het is belangrijk om te weten wat voor bacteriën en virussen er zijn op de wereld voor onze gezondheid, zoals het coronavirus.”*
- *“De recente coronacrisis.”*
- *“Om nieuwe pandemieën te vermijden.”*
- *“Om nieuwe medicijnen te maken tegen ziekten zoals corona.”*

Of werd er gesproken over ‘nieuwe ziekten’, bijvoorbeeld:

- *“Omdat nieuwe ziektes opkomen en er nieuwe geneesmiddelen gemaakt moeten worden.”*
- *“Om nieuwe ziekten te ontdekken.”*

In andere gevallen werd er gewezen op het algemeen belang van microbiologisch wetenschappelijk onderzoek, bijvoorbeeld:

- *“Het ontdekken van nieuwe virussen en bacteriën is belangrijk.”*
- *“Het leert ons veel over bacteriën.”*
- *“Het kan ons veel leren over de kleinste organismen die men met het blote oog niet kan zien.”*
- *“Onderzoek naar nieuwe virussen en/of bacteriën.”*
- *“Om kennis te verwerven over micro-organismen zoals bacteriën.”*

Ook werd er soms gewezen op het belang op vlak van evolutie, bijvoorbeeld:

- *“We kunnen zo weten hoe grotere organismen zijn ontstaan.”*
- *“Microbiologie ligt aan de basis van ons bestaan.”*

Een aantal keer kwam de link met de omgeving aan bod, bijvoorbeeld:

- *“Om problemen die voor onze natuur een gevaar zijn op te lossen.”*
- *“Voor het milieu.”*

Finaal kwamen er ook antwoorden met betrekking tot toepassingen, bijvoorbeeld:

- *“Biotechnologie”.*
- *“Om bacteriën te onderzoeken en gebruiken.”*
- *“Toepassingen in bijvoorbeeld de voedingssector.”*

Een aantal leerlingen gaven ook aan dat ze niet wisten wat microbiologie is en hadden de vraag met “nee” beantwoord om deze reden.

Na deze eerste vragen, volgden de vragen over de Instagramposts, allereerst de weetjes. Op de vraag “Vind je deze weetjes interessant?” antwoordden 89% van de WE-leerlingen en 95% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 11% en 5% “nee” (Figuur 6A). Wanneer gevraagd werd of de leerlingen iets nieuws geleerd hebben, antwoordden 98% van de WE-leerlingen en 81% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 2% en 19% van de leerlingen “nee” (Figuur 6B). Finaal werd er gevraagd of ze de informatie in de weetjes belangrijk vonden voor de wetenschap en/of de maatschappij. Hierop antwoordden 98% van de WE-leerlingen en 81% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 2% en 19% “nee” (Figuur 6C).

Motiveringen voor de laatste vraag, indien er met “ja” werd geantwoord, waren bijvoorbeeld:

- *“Het is informatie die ons nieuwe oplossingen zou kunnen bieden tegen grote ecologische/maatschappelijke problemen.”*
- *“We kunnen huidige problemen daarmee oplossen.”*
- *“Het heeft een invloed op ons dagelijks leven.”*
- *“Ze kunnen zorgen voor doorbraken op medisch vlak, in de strijd tegen vervuiling van de planeet en zijn essentieel voor het leven op aarde.”*
- *“Ze kunnen een toepassing hebben in de geneeskunde, helpen in de bestrijding van ziekten.”*
- *“We kunnen oplossingen vinden voor milieuproblemen zoals de plastic soep.”*
- *“Nieuwe ontwikkelingen om plastic te kunnen recycleren.”*
- *“Ze kunnen de aanzet vormen voor verder wetenschappelijk onderzoek.”*

Wanneer “nee” werd geantwoord, waren de verschillende motiveringen hierbij bijvoorbeeld:

- *“Je hebt deze informatie niet nodig in het dagelijks leven.”*
- *“Mijn interesses liggen ergens anders.”*
- *“Het zijn niet zo’n goede wist-je-datjes.”*
- *“Het is wel interessant voor de wetenschap, maar minder voor de gewone mens. Het is leuk om te weten, maar je kan er verder niet zoveel mee doen.”*

Niet meteen een antwoord op de vraag, maar wat ook terugkeerde waren antwoorden waarin gewezen werd naar hoe leuk en interessant de weetjes zijn, dat iedereen kan bijleren, dat het ook belangrijk is dat mensen bijleren over wetenschap en het tof is om eens weetjes zoals deze op Instagram te zien verschijnen tijdens het scrollen.

Hierna werden vragen gesteld over de carrouselposts, startende bij deze over bioluminescente lampen. Op de vraag “Vind je deze informatie interessant?” antwoordden 98% van de WE-leerlingen en 95% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 2% en 5% “nee” (Figuur 7A). Wanneer gevraagd werd of de leerlingen iets nieuws geleerd hebben, antwoordden 96% van de WE-leerlingen en 95% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 4% en 5% van de leerlingen “nee” (Figuur 7B). Finaal werd er gevraagd of ze de informatie in de carrouselpost belangrijk vonden voor de wetenschap en/of de maatschappij. Hierop antwoordden 96% van de WE-leerlingen en 73% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 4% en 27% “nee” (Figuur 7C).

Indien “ja” werd geantwoord, waren verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *“Ik vind het gek hoe de genen van bepaalde bacteriën een hele stad zouden kunnen voorzien van licht. Dit zou een geweldige oplossing zijn voor lichtvervuiling in de toekomst.”*
- *“Bioluminescentie is een duurzame oplossing.”*
- *“Deze lampen zijn ecologisch gezien interessant.”*
- *“Er zijn vele toepassingen mogelijk voor belichting.”*
- *“Minder energieconsumptie en verspilling van elektriciteit.”*
- *“Dit toont aan dat micro-organismen ook een rol kunnen spelen in de strijd tegen de opwarming van de aarde.”*
- *“Het biedt een oplossing voor het klimaat.”*
- *“Het gaat over een oplossing voor een actueel probleem (lichtpollutie).”*
- *“Het zou een goedkoper en duurzamer alternatief zijn.”*
- *“Je kan het tekort aan energie oplossen en het probleem van afval bij het maken van energie oplossen.”*

Indien “nee” werd geantwoord, waren verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *“Volgens mij is dit niet zo belangrijk voor de maatschappij, enkel voor de wetenschap.”*
- *“Dit is geen belangrijke informatie.”*
- *“Het is interessant om te weten, maar niet echt essentieel.”*
- *“Het is basiskennis.”*
- *“De lampen geven niet even veel licht als de lampen die we nu hebben.”*

Wat niet meteen een antwoord op de vraag was, maar ook geantwoord is geweest, is bijvoorbeeld dat een carrouselpost interessanter is dan een weetje, omdat hiermee een volledig verhaal verteld wordt. Hiernaast werd ook vermeld dat het een leuke gedachte is dat straten verlicht zouden kunnen worden met bacteriën. Ook werd er gewezen op hoe interessant de informatie is en het ertoe leidde dat bepaalde leerlingen spontaan meer informatie gingen opzoeken.

Op de vraag "Vind je deze informatie interessant?" bij de tweede carrouselpost over *coral bleaching* antwoordden 89% van de WE- en NWE-leerlingen "ja" en 11% "nee" (Figuur 8A). Wanneer gevraagd werd of de leerlingen iets nieuws geleerd hebben, antwoordden 87% van de WE-leerlingen en 81% van de NWE-leerlingen "ja" en respectievelijk 13% en 19% van de leerlingen "nee" (Figuur 8B). Finaal werd er gevraagd of ze de informatie in de carrouselpost belangrijk vonden voor de wetenschap en/of de maatschappij. Hierop antwoordden 100% van de WE-leerlingen en 86% van de NWE-leerlingen "ja" en 14% van de NWE-leerlingen "nee" (Figuur 8C).

Indien "ja" werd geantwoord, waren verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *"We moeten zorg dragen voor hetgeen rondom ons. Als iets schadelijk is voor koralen, zou het ook schadelijk kunnen zijn voor ons."*
- *"Ik wist al dat koraalriffen belangrijk zijn voor het zeeleven, maar wist niet dat het de micro-algen zijn die dit zo een rijk ecosysteem maken. De hogere zeetemperatuur is het gevolg van de klimaatopwarming, dus het is zeker een relevant onderwerp."*
- *"De mens is verantwoordelijk voor coral bleaching, dus we brengen de wereld nog meer om zeep. Nu we deze informatie weten, hebben we een reden meer om ervoor te zorgen dat het koraal niet verder sterft."*
- *"Het is belangrijk voor het behoud van ecosystemen. Het verdwijnen van koraalriffen moet tegengegaan worden."*
- *"Koralen zorgen voor rijke ecosystemen in de zee."*
- *"Het is een actueel onderwerp, het is niet enkel slecht voor de oceanen, maar ook voor de mens."*
- *"Het Great Barrier Reef redden."*
- *"Het gaat over de gevolgen van de klimaatopwarming."*
- *"Het kan aanzetten tot conservatie van koralen en zo ook bijvoorbeeld het behoud van de vissoorten die er leven."*

Indien "nee" werd geantwoord, werd er als reden bijvoorbeeld aangehaald dat de mens er niets tegen kan doen of dat het een te ingewikkeld onderwerp is.

Bij de laatste carouselpost, over kabelbacteriën, werd de vraag “Vind je deze informatie interessant?” door 85% van de WE-leerlingen en 78% van de NWE-leerlingen beantwoord met “ja” en door respectievelijk 15% en 22% met “nee” (Figuur 9A). Wanneer gevraagd werd of de leerlingen iets nieuws geleerd hebben, antwoordden 100% van de WE-leerlingen en 81% van de NWE-leerlingen “ja” en 19% van de NWE-leerlingen “nee” (Figuur 9B). Finaal werd er gevraagd of ze de informatie in de carouselpost belangrijk vonden voor de wetenschap en/of de maatschappij. Hierop antwoordden 96% van de WE-leerlingen en 73% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 4% en 27% “nee” (Figuur 9C).

Indien “ja” werd geantwoord, waren verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *“Het zou voor een vermindering van de afvalberg kunnen zorgen, aldus een verbetering voor onze samenleving.”*
- *“Deze micro-organismen zorgen voor een duurzaam alternatief voor gewone batterijen, en dit kan weer helpen in de strijd tegen vervuiling.”*
- *“Er zit hier een toekomst in als vervanging van koperen bedrading.”*
- *“Het kan ons helpen om groene energie op te wekken.”*
- *“Het is beter voor het klimaat.”*
- *“Het is handig in de geneeskunde en kan het probleem van elektronisch afval oplossen.”*
- *“Biologisch afbreekbaar materiaal wordt alsnog belangrijker.”*
- *“We kunnen niet meer leven zonder gsm’s, dus het is belangrijk om te weten wat er allemaal mogelijk is.”*

Indien “nee” werd geantwoord, waren verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *“Het is onnodig voor de alledaagse mens.”*
- *“Het is een leuk weetje, maar niet belangrijk voor de maatschappij.”*
- *“Het is te specifiek en moeilijk toepasbaar op ons leven.”*

Geen antwoorden op de vraag, maar wat soms ook terugkeerde in de antwoorden was enerzijds dat leerlingen niet wisten dat zoiets als kabelbacteriën bestaan en anderzijds dat ze iets bijgeleerd hebben.

Finaal werden er vragen gesteld over de reels. Bij de vraag “Vind je deze reels interessant?” antwoordden 85% van de WE-leerlingen en 92% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 15% en 8% “nee” (Figuur 10A). Wanneer gevraagd werd of de leerlingen iets nieuws geleerd hebben, antwoordden 96% van de WE-leerlingen en 89% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 4% en 11% “nee” (Figuur 10B). Finaal werd er gevraagd of ze de informatie in de reels belangrijk vonden voor

de wetenschap en/of de maatschappij. Hierop antwoordden 74% van de WE-leerlingen en 92% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 26% en 8% “nee” (Figuur 10C).

Indien “ja” werd geantwoord, waren verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *“Zonder microben zouden we heel wat minder producten hebben.”*
- *“Het toont weer aan dat micro-organismen zeer veel toepassingen kunnen hebben en essentieel zijn.”*
- *“Vaak wordt hun rol onderschat en de mogelijke toepassingen niet gebruikt wegens te weinig kennis en interesse.”*
- *“Zonder het te beseffen, hebben we eigenlijk veel te danken aan deze microben. Producten zoals brood en boter zijn basisproducten.”*
- *“Het is van belang voor de voedingsindustrie.”*
- *“Archaea kunnen ons leven beter en duurzamer maken en problemen oplossen of voorkomen.”*

Indien er “nee” geantwoord werd, waren de verschillende motiveringen bijvoorbeeld:

- *“Hier worden enkele weetjes opgesomd zonder enige verdere informatie.”*
- *“Het brengt niet veel nieuws.”*
- *“Het is minder relevant en belangrijk dan de vorige zaken.”*

Niet meteen een antwoord op de vraag, maar vaak werd er ook geantwoord dat de weetjes heel interessant waren en de leerlingen veel bijgeleerd hebben, dat het leuk is om te weten dat microben echt overal zijn en om deze kennis via video's te leren. Ook werd er op gewezen dat we er niet genoeg bij stilstaan hoe groot de impact van zulke kleine wezens is en hoe mooi en belangrijk microbiologie kan zijn.

In het laatste deel werd eerst gevraagd aan de leerlingen om te omschrijven wat ze denken dat microbiologie inhoudt na het bekijken van de posts. Verschillende definities die door de leerlingen gegeven werden, zijn onder andere:

- *“Microbiologie is de tak van de biologie die zich bezighoudt met het onderzoeken van micro-organismen zoals virussen en bacteriën en kijkt welke toepassingen deze microben kunnen hebben, die bijvoorbeeld duurzame oplossingen kunnen bieden en de maatschappij er op vooruit kunnen helpen.”*
- *“De biologie die onderzoek doet naar micro-organismen zoals bacteriën, virussen en gisten.”*
- *“Het bestuderen en onderzoeken van micro-organismen op wetenschappelijk niveau, maar ook hun toepassingen in de maatschappij.”*

- *“Het is de wetenschap die micro-organismen onderzoekt en bijvoorbeeld een aandeel heeft in de voedingsindustrie.”*
- *“De wetenschap die bacteriën, schimmels en virussen bestudeert. Tegenwoordig wordt ook het experimenteel onderzoek met microscopisch kleine algen onder de microbiologie gebracht.”*
- *“Microbiologie bestudeert bacteriën, virussen, eencelligen (protisten) en Archaea en gaat op zoek naar toepassingen die gebruikt kunnen worden in de maatschappij.”*

In de volgende vraag werd gevraagd of de leerlingen denken dat microbiologisch onderzoek belangrijk is in de huidige maatschappij. Hierop antwoordden 100% van de WE-leerlingen en 92% van de NWE-leerlingen “ja” en 8% van de NWE-leerlingen “nee” (Figuur 11). Op de vraag “Vind je dat je voldoende lessen rond microbiologie hebt gekregen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen?” antwoordden 59% van de WE-leerlingen en 62% van de NWE-leerlingen “ja” en respectievelijk 41% en 38% “nee” (Figuur 12A). De laatste vraag “Zou je meer willen leren over microbiologie op school?” beantwoordden 65% van de WE-leerlingen en 62% van de NWE-leerlingen met “ja, in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen”, respectievelijk 7% en 22% antwoordden met “ja, in lessen die extra aangeboden worden (bv. tijdens de middagpauze)” en respectievelijk 28% en 16% antwoordden “nee” (Figuur 12B).

5. Discussie

5.1 De perceptie van en interesse voor microbiologie bij zesdejaarsleerlingen

De eerste vraag in de enquête “Wat is microbiologie volgens jou?” resulteerde in een vrij algemene top tien. Interessant is dat woorden als ‘bacteriën’, ‘virussen’ en ‘schimmels’ deze top tien haalden, terwijl ‘Archaea’ geen enkele keer voorkwam in de responsen en bijvoorbeeld ‘micro-algen’ slechts een aantal keer werd genoemd (Figuren 3 en 4). De allesomvattende term ‘micro-organismen’ kwam pas op de negende plaats. Het is duidelijk dat leerlingen microbiologie op de eerste plaats specifiek associëren met bacteriën (Figuur 4). Dit is dan ook de eerste groep binnen de micro-organismen waar er in de leerstof microbiologie in de tweede graad in het secundair onderwijs wat langer bij wordt stilgestaan. Hierop volgt dan een hoofdstuk over virussen, wat de (gedeelde) vierde plaats in de top tien kan verklaren (Figuren 3 en 4). De leerlingen associëren microbiologie ook snel met entiteiten of cellen die klein zijn, onzichtbaar voor het blote oog, die gevisualiseerd kunnen worden aan de hand van microscopie. Wat minder vaak werd ‘levende wezens/organismen’ genoemd, vermoedelijk omdat dit zo vanzelfsprekend is (Figuren 3 en 4). Hiernaast kwam het wetenschappelijke onderzoeksaspect ook aan bod, aangezien het gaat om leerstof die aan bod komt in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen. De leerlingen weten dat microbiologie vooral ook gaat over wetenschappelijk onderzoek en studies.

Woorden die de top tien niet haalden, waren onder andere organismen waarmee micro-organismen samenleven in symbiose, zoals planten, dieren en de mens (Figuur 4). Deze komen meer aan bod in de leerstof biologie bij de wetenschappelijke richtingen. Een aantal keer werd er gewezen op ‘darmflora’ (wat gecategoriseerd werd onder ‘mens’, Figuur 4) en meer algemeen ‘microbioom’. Er werd soms ook een link gelegd met de natuur, zo werden bijvoorbeeld microplastics als probleem genoemd dat met de hulp van micro-organismen opgelost zou kunnen worden. Deze voorbeelden zijn vrij specifiek en zijn eerder te linken aan de interesse van de leerlingen zelf dan aan de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen. Meer algemene termen op moleculair en celniveau werden soms ook opgesomd (‘celbouw’, ‘DNA’, ‘moleculen’), wat gelinkt kan worden aan de leerstof in de derde graad (Figuur 4). Occasioneel werd er verwezen naar toepassingen van microbiologie (gecategoriseerd als ‘toepassingen’, Figuur 4), zoals antibiotica, vaccins en de voedingsindustrie, zaken die ook in de tweede graad aan bod komen. Een aantal keren werd er gewezen op ziekteverwekkers, het kweken van micro-organismen, watervlooiën en eenmaal naar Antonie van Leeuwenhoek, wat allemaal al wat specifiekere termen waren, maar wel gelinkt kunnen worden aan de lessen biologie (Figuur 4).

Aan het begin van de enquête bleek uit de antwoorden op de vraag “Denk je dat microbiologie belangrijk is in de huidige maatschappij?” dat de leerlingen uit wetenschappelijke richtingen het belang

van microbiologie al konden inzien, bij de leerlingen uit de niet-wetenschappelijke richtingen was dit niet voor iedereen het geval (Figuur 5). Uit hun motiveringen bleek dat ze niet volledig wisten wat microbiologie inhoudt. Wat echter bleek uit de motiveringen van de leerlingen die er wel mee akkoord gingen, was dat veelal het negatieve aspect van micro-organismen werd aangehaald als reden. De meerderheid van deze leerlingen gaf het belang van microbiologie en microbiologisch onderzoek in de biomedische context aan: ziekten van microbiologische aard en het ontwikkelen van geneesmiddelen en vaccins hiertegen. Wat heel interessant was, was dat het coronavirus, SARS-CoV-2, ook meermaals specifiek werd aangehaald en er zelfs werd gesproken over nieuwe ziekten en pandemieën. De COVID-pandemie heeft nu eenmaal een grote impact gehad op ons leven de voorbije jaren, zeker ook op dat van jongeren die hierdoor onder andere genoodzaakt waren om van thuis uit online lessen te volgen. Dit verklaart ook wel waarom ze het belang van microbiologie en microbiologisch onderzoek sneller hiermee associëren. Eenmaal werd er verwezen naar kanker, wat erop wijst dat de leerling in kwestie vermoedelijk kennis heeft van onderzoek naar het gebruik van virussen in het genezen van kanker (Budynek et al., 2010). Dit is iets dat niet in de lessen in het secundair onderwijs aan bod komt, en getuigt van de interesse van de leerling, die waarschijnlijk ook buiten de lessen biologie probeert bij te leren.

Antwoorden die de positievere aspecten van microbiologie belichtten, wezen op de symbiose tussen de mens en verschillende micro-organismen, onderzoek naar nieuwe soorten bacteriën, micro-organismen vanuit een evolutionair perspectief en toepassingen van micro-organismen in bijvoorbeeld de voedingssector en als oplossing voor omgevingsgerelateerde problemen, zoals microplastics. Deze antwoorden kwamen echter weinig voor. Dit wijst er op dat de leerlingen een eerder negatieve perceptie van microbiologie hebben.

In het tweede deel van de enquête volgden de Instagramposts. Bij de vragen “Vind je deze weetjes interessant?” (Figuur 6A), “Vind je deze informatie interessant?” (Figuren 7A tot en met 9A betreffende de carouselposts) en “Vind je deze reels interessant?” (Figuur 10A) waren er kleine verschillen tussen de WE- en NWE-leerlingen merkbaar. De percentages leerlingen die akkoord gingen, lag namelijk lager bij de WE-leerlingen in het geval van de weetjes en reels. Zoals de leerlingen zelf ook aanhaalden, vonden ze deze vaak minder interessant omdat er weetjes opgesomd werden, zonder er dieper op in te gaan en verdere informatie mee te geven, zoals dat bij de carouselposts wel het geval was en er daar een meer volledig beeld werd gegeven. Het is duidelijk dat leerlingen in de wetenschappelijke richtingen een diepere interesse in wetenschap hebben en het appreciëren om de wetenschappelijke informatie achter bijvoorbeeld een simpel weetje mee te krijgen. Een groter deel van de NWE-leerlingen is echter meer ‘voldaan’ met deze weetjes te krijgen, zonder het ganse verhaal erachter.

Ondanks de niet-wetenschappelijke richtingen die ze volgen, zijn ze over het algemeen effectief wel geïnteresseerd in microbiologie, alleen hebben sommigen liever informatie die kort is en snel te lezen is, terwijl dit voor de WE-leerlingen vaker onvoldoende is.

Bij de vragen “Heb je iets nieuws geleerd?” en “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?” is er een andere trend zichtbaar. Ondanks dat de WE-leerlingen vaker aangaven dat ze de weetjes en reels minder interessant vonden, gaven ze toch wel vaker aan dat ze iets nieuws geleerd hadden en het belang van de informatie voor toepassingen in de wetenschap en maatschappij konden inzien (Figuren 6B-C tot en met 10B-C). De enige uitzondering hierop waren de reels, waarbij door hen vaker aangegeven werd dat de informatie minder interessant was voor de wetenschap en/of maatschappij (Figuur 10C). Dit kan verklaard worden door de inhoud van de reels, die enerzijds beknopter was in vergelijking met bijvoorbeeld de carouselposts en anderzijds was er bijvoorbeeld ook een reel over *microbe art*, wat de WE-leerlingen mogelijk minder aansprak.

Over het algemeen kan er gezegd worden dat zowel de WE- als NWE-leerlingen de informatie in de Instagramposts interessant vonden (percentages tussen 78% en 98%). Ze gaven ook vaak aan dat ze iets nieuws geleerd hadden (percentages tussen 81% en 100%) (Figuren 6A-B tot en met 10A-B). Dit wijst er op dat de kennis die ze via de Instagramposts hebben opgedaan, niet aan bod is gekomen in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen, terwijl de leerlingen wel duidelijk de interesse ervoor hebben. Nochtans kwam vaak de actualiteit aan bod in deze posts of gaven ze mogelijke oplossingen voor problemen waar de mensheid tegenwoordig mee worstelt. Dit kan terug gekoppeld worden aan de belangrijke plaats voor microbiële geletterdheid in het onderwijs, waarvoor er nu nog te weinig aandacht is.

Vaak zagen de leerlingen ook in wat de informatie kan betekenen voor de wetenschap en/of de maatschappij (percentages tussen 73% en 100%) (Figuren 6C tot en met 10C). Bij de leerlingen die “nee” hadden geantwoord, bleek vaak wel dat ze minder geïnteresseerd waren in microbiologie. Ze vonden de informatie onnodig of te ingewikkeld, dit gaven ze dan ook wel aan. Hiernaast waren er ook leerlingen die de informatie als basiskennis zagen. Dit gaat dan waarschijnlijk om enkele leerlingen die sowieso al sterk geïnteresseerd zijn in microbiologie en bij uitbreiding wetenschap, waardoor ze zelf spontaan informatie opzoeken en hierdoor meer kennis hebben in vergelijking met andere leerlingen. De meeste leerlingen stonden er wel voor open om bij te leren, lieten soms zelfs weten dat ze het initiatief namen om zelf nog meer op te zoeken naar aanleiding van de informatie in de posts en dat ze ook verrast waren door de nieuwe informatie die ze kregen. Uit de antwoorden bleek ook dat ze vaak het belang van microbiologie konden inzien op vlak van duurzaamheid en de klimaatverandering. Deze werden vaak aangehaald door hen en zijn zaken waar ze wel mee inzitten, zoals eerder ook wel

bleek in verschillende klimaatstakingen de voorbije jaren (bijvoorbeeld Europese Unie, 2019; Het Nieuwsblad, 2021; Huyghebaert, 2019). Wat ook bleek uit de antwoorden van de leerlingen, was dat ze het wel apprecieerden om educatieve content te krijgen via Instagram. Hiernaast kwam ook wel terug dat de informatie een eyeopener was voor velen. Vaak hadden ze nog niet stilgestaan bij de impact die micro-organismen op verschillende manieren hebben en kunnen hebben op ons leven.

Wanneer er in het laatste deel gevraagd werd aan de leerlingen om microbiologie te gaan omschrijven, gaven ze, naast de basisdefinitie “de studie van micro-organismen”, heel vaak ook aan dat toepassingen met deze organismen onderzocht kunnen worden en hoe ze oplossingen kunnen bieden voor de mens en maatschappij. Naast bacteriën, virussen en schimmels die al vaak voorkwamen in de eerste vraag, werd de lijst nu ook verder uitgebreid en kwamen Archaea en protisten ook al vaker aan bod in de definities van de leerlingen. Ze hadden duidelijk een beter beeld van welke organismen binnen de microbiologie bestudeerd worden en nog belangrijker, dat het niet alleen gaat over biomedisch onderzoek, maar er heel wat microbiologisch onderzoek uitgevoerd wordt met een volledig andere focus, dat zeker niet alleen gaat over de schadelijke ziekteverwekkers binnen de micro-organismen.

In het laatste deel werd er ook gevraagd aan de leerlingen of ze microbiologie belangrijk vinden in de huidige maatschappij. Dit kan gelinkt worden aan het eerste deel van de enquête waarin dezelfde vraag voorkwam. Toen was het al zo dat 100% van de WE-leerlingen hiermee akkoord ging, dit was nu weer het geval. Interessanter is wel dat er een stijging was in de groep NWE-leerlingen die met deze stelling akkoord gingen (van 89% naar 92%) (Figuren 5 en 11). Enkele leerlingen die niet wisten wat microbiologie is, hadden er nu een beter zicht op en konden het belang ervan inzien, wat de stijging van het percentage kan verklaren.

De laatste twee vragen gingen meer specifiek over de interesse van de leerlingen in microbiologie. De eerste vraag wou nagaan of de leerlingen vinden dat ze voldoende lessen microbiologie hebben gekregen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen (Figuur 12A). Hierop antwoordde de meerderheid, namelijk 59% en 62% van respectievelijk de WE- en NWE-leerlingen, “ja” en dus respectievelijk 41% en 38% “nee” (Figuur 12A). Deze laatste groep zou dus meer lessen over microbiologie willen krijgen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen. Wat echter interessanter is, zijn de resultaten van de tweede vraag. Hier geeft de meerderheid van de leerlingen aan meer te willen leren over microbiologie in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen, namelijk 65% van de WE- en 62% van de NWE-leerlingen (Figuur 12B). Er zou dus meer ruimte kunnen vrijgemaakt worden voor microbiologie in zowel de lessen (toegepaste)

biologie als natuurwetenschappen. Sommige leerlingen zijn zelfs bereid om deze kennis op te doen tijdens extra lessen buiten de gewoonlijke lessen, namelijk 7% van de WE- en 22% van de NWE-leerlingen (Figuur 12B). Het veel hogere percentage bij de NWE-leerlingen kan erop wijzen dat enerzijds de informatie die de leerlingen via de Instagramposts hebben gekregen en anderzijds de manier waarop deze informatie gepresenteerd werd, vooral deze leerlingen heeft aangesproken. De leerlingen die de tweede vraag met “nee” beantwoordden zijn vermoedelijk ofwel niet geïnteresseerd in microbiologie, waardoor ze er niet meer over zouden willen leren, of zouden wel meer willen leren, maar dan op eigen houtje in plaats van op school. Dit sluit dus niet uit dat deze leerlingen niet meer over microbiologie zouden willen leren.

Als een op vijf leerlingen geïnteresseerd zou zijn in zo'n aanbod, zouden scholen er ook voor kunnen kiezen om in de toekomst een extra vak microbiologie in te richten. Tegenwoordig is er met de hervorming van de leerplannen effectief wel de ruimte voor nieuwe keuzevakken. Hierbij zou er ook een onderscheid gemaakt kunnen worden tussen leerlingen van wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke richtingen, om aan de verschillende noden van de leerlingen te voldoen. De leerlingen van de wetenschappelijke richtingen zouden meer gestimuleerd kunnen worden door de volledige wetenschappelijke achtergrond en details mee te krijgen, terwijl bij deze van niet-wetenschappelijke richtingen er net wat minder ingegaan zou kunnen worden op deze details. Hiernaast zou, zoals uit deze studie blijkt, ook de manier waarop de leerlingen de informatie krijgen een belangrijke factor zijn, vooral bij leerlingen uit niet-wetenschappelijke richtingen, en zou hier dus ook best rekening mee gehouden worden. Uiteraard is zo'n keuzevak op zich geen antwoord op de onvoldoende microbiële geletterdheid bij elke leerling, maar enkel bij degenen die hier effectief voor zouden kiezen. Een vak gewijd aan microbiologie, dat op zoveel vlakken gelinkt is aan huidige maatschappelijke uitdagingen (*cf.* de SDG's), zou echter ongetwijfeld een plaats mogen krijgen in het onderwijscurriculum van middelbare scholieren, zeker indien blijkt dat er hiervoor interesse is bij de leerlingenpopulatie van de school.

Over het algemeen kan er besloten worden dat, wanneer de percentages van leerlingen die meer over microbiologie zouden willen leren, al dan niet tijdens de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen, samen genomen worden, in totaal 72% van de WE-leerlingen en 84% van de NWE-leerlingen meer microbiologie zouden willen krijgen op school. Dit geeft aan dat de meerderheid van de bevroegde leerlingen in deze studie geïnteresseerd is in microbiologie.

Uiteraard is het bereik in het kader van deze masterproef beperkt tot slechts een aantal scholen. Ondanks de interessante observaties en trends die hierboven besproken werden, moet er dan ook even gewezen worden op de beperkte schaal waarop deze studie uitgevoerd werd. Verder onderzoek op grotere schaal zou de genomen besluiten moeten bevestigen.

5.2 Microbiële geletterdheid in de toekomst: microbiologie na de modernisering

Om de huidige en nieuwe leerplannen te gaan vergelijken, werd als voorbeeld van de nieuwe leerplannen na de modernisering de GO!-Navigator gebruikt (<https://pro.g-o.be/pedagogische-begeleiding-leerplannen-nascholing/leerplannen/go-navigator>), aangezien deze openbaar toegankelijk staan. In deze nieuwe leerplannen, die momenteel al in de eerste en tweede graad gehanteerd worden, zijn de LPD microbiologie sterk beperkt. In de basisvorming doorstroomfinaliteit, die vergelijkbaar is aan het ASO (al vallen enkele huidige TSO-richtingen hier ook onder), wordt er gefocust op enerzijds het driedomeinensysteem en waarom de plaats van virussen hierin omstreden is, en anderzijds de rol van micro-organismen in ecosystemen en kringlopen, gelijkaardig aan wat terug te vinden is in de leerplannen van voor de modernisering. Anderzijds is er een LPD omtrent het aantonen dat micro-organismen en de mens elkaar zowel positief als negatief beïnvloeden, met als voorbeelden microbiom, antibioticaresistentie en ziekten. Als hier effectief aan positieve en negatieve aspecten gelijkwaardige aandacht gegeven wordt, is dit zeker een vooruitgang in vergelijking met de huidige leerplannen. Het is echter ook wel zo dat de nieuwe hand- en werkboeken en cursussen momenteel niet enorm veel verschillen van de voorgaande edities, dus zal er vermoedelijk (nog) niet veel ruimte zijn voor de positieve aspecten.

Het is interessant dat deze doelstellingen verschillen van de basisvorming dubbele finaliteit, die vergelijkbaar is aan het TSO. Hier is er een algemene doelstelling met betrekking tot de rol van micro-organismen, waarbij meer specifieke voorbeelden zoals yoghurt- en bierproductie, waterzuivering en antibiotica aan bod kunnen komen, het onderscheid tussen virussen, bacteriën en schimmels op basis van hun kenmerken, antibiotica en antibioticumresistentie en het belang van het microbiom. Er blijkt minder uniformiteit te zijn tussen de leerplannen van beide finaliteiten, althans in de basisvorming.

Wanneer gekeken wordt naar het specifieke gedeelte, dat enkel voor de wetenschappelijk georiënteerde STEM-richtingen (*science, technology, engineering and mathematics*) is, zijn de LPD microbiologie ook beperkt. Deze gaan over het onderscheiden van virussen, bacteriën, protozoa, algen en schimmels op basis van bouw en structuur. Het is heel goed dat verschillende groepen micro-organismen bij naam genoemd worden in de LPD, want dit was eerder niet helemaal het geval. Andere LPD gaan over de vermeerdering en voortplanting van virussen, bacteriën en schimmels en de impact hiervan op mens en milieu. Opnieuw gaat het over leerstof die in de leerplannen voor de modernisering ook al aan bod kwam, alleen de plaats die schimmels hier krijgen is nieuw.

Aangezien verduidelijkingen zoals bij de huidige LPD ontbreken, gaat enige nuance ook wel verloren en kan er hier enkel gekeken worden naar de LPD waarin heel specifiek over microbiologie gesproken wordt. Op basis hiervan kan besloten worden dat ook de nieuwe leerplannen voor de tweede graad

onvoldoende ruimte bieden voor microbiologie. Vermoedelijk zal dit ook zo zijn voor de nieuwe leerplannen in de derde graad. Zoals eerder besproken, is er echter een belangrijke rol voor microbiële geletterdheid in het secundair onderwijs, waarvoor er ook in de nieuwe leerplannen te weinig ruimte is. Deze vertrekken natuurlijk ook vanuit de eindtermen, dus als de STEM-eindtermen wat meer zouden focussen op het belang van microbiologie, zou dit ook hierin meer weerspiegeld zijn. Er zou dus gepleit kunnen worden om wat meer aandacht te geven aan microbiologie in de STEM-eindtermen.

Een eerdere studie sprak al over de barrière die ervoor zorgt dat minder belang gehecht wordt aan micro-organismen: ze zijn onzichtbaar (voor het blote oog) (McGenity et al., 2020). Enkel als we ziek zijn, worden ze meer 'zichtbaar' en dit zorgt voor de negatieve sfeer die rond microbiologie hangt. Dit zou ook kunnen verklaren waarom de eindtermen niet veel belang hechten aan microbiologie. Het is dan aan de microbiologen om aan heldere wetenschapscommunicatie te doen: uitleggen waarom micro-organismen en microbiële geletterdheid zo belangrijk zijn en zo ook de algemene perceptie gaan veranderen.

McGenity et al. (2020) spreekt over het lager onderwijs, al zijn enkele voorbeelden die aangehaald worden hier ook toepasbaar. Zo zouden excursies rond microbiologie georganiseerd kunnen worden. Aangezien het inplannen van deze excursies op problemen kan botsen, zoals de beperkte lestijd, zou er bijvoorbeeld voor gekozen kunnen worden om deze te plannen in een GWP-week (geïntegreerde werkperiode). Dan zou er ook gekozen kunnen worden voor opties zoals Micropia in Amsterdam (<https://www.micropia.nl/nl/>), een museum gewijd aan het 'onzichtbare leven', naast bijvoorbeeld het bezoeken van onderzoeksgroepen aan een universiteit, of bedrijven in de farmaceutische of voedingssector in de buurt van de school. Uiteraard is het ook aan deze onderzoeksgroepen en bedrijven om enerzijds hiervoor open te staan en anderzijds een interessant aanbod te creëren voor zulke schoolactiviteiten. Er is hier een belangrijke rol voor zowel de microbiologen in het vak als scholen. Goede samenwerkingen tussen beide zouden al een belangrijke stap kunnen zijn in de richting van microbiële geletterdheid bij volgende generaties leerlingen. Indien deze het gewenste effect zouden hebben, zou er al iets gemakkelijker gepleit kunnen worden voor meer microbiologie in de leerplannen en eindtermen. Uiteraard zal dit niet gemakkelijk zijn, wetende dat het een hele lange tijd heeft geduurd tot de huidige modernisering kon ingaan.

6. Conclusie

De lessen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen hebben bij de bevroegde leerlingen in deze studie een voornamelijk negatieve perceptie van microbiologie gegeven, zoals bleek uit de manier waarop microbiologie vaak gelinkt werd aan ziekteverwekkende micro-organismen en de bestrijding van deze organismen. Na het bekijken van de Instagramposts kon echter een verandering hierin waargenomen worden en stonden de leerlingen heel wat positiever tegenover microbiologie. Velen van hen gaven aan dat micro-organismen vele toepassingen bieden die onder andere ingezet kunnen worden in de strijd tegen klimaatverandering.

Kortom, de microbiële geletterdheid bij de leerlingen is redelijk beperkt en sterk gefocust op specifieke doelstellingen in het biologie-onderwijs. Nochtans is gebleken dat de leerlingen enerzijds geïnteresseerd zijn in microbiologie in al zijn vormen en anderzijds ervoor openstaan om hierover meer te leren in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen of zelfs tijdens extra lessen.

Mogelijke oplossingen voor het gebrek aan microbiële geletterdheid bij de leerlingen zijn:

- 1) Een keuzevak microbiologie inrichten, waar de nieuwe leerplannen ook ruimte voor bieden. Hier zou er gedifferentieerd kunnen worden tussen leerlingen van niet-wetenschappelijke en wetenschappelijke richtingen, om aan de specifieke noden van deze leerlingenpopulaties te voldoen.
- 2) Meer microbiologie aan bod laten komen in de leerplannen en lessen (toegepaste) biologie en natuurwetenschappen, met ook een duidelijke link naar de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen en de actualiteit. Hier spelen de eindtermen ook een belangrijke rol, aangezien ze de leerplannen rechtstreeks beïnvloeden. Er zou een omgekeerde *wave* kunnen plaatsvinden waarbij door een goede samenwerking tussen scholen en microbiologen aan universiteiten en in de industrie (via bijvoorbeeld het organiseren van excursies) de leerplannen en eindtermen op termijn beïnvloed zouden kunnen worden.

Literatuurlijst

- Alverson, A. (2014, June 11). *The Air You're Breathing? A Diatom Made That*. <https://www.livescience.com/46250-teasing-apart-the-diatom-genome.html>
- Annabel. (2009, June 12). *Rwzi Antwerpen-Zuid*. https://nl.wikipedia.org/wiki/Rioolwaterzuiveringsinstallatie#/media/Bestand:WWTP_Antwerpen-Zuid.jpg
- Artis Micropia. (n.d.). *Faagtherapie*. <https://www.micropia.nl/nl/ontdek/virussen/long-reads-virussen/faagtherapie/>
- Augurken*. (n.d.). Werknemer Subway mishandeld vanwege augurk: "Bloedspetters op de grond"
- Aziatische-ingredienten.nl. (2011, June 3). *Seafood sojasaus (gekruide sojasaus)*. <https://www.aziatische-ingredienten.nl/tag/sojasaus/>
- Baker, D. M., Freeman, C. J., Wong, J. C. Y., Fogel, M. L., & Knowlton, N. (2018). Climate change promotes parasitism in a coral symbiosis. *The ISME Journal*, 12(3), 921–930. <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0046-8>
- BBC NEWS. (2022). *Great Barrier Reef: Australia confirms new mass bleaching event*. <https://www.bbc.com/news/world-australia-60870239>
- Bock, P. (2017, April 15). *These Glowee lamps run on bioluminescent squid-power*. <https://www.wired.co.uk/article/glowee-squid-power>
- Breaking the bias in microbiology. (2022). *Nature Microbiology*, 7(3), 341–342. <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01086-z>
- Brood*. (n.d.). <https://www.maxvandaag.nl/sessies/themas/eten-drinken/is-brood-eeen-dikmaker-of-eeen-gezonde-aanvulling/>
- Budynek, P., Dąbrowska, K., Skaradziński, G., & Górski, A. (2010). Bacteriophages and cancer. *Archives of Microbiology*, 192(5), 315–320. <https://doi.org/10.1007/s00203-010-0559-7>
- Carpenter, J. P., Morrison, S. A., Craft, M., & Lee, M. (2020). How and why are educators using Instagram? *Teaching and Teacher Education*, 96, 103149. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103149>
- Casadevall, A. (2015). Achieving Speaker Gender Equity at the American Society for Microbiology General Meeting. *MBio*, 6(4). <https://doi.org/10.1128/mBio.01146-15>
- Cavicchioli, R., Ripple, W. J., Timmis, K. N., Azam, F., Bakken, L. R., Baylis, M., Behrenfeld, M. J., Boetius, A., Boyd, P. W., Classen, A. T., Crowther, T. W., Danovaro, R., Foreman, C. M., Huisman, J., Hutchins, D. A., Jansson, J. K., Karl, D. M., Koskella, B., Mark Welch, D. B., ... Webster, N. S. (2019). Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 17(9), 569–586. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0222-5>
- Chapman, J. (n.d.). *Molybdenietkristal (van 15 mm) op kwarts, uit de Molly Hill-mijn, Quebec, Canada*. <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/sommige-metaalertsen-raken-deze-eeuw-al-op/>

- Dade-Robertson, M., Keren-Paz, A., Zhang, M., & Kolodkin-Gal, I. (2017). Architects of nature: growing buildings with bacterial biofilms. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1157–1163. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12833>
- Dunlap, P. v., & Urbanczyk, H. (2013). Luminous Bacteria. In *The Prokaryotes* (pp. 495–528). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30141-4_75
- Ecomare. (n.d.). *Zeevonk*. <https://www.ecomare.nl/verdiep/leesvoer/planten/zeeplanten/zeevonk/>
- Egorova, K., & Antranikian, G. (2005). Industrial relevance of thermophilic Archaea. *Current Opinion in Microbiology*, 8(6), 649–655. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2005.10.015>
- Energine. (2017, August 15). *La start-up française Glowee en lice pour gagner le prix de 500 000 euros*. <https://www.energine.com/la-start-up-francaise-glowee-en-lice-pour-gagner-le-prix-de-500-000-euros/22807-2017-08>
- Europese Unie. (2019, September 28). *Jongeren in heel Europa roepen op tot klimaatactie*. https://europa.eu/youth/get-involved/sustainable-development/calling-climate-action-throughout-europe_nl
- Fagunwa, O. E., & Olanbiwoninu, A. A. (2020). Accelerating the sustainable development goals through microbiology: some efforts and opportunities. *Access Microbiology*, 2(5). <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000112>
- Fowler, S. J., & Smets, B. F. (2017). Microbial biotechnologies for potable water production. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1094–1097. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12837>
- Franchini, W. (n.d.). *The Collecting, Cleaning, and Mounting of Diatoms*. <https://www.mccrone.com/mm/the-collecting-cleaning-and-mounting-of-diatoms/>
- Fulvio. (2013, May 12). *Painting simulating a SEM picture of Pyrococcus furiosus*. https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrococcus_furiosus#/media/File:Pyrococcus_furiosus.png
- Gaastra, N. (n.d.). *Chocolade bewaren, wat is de beste manier?* <https://blog.liebherr.com/huishoud/nl/chocolade-bewaren/>
- Getty Images. (n.d.). *Juanmonino*. <https://www.self.com/story/nationwide-pepperoni-recall>
- Glowee. (n.d.). *Glowee*. glowee.com
- GO! (2004). *Leerplan TV Toegepaste biologie 2004/165*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2004-165.pdf>
- GO! (2012a). *Leerplan AV Biologie 2012/008*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2012-008.pdf>
- GO! (2012b). *Leerplan AV Biologie 2012/009*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2012-009.pdf>
- GO! (2014a). *Leerplan AV Biologie 2014/005*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2014-005.pdf>
- GO! (2014b). *Leerplan AV Biologie 2014/006*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2014-006.pdf>
- GO! (2014c). *Leerplan AV Natuurwetenschappen 2014/009*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2014-009.pdf>
- GO! (2015a). *Leerplan AV Biologie 2015/005*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2015-005.pdf>

- GO! (2015b). *Leerplan AV Natuurwetenschappen 2015/008*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2015-008.pdf>
- GO! (2015c). *Leerplan AV/TV/Biologie/Chemie/Fysica/Toegepaste natuurwetenschappen 2015/021*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2015-021.pdf>
- GO! (2015d). *Leerplan AV/TV/Biologie/Toegepaste biologie 2015/015*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2015-015.pdf>
- GO! (2015e). *Leerplan AV/TV/Biologie/Toegepaste biologie 2015/018*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2015-018.pdf>
- GO! (2017a). *Leerplan AV/TV/Biologie/Toegepaste biologie 2017/016*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2017-016.pdf>
- GO! (2017b). *Leerplan TV Toegepaste natuurwetenschappen 2017/019*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/2017-019.pdf>
- GO!, OVSG, & POV. (2017). *Leerplan AV Natuurwetenschappen/Biologie OO-2017-006*. <https://pro.g-o.be/blog/documents/OO-2017-006.pdf>
- Guglielmi, G. (2017). Do bacteriophage guests protect human health? *Science*, 358(6366), 982–983. <https://doi.org/10.1126/science.358.6366.982>
- Haddock, S. H. D., Moline, M. A., & Case, J. F. (2010). Bioluminescence in the Sea. *Annual Review of Marine Science*, 2(1), 443–493. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081028>
- Hadid, A. (2019). *Seemingly Simple Elegance*. <https://www.nationalgeographic.co.uk/photography/2019/11/gorgeous-art-was-made-surprising-substance-live-bacteria?image=agar-art-2019-globe>
- Hawaiian Bobtail squid*. (2019). https://www.reddit.com/r/NaturesFuckingLit/comments/cxg7d5/hawaiian_bobtail_squid/
- Het Nieuwsblad. (2021, October 16). *Youth For Climate roept jongeren op om op straat te komen voor wereldwijde klimaatstaking*. https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20211016_94270944
- Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*. <https://doi.org/10.1071/MF99078>
- Hossain, N., Mahlia, T. M. I., & Saidur, R. (2019). Latest development in microalgae-biofuel production with nano-additives. *Biotechnology for Biofuels*, 12(1), 125. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1465-0>
- Huyghebaert, P. (2019, September 20). *Wereldwijd 4 miljoen betogers op straat voor klimaat, in Brussel 15.000 deelnemers*. <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2019/09/20/klimaatstaking-wereldwijd/>
- Infinitia. (2021, May 17). *Plastic materials: Types, composition and uses*. <https://www.infinitiaresearch.com/en/news/plastic-materials-types-composition-and-uses/>
- Jacquin, J., Cheng, J., Odobel, C., Pandin, C., Conan, P., Pujo-Pay, M., Barbe, V., Meistertzheim, A.-L., & Ghiglione, J.-F. (2019). Microbial Ecotoxicology of Marine Plastic Debris: A Review on Colonization and Biodegradation by the “Plastisphere.” *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00865>

- Kaas. (n.d.). <https://www.vriendin.nl/gezond-en-mooi/kaasliefhebber-dit-zijn-de-drie-gezondste-kaassoorten/>
- Khamari, B. (2020). *Microbial Peacock*. <https://www.npr.org/2021/03/28/981548237/microbiology-student-creates-stunning-art-using-bacteria-cultures?t=1654348962033>
- Kortright, K. E., Chan, B. K., Koff, J. L., & Turner, P. E. (2019). Phage Therapy: A Renewed Approach to Combat Antibiotic-Resistant Bacteria. *Cell Host & Microbe*, 25(2), 219–232. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2019.01.014>
- Kotova, I. B., Taktarova, Yu. v., Tsavkelova, E. A., Egorova, M. A., Bubnov, I. A., Malakhova, D. v., Shirinkina, L. I., Sokolova, T. G., & Bonch-Osmolovskaya, E. A. (2021). Microbial Degradation of Plastics and Approaches to Make it More Efficient. *Microbiology*, 90(6), 671–701. <https://doi.org/10.1134/S0026261721060084>
- Laura's Bakery. (2021, May 24). *ALLES WAT JE WILT WETEN OVER BOTER*. <https://www.laurasbakery.nl/alles-wat-je-wilt-weten-over-boter/>
- Lewis, A. M. (2015, February 21). *Symbiodinium*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Symbiodinium#/media/File:Symbiodinium.png>
- Lin, L. Y.-C., & Meighen, E. A. (2009, January 25). *BACTERIAL BIOLUMINESCENCE*. <http://photobiology.info/Lin.html>
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Pateiro, M., Saraiva, J. A., & Franco, D. (2018). Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability. In *Innovative Technologies for Food Preservation* (pp. 53–107). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0>
- McGenity, T. J., Gessesse, A., Hallsworth, J. E., Garcia Cela, E., Verheecke-Vaessen, C., Wang, F., Chavarría, M., Haggblom, M. M., Molin, S., Danchin, A., Smid, E. J., Lood, C., Cockell, C. S., Whitby, C., Liu, S., Keller, N. P., Stein, L. Y., Bordenstein, S. R., Lal, R., ... Timmis, K. (2020). Visualizing the invisible: class excursions to ignite children's enthusiasm for microbes. *Microbial Biotechnology*, 13(4), 844–887. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13576>
- Mehra, A., Arora, G., Sahni, G., Kaur, M., Singh, H., Singh, B., & Kaur, S. (2022). Gut microbiota and Autism Spectrum Disorder: From pathogenesis to potential therapeutic perspectives. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2022.03.001>
- Microbial Electricity. (2022a). *A global phenomenon*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=a-global-phenomemon>
- Microbial Electricity. (2022b). *A natural battery*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=a-natural-battery>
- Microbial Electricity. (2022c). *A new way of life...* <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=a-new-form-of-microbial-life>
- Microbial Electricity. (2022d). *A record breaking conductivity*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=a-world-record-in-electron-transfer>
- Microbial Electricity. (2022e). *A wide avenue for new technology*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=a-new-avenue-for-biotechnology>

- Microbial Electricity. (2022f). *Biological electron transport goes far*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=biological-transport-goes-off-scale>
- Microbial Electricity. (2022g). *Electrical cooperation between cells*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=electrical-cooperation>
- Microbial Electricity. (2022h). *Microbial electricity: a true surprise from the seafloor*. <https://www.microbial-electricity.eu/?portfolio=a-surprise-from-the-seafloor>
- Milandri, M. (2004). Children's views of microbes: current beliefs about bacteria in Italian grade school children. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 23(12), 1077–1080.
- MPI f. (2021). *View of an archea colony in the scanning electron microscope*. <https://www.mpg.de/17732261/1021-entw-151730-x>
- National Ocean Service. (n.d.). *Zooxanthellae ... what's that?* https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_corals/coral02_zooxanthellae.html
- Nealson, K. H. (2017). Bioelectricity (electromicrobiology) and sustainability. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1114–1119. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12834>
- Nestogen. (n.d.). *Nestogen Low Lactose Milk Formula 340g*. <https://shopee.ph/Nestogen-Low-Lactose-Milk-Formula-340g-i.238345847.6734881630>
- New Craft Group. (n.d.). *Klein flesje, grote uitdaging*. <https://newcraftgroup.com/nl/cases/yakult-europe/>
- Nguyen, V. H., Lyden, E. R., & Yoachim, S. D. (2021). Using Instagram as a tool to enhance anatomy learning at two US dental schools. *Journal of Dental Education*, 85(9), 1525–1535. <https://doi.org/10.1002/jdd.12631>
- O'Neill, J. (2014). *Review on Antimicrobial Resistance Antimicrobial Resistance: Tackling a crisis for the health and wealth of nations*. https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations_1.pdf
- OVSG. (2005). *Leerplan TV Toegepaste natuurwetenschappen O/2/2005/136*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2011). *Leerplan TV Toegepaste biologie O/2/2011/150*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2012a). *Leerplan AV Biologie O/2/2012/082*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2012b). *Leerplan AV Biologie O/2/2012/120*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2012c). *Leerplan AV Biologie O/2/2012/174*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2014a). *Leerplan AV Biologie O/2/2014/187*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>

- OVSG. (2014b). *Leerplan AV Biologie O/2/2014/291* . <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2014c). *Leerplan AV Biologie O/2/2014/296* . <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2014d). *Leerplan AV Natuurwetenschappen O/2/2014/301*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2015a). *Leerplan AV Biologie O/2/2015/084*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2015b). *Leerplan AV Natuurwetenschappen O/2/2015/112*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2015c). *Leerplan TV Toegepaste biologie O/2/2015/387*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2017a). *Leerplan AV Biologie O/2/2017/055*. <https://www.ovsg.be/leerplannen/secundair-onderwijs>
- OVSG. (2017b). *Leerplan TV Toegepaste biologie O/2/2017/144*. https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/144_TV-Toegepaste%20Biologie_O-2-2017-144.pdf
- OVSG. (2017c). *Leerplan TV Toegepaste biologie O/2/2017/384*. https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/384_TV-Toegepaste-Biologie_O-2-2017-384.pdf
- OVSG. (2017d). *Leerplan TV Toegepaste biologie O/2/2017/385*. https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/385_TV-Toegepaste-Biologie_O-2-2017-385.pdf
- OVSG. (2017e). *Leerplan TV Toegepaste biologie O/2/2017/398*. https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/398_TV-Toegepaste-Biologie_O-2-2017-398.pdf
- OVSG. (2017f). *Leerplan TV Toegepaste natuurwetenschappen O/2/2017/392*. https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/392_TV-Toegepaste-Natuurwetenschappen_O-2-2017-392.pdf
- OVSG. (2017g). *Leerplan TV Toegepaste natuurwetenschappen O/2/2017/397*. https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/397_TV-Toegepaste-Natuurwetenschappen_O-2-2017-397.pdf
- OVSG, GO!, & POV. (2017). *Leerplan AV/Natuurwetenschappen/Biologie OO-2017-006*. <https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/OO-006-OO-2017-006.pdf>
- OVSG, GO!, & POV. (2021). *Leerplan AV Biologie OO-2021-002* . https://www.ovsg.be/ovsg-leerplannen/data/secundair-onderwijs/OO-2021-002_DV_concept.pdf
- piethuysentruyt.com. (n.d.). *Hoe zelf Yoghurt Maken? – In 5 makkelijke stappen!* <https://www.piethuysentruyt.com/yoghurt-maken/>
- Population Reference Bureau. (2020). *2020 World Population Data Sheet*. <https://www.prb.org/wp-content/uploads/2020/07/letter-booklet-2020-world-population.pdf>
- Pöstényi, Z. (2019). *Hungarian Folk Art*. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/agar-art-contest-winners-create-gorgeous-art-from-live-bacteria>

- POV. (2003). *Leerplan Biotechnische wetenschappen 2003/14//4/R/SG/2h/III/ /D*.
<https://provinciaalonderwijs.vlaanderen/leerplannen-vakfiches/land-en-tuinbouw/so-tso-3gr-land-en-tuinbouw-biotechnische-wetenschappen-2003-14-4.pdf>
- POV. (2004). *Leerplan Biotechnische Wetenschappen 2004/18*.
<https://provinciaalonderwijs.vlaanderen/leerplannen-vakfiches/land-en-tuinbouw/so-tso-2gr-land-en-tuinbouw-biotechnische-wetenschappen.pdf>
- POV. (2011). *Leerplan Plant-, dier- en milieutechnieken 2011/423/4//D*.
<https://provinciaalonderwijs.vlaanderen/leerplannen-vakfiches/land-en-tuinbouw/so-tso-2gr-land-en-tuinbouw-plant-dier-en-milieutechnieken-2011-423-4.pdf>
- POV, & GO! (2011a). *Leerplan Dier- en landbouwtechnische wetenschappen - component akkerbouw en veeteelt 2011-427-6*. <https://provinciaalonderwijs.vlaanderen/leerplannen-vakfiches/land-en-tuinbouw/so-tso-3gr-land-en-tuinbouw-dier-en-landbouwtechnische-wetenschappen-akkerbouw-veeteelt-2011-427-6.pdf>
- POV, & GO! (2011b). *Leerplan Dier- en landbouwtechnische wetenschappen - component dierenzorg 2011-428-6*. <https://provinciaalonderwijs.vlaanderen/leerplannen-vakfiches/land-en-tuinbouw/so-tso-3gr-land-en-tuinbouw-dier-en-landbouwtechnische-wetenschappen-dierenzorg-2011-428-6.pdf>
- POV, & GO! (2011c). *Leerplan Planttechnische wetenschappen 2011-425-6*.
<https://provinciaalonderwijs.vlaanderen/leerplannen-vakfiches/land-en-tuinbouw/so-tso-3gr-land-en-tuinbouw-planttechnische-wetenschappen-2011-425-6.pdf>
- Puigvert, L., Villarejo-Carballido, B., Gairal-Casadó, R., Gómez, A., Cañaveras, P., & Martí, T. S. (2022). An Instagram Hashtag Fostering Science Education of Vulnerable Groups during the Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 1974. <https://doi.org/10.3390/ijerph19041974>
- Recupel. (n.d.). *International E-waste Day*. <https://www.recupel.be/nl/blog/international-e-waste-day-wereldwijd-wordt-80-van-het-elektronische-afval-niet-gerecycleerd/>
- Reinhold-Hurek, B., Bünger, W., Burbano, C. S., Sabale, M., & Hurek, T. (2015). Roots Shaping Their Microbiome: Global Hotspots for Microbial Activity. *Annual Review of Phytopathology*, 53(1), 403–424. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102342>
- Rhoda, T. (2019). *Latitudes Leaking Longitudes*. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/agar-art-contest-winners-create-gorgeous-art-from-live-bacteria>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2021a). *Sanitation*. <https://ourworldindata.org/sanitation>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2021b, June). *Clean Water*. <https://ourworldindata.org/water-access>
- Robinson, J. M., Pasternak, Z., Mason, C. E., & Elhaik, E. (2021). Forensic Applications of Microbiomics: A Review. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.608101>
- Sasse, J., Martinoia, E., & Northen, T. (2018). Feed Your Friends: Do Plant Exudates Shape the Root Microbiome? *Trends in Plant Science*, 23(1), 25–41. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.09.003>

- Sender, R., Fuchs, S., & Milo, R. (2016). Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. *PLOS Biology*, 14(8), e1002533. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>
- Senses of Living. (2021, March 19). *FERMENTEREN OP Z'N JAPANS: KIMCHI*. <https://www.sensesofliving.nl/blog/news/fermenteren-op-z-n-japans-kimchi>
- Shutterstock. (2017). *Acinetobacter baumannii*. <https://theconversation.com/reprogramming-bacteria-instead-of-killing-them-could-be-the-answer-to-antibiotic-resistance-88726>
- SLAGROOM KLOPPEN. (n.d.). *SLAGROOM KLOPPEN*. <https://slagroomkloppen.nl/>
- Smithsonian Institution. (n.d.). *Where Do They Live?* <https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/zooxanthellae-and-coral-bleaching>
- Sustainable Development Goals Belgium. (2022). *SDGS*. <https://www.sdgs.be/nl/sdgs>
- The Cozzi Corner. (n.d.). *Meal prep sunday: miso soep*. <https://thecozzicorner.com/koken/meal-prep-sunday-miso-soep/>
- Timmis, K., Cavicchioli, R., Garcia, J. L., Nogales, B., Chavarría, M., Stein, L., McGenity, T. J., Webster, N., Singh, B. K., Handelsman, J., Lorenzo, V., Pruzzo, C., Timmis, J., Martín, J. L. R., Verstraete, W., Jetten, M., Danchin, A., Huang, W., Gilbert, J., ... Harper, L. (2019). The urgent need for microbiology literacy in society. *Environmental Microbiology*, 21(5), 1513–1528. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14611>
- Timmis, K., de Lorenzo, V., Verstraete, W., Ramos, J. L., Danchin, A., Brüssow, H., Singh, B. K., & Timmis, J. K. (2017). The contribution of microbial biotechnology to economic growth and employment creation. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1137–1144. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12845>
- Tsitsishvili, A. (2017). *Dancing Microbes*. <https://www.the-scientist.com/image-of-the-day/image-of-the-day-beautiful-bacteria-31478>
- Tsitsishvili, A. (2018). *The Battle of Winter and Spring*. <https://asm.org/Events/ASM-Agar-Art-Contest/Home>
- TU Delft. (2019, September 11). *Kabelbacteriën: levende stroomkabels met ongekende geleidbaarheid*. <https://www.tudelft.nl/2019/tnw/kabelbacterien-levende-stroomkabels-met-ongekende-geleidbaarheid>
- Universiteit Antwerpen. (n.d.). *Kabelbacteriën: levende stroomkabels met ongeziene geleidbaarheid*. <https://www.uantwerpen.be/nl/onderzoeksgroep/geobiologie/onderzoek/projecten/kabelbacterien/>
- van Leeuwen Tandartsen. (n.d.). *HET PLAATSEN VAN IMPLANTATEN (KUNSTWORTELS)*. <https://vanleeuwen-tandartsen.nl/behandelingen/implantaten/>
- van Oppen, M. J. H., & Oakeshott, J. G. (2020). A breakthrough in understanding the molecular basis of coral heat tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(46), 28546–28548. <https://doi.org/10.1073/pnas.2020201117>
- Vannier, N., Agler, M., & Hacquard, S. (2019). Microbiota-mediated disease resistance in plants. *PLOS Pathogens*, 15(6), e1007740. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007740>
- VI-CDAC. (2020). *CORAL BLEACHING: A RESPONSE TO ENVIRONMENTAL STRESS*. <https://www.vicoraldisease.org/bleaching>

- VN. (2022). *Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen*. <https://unric.org/nl/duurzame-ontwikkelingsdoelstellingen/>
- Vuurvliegjes. (n.d.). <https://johannaslot.com/2016/08/10/vuurvliegjes/>
- VVKSO. (2004). *Leerplan Biologie 2004/010*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biologie-2014-010.pdf>
- VVKSO. (2005). *Leerplan Biotechniek 2005/051*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biotechnische%20wetenschappen-2005-051.pdf>
- VVKSO. (2012a). *Leerplan Biologie 2012/003*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biologie-2012-003.pdf>
- VVKSO. (2012b). *Leerplan Biologie 2012/004*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biologie-2012-004.pdf>
- VVKSO. (2014a). *Leerplan Biologie 2014/011*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biologie-2014-011.pdf>
- VVKSO. (2014b). *Leerplan Natuurwetenschappen 2014/016*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2014-016.pdf>
- VVKSO. (2015a). *Leerplan Biologie 2015/027*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biologie-2015-027.pdf>
- VVKSO. (2015b). *Leerplan Natuurwetenschappen 2015/017*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2015-017.pdf>
- VVKSO. (2015c). *Leerplan Natuurwetenschappen 2015/019*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2015-019.pdf>
- VVKSO. (2016a). *Leerplan Biotechnische wetenschappen 2016/012*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biotechnische%20wetenschappen-2016-012.pdf>
- VVKSO. (2016b). *Leerplan Plant-, dier- en milieutechnieken 2016/006*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Plant-,%20dier-%20en%20milieutechnieken-2016-006.pdf>
- VVKSO. (2016c). *Leerplan Toegepaste biologie 2016/028*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20biologie-2016-028.pdf>
- VVKSO. (2017a). *Leerplan Aardrijkskunde - natuurwetenschappen 2017/009*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Aardrijkskunde-Natuurwetenschappen-2017-009.pdf>
- VVKSO. (2017b). *Leerplan Biologie 2017/002*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Biologie-2017-002.pdf>
- VVKSO. (2017c). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/011*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2017-011.pdf>
- VVKSO. (2017d). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/014*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2017-014.pdf>
- VVKSO. (2017e). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/015*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2017-015.pdf>

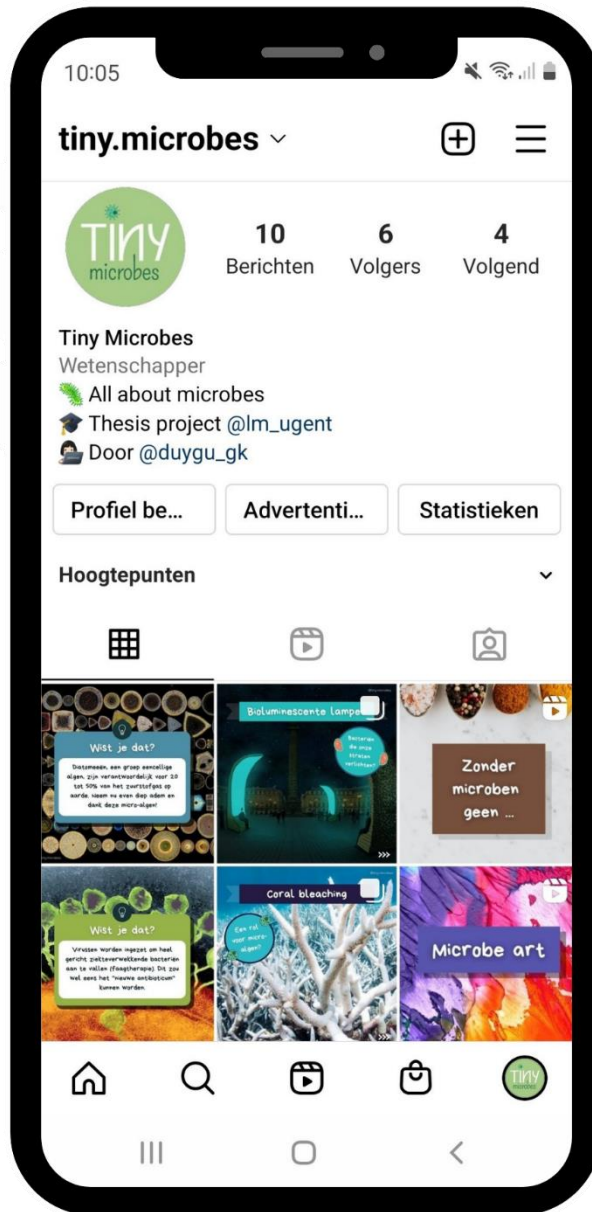
- VVKSO. (2017f). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/016*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2017-016.pdf>
- VVKSO. (2017g). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/017*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2017-017.pdf>
- VVKSO. (2017h). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/018*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Sociale%20en%20technische%20wetenschappen-2017-018.pdf>
- VVKSO. (2017i). *Leerplan Natuurwetenschappen 2017/019*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Natuurwetenschappen-2017-019.pdf>
- VVKSO. (2017j). *Leerplan Toegepaste biologie 2017/012*. <http://ond.vvkso-ict.com/vvkso-mainnieuw/leerplanpubliek.asp?NR=2017/012>
- VVKSO. (2017k). *Leerplan Toegepaste biologie 2017/020*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20biologie-2017-020.pdf>
- VVKSO. (2017l). *Leerplan Toegepaste biologie 2017/021*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20biologie-2017-021.pdf>
- VVKSO. (2017m). *Leerplan Toegepaste biologie 2017/022*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20biologie-2017-022.pdf>
- VVKSO. (2017n). *Leerplan Toegepaste biologie 2017/025*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20biologie-2017-025.pdf>
- VVKSO. (2017o). *Leerplan Toegepaste biologie 2017/026*. <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20biologie-2017-026.pdf>
- Weis, V. M. (2008). Cellular mechanisms of Cnidarian bleaching: stress causes the collapse of symbiosis. *Journal of Experimental Biology*, 211(19), 3059–3066. <https://doi.org/10.1242/jeb.009597>
- Wernher Krutein. (2014, May 30). *Crystal Jelly Aequorea victoria*. <https://fineartamerica.com/featured/crystal-jelly-aequorea-victoria-wernher-krutein.html>
- Woodhead, A. J., Hicks, C. C., Norström, A. v., Williams, G. J., & Graham, N. A. J. (2019). Coral reef ecosystem services in the Anthropocene. *Functional Ecology*, 1365-2435.13331. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13331>
- World Health Organization. (2021). *State of inequality: HIV, tuberculosis and malaria*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240039445>
- Xu, X., Liu, W., Tian, S., Wang, W., Qi, Q., Jiang, P., Gao, X., Li, F., Li, H., & Yu, H. (2018). Petroleum Hydrocarbon-Degrading Bacteria for the Remediation of Oil Pollution Under Aerobic Conditions: A Perspective Analysis. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02885>

Figuren

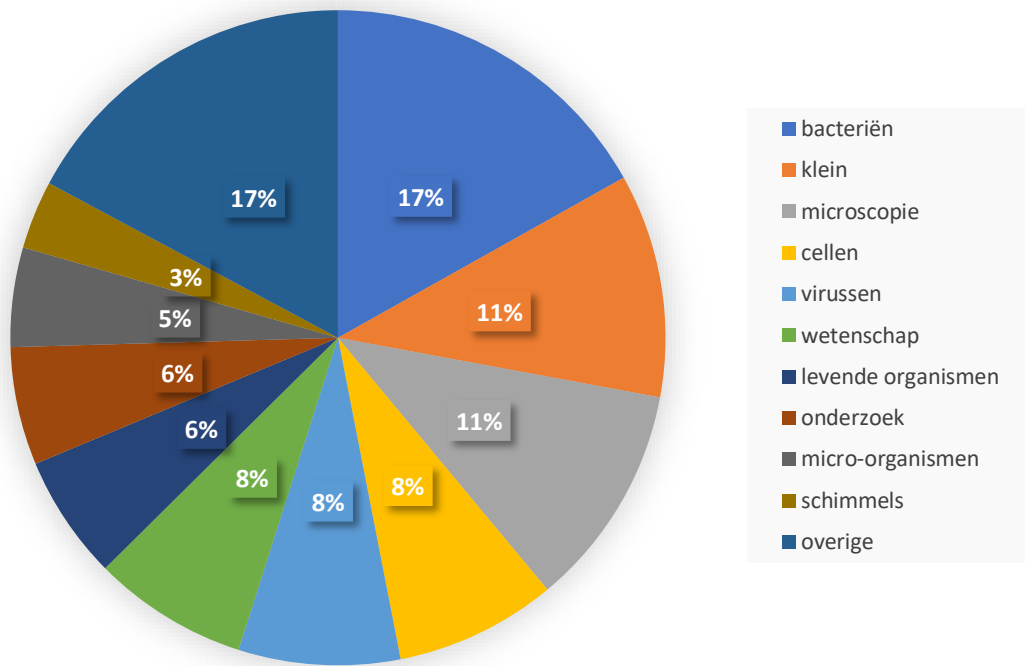
DUURZAME **ONTWIKKELINGS DOELSTELLINGEN**



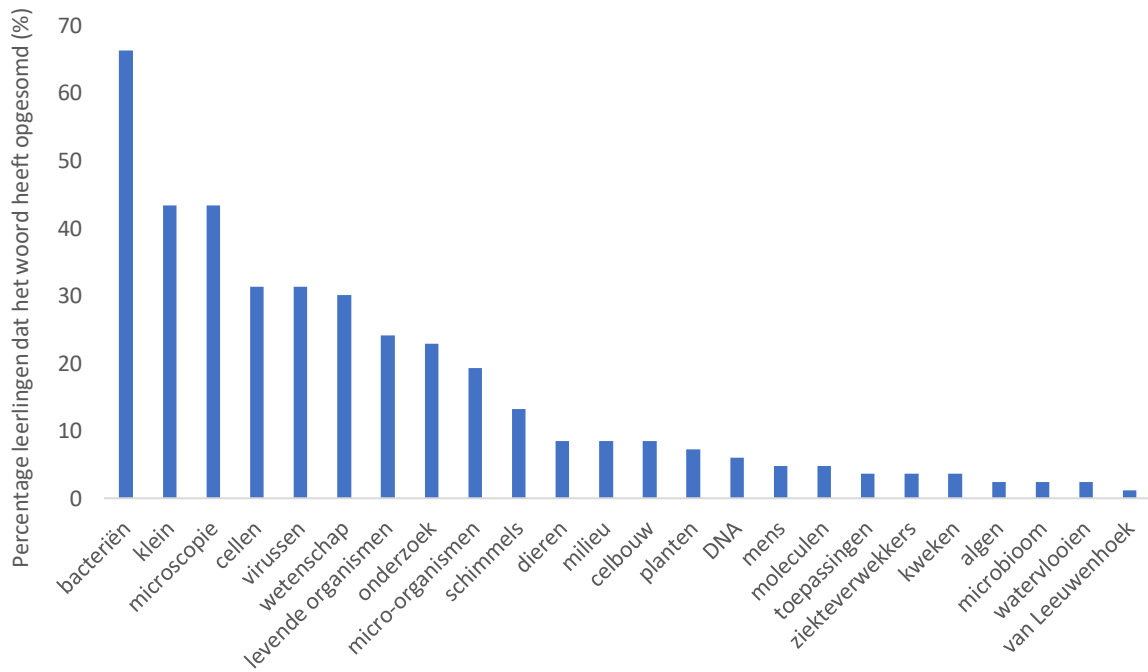
Figuur 1. De Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (VN, 2022).



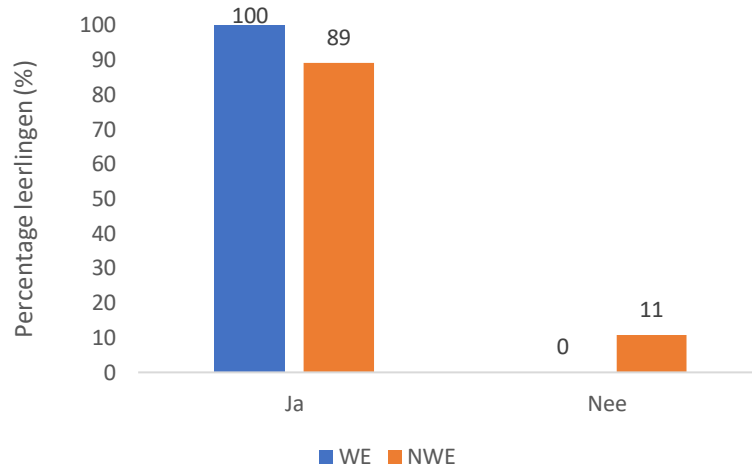
Figuur 2. Overzicht van het account @tiny.microbes in de Instagram app.



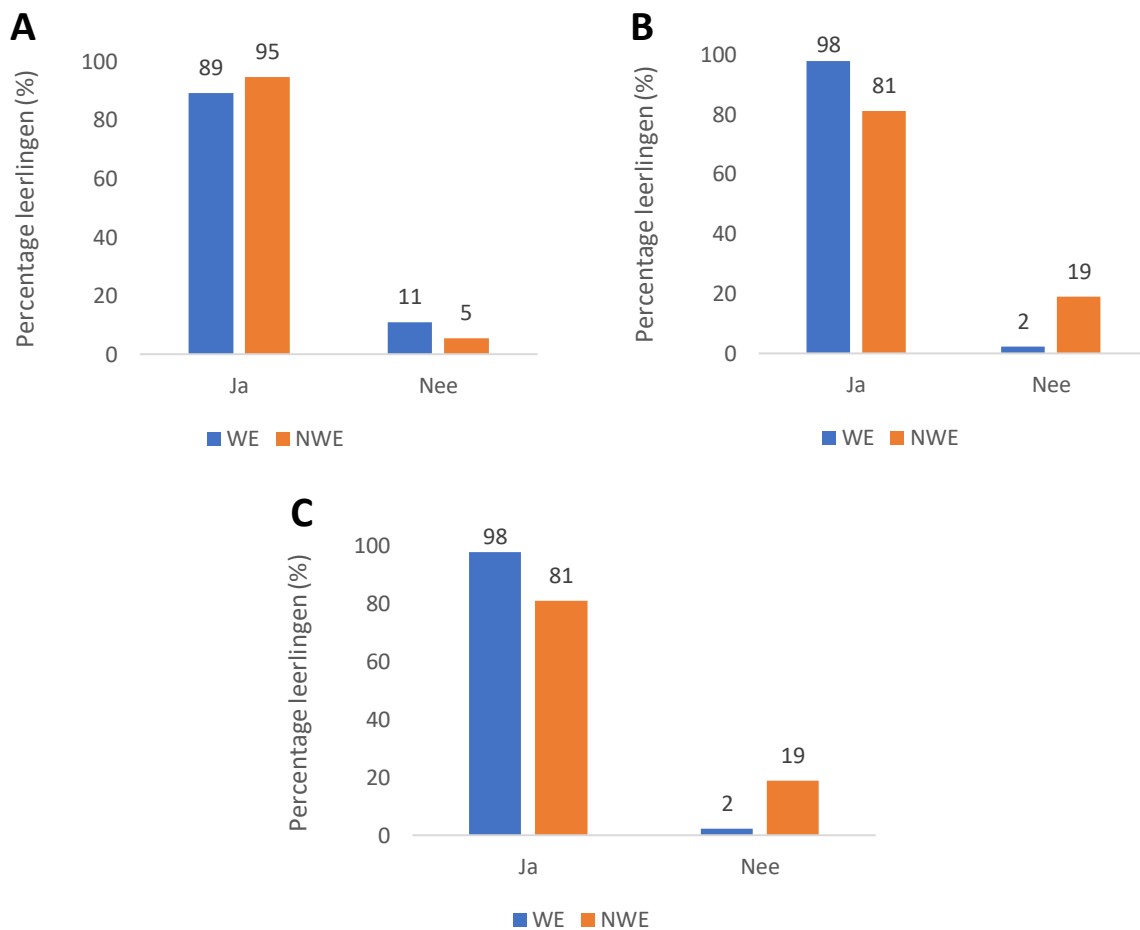
Figuur 3. Responsen op de vraag “Wat is microbiologie volgens jou?”. De percentages stellen voor hoe vaak het woord terugkwam in de responsen en werden bepaald door het aantal keren dat het woord opgesomd werd te bekijken ten opzichte van het totaal aantal opgesomde woorden.



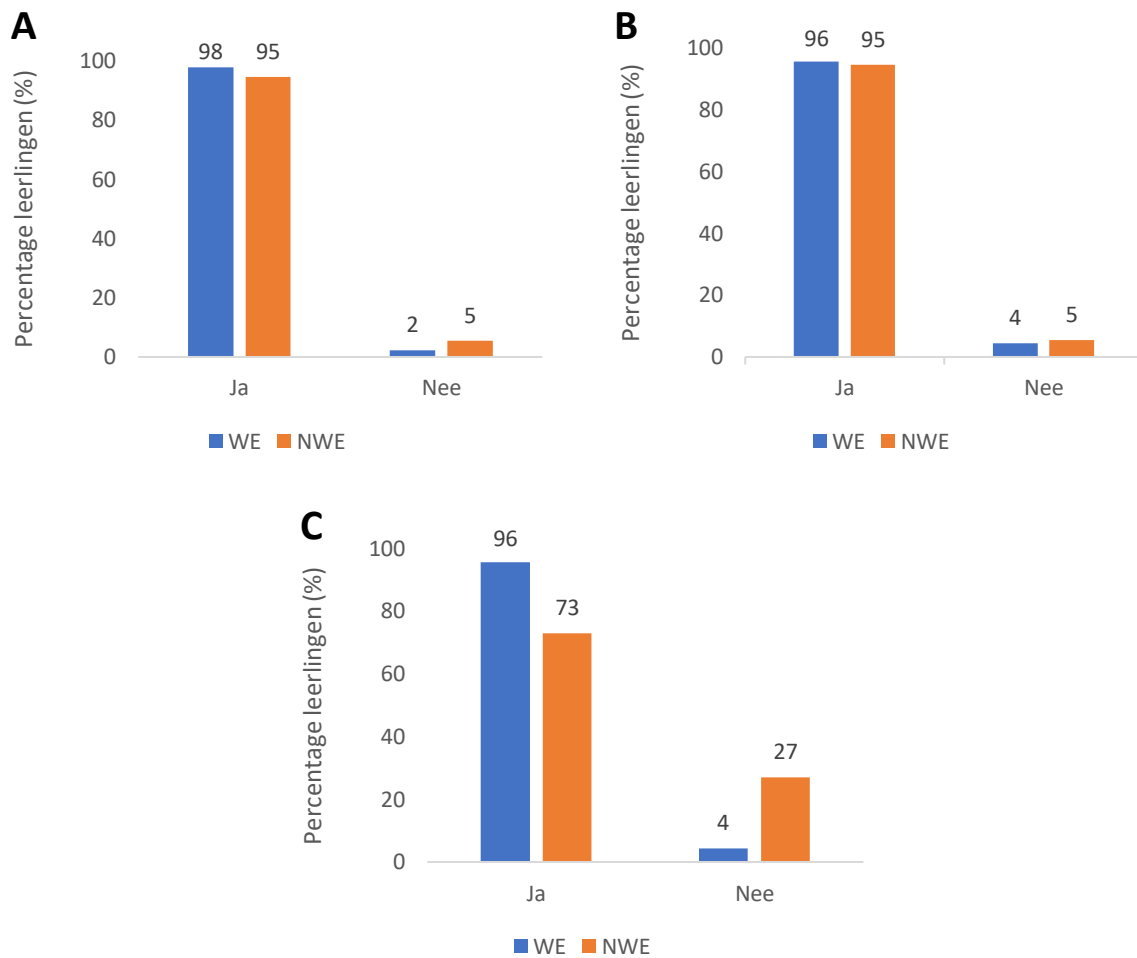
Figuur 4. Responsen op de vraag “Wat is microbiologie volgens jou?”, geordend volgens het percentage leerlingen dat het woord opgesomd heeft. De percentages werden bekomen door de tellingen van de woorden te bekijken ten opzichte van het aantal leerlingen.



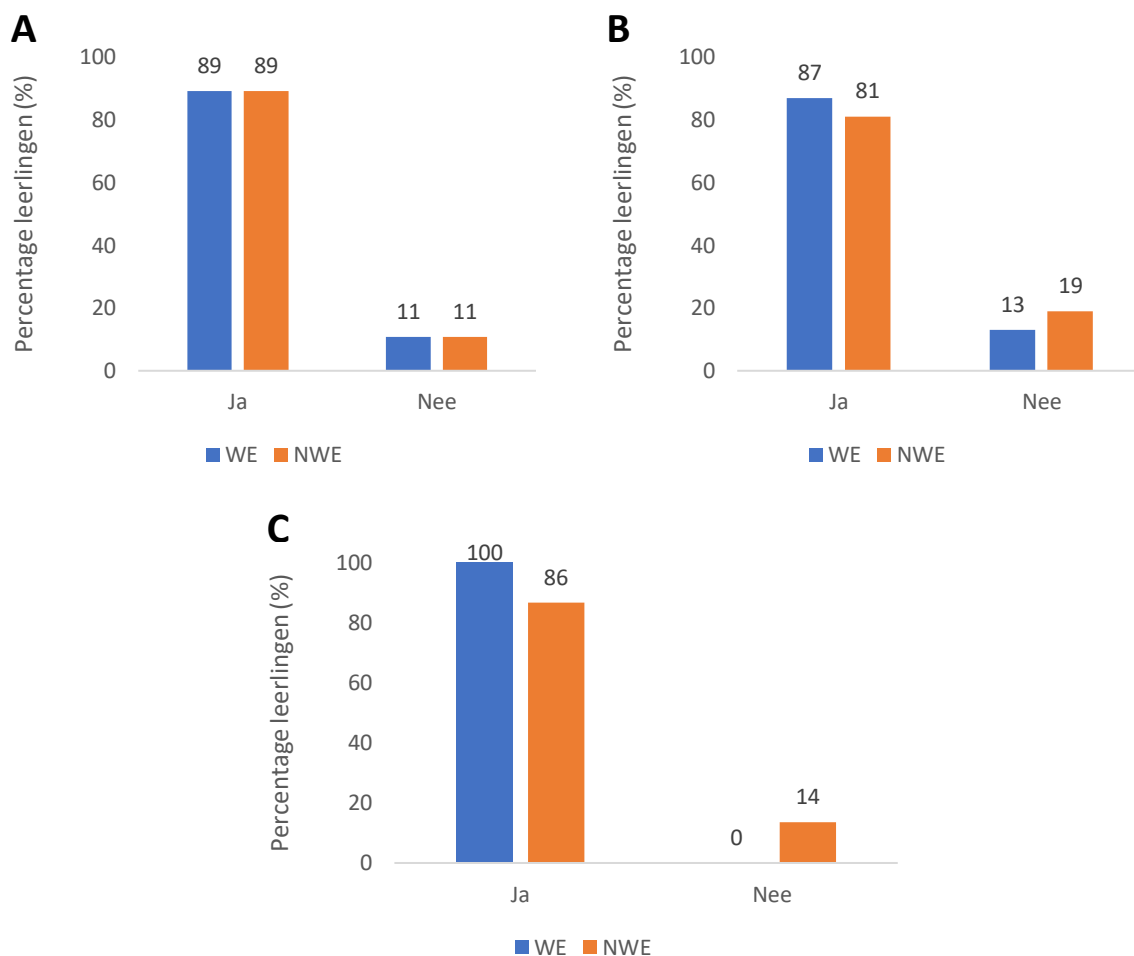
Figuur 5. Procentuele verdeling van de responsen op de vraag “Denk je dat microbiologie belangrijk is in de huidige maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.



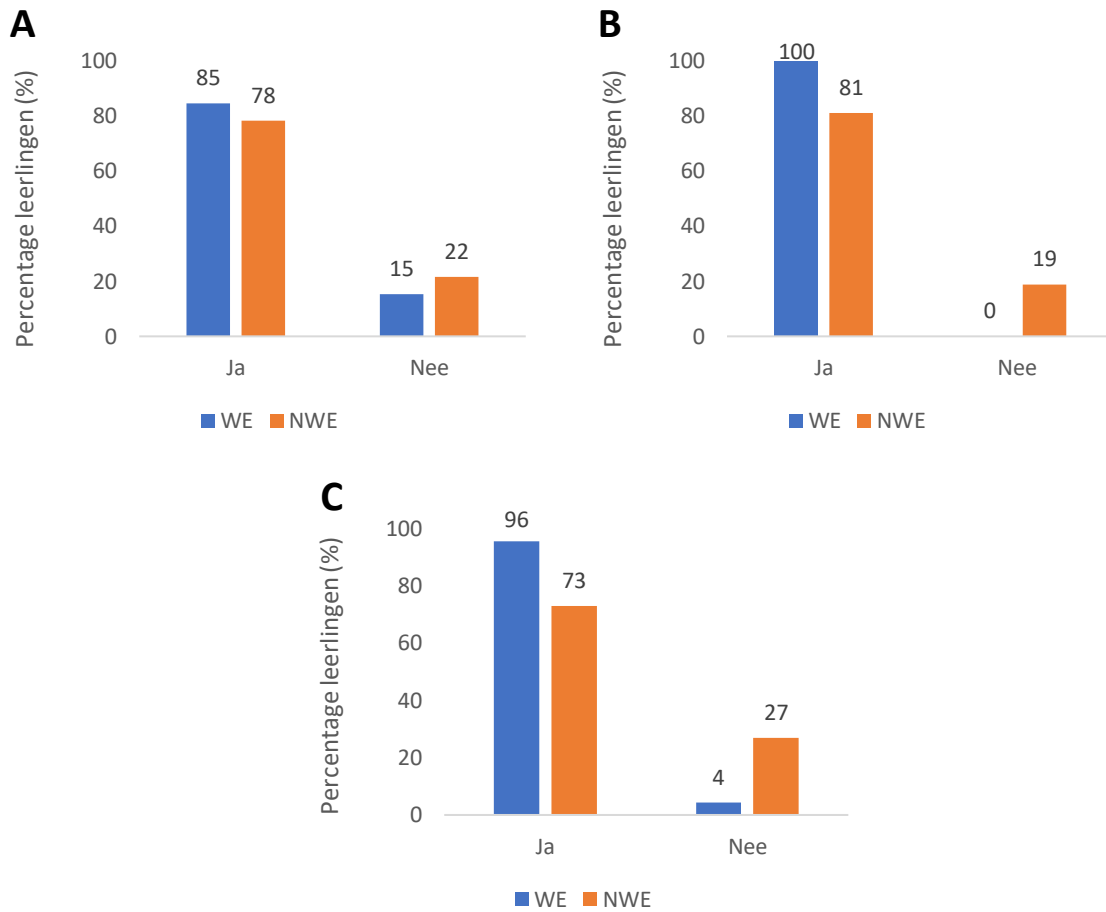
Figuur 6. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de weetjes, zijnde (A) “Vind je deze weetjes interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.



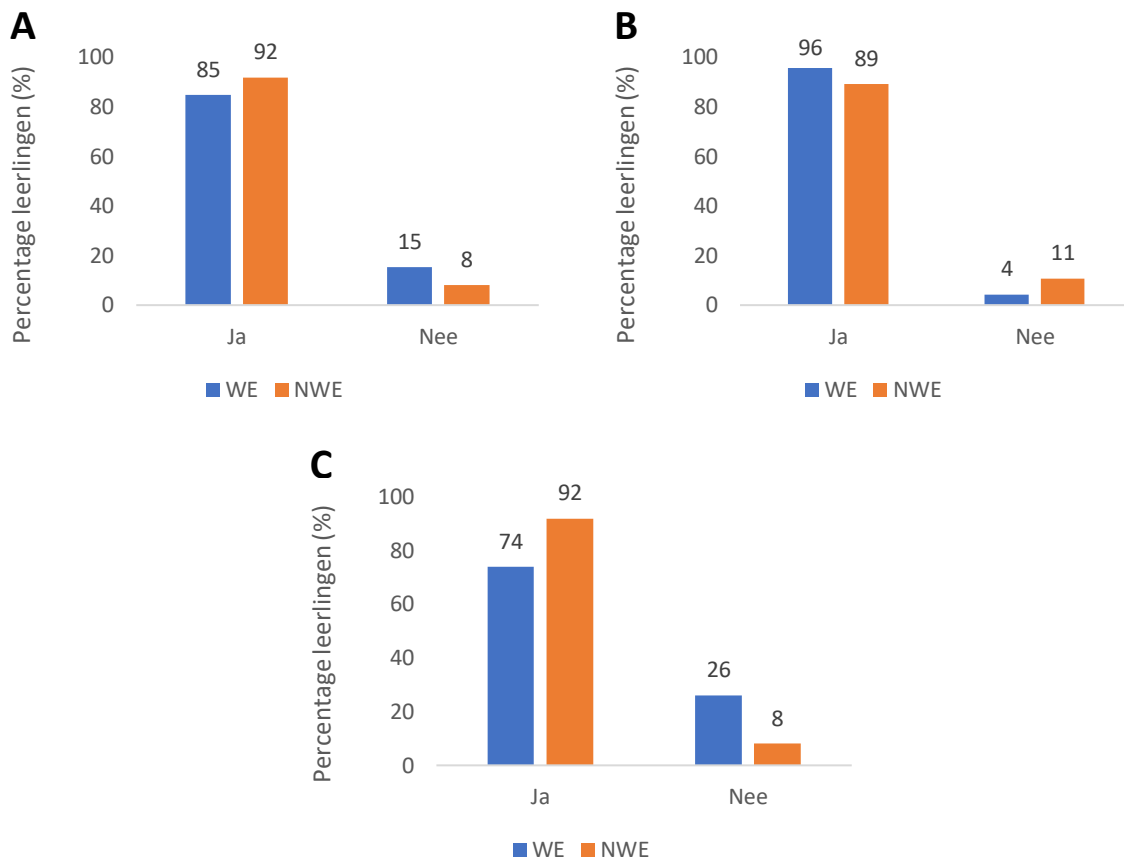
Figuur 7. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de carrouselpost over bioluminescente lampen, zijnde (A) “Vind je deze informatie interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.



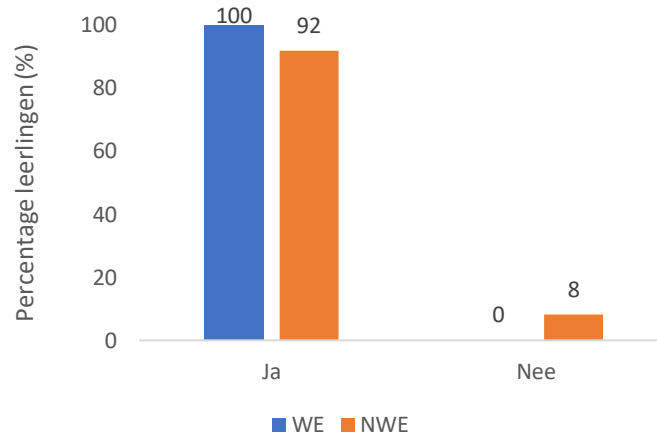
Figuur 8. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de carouselpost over *coral bleaching*, zijnde (A) “Vind je deze informatie interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.



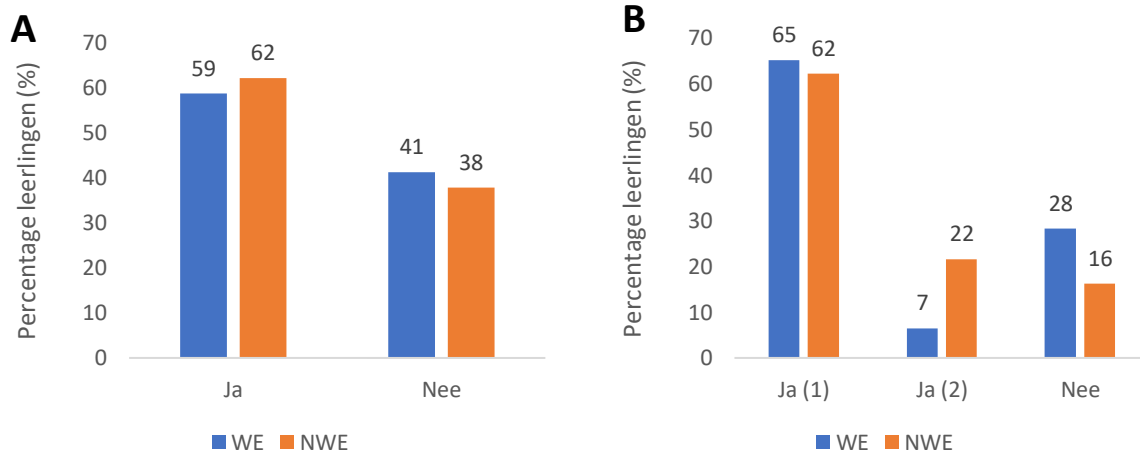
Figuur 9. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de carouselpost over kabelbacteriën, zijnde (A) “Vind je deze informatie interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.



Figuur 10. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen bij de reels, zijnde (A) “Vind je deze reels interessant?”, (B) “Heb je iets nieuws geleerd?” en (C) “Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.



Figuur 11. Procentuele verdeling van de responsen op de vraag “Denk je dat microbiologisch onderzoek belangrijk is in de huidige maatschappij?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen.




Figuur 12. Procentuele verdeling van de responsen op de vragen (A) “Vind je dat je voldoende lessen rond microbiologie hebt gekregen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen?” en (B) “Zou je meer willen leren over microbiologie op school?”. Blauw (WE): responsen van leerlingen uit wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen, oranje (NWE): responsen van leerlingen uit niet-wetenschappelijke ASO- en TSO-richtingen. Ja (1): “ja, in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen”, ja (2): “ja, in lessen die extra aangeboden worden (bv. tijdens de middagpauze)”.

Bijlagen

I. Figuren




 tiny.microbes #diatomeeën #microalgen #microbiologie #wetenschap #weetjes



 tiny.microbes #virussen #faagtherapie #microbiologie #biotechnologie #wetenschap #weetjes



 tiny.microbes #bacteriën #menselijklichaam #microbiologie #wetenschap #weetjes



 tiny.microbes #bacteriën #schimmels #microbiologie #plastic #plasticsoep #wetenschap #weetjes

Figuur A1. De weetjes op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de verschillende bijhorende captions. Informatie in de post komt uit (Alverson, 2014; Artis Micropia, n.d.; Kotova et al., 2021; Sender et al., 2016). De foto op slide 1 komt van (Franchini, n.d.), deze op slide 2 van (Guglielmi, 2017), op slide 3 van (Shutterstock, 2017) en op slide 4 van (Infinitia, 2021).

Bioluminescente Lampen

Bacteriën die onze straten verlichten?

1

Bioluminescentie?

= productie en emissie van licht door bepaalde organismen in de natuur

→ hebben speciaal enzym 'luciferase'

→ lichtreactie

2

Leven samen met kwallen, vissen, octopussen, ...

ook vele bacteriën, vooral in de zee

3

De start-up Glowee zag hier potentieel in als een duurzame oplossing voor lampen

Waarom?

- elektriciteit voor verlichting = 15% van de energieconsumptie wereldwijd
- én verantwoordelijk voor 5% van de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂
- elektrisch licht veroorzaakt (licht)pollutie → negatieve impact op ecosystemen én ook op ons!

4

Hoe gaat Glowee te werk?

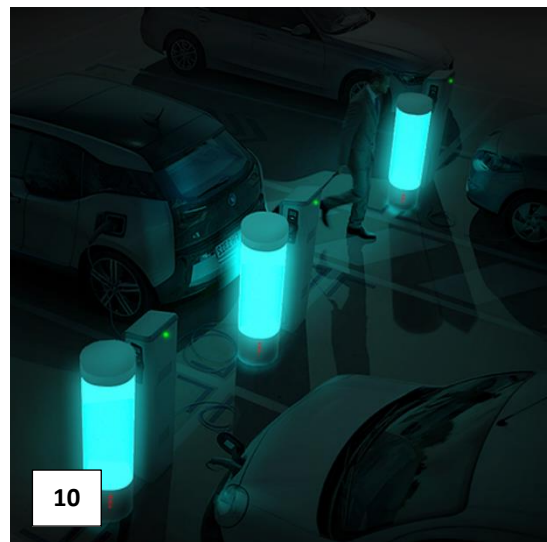
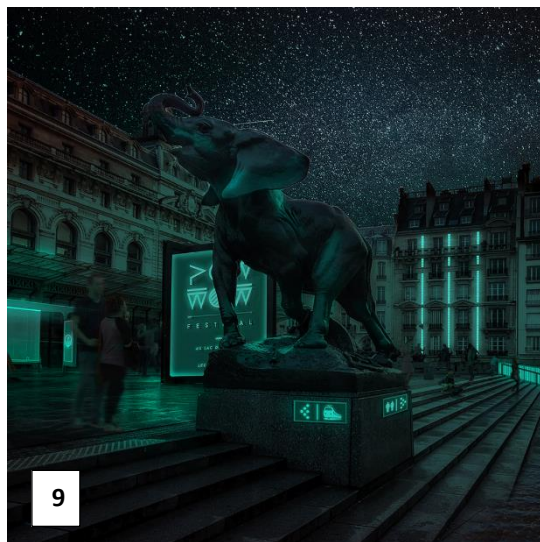
Bioluminescentiegenen van bacteriën uit de Hawaïaanse bobtail inktvis worden in genetisch gemodificeerde E. coli bacteriën gebracht

5

Hoe gaat Glowee te werk?

Het DNA is zo gecodeerd dat het licht ook intenser wordt in de bacteriën

6



tiny.microbes Onze straten verlichten met bacteriën, is dit wel mogelijk? 🌱💡

➡ Swipe om het antwoord op deze vraag te ontdekken!

⋮

➡ Check @weloveglowee voor meer informatie ➡

#glowee #microbiologie #bacteriën #bioluminescentie #duurzaamheid #biotechnologie #stadvandetekomst

Figuur A2. De carouselpost over bioluminescente lampen op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption. Informatie in de post komt uit (Bock, 2017; Enerzine, 2017; Haddock et al., 2010; Lin & Meighen, 2009). De foto's op slides 1,9 en 10 komen van (Glowee, n.d.). Deze op slide 2 van (Dunlap & Urbanczyk, 2013; Ecomare, n.d.; Vuurvliegjes, n.d.) en slide 3 van (Dunlap & Urbanczyk, 2013; Hawaiian Bobtail Squid, 2019; Wernher Krutein, 2014). De figuren op slides 7 en 8 zijn aangepast van (Enerzine, 2017).

@tiny.microbes

Coral bleaching

Een rol voor micro-algen?

1

@tiny.microbes

Koralen

= planten of dieren?

- afzonderlijke poliepen
- maken een kalkskelet en vormen samen zo grote koraalriffen

2

@tiny.microbes

- over het skelet is er een dunne weefsellaag met zooxanthellae = eencellige micro-algen
- meestal van het genus Symbiodinium
- geven ook kleur aan koralen

zooxanthellae

3

@tiny.microbes

Waarom micro-algen?

- doen aan fotosynthese
- voorzien zo tot 90% van de energie van het koraal
- mutualistische relatie = voordeel voor beide organismen

4

@tiny.microbes

Deze relatie is belangrijk, want tropische wateren zijn nutriënt-arm = weinig voedsel voor koralen

- zonder de micro-algen zouden koralen nooit de ecosystemen vormen die ze vandaag zijn

5

@tiny.microbes

MAAR: stress kan deze relatie beëindigen = coral bleaching

- koralen verliezen hun zooxanthellae en zo ook hun kleur

- ze kunnen zich niet meer voldoende voeden en sterven
- meer en meer verblekingen wereldwijd...

6

@tiny.microbes

Oorzaken voor de verblekingen:

- verandering in het zoutgehalte van het zeewater
- **stijgende temperatuur van het zeewater**
- verandering in lichtintensiteit
- vervuiling
- ziekten
- ...

rol voor de **mens**: meer CO₂ naar de atmosfeer door uitlaatgassen
 → kunnen wij zelf tegengaan!



7 >>>

@tiny.microbes

Waarom zijn koralen belangrijk?

1 Ze vormen één van de meest biodiversiteit en productieve ecosystemen wereldwijd



ongeveer 1/4 van alle mariene soorten leven in koraalriffen, terwijl deze minder dan 1% van het aardoppervlak bedekken

8 >>>

@tiny.microbes

Waarom zijn koralen belangrijk?

2 Ze bieden ons ecosystemendiensten

- Miljarden mensen wereldwijd zijn afhankelijk van koraalriffen voor hun **voeding** (visserij)
- Ze **beschermen kusten** door golfenergie uiteen te drijven
- Ze zijn een bron van onbekende moleculen voor nieuwe **medicatie**



9 >>>

@tiny.microbes



Coral bleaching heeft dus grote ecologische én economische gevolgen!

Wat er meer specifiek gebeurt op moleculair niveau, dat is nog niet helemaal zeker.


Dit vormt wel de sleutel tot het voorspellen en misschien zelfs ook voorkomen van volgende bleaching events.

→ Verder onderzoek is nodig!

10

 tiny.microbes Ten gevolge van de klimaatverandering treden er vaker 'bleaching events' van koralen in de oceanen op. 

Is er ook hier een rol voor micro-organismen? 

 Swipe om meer te leren over de relatie tussen koralen en micro-algen!

.....

#koralen #microalgen #microbiologie #coralbleaching
 #klimaatverandering #wetenschap

Figuur A3. De carrouselpost over *coral bleaching* op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption. Informatie in de post komt uit (Baker et al., 2018; Hoegh-Guldberg, 1999; National Ocean Service, n.d.; Weis, 2008). De foto op slide 1 komt van (BBC NEWS, 2022). De foto op slides 2 en 3 komt van (Smithsonian Institution, n.d.). De foto op slides 3 en 4 komt van (Lewis, 2015). De achtergrondfoto op slides 6 en 7 komt van (VI-CDAC, 2020). De foto's zonder referentie komen van Canva.

Kabelbacteriën

Stroomdraden van bacteriën in je smartphone?

1

Kabelbacteriën?
= "elektrische bacteriën"

- in mariene sedimenten
- vormen ketens van meer dan 10 000 cellen (30-70 mm lang!)

Weetje
Onder 1 m² zeebodem is er een netwerk van tot 10 000 km filamenten van kabelbacteriën

2

Elektrisch? JA!

- De bacteriën werken samen en genereren een elektronentransfer
- elektrische stroom ⚡

in parallelle groeven die over de hele lengte van het filament lopen, zijn er vezels die de stroom geleiden

3

Dit is **niet** nieuw voor de wetenschap

- elektronentransfer gebeurt ook bij:
 - fotosynthese
 - cellulaire respiratie
- MAAR: bij bovenstaande processen spreken we over een transfer over nanometers, bij kabelbacteriën gaat het over een geleiding over centimeters

4

Hoe werken de bacteriën samen voor het genereren van de elektrische stroom?

Sea water

Sediment

Bacterial filament

Electron transport

SO₄²⁻ → H₂S

5

O₂ = elektronenacceptor

Oxic layer → veel O₂

→ wordt tussen de waterkolom en het sediment uitgewisseld

H₂S = elektronendonator

Anoxic layers → geen O₂, wel H₂S

elektronen van beneden naar boven getransporteerd = lange-afstand elektronentransport

6

Een biobatterij

- Het sediment werkt als een natuurlijke biogeobatterij dankzij deze bacteriën
- De geleidende vezels in de bacteriën creëren een geleidbaarheid die veel groter is dan andere gekende biologische materialen
- Potentieel voor toepassingen in elektronica

7



Welke toepassingen?

1 E-waste aanpakken



- **Wat?** Elektronisch afval = oude/defecte elektrische toestellen
- **Hoe?** Door biologisch afbreekbare materialen te maken

8

Welke toepassingen?

2 Gezondheidszorg



- implanteerbare diagnostische en therapeutische apparaten
- voeren functie uit, om daarna vanzelf te verdwijnen

9

Welke toepassingen?

3 Smartphones... en meer?



10

tiny.microbes Een smartphone met stroomdraadjes van bacteriën, een mogelijke realiteit of toch maar sciencefiction? 📱🦠

→ Swipe om meer te leren over kabelbacteriën en hoe zij een antwoord kunnen geven op deze vraag!

#kabelbacteriën #microbiologie #elektriciteit #elektronica
#biotechnologie

Figuur A4. De carrouselpost over kabelbacteriën op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption. Informatie in de post komt uit (Microbial Electricity, 2022h, 2022f, 2022c, 2022g, 2022b, 2022a, 2022d, 2022e; Universiteit Antwerpen, n.d.). De foto's op slides 1, 2 en 10 komen van (Universiteit Antwerpen, n.d.). De foto op slide 3 komt van (Microbial Electricity, 2022d) en deze op slide 4 van (TU Delft, 2019). De foto op slides 5 en 6 komt van (Microbial Electricity, 2022b). De foto op slide 8 komt van (Recupel, n.d.) en deze op slide 9 komt van (van Leeuwen Tandartsen, n.d.).





tiny.microbes Geloof het of niet, maar zonder microben is er heel wat voedsel en drinken waar we niet van zouden kunnen genieten. 🍷

Kijk zelf maar! 👁️

.....

#voeding #microbiologie #biotechnologie #wetenschap

Figuur A5. De afzonderlijke slides van de reel over voeding op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption. De foto's op slides 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 17 en 18 komen van (Augurken, n.d.), (Laura's Bakery, 2021), (Brood, n.d.), (Gaastra, n.d.), (Kaas, n.d.), (Senses of Living, 2021), (The Cozzi Corner, n.d.), (Getty Images, n.d.), (SLAGROOM KLOPPEN, n.d.), (Aziatische-ingredienten.nl, 2011), (New Craft Group, n.d.) en (piethuysentruyt.com, n.d.). De foto's zonder referentie komen van Canva.



tiny.microbes Kunst met microben, het is mogelijk! Via 'agar art' worden tal van micro-organismen gebruikt om levende kunstwerken te maken. 🌱

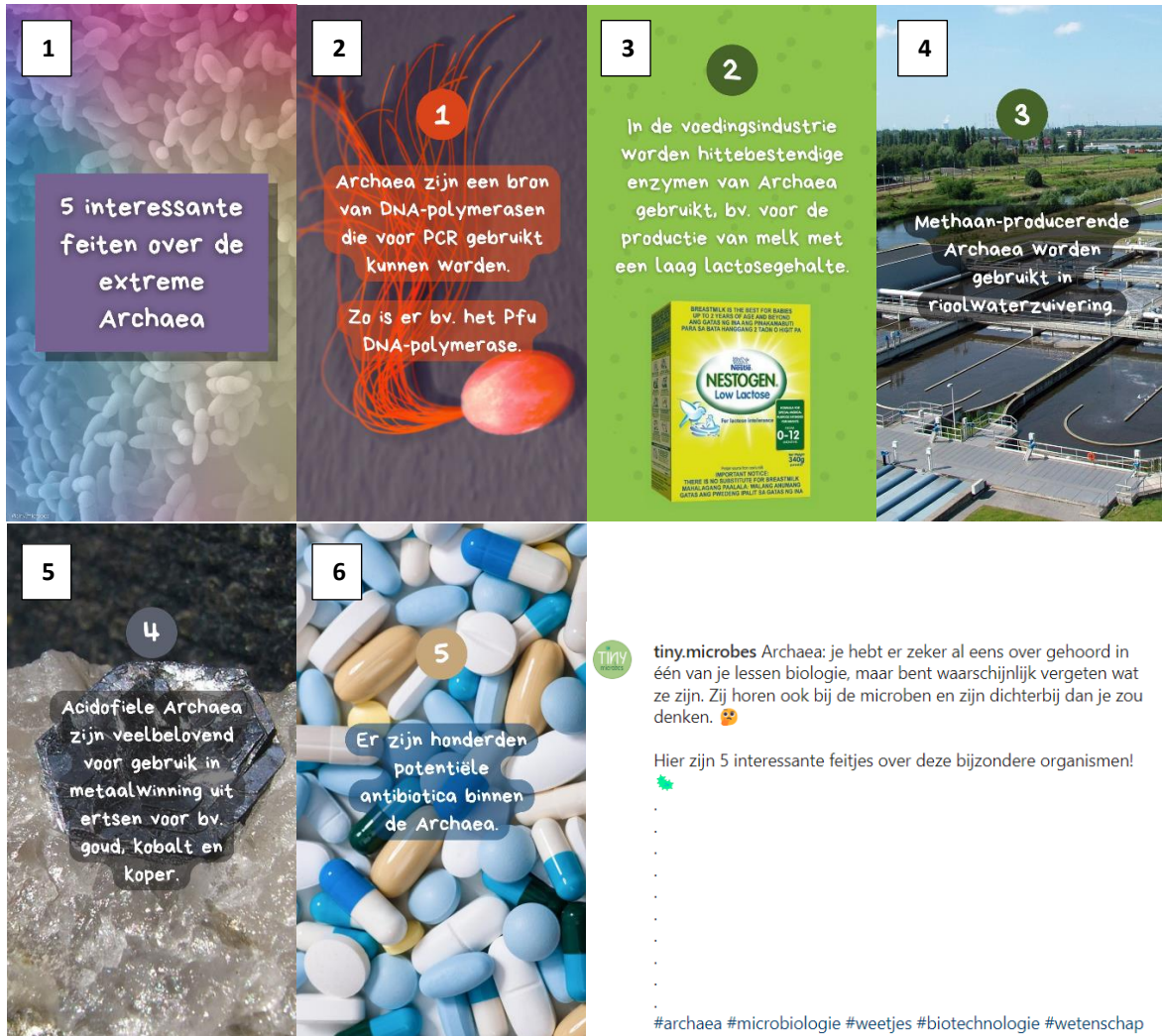
Er wordt zelfs jaarlijks een wedstrijd georganiseerd: de ASM Agar Art Contest.

Geniet van een aantal van deze kunstwerken! 📸

.....

#microbeart #agarart #microbiologie #kunst

Figuur A6. De afzonderlijke slides van de reel over *microbe art* op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption. De foto op de eerste slide komt van Canva. De foto's op slides 2 tot en met 7 komen van (Hadid, 2019; Khamari, 2020; Pöstényi, 2019; Rhoda, 2019; Tsitsishvili, 2017, 2018).



Figuur A7. De afzonderlijke slides van de reel over Archaea op het Instagramaccount @tiny.microbes, begeleid door de bijhorende caption. Informatie in de post komt uit (Egorova & Antranikian, 2005). De foto op slide 1 komt van (MPI f., 2021), deze op slide 2 van (Fulvio, 2013), slide 3 van (Nestogen, n.d.), slide 4 van (Annabel, 2009), slide 5 van (Chapman, n.d.) en slide 6 van Canva.



Figuur A8. Logo van het Instagramaccount @tiny.microbes.

II. Tabellen

Tabel A1. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad ASO van het GO!. De leerplandoelstellingen in groen komen enkel voor bij de wetenschappelijke richtingen. Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2012/009 (GO!, 2012b).

DECR. NR	LEERPLANDOELSTELLINGEN De leerlingen kunnen	LEERINHOUDEN
MICRO-ORGANISMEN		
B1 DSET 5, 29-31	1 door microscopische waarneming het bestaan van verschillende groepen micro-organismen vaststellen.	Leerlingenproef 1: pantoffeldiertjes, gistcellen, amoeben, raderdiertjes, Tardigrada (mosbeertjes), wieren (Volvox), diatomeeën (kiezelwieren),
B2, B10 DSET 1	2 op basis van waarnemingen overeenkomsten en verschillen tussen micro-organismen en andere groepen organismen aangeven en op basis van deze kenmerken een eenvoudige classificatie opstellen.	Vb. één- of meercellig, kern of geen kern, autotroof of heterotroof, bladgroenkorrels of geen bladgroenkorrels, celwand of geen celwand Eencelligen, meercelligen, prokaryoot, eukaryoot. 3 domeinen (archaea, bacteria en eukaryoten); de rijken (planten, dieren, schimmels, archaea, bacteria en protista)
MENS EN GEZONDHEID: BACTERIËN		
B1	3 de bouw van bacteriën beschrijven.	Bouw van de bacterie
B7 DSET 1,2	4 de relatie leggen tussen de vorm en de indeling van bacteriën.	Kokken, bacillen, spirillen, vibrionen
B1,8 W1-2-3 DSET18, 29-31	5 een eenvoudige bacteriënkweek maken en onderzoeken om het verband aan te tonen tussen de omgevingsfactoren en de vermenigvuldiging van bacteriën.	Temperatuur, vochtigheid, voedingsstoffen, Leerlingenproef 2: bacteriegroei
DSET 27	6 enkele technieken om bacteriegroei te voorkomen beschrijven.	Steriliseren, UHT, invriezen, bestralen, pekelen
B10 DSET 14,17	7 het belang van bacteriën in de natuur aangeven en hun rol in de kringlopen situeren.	Afbraak in de natuur, saprofyten, reductanten, omzetten van meststoffen, stikstoffixatie ...
B8,13 W4-5	8 de invloed van bacteriën op de gezondheid van de mens met voorbeelden aantonen.	Voedselbederf, voedselbereiding (kaas, yoghurt, kaas, azijn), ziekte (SOA), darmbacteriën
B13, W4-5	9 de natuurlijke bestrijding van bacteriën in ons lichaam weergeven.	Witte bloedcellen: macrofagen en lymfocyten antilichamen en fagocytose
B13, W4-5 DSET 27	10 de kunstmatige bestrijding van bacteriën in ons lichaam weergeven.	Actieve en passieve immunisatie, antibiotica; hygiëne en ontsmettingsmiddelen
VIRUSSEN		
B8	11 de bouw van virussen beschrijven.	Bouw van virussen: capside, erfelijk materiaal virus en (bacterio)faag
DSET 23	12 de problematiek van de afbakening tussen levenloze materie en levende organismen illustreren.	Levenskenmerken: groei, voortplanting, voeding ...
DSET 3	13 het belang van erfelijk materiaal als drager van informatie om eiwitten te maken, aangeven.	DNA (nucleïnezuren) als erfelijk materiaal, eiwitten als bouwstoffen
B8	14 de vorming van nieuwe virussen beschrijven.	Het verband tussen erfelijk materiaal en bouwstoffen
B8	15 enkele voorbeelden geven van virale infecties.	Het voorkomen en de bestrijding van enkele virale infecties (griep, verkoudheid)
B13	16 het verband uitleggen tussen de besmetting door HIV en het ziektebeeld van aids.	HIV-infectie, AIDS, maatregelen ter voorkoming van de besmetting

Tabel A2. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het GO! (specifiek voor de sportrichtingen, plant-, dier- en milieutechnieken en sociale en technische wetenschappen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2015/005 (GO!, 2015a).

DECR. NR	LEERPLANDOELSTELLINGEN De leerlingen kunnen	LEERINHOUDEN
MICRO-ORGANISMEN		
	8 op basis van beeldmateriaal bacteriën, virussen en schimmels in een eenvoudige ordening plaatsen en in verband brengen met planten, dieren.	Prokaryoot, eukaryoot (kern, geen kern) Eencellig, meercellig Levend, niet levend Grootteorde Bacteriën, virussen, schimmels
	9 de bouw en vorm van bacteriën, virussen en schimmels vergelijken.	Celwand, eiwitmantel, erfelijk materiaal, Celkern, cytoplasma, celmembraan, Bacteriën: kokken, spirillen, bacillen, vibriolen, bacteriofaag en bol- en staafvormige virussen, zwamdraden, gisten
12, 14	10 een eenvoudige kweek maken van micro-organismen en enkele levensvoorwaarden hieruit afleiden	Leerlingenproef: Kweek van bacteriën en/of schimmels Zuurgraad, temperatuur, vochtigheid
D, 12, 14	11 een schimmel en/of bacterie onder de microscoop observeren.	Leerlingenproef: microscopie
	12 de vermenigvuldiging van virussen en bacteriën vergelijken.	Celdeling bij bacteriën, gastheercellen, celdodende eigenschap bij virussen
11, 12	13 het verband tussen levensvoorwaarden, voedselbederf en bewaarstechnieken omschrijven.	Voorbeelden zoals steriliseren, UHT, invriezen, pekelen, bewaarmiddelen, vacuüm trekken ...
11	14 enkele biotechnologische toepassingen van bacteriën en schimmels omschrijven.	Bv kaas, brood, antibiotica, bacteriën in waspoeders, bier
10	15 enkele functies van micro-organismen in de natuur verklaren.	Afbrekers van organisch materiaal Samenlevingsvormen zoals parasitisme, mutualisme ...
11	16 de relatie aantonen tussen de vermenigvuldiging van micro-organismen en infectie, hun bestrijding en hygiëne.	Voorbeelden van schimmel-, virale en bacteriële infecties Bestrijding: ontsmettingsmiddelen, antibiotica, immuniteit, vaccinatie ... Voorkomen van SOA's en andere infectieziekten

Tabel A3. Leerplandoelstellingen natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het GO! (niet-wetenschappelijke richtingen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2015/008 (GO!, 2015b).

DECR. NR	LEERPLANDOELSTELLINGEN De leerlingen kunnen	LEERINHOUDEN
MICRO-ORGANISMEN		
D	15 op basis van beeldmateriaal bacteriën, virussen en schimmels in een eenvoudige ordening plaatsen.	Eencellig, meercellig, levende en niet levende organisme, grootteorde, bacteriën, virussen, schimmels
D	16 voorbeelden van positieve en negatieve invloeden van bacteriën, virussen en schimmels bij de mens en in het milieu geven.	Positieve en negatieve invloeden van bacteriën, virussen en schimmels
D	17 een eenvoudige bacteriënkweek maken om het verband aan te tonen tussen de omgevingsfactoren en de vermenigvuldiging van bacteriën.	Leerlingenproef: bacteriegroei
D	18 voorbeelden van virale, bacteriële en schimmel infecties met mogelijke symptomen beschrijven	Virale, bacteriële, schimmelinfecties en symptomen
D	19 preventieve maatregelen voor bestrijding van infectie en goede hygiëne duiden.	Maatregelen ter voorkoming van de besmetting, antibiotica, immunisatie

Tabel A4. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het GO! (wetenschappelijke richtingen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2017/016 (GO!, 2017a).

DECR. NR	LEERPLANDOELSTELLINGEN De leerlingen kunnen	LEERINHOUDEN
INFECTIEZIEKTES		
	53 aan de hand van experimenten het belang van een gezonde levensstijl linken aan de preventie van infectieziektes.	<ul style="list-style-type: none"> • Practica: (niet)selectieve voedingsbodems, invloed van O₂, temperatuur... op de groei van bacteriën. • Practicum: handhygiëne
	54 de levensomstandigheden van micro-organismen onderzoeken.	<ul style="list-style-type: none"> • Proeven
D	55 infectieziektes linken aan de oorzaak en in verband brengen met de behandeling.	<ul style="list-style-type: none"> • Bacteriële en virale infecties • Schimmelinfecties • Ziektes veroorzaakt door ééncelligen
D	56 de werking van antibiotica (breed en smal spectrum) illustreren.	<ul style="list-style-type: none"> • Practicum: antibiogram, gramkleuring en linken met antibiotica • Antibioticaresistentie
D	57 aan de hand van een informatieopdracht rond parasitaire aandoeningen de levenscyclus van de parasiet, de symptomen en preventie kunnen toelichten	<ul style="list-style-type: none"> • Parasitaire infecties

Tabel A5. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad ASO van het OVSG. De verduidelijkingen binnen de leerplandoelstellingen in groen komen enkel voor bij de wetenschappelijke richtingen. Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer O/2/2012/174 (OVSG, 2012c).

5.7 Ecologie					
Nr.	Leerplandoelstelling en leerinhoud	Code	B/U	Didactische wenken en hulpmiddelen	Link
21	De hiërarchische opbouw van niveaus begrijpen en inzien dat de verscheidenheid in taxa toeneemt van soort naar domein.	DSG 1 LER 4	B		
				<p>In de eerste graad leerden de leerlingen het verschil tussen gewervelde en ongewervelde dieren.</p> <p>De kennis wordt nu uitgebreid met de belangrijkste stammen en afdelingen uit verschillende rijken. Zich niet verliezen in oeverloze details!</p> <p>Beperkt houden met als bedoeling dat de leerlingen een structuur hebben en dat ze inzien dat de verscheidenheid toeneemt.</p> <p>Indelingen worden geregeld aangepast aan nieuwe inzichten. Zo maakt de klassieke indeling in vijf rijken nu plaats voor een indeling in drie domeinen, waarin de vroegere rijken wel nog altijd duidelijk te herkennen zijn. Dit kan aanleiding zijn om de leerlingen erop te wijzen dat de wetenschap in vele gevallen geen definitieve antwoorden kan geven maar juist door wetenschappelijk onderzoek nieuwe inzichten verwerft.</p> <p>Op basis van o.a. het huidige DNA-onderzoek wordt de classificatie van een aantal soorten ter discussie gesteld.</p> <p>Tegenwoordig wordt op grond van de moleculaire fylogenie algemeen een indeling gebruikt, waarbij rijken niet meer het hoogste taxon (indelingsniveau) zijn, maar worden de organismen ingedeeld in drie domeinen (of superrijken):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. de bacteriën (waartoe ook de blauwalgen worden gerekend) 2. de Archaea, die samen met de bacteriën de prokaryoten vormen (vroeger nog met de naam bacteriën aangeduid) 3. de eukaryoten omvat de andere traditionele rijken. <p>Binnen deze domeinen worden volgens iets oudere opvattingen nog rijken onderscheiden, waarbij dieren, planten en schimmels elk een rijk vormen, maar vooral de verdeling van de eucaryotische protisten is nog steeds een onderwerp van discussie.</p>	
25	Een eenvoudige materiekringloop en energiedoorstroming in een ecosysteem kunnen beschrijven en kunnen voorstellen met een visueel model.	B 10 B 11 LER 4 DSG 2	B		

		DSG 15 DSG 21			
	<p>Trofische niveaus in ecosystemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - autotroof (produceren) - heterotroof (consumenten, reducenten) <p>De rol van producenten, consumenten en reducenten in een ecosysteem:</p> <p>de uiteenlopende functies van (micro)organismen.</p> <p>Opstellen van voedselketen en voedselweb.</p> <p>Materiekringloop</p> <p>Energiedoorstroming in een ecosysteem: voortdurende inbreng van energie nodig.</p> <p>Voedselpiramiden.</p>			<p>De trofische niveaus worden weergegeven door middel van piramiden op basis van aantallen, biomassa of energie-inhouden of door middel van voedselketens en voedselwebben.</p> <p>Bij voorkeur organismen uit de ecologische excursie gebruiken.</p> <p>Relativeer de inbreng van de zonne-energie: op de oceaانبodem bestaan er ook ecosystemen.</p>	
27	Kunnen aantonen dat de fotosynthese en ademhaling aan elkaar gekoppeld zijn in de cycli van koolstof en zuurstof.	DSG 15 LER 5	B		
				Zie ook leerlingenpractica.	
28	De kringloop van stikstof kunnen beschrijven.	EDV LER 4	U		
				Rekening houden met de nog betrekkelijk kleine chemische kennis. Nadruk leggen op N als limiterende factor voor de plantengroei, belang van stikstof als bouwsteen van eiwit: dat landbouw vooral stikstofbemesting gebruikt, de gevolgen voor het oppervlakte- en drinkwater, dat bacteriën van omzettingen uitvoeren.	CHE
29	De functies van micro-organismen in materiekringlopen kunnen illustreren.	B 10 LER 5	B		
	Schimmels en rottingsbacteriën als belangrijke reducenten.			<p>Zie ook leerlingenpractica.</p> <p>Eventueel kan men hier ook de rol van gistcellen in het fermentatieproces toelichten.</p> <p>De leerlingen kennen doorgaans 'bacteriën' in hun rol van ziekteverwekkers.</p>	
32	Bacteriën kunnen situeren als moneren (prokaryoten).	EDV LER 4 DSG 1	B		
	<p>Plaats van de bacteriën binnen de classificatie van levende wezens.</p> <p>Vergelijking van de grootte van bacteriën met cellen van andere organismen.</p>			<p>Uit afbeeldingen kan men afleiden dat bacteriën eencellige organismen zijn zonder kernmembraan, met hun erfelijk materiaal in het celplasma (def. moneren).</p> <p>Als extra kenmerk wordt de samenstelling van de celwand (mureïne) van de moneren</p>	

				<p>opgegeven, die verschillend is van planten en zwammen. Enkele vormen kunnen bekeken worden. Mogelijkheid tot microscopie: hooibacil, tandbeslag... Met dezelfde afbeeldingen en de microscopische preparaten wordt de indeling coccen, vibrionen, bacillen en spirillen aangebracht. De relativiteit van deze indeling aangeven.</p> <p>Zie ook leerlingenpractica achteraan.</p>	
33	De rol van de bacteriën en virussen als ziekteverwekkers kunnen illustreren en bestrijdingswijzen kunnen aangeven.	B 13 LER 5	B		
	Invloed van bacteriën en virussen op de menselijke gezondheid.			<p>Ontwikkeling van de verschillende geneesmiddelen: met historische voorbeelden kan men beschrijven hoe de ideeën over aseptie en antiseptie ontstonden en zich verspreidden. Pro en contra het gebruik van antibiotica. Immunitet, vaccin en serum verduidelijken kan aan de hand van (bacteriële en virale toxine antigeen); werking witte bloedcellen: productie van antilichamen of antitoxinen. Enkele infectieziekten (met o.a. infectieweg, incubatietijd, symptomen) en hun bestrijdingsmogelijkheden en preventie door het gebruik van vaccin, serum, antibiotica, sulfonamiden en ontsmettingsmiddelen bespreken.</p> <p>Behandel de begrippen 'resistent' en 'immuun'. Dit onderscheid is voor de leerlingen niet steeds duidelijk.</p> <p>Belang van lichaamshygiëne benadrukken.</p> <p>Rol van de bioloog en de microbioloog in de geneeskunde bespreken. Zie ook leerlingenpractica.</p> <p>Eventueel ook: opzoekopdracht.</p>	
34	De rol van bacteriën bij voedselbederf kunnen toelichten.	EDV LER 5	B		
				<p>Nadruk leggen op het feit dat bacteriën als heterotrofen organische stoffen nodig hebben die ze verteren. Bij het metabolisme worden toxinen gevormd (bv. Salmonellabesmetting) die ons ziek maken. Rol van de microbioloog en bio-ingenieur in verband met voedselkwaliteit toelichten. Zie ook leerlingenpractica.</p>	
35	Weten dat onder de juiste levensvoorwaarden een populatie (van bacteriën) exponentieel in aantal toeneemt.	EDV LER 4	U		
				<p>De exponentiële groei geldt ook voor andere organismen. Mogelijkheid tot praktische oefening.</p>	WIS

				<p>Kweken van bacteriën kan gegevens leveren over de levensvoorwaarden van bacteriën. Rottingsproeven zijn hier geschikt omdat men gemakkelijk één abiotische factor kan laten variëren (temperatuur, water, zuurtegraad...).</p> <p>Men moet ermee rekening houden dat men bij het kweken van bacteriën ongewild pathogene organismen kan krijgen in de culturen. Men moet dus strikt de veiligheidsmaatregelen opvolgen: ontsmetten van het glaswerk en tafels (gedenatureerde alcohol, autoclaaf), geen contact van het glaswerk met de mond, vernietigen van de overbodige culturen op chemische wijze of in de autoclaaf, petrischalen met tape afsluiten en zoveel mogelijk vermijden dat die van hand tot hand doorgegeven worden...</p> <p>Zie ook leerlingenpractica.</p>	
36	Virussen kunnen beschrijven als obligate parasieten bestaande uit eiwit en genetisch materiaal.	EDV LER 4 DSG 24	B		
	Virussen: problematiek van de afbakening tussen levenloze materie en levende organismen.			<p>Men benadrukt de essentiële verschillen van de cel: grootte, samenstelling uit eiwitmantel en erfelijk materiaal.</p> <p>Kort door middel van een schema aantonen hoe het viraal erfelijk materiaal binnendringt en de levende cel dwingt tot de aanmaak van nieuwe virussen.</p> <p>Bespreken van enkele infectieziekten kan via groepswork in tabelvorm (verwekker, besmettingswijze, incubatietijd, symptomen, bestrijding en preventie), gebeuren.</p> <p>Het onderwerp kan aanleiding zijn om SOA te bespreken (o.a. herpes), en in het bijzonder AIDS, waarbij gelet wordt dat dit niet teveel overlapt met andere vakken; overleg met collega's is hier noodzakelijk.</p>	

Tabel A6. Leerplandoelstellingen toegepaste natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (specifiek voor biotechnische wetenschappen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2004/18 (POV, 2004).

Specifieke leerplandoelstellingen	B/U	Leerinhouden	Didactische en pedagogische wenken	VET/VOD ET/OD
<p>Het belang van de gistingsprocessen in onze voedingsindustrie aantonen aan de hand van Voorbeelden</p> <p>Verklaren hoe bacteriën en schimmels aangewend worden bij de bereiding van dierlijke en menselijke voeding</p> <p>Aantonen dat de raffinage een belangrijke rol vervult in de levensmiddelenindustrie</p> <p>De leerlingen kunnen aan de hand van enkele voorbeelden toelichten dat een goede bewaring van de voeding van zeer groot belang is</p> <p>De leerlingen kunnen het verloop van de temperatuurbehandelingstechnieken uitleggen</p> <p>De leerlingen kunnen het verloop van de technieken voor het bestralen van voedsel Uitleggen</p>	<p>B</p> <p>B</p> <p>B</p> <p>B</p> <p>B</p> <p>B</p>	<p>* Technieken gebruikt in de voedselverwerking</p> <p>- Bereidingstechnieken</p> <p>Fermentatieprocessen in de voeding</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voedselbereiding met bacteriën • Voedselbereiding met gisten en schimmels • Zuivering van ruwe voedselbronnen <p>- Bewaarstechnieken voor voedsel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatuurbehandelingen • Bestralen van voedsel 	<p>Belang van gisting en soorten gistingsprocessen voor voedselbereiding.</p> <p>Belang van enzymen in de voeding o.a. amylase en lactase.</p> <p>Bereiding van ondermeer zuurkool, yoghurt, kaas en huishoudazijn.</p> <p>Bereiding van bier, wijn, brood en schimmelkazen.</p> <p>Bereiding van chips, suikerwinning, pasta, enzovoort</p> <p>Verhitten van voedsel o.a. pasteuriseren en steriliseren.</p> <p>Koelen en invriezen van voeding.</p> <p>Geef concrete voorbeelden van bestraald Voedsel.</p>	

De leerlingen de toepassing voor bewaren door technieken voor vochtbeheersing uitleggen	B	<ul style="list-style-type: none"> • Vochtbeheersing 	Drogen en vriesdrogen van voedsel.
De leerlingen moeten lichten het belang van gezonde voeding en van de traceerbaarheid van voeding voor mens en dier aan de hand van voorbeelden toe	B	<ul style="list-style-type: none"> • Elimineren van bederf verwekkende Organismen 	Toevoegingen bij ondermeer het konfijten, pekelen en aanzuren van voedingswaren. Verwijderen van micro-organismen door filtratie en centrifugatie.
Experimenten uitvoeren met voedselbewaring afhankelijk van de beschikbare infrastructuur van de school	B	Proeven op bewaar technieken Drogen Steriliseren Pasteuriseren Toevoegen van chemicaliën	

Tabel A7. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (specifiek voor techniek-wetenschappen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer O/2/2015/387 (OVSG, 2015c).

5.8.5 Microbiologie					
436	De microbiologie kunnen situeren in de geschiedenis.	EDV	B		
	Enkele belangrijke onderzoekers met hun ontdekkingen.			Experimenten rond voedselbederf en bewaarstechnieken, opsporen bacteriën in voedingstoffen, staalname in de school op de meest "vervuilde" plaatsen waarna deze op kweekbodem geplaatst worden.	
437	De indeling van het levend rijk in Protista en hogere planten en dieren schematisch kunnen weergeven.	EDV	B		
	Indeling van micro-organismen.				
438	De criteria kunnen geven waardoor hogere en lagere Protista zich van elkaar onderscheiden.	EDV	B		
439	De groepen micro-organismen in een schema kunnen situeren.	EDV	B		
440	Het onderscheid tussen eukaryoten en prokaryoten kennen.	EDV	B		
441	De voornaamste delen van een bacteriecel en hun functie kunnen weergeven.	EDV	B		
	Bacteriën: - Bouw - Eigenschappen (vermenigvuldiging, sporenvorming, vorming van bacteriële stoffen)				
442	Een eenvoudig microscopisch preparaat van bacteriën kunnen maken en met microscoop (met gebruik van immersielens) kunnen onderzoeken.	EDV	B		
	Onderzoek van bacteriën: - negatieve kleuring, Gram-kleuring en Ziehl-Neelsen zuurvaste kleuring - de cultuur			Voor de negatieve kleuring volgens Burri kan tandvuil gebruikt worden als materiaal en wordt Oost-Indische inkt gebruikt om te kleuren. Het preparaat kan snel gemaakt worden en kan onmiddellijk bekeken worden.	

443	De algemene werkwijze van het principe van de Gram-kleuring en de zuurvaste kleuring volgens Ziehl-Neelsen kunnen verwoorden.	EDV	U		
				Enkele voorname bacterie-vormen (maar vooral spirillen) kunnen dan waargenomen worden.	
444	Een gelbodem kunnen bereiden, steriliseren, gieten en beënten.	EDV	U		
445	De meest belangrijke bacteriën kunnen situeren in een schema, steunend op eigenschappen van vorm, kleurreactie, sporenvorming en groeivoorwaarden.	EDV	B		
	Medische (voornaamste en meest hanteerbare) classificatie van bacteriën.			Dubbele kleuringen en bereiding van voedingsbodems vereisen meer specifiek materiaal en producten.	
446	De fasen van een exponentiële groeicurve kunnen weergeven en de verklaringen hiervoor kunnen verwoorden.	EDV	B		
	Levensvoorwaarden voor bacteriën: temperatuur, vocht, zuurstof, voedingsstoffen. Groeï van bacteriën.				
447	Het onderscheid kunnen formuleren tussen besmetting, infectie en virulentie.	EDV	B		
	Micro-organismen en ziekte: - besmetting - besmetting via voedsel en drank - virulentie - schade veroorzaakt door micro-organismen.				
448	Weten op welke wijzen de besmetting via voedsel en drinkwater kan gebeuren.	EDV	B		
449	De voornaamste kiemen die hierbij betrokken zijn kennen.	EDV	B		
450	De factoren kunnen opsommen waarvan de virulentie kan afhangen.	EDV	B		

451	De bestrijding van micro-organismen in het lichaam kunnen toelichten.	EDV	B		
	- Niet-specifieke afweer - Immuniteit – vaccinaties.				
452	De begrippen “antigen” en “antilichaam” kunnen omschrijven.	EDV	B		
453	De soorten immuniteiten en de specifieke karakteristieken ervan kunnen weergeven.	EDV	B		
454	De kenmerken van vaccinatie kunnen weergeven en de meest aangeraden vaccinaties kunnen opsommen.	EDV	B		
455	De voornaamste methoden en hun principe om micro-organismen buiten het lichaam te vernietigen kennen.	EDV	B		
	Sterilisatie en pasteurisatie.				
456	De algemene bouw en eigenschappen van virussen kunnen toelichten.	EDV	B		
				o.a. aids, hepatitis	
457	Weten dat erfelijk materiaal van micro-organismen kan gewijzigd worden met het doel de organismen bepaalde stoffen te laten produceren.	EDV	B		
				Biotechnologie.	
458	Weten dat uiteenlopende toepassingen hiervan in volle ontwikkeling zijn, terwijl men nog niet alle gevolgen kan inschatten.	EDV	B		

Tabel A8. Leerplandoelstellingen natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (wetenschappelijke richtingen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer O/2/2015/112 (OVSG, 2015b).

Nr.	Leerplandoelstelling en leerinhoud	Code	B/U	Didactische wenken en hulpmiddelen	Link
5.10 Bacteriën en virussen					
61	De rol van de bacteriën en virussen als ziekteverwekkers kunnen illustreren en bestrijdingswijzen kunnen aangeven.	EDV	U		
	Begrip : bacterie, virus Onderscheid tussen bacterie en virus. Onderscheid tussen bacteriële en virale infectie.			Ontwikkeling van de verschillende geneesmiddelen: met historische voorbeelden kan men beschrijven hoe de ideeën over aseptie en antiseptie ontstonden en zich verspreiden. Pro en contra antibiotica. Immuniteit, vaccin en serum verduidelijken kan aan de hand van 'bacteriële of virale) toxine (antigeen); werking witte bloedcellen: productie van antilichamen of antitoxinen. Enkele infectieziekten (met o.a. infectieweg, incubatietijd, symptomen) en hun bestrijdingsmogelijkheden en preventie door het gebruik van vaccin, serum, antibiotica, sulfonamiden en ontsmettingsmiddelen bespreken. Belang van lichaamshygiëne benadrukken. Rol van de bioloog en de microbioloog in de geneeskunde bespreken. Zie ook leerlingenpractica. Interessante voorbeelden en lesmateriaal op http://www.e-bug.eu	GES
62	Illustreren dat bacteriën en virussen de menselijke gezondheid beïnvloeden.	EDV	U		
				In de eerst graad kwam reeds aan bod: samenstelling van het bloed, zuurstoftransport, bloedsomloop, werking van het hart. Aandacht besteden aan hygiëne (preventie van infecties) thuis, op het werk en in recreatie. De mechanismen waarmee het lichaam zich verdedigt tegen vreemd materiaal beschrijven. Rol van de witte bloedcellen: fagocytose en productie van antilichamen. Actieve (vaccin, bijvoorbeeld polio, pokken, enz) en passieve (antilichamen injecteren, bijvoorbeeld tetanus), immunisatie. Bij de studie van immuniteit voorrang geven aan inzicht in de verschillende processen, eerder dan aan uitbreiding van de woordenschat. Wijzen op het risico voor tetanus bij kwetsuren in de werkplaats.	
63	De rol van bacteriën bij voedselbederf kunnen toelichten.	EDV	U		
				Nadruk leggen op het feit dat bacteriën als heterotrofen organische stoffen nodig hebben die ze verteren. Bij het metabolisme worden toxinen gevormd (bv. Salmonellabesmetting) die ons ziek maken. Rol van de microbioloog en bio-ingenieur in verband met voedselkwaliteit toelichten.	

				<p>Kweken van bacteriën kan gegevens leveren over de levensvoorwaarden van bacteriën. Rottingsproeven zijn hier geschikt omdat men gemakkelijk één abiotische factor kan laten variëren (temperatuur, water, zuurtegraad...).</p> <p>Men moet ermee rekening houden dat men bij het kweken van bacteriën ongewild pathogene organismen kan krijgen in de culturen. Men moet dus strikt de veiligheidsmaatregelen opvolgen: ontsmetten van het glaswerk en tafels (gedenatureerde alcohol, autoclaaf), geen contact met het glas met de mond, vernietigingen van de overbodige culturen op chemische wijze of in de autoclaaf, petrischalen met tape afsluiten en zoveel mogelijke vermijden dat die van hand tot hand doorgegeven worden...</p> <p>HACCP is de gevaren- en risico-inventarisatie voor voedingsmiddelen. Dit controleproces, uitgaande van de Europese Unie, moet ervoor zorgen dat het productieproces van alle voedingsmiddelen gepaard gaat met zo weinig mogelijk risico op besmetting. Belangrijk in studierichtingen, die met voeding te maken hebben.</p>	
64	De rol van gistcellen in het fermentatieproces (voedselbereidingen) kunnen uitleggen.	EDV	U		
				Bier, wijn, brood...	
5.11 Fysiologie					
70	De gevaren van seksueel overdraagbare aandoeningen (SOA) kennen.	EDV	U		
				<p>Preventie, besmetting, klachten, soorten.</p> <p>Het onderwerp AIDS niet ter zijde schuiven. Dit onderwerp is ook behandeld in het leerplan Natuurwetenschappen van de eerste graad A-stroom.</p> <p>Men benadrukt de essentiële verschillen van de cel: grootte, samenstelling uit eiwitmantel en erfelijk materiaal.</p> <p>Kort door middel van een schema aantonen hoe het viraal erfelijk materiaal binnendringt en de levende cel dwingt tot de aanmaak van nieuwe virussen.</p> <p>Bespreken van enkele infectieziekten kan via groepswork in tabelvorm (verwekker, besmettingswijze, incubatietijd, symptomen, bestrijding in preventie) gebeuren.</p> <p>Het onderwerp kan aanleiding zijn om SOA te bespreken (o.a. herpes), en in het bijzonder AIDS, waarbij gelet wordt dat dit niet te veel overlapt met andere vakken; overleg met collega's is hier noodzakelijk.</p>	

Tabel A9. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (niet-wetenschappelijke richtingen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer O/2/2015/084 (OVSG, 2015a).

Nr.	Leerplandoelstelling en leerinhoud	Code	B/U	Didactische wenken en hulpmiddelen	Link
5.8 Bacteriën en virussen					
33	De rol van de bacteriën en virussen als ziekteverwekkers kunnen illustreren en bestrijdingswijzen kunnen aangeven.	EDV	B		
	<p>Begrip : bacterie, virus Onderscheid tussen bacterie en virus. Onderscheid tussen bacteriële en virale infectie.</p>			<p>Ontwikkeling van de verschillende geneesmiddelen: met historische voorbeelden kan men beschrijven hoe de ideeën over aseptie en antiseptie ontstonden en zich verspreiden. Pro en contra antibiotica. Immuniteit, vaccin en serum verduidelijken kan aan de hand van 'bacteriële of virale' toxine (antigeen); werking witte bloedcellen: productie van antilichamen of antitoxinen.</p> <p>Enkele infectieziekten (met o.a. infectieweg, incubatietijd, symptomen) en hun bestrijdingsmogelijkheden en preventie door het gebruik van vaccin, serum, antibiotica, sulfonamiden en ontsmettingsmiddelen bespreken. Belang van lichaamshygiëne benadrukken. Rol van de bioloog en de microbioloog in de geneeskunde bespreken. Zie ook leerlingenpractica.</p> <p>Interessante voorbeelden en lesmateriaal op http://www.e-bug.eu</p>	GES
34	De rol van bacteriën bij voedselbederf kunnen toelichten.	EDV	B		
				<p>Nadruk leggen op het feit dat bacteriën als heterotrofen organische stoffen nodig hebben die ze verteren. Bij het metabolisme worden toxinen gevormd (bv. Salmonellabesmetting) die ons ziek maken.</p> <p>Rol van de microbioloog en bio-ingenieur in verband met voedselkwaliteit toelichten.</p> <p>Kweken van bacteriën kan gegevens leveren over de levensvoorwaarden van bacteriën. Rottingsproeven zijn hier geschikt omdat men gemakkelijk één abiotische factor kan laten variëren (temperatuur, water, zuurtegraad...).</p> <p>Men moet ermee rekening houden dat men bij het kweken van bacteriën ongewild pathogene organismen kan krijgen in de culturen. Men moet dus strikt de veiligheidsmaatregelen opvolgen: ontsmetten van het glaswerk en tafels (gedenatureerde alcohol, autoclaaf), geen contact met het glas met de mond, vernietigingen van de overbodige culturen op chemische wijze of in de autoclaaf, petrischalen met tape afsluiten en zoveel mogelijke vermijden dat die van hand tot hand doorgegeven worden...</p> <p>HACCP is de gevaren- en risico-inventarisatie voor voedingsmiddelen. Dit controleproces, uitgaande van de Europese Unie, moet ervoor zorgen dat het productieproces van alle voedingsmiddelen gepaard gaat met zo weinig mogelijk risico op besmetting. Belangrijk in studierichtingen, die met voeding te maken hebben.</p>	

35	De rol van micro-organisme in materiekringlopen kunnen illustreren.	EDV	B		
	Autotrofe en chemotrofe bacteriën. Rottingsbacteriën.			Zie ook leerlingenpractica.	
36	Virussen kunnen beschrijven als obligate parasieten bestaande uit eiwit en genetisch materiaal.	EDV	B		
				Men benadrukt de essentiële verschillen van de cel: grootte, samenstelling uit eiwitmantel en erfelijk materiaal. Kort door middel van een schema aantonen hoe het viraal erfelijk materiaal binnendringt en de levende cel dwingt tot de aanmaak van nieuwe virussen. Bespreken van enkele infectieziekten kan via groepswork in tabelvorm (verwekker, besmettingswijze, incubatietijd, symptomen, bestrijding in preventie) gebeuren. Het onderwerp kan aanleiding zijn om SOA te bespreken (o.a. herpes), en in het bijzonder AIDS, waarbij gelet wordt dat dit niet te veel overlapt met andere vakken; overleg met collega's is hier noodzakelijk.	TA.BE ICO
37	De rol van gistcellen in het fermentatieproces (voedselbereidingen) kunnen uitleggen.	EDV	U		
				Bier, wijn, brood...	
38	Weten wat biotechnologie inhoudt.	EDV	U		
	Biotechnologie.			Het isoleren en overbrengen van één gen naar de andere cel (meestal bij bacteriën, bijvoorbeeld E. Coli) om de functie van dit gen op te sporen, genetische catalogus van de mens en toepassing ervan (bijvoorbeeld prenatale diagnose), productie van allerlei proteïnen door bacteriën of cellen in cultuur (bv. insuline).	

Tabel A10. Leerplandoelstellingen toegepaste natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het OVSG (specifiek voor biotechnische wetenschappen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2003/14 (POV, 2003).

Specifieke leerplandoelstellingen	B/U	Leerinhouden	Didactische en pedagogische wenken
<p>De labo-oefeningen in het eerste jaar zijn erop gericht de leerlingen de basis van het microbiologisch onderzoek aan te leren</p> <p>Hierbij zal vooral het aanleren van gedisciplineerde werkmethoden belangrijk zijn</p> <p>De leerlingen zullen leren voedingsoplossingen en voedingsbodems maken voor specifieke doeleinden (selectieve bodems, in-vitro)</p> <p>De handelingen zorgvuldig volgens de voorschriften kunnen uitvoeren</p> <p>Juist observeren</p> <p>De waarnemingen correct rapporteren</p> <p>De resultaten met de nodige zorg interpreteren en de verbanden met de theoretische leerstof toelichten</p> <p>Met orde, netheid en nauwkeurigheid werken</p>	B	<p>➤ Microbiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sterilisatietechnieken • Steriel maken van recipiënten, cultuurmedia en gereedschappen • bemonsteringstechnieken • Microbiologische aspecten van de voeding • Overzicht van de voornaamste schadelijke bacteriën 	<p>Benadrukken dat de leerlingen de aangeleerde veiligheidsvoorschriften en praktische mededelingen bij het laboratoriumwerk correct toepassen.</p>
<p>De leerlingen doen kwalitatief bacterieel onderzoek op voedingsmiddelen</p>	B	<ul style="list-style-type: none"> • Kwalitatief bacterieel onderzoek 	<ul style="list-style-type: none"> • Uitplaten van voedingsbodem. • Reductasetests. • Aantonen van bacteriën in yoghurt, ingehakt. • Coliforme bacteriën opsporen met Red BillAgar. • Opsporen van amylase producerende bacteriën. • Opsporen van protease producerende bacteriën.

<p>De maatregelen kunnen opnoemen die bijdragen tot het steriel over enten van micro-organismen</p> <p>Aan de hand van de eigenheid van elke enttechniek, de meest aangewezen enttechniek kunnen uitkiezen en verantwoorden, in functie van een opgegeven toepassing</p> <p>Een overzicht kunnen geven van de wijzen waarop cultuurmedia voor micro-organismen kunnen ingedeeld worden</p> <p>Een overzicht kunnen geven van de verschillende stappen in de algemene werkwijze voor het bereiden van een vaste medium.</p>	<p>U</p> <p>B</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Enttechnieken ➤ Opruimen van gebruikte culturen 	<p>Aan de hand van schematische voorstellingen, het pad van de entnaald bij de verschillende entmethoden aangeven.</p> <p>Alle opeenvolgende handelingen tonen.</p> <p>De leerlingen voeren zelf entingen uit tijdens het Labo.</p>
--	-------------------	--	---

Tabel A11. Leerplandoelstellingen toegepaste natuurwetenschappen met betrekking tot microbiologie in de tweede graad TSO van het OVSG (specifiek voor tandtechnieken). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer O/2/2017/397 (OVSG, 2017g).

Nr.	Leerplandoelstelling en leerinhoud	Code	B/U	Didactische wenken en hulpmiddelen	Link
5.14 Microbiologie					
69	De levensvoorwaarden en de bouw van bacteriën kunnen beschrijven.	EDV	B		
	Levensvoorwaarden en bouw van bacteriën.				
70	Enkele belangrijke infecties van de mond en de luchtwegen kunnen opzoeken en toelichten.	EDV	B		
	Infecties van mond en luchtwegen.			Maak gebruik van vakliteratuur en internet. Nodig een tandarts, huisarts, ... uit in de klas voor een uiteenzetting in verband met dit thema. Interview je tandarts, huisarts, ...	ICT TA.BE
71	De bouw en de voortplanting van virussen kunnen beschrijven.	EDV	B		
	Bouw en voortplanting van virussen.				
72	Enkele belangrijke virale infecties kunnen opzoeken en verklaren waarom de infectie viraal is.	EDV	B		
	Virale infecties.			Raadpleeg internet, medische encyclopedie, medische brochures, ...	ICT
73	De bestrijding van bacteriën en virussen kunnen toelichten.	EDV	B		
	Bestrijding van bacteriën en virussen.				
74	Het belang van steriliteit kunnen aantonen.	EDV	B		
	Belang van steriliteit.			Het verband leggen met de activiteiten in PV Praktijk tandtechniek en op stage.	TAN

Tabel A12. Leerplandoelstellingen biologie met betrekking tot microbiologie in de tweede graad ASO van het KOV. Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2012/004 (VVKSO, 2012b).

Nr. doelstelling	Verwoording doelstelling	Verwijzing naar eindtermen
B2	Aantonen dat bacteriën en virussen de menselijke gezondheid beïnvloeden .	B8, B13 W5
V54	Aantonen dat schimmels, gisten en andere parasitaire organismen de menselijke gezondheid beïnvloeden en aantonen hoe de mens zichzelf en anderen kan beschermen tegen de schadelijke gevolgen ervan.	B13
B57	De betekenis van micro-organismen in de natuur toelichten .	B10 W5
B58	Een materiekringloop in een ecosysteem beschrijven en in een schema weergeven .	B2, B11 W5 SET2, SET21
B64	Vanuit het waarnemen van biodiversiteit de noodzaak verantwoorden om te werken met een algemeen geldend classificatiesysteem op basis van wetenschappelijke criteria.	B7 W1, W4, W5 SET27, SET30
B71	Door observatie relevante kenmerken aangeven waardoor zwammen en bacteriën kunnen onderscheiden worden van planten en dieren.	B7 W1 SET6
B2	De omstreden plaats van virussen in een gegeven classificatiesysteem illustreren .	B7 SET24

Tabel A13. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het KOV (specifiek voor de richting chemie). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2017/020 (VVKSO, 2017k).

Nr. doelstelling	Verwoording doelstelling	Verwijzing naar eindtermen
V24	Gelijkenissen en verschillen in bouw en fysiologie tussen bacteriële cel en eukaryote cel en een virus aanduiden .	NW1
V25	Aantonen dat bacteriën en virussen de menselijke gezondheid beïnvloeden .	NW5
V26	Sterilisatie-, kweek- en bewaar- technieken toelichten en vergelijken.	NW6
V27	Een voorbeeld van een ziekteverwekkende en van een nuttige bacteriesoort bespreken.	NW5
V28	Een schematische voorstelling van de bacteriële cel tekenen en de functie van de delen noteren.	
V29	Op een groeicurve, de verschillende fasen van de levenscyclus van een bacterie aanduiden en het belang van de exponentiële fase benadrukken .	
V30	Uit resultaten van experimenten factoren afleiden die de groei van bacteriën beïnvloeden.	
V31	Een betekenis van sporevorming voor bacteriën verwoorden en het potentieel gevaar hiervan voor de mens verduidelijken .	
V32	Aan de hand van een typevoorbeeld, bouw en voortplanting van een virus bespreken.	NW1

Tabel A14. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het KOV (specifiek voor dier- en landbouwtechnische wetenschappen, planttechnische wetenschappen en natuur- en groentechnische wetenschappen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2017/026 (VVKSO, 2017o).

Nr. doelstelling	Verwoording doelstelling	Verwijzing naar eindtermen
32	Door observatie relevante kenmerken aangeven waardoor zwammen en schimmels kunnen onderscheiden worden van planten en dieren.	NW 1
33	Aan de hand van een concreet voorbeeld uitleggen hoe schimmels zich voeden en voortplanten.	
34	Aan de hand van een concreet voorbeeld uitleggen hoe de schimmelsporen de planten infecteren.	
35	Externe factoren die een invloed hebben op de infectie van schimmelsporen opnoemen en toelichten.	
36	Het begrip incubatietijd verduidelijken.	
37	Aan de hand van de levenscyclus van een bepaalde schimmelsoort de begrippen generatie en vegetatieve sporen en vruchtlichaam verduidelijken.	
38	Uitleggen hoe schimmels overwinteren.	
39	Uitleggen hoe de verspreiding van schimmelsporen gebeurt.	
40	De belangrijkste groepen plantenparasiterende schimmels herkennen en opnoemen en een voorbeeld van elke groep geven: valse meeldauwschimmels, echte meeldauwschimmels, roestschimmels, bladvlekkenziekten, kanker (bv. vruchtboomkanker), de vruchtrotschimmels, vaat- en verwelkingsziekten en wortelschimmels.	
41	Echte van valse meeldauwschimmels herkennen en voorbeelden van beide schimmels opnoemen.	
42	Uitleggen welke schade vaat- en verwelkingsziekten bij planten veroorzaken.	
43	Door observatie relevante kenmerken aangeven waardoor bacteriën kunnen onderscheiden worden van zwammen, planten en dieren.	NW 1
44	Aan de hand van een voorbeeld uitleggen hoe bacteriën zich voortplanten en voeden.	
45	Voorbeelden van bacteriënziekten bij planten herkennen en noemen.	
46	Voorbeelden van nuttige en schadelijke bacteriën in de land- en tuinbouwsector opnoemen.	
47	Uitleggen wat het verschil is tussen een virus, viroïde en mycoplasma.	
48	Uitleggen hoe virussen worden vermeerderd.	
49	Uitleggen aan de hand van concrete voorbeelden hoe virusoverdracht bij planten gebeurt.	
50	Het verschil uitleggen tussen persistente en niet-persistente virussen en de relatie met de bestrijding aantonen.	
51	Symptomen van schade veroorzaakt door virussen herkennen op planten en afbeeldingen.	
52	Voorbeelden van veel voorkomende virusziekten opnoemen.	
53	Maatregelen om virusziekten te voorkomen opnoemen.	

Tabel A15. Leerplandoelstellingen toegepaste biologie met betrekking tot microbiologie in de derde graad TSO van het KOV (specifiek voor de sportrichtingen). Leerplandoelstellingen zijn overgenomen vanuit het leerplan met leerplannummer 2017/025 (VVKSO, 2017n).

Nr. doelstelling	Verwoording doelstelling
U112	Gelijkenissen en verschillen in bouw en fysiologie tussen bacteriële cel, eukaryote cel en een virus duiden .
U113	Aantonen dat schimmels, gisten en andere parasitaire organismen de menselijke gezondheid beïnvloeden en aantonen hoe de mens zichzelf en anderen kan beschermen tegen de schadelijke gevolgen ervan.
U114	Het verband tussen besmetting, infectie, pathogeen vermogen, epidemie, endemie, parasiet, symbiont, commensaal en afweer toelichten .
U115	Een virale infectie met ziektesymptomen en mogelijk preventie bespreken .
U116	Op een groeicurve, de verschillende fasen van de levenscyclus van een bacterie aanduiden en het belang van de exponentiële fase benadrukken .
U117	Een betekenis van sporevorming voor bacteriën verwoorden en het potentieel gevaar hiervan voor de mens verduidelijken .

III. Enquête



Beste leerling(e),

Voor mijn thesis wil ik via deze enquête onderzoeken hoe jullie, laatstejaarsleerlingen, tegenover microbiologie staan. Op een bepaald moment zal je geleid worden naar een Instagramaccount. Als je de enquête invult op je gsm, zal je moeten switchen tussen deze webpagina en het Instagramaccount. **Ikzelf raad jullie aan om je gsm te gebruiken om de posts op het Instagramaccount te bekijken en je laptop om deze enquête in te vullen.**

Mocht je nog vragen hebben, mag je mij altijd mailen (Duygu.Gok@UGent.be).

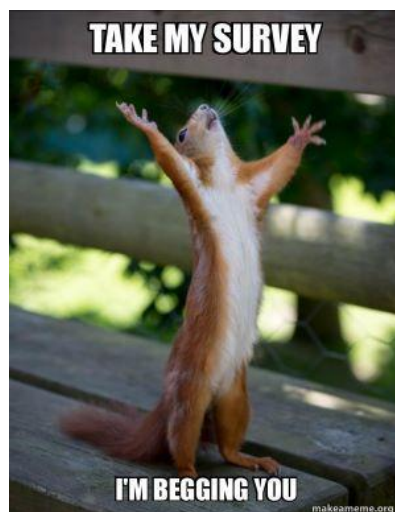
Alvast bedankt om deel te nemen aan mijn onderzoek!

Duygu Gök

Studente Educatieve Master wetenschappen en technologie – verkorte traject

(Geschatte duur enquête: ±10 minuten)

Klik op de pijl hieronder om de enquête te starten.



Ik verklaar hierbij dat ik, als participant aan een onderzoek van de Faculteit Wetenschappen en Faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen onder leiding van Prof. Dr. Anne Willems van de Universiteit Gent,

(1) de uitleg over de aard van de vragen en de taken die tijdens dit onderzoek zullen worden aangeboden, heb gekregen en dat mij de mogelijkheid werd geboden om bijkomende informatie te verkrijgen;

(2) totaal uit vrije wil deelneem aan het wetenschappelijk onderzoek;

(3) de toestemming geef aan de onderzoekers om mijn resultaten op anonieme wijze te bewaren, te verwerken en te rapporteren;

(4) op de hoogte ben van de mogelijkheid om mijn deelname aan het onderzoek op ieder moment stop te zetten en dit zonder opgave van reden;

(5) weet dat niet deelnemen of mijn deelname aan het onderzoek stopzetten op geen enkele manier negatieve gevolgen heeft voor mij;

(6) weet dat ik op aanvraag een samenvatting van de onderzoeksbevindingen kan krijgen nadat de studie is afgerond en de resultaten bekend zijn.

Door op het **pijltje** te klikken, geef je aan dat je de informatie hierboven gelezen hebt en goedkeurt.

Bij vragen of onduidelijkheden mag je steeds mailen naar **Duygu.Gok@UGent.be**.

De eerste vragen hebben betrekking op **microbiologie**. Probeer deze zo eerlijk mogelijk te beantwoorden.

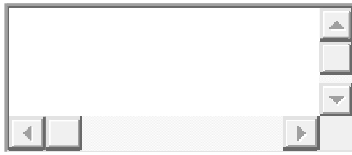
Wat is microbiologie volgens jou? Wat houdt het in? Beschrijf dit in **minimaal 3** en maximaal 10 kernwoorden.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

Denk je dat microbiologie belangrijk is in de huidige maatschappij?

- Ja
- Nee

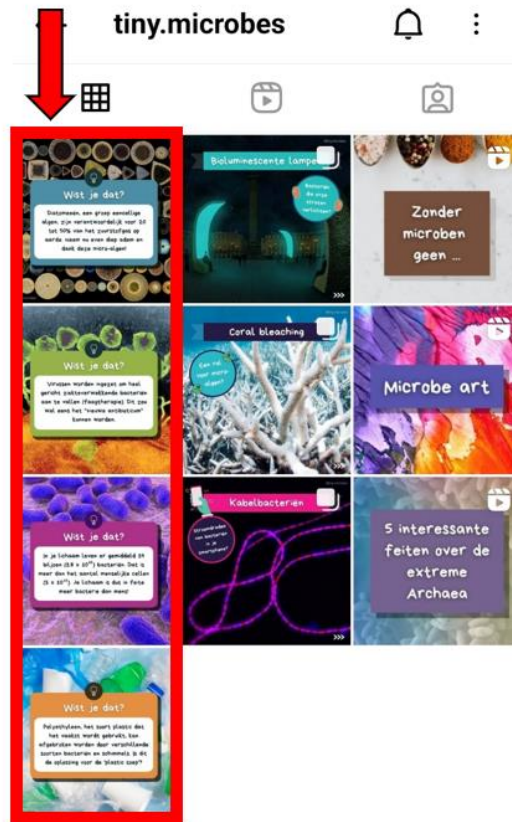
Waarom wel of niet?



Voor het vervolg van de enquête zal je een kijkje moeten nemen op het Instagramaccount **@tiny.microbes** via de Instagram app, via deze link: <https://www.instagram.com/tiny.microbes/> of door onderstaande QR-code te scannen.



Bekijk eerst de vier **weetjes** in het overzicht van de feed van @tiny.microbes.



Vind je deze weetjes interessant?

- Ja
- Nee

Heb je iets nieuws geleerd?

- Ja
- Nee

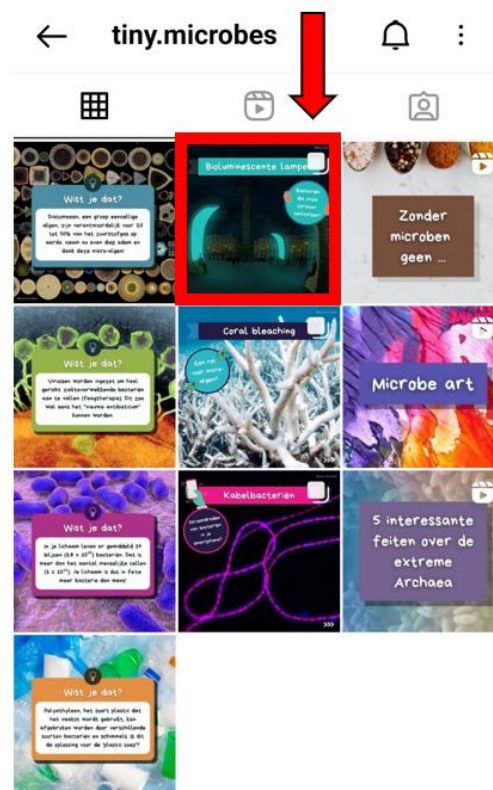
Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?

- Ja
- Nee

Waarom wel of niet?



Bekijk nu de verschillende **carouselposts** in het overzicht van de feed van @tiny.microbes. Begin met:



Vind je deze informatie interessant?

- Ja
- Nee

Heb je iets nieuws geleerd?

- Ja
- Nee

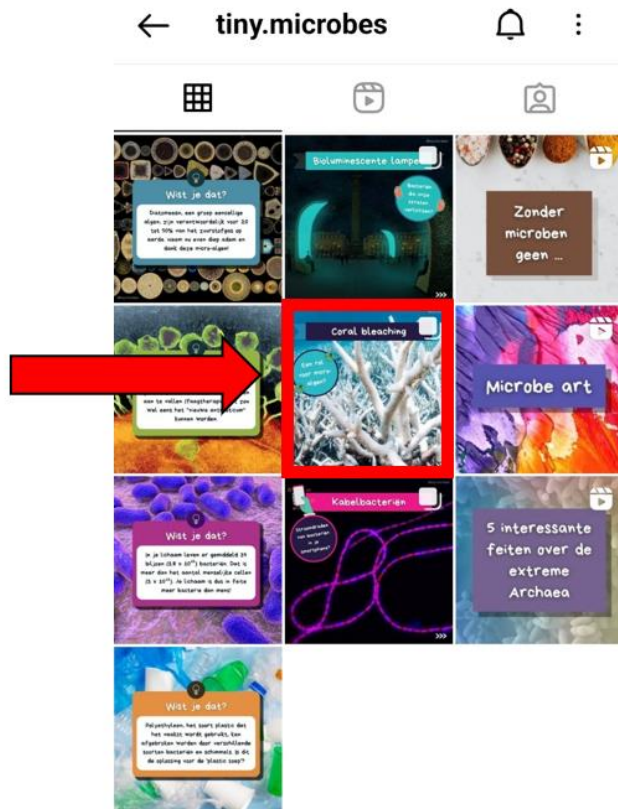
Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?

- Ja
- Nee

Waarom wel of niet?



Bekijk nu deze post:



Vind je deze informatie interessant?

- Ja
- Nee

Heb je iets nieuws geleerd?

- Ja
- Nee

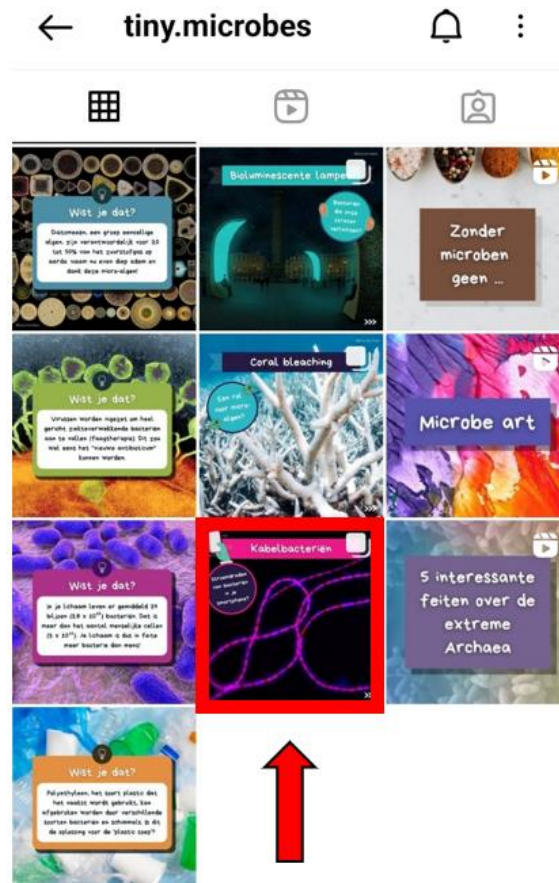
Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?

- Ja
- Nee

Waarom wel of niet?



Bekijk nu deze post:



Vind je deze informatie interessant?

- Ja
- Nee

Heb je iets nieuws geleerd?

- Ja
- Nee

Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?

- Ja
- Nee

Waarom wel of niet?



Bekijk nu de verschillende **reels** onder de reel tab van @tiny.microbes.



Vind je de informatie in deze reels interessant?

- Ja
- Nee

Heb je iets nieuws geleerd?

- Ja
- Nee

Vind je deze informatie belangrijk voor de wetenschap en/of de maatschappij?

- Ja
- Nee

Waarom wel of niet?



Nu volgen er een aantal vragen over hoe jij staat tegenover microbiologie, nadat je de posts hebt bekeken.

Omschrijf wat je denkt dat **microbiologie** inhoudt, na het bekijken van de posts.

Denk je dat microbiologisch **onderzoek** belangrijk is in de huidige maatschappij?

- Ja
- Nee

Vind je dat je voldoende **lessen** rond microbiologie hebt gekregen in het vak (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen?

- Ja
- Nee

Zou je meer willen leren over microbiologie op **school**?

- Ja, in de lessen (toegepaste) biologie of natuurwetenschappen
- Ja, in lessen die extra aangeboden worden (bv. tijdens de middagpauze)
- Nee



In dit laatste stuk zijn er een aantal **algemene** vragen.

Op welke school zit je?

Welke richting volg je?

Wat is je geslacht?

- M
- V
- X
- Anders

Nogmaals **dankjewel** om deel te nemen aan mijn onderzoek!

Klik op de pijl hieronder om de enquête te beëindigen.

