

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Malaria, Jheronimus Bosch en Geheugen

Sanne Dekker & Jan van Baren-Nawrocka

Hoofdstuk 3: Malaria

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Malaria, Jheronimus Bosch en Geheugen



Sanne Dekker & Jan van Baren-Nawrocka (redactie)



Colofon

Redactie: dr. Sanne Dekker & drs. Jan van Baren-Nawrocka

Copy-editing: Luutje Niemantsverdriet

Opmaak: Ferdie Westen

Druk en afwerking: Zalsman B.V. Zwolle

Coverfoto's: Jimmy Israel, © WKRU

Eerste druk, januari 2018

ISBN: 978-90-818461-6-5

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

FNWI, postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

Internet: www.wkru.nl; www.wetenschapdeklasin.nl



2018 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit werk is gelicenseerd onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal. Ga naar <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.nl> voor meer informatie over deze licentie.

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p. 210).

Hoofdstuk 3 Malaria

In dit hoofdstuk beschrijven we een project met als thema 'Malaria'. Het thema is gebaseerd op het onderzoek van Teun Bousema en zijn team naar de verspreiding van malaria en manieren om infectie te voorkomen. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. In paragraaf 3.1 leggen de onderzoekers uit hoe ze onderzoek hebben gedaan naar de manier waarop malaria zich via muggen verspreidt en hoe ze hebben ontdekt dat malaria zich nog sneller verspreidt als mensen besmet zijn met malaria zonder ziek te worden. Leraren kunnen deze paragraaf gebruiken als inhoudelijke voorbereiding voordat ze met het thema aan de slag gaan in de klas. In paragraaf 3.2 beschrijft het projectteam hoe leraren dit thema in de klas kunnen behandelen, waarbij ze de zeven stappen van onderzoekend leren volgen. De leidraad uit hoofdstuk 2, die een algemene handleiding voor onderzoekend leren beschrijft, vormt daarbij de basis. We raden dan ook aan om hoofdstuk 2 als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van een project met dit thema in de klas.

Projectteam 'Malaria'

Dit hoofdstuk is gebaseerd op een project dat is vormgegeven door een projectteam waarin onderzoekers van het Radboudumc samenwerken met basisscholen en het WKRU. Het projectteam 'Malaria' werkte samen in het schooljaar 2016-2017 en bestond uit de volgende mensen:

Onderzoekers Radboudumc

Dr. Teun Bousema (onderzoeker en universitair hoofddocent), dr. Alma Tostmann (universitair docent), Isaïe Reuling (promovendus), dr. Guido Bastiaens (arts-microbioloog in opleiding). Teun Bousema, Isaïe Reuling en Guido Bastiaens zijn verbonden aan de afdeling Medische Microbiologie van het Radboudumc. Alma Tostmann is verbonden aan de afdeling Eerstelijns geneeskunde van het Radboudumc.

Scholen

De Wegwijzer, Tilburg: Dagmar Eskens (leraar), Mieke Paridaen (leraar)
Dolfijn Plusklassen: Trudi Janssen (begeleider locatie Sint Anthonis), Petri Wissink (begeleider locatie Cuijk)

WKRU

Jan van Baren-Nawrocka (adviseur Wetenschapsonderwijs en projectleider)

3.1 Onderzoek naar de verspreiding van malaria

Dr. Teun Bousema, dr. Alma Tostmann, Isaïe Reuling (MSc), dr. Guido Bastiaens

Inleiding

Malaria is een infectieziekte. Omdat het vooral in de tropen voorkomt, wordt het vaak een tropische infectieziekte genoemd. Koorts is het meest kenmerkende verschijnsel van malaria. Ook spierpijn, hoofdpijn, vermoeidheid, koude rillingen en verwardheid komen voor. De meest dodelijke malaria-soort, *falciparum*, kan binnen 48 uur na het ontstaan van klachten dodelijk zijn.

Ieder jaar worden in de wereld meer dan 200 miljoen mensen ziek van malaria en sterven er ongeveer 550.000 mensen aan. Dat is ongeveer één dode per minuut. Malaria is dus een enorm belangrijke doodsoorzaak, vooral in armere landen. De meeste malariadoden zijn Afrikaanse kinderen. In sommige gebieden krijgen kinderen meerdere keren per jaar malaria. Daarnaast draagt malaria ook bij aan de voortdurende armoede in Afrika. De ziekte zorgt voor torenhoge medische kosten en vele dagen dat ouders van zieke kinderen niet kunnen werken. De kinderen zelf kunnen uiteraard vaak niet naar school. Als een kind een keer ernstige malaria heeft gehad, kan er bovendien blijvende schade aan de hersenen ontstaan. Hierdoor gaat het minder goed op school en kunnen kinderen later misschien minder goed werk vinden. Zo kunnen kinderen dus hun hele leven last blijven houden van de malaria. Als je alle economische gevolgen van malaria doorrekent, kost malaria minstens 10 miljard euro per jaar.



Ouders wachten met hun kinderen bij een malariakliniek



Dr. Teun Bousema

“Ik ben geboren in een klein dorpje in Friesland. Als jongen las ik veel avonturenboeken en droomde ik van een even avontuurlijk leven. Het liefst een leven waarbij ik nieuwe dingen kon ontdekken in spannende landen. Hoewel ik weleens teleurgesteld vaststelde dat de tijd van de grote ontdekkingsreizen voorbij was, is dat in de wetenschap gelukkig nooit helemaal waar. Er is nog heel veel te ontdekken en de spanning en opwindning verdwijnt daarbij nooit. Tijdens mijn studie biomedische wetenschappen ging ik voor het eerst naar Afrika om onderzoek te doen naar de verspreiding van hiv/aids. Ik was gegrepen door het onderzoek maar vooral ook door het leven en werken in Afrika. Na een jaar vrijwilligerswerk in Ghana ben ik begonnen aan een carrière in het malariaonderzoek. Daarvoor mocht ik langere tijd in Oost-Afrika wonen en werken. Tot op de dag van vandaag ben ik gefascineerd door malaria en door de wisselwerking tussen mens, parasiet en mug die hierbij zo belangrijk is. De complexiteit van de ziekte vraagt ook om samenwerking met andere onderzoekers, artsen en beleidsmakers. Dit alles maakt mijn werkende leven ontzettend boeiend: ik kan mijn nieuwsgierigheid naar de biologie van malaria combineren met bijzondere reizen en samenwerking met veel enorm verschillende mensen. Door het toegepaste karakter van een deel van mijn werk kan ik bovendien concreet bijdragen aan het terugdringen van het malaria-probleem. Een prachtige baan.”

Muggen: de gevaarlijkste dieren op aarde

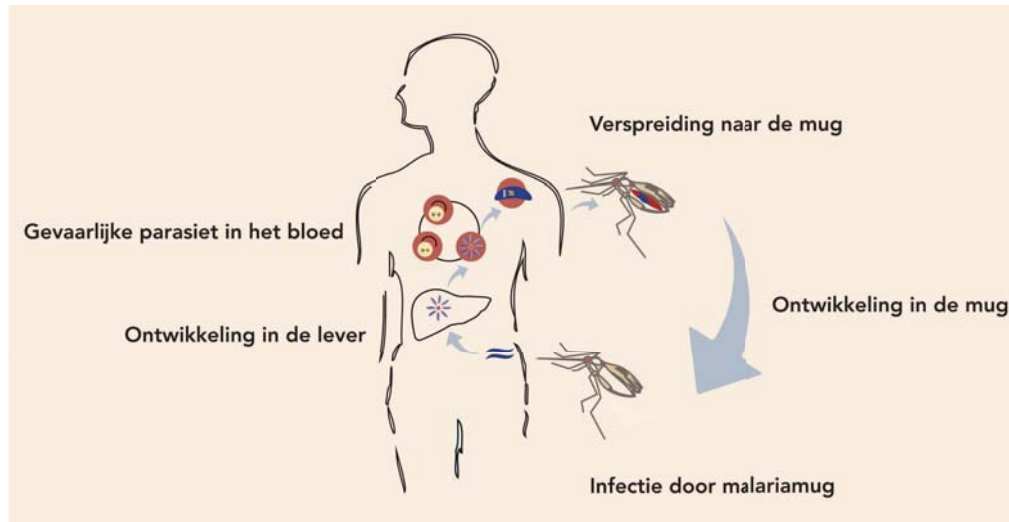
Malaria wordt verspreid door muggen. Daarmee zijn muggen de gevaarlijkste dieren op aarde. Maar eigenlijk kan de mug zelf daar niet zoveel aan doen. Het gevaar verstopt zich namelijk *in* de mug. Muggen worden door verschillende ziekteverwekkende microben gebruikt (zie ‘Microben en infectieziekten’ bij Achtergrondinformatie) voor hun verspreiding. Malaria wordt veroorzaakt door een parasiet, dat is een organisme dat op of in een ander organisme leeft en zichzelf ten koste van dat organisme in stand houdt en vermenigvuldigt. Naast malaria gebruiken ook vele virussen muggen voor hun verspreiding, bijvoorbeeld virussen die zika, knokkelkoorts en gele koorts veroorzaken. Maar malaria zorgt voor veel meer dodelijke slachtoffers dan deze andere door muggen overdraagbare ziekten. Malaria is dodelijker en doordat de verspreiding zo efficiënt verloopt, raken er bovendien jaarlijks vele miljoenen mensen besmet. Lang niet alle muggen zijn trouwens geschikt om ziektes over te brengen. De verschillende ziektekiemen kiezen bovendien verschillende soorten muggen voor hun verspreiding. Het zikavirus, bijvoorbeeld, wordt overgebracht door de tijgermug. Deze wordt zo genoemd vanwege de witte strepen op zijn rug en poten. Er zijn vijf malariasoorten die mensen ziek kunnen maken en ongeveer zeventig muggensoorten die deze malariasoorten kunnen overbrengen (zie ‘Malariamuggen’ bij Achtergrondinformatie). Daarnaast komen er nog vele andere malariasoorten voor die dieren ziek kunnen maken. Je kunt het zo gek nog niet bedenken of een diersoort kan malaria krijgen. Muizen, vogels en zelfs hagedissen kunnen malaria krijgen. Het onderzoek dat wij op het Radboud universitair medisch centrum in Nijmegen uitvoeren gaat over de gevaarlijkste soort voor de mens, *falciparum*. Daar zal de rest van dit hoofdstuk dan ook over gaan.



Een stekende malariamug

Hoe komt de malariaparasiet in je bloed?

Als mens kun je besmet raken met malaria door de beet van een geïnfecteerde mug. Vrouwelijke muggen hebben af en toe bloed nodig om eitjes te kunnen leggen; mannelijke muggen leven van suiker of nectar die ze bij planten vinden. Vrouwtjesmuggen vinden hun prooi door een combinatie van warmte, (uitgeademde) kooldioxide en geur. Muggen vinden de ene persoon lekkerder dan de andere persoon. Dit komt onder andere door de geur van je huid, die weer door de bacteriën op je huid bepaald wordt. Wanneer een vrouwtjesmug een bloedmaal neemt, spuugt ze een klein beetje speeksel in je huid. In dit speeksel zitten stoffen om het bloed goed te laten stromen zodat het niet gaat stollen. De malariaparasiet verstopt zich in de speekselklieren om zo in de mens terecht te komen. Heel slim! Eenmaal in de bloedbaan vinden de malariaparasieten zich razendsnel een weg naar de lever, waar de parasiet zich verstopt en zich vermenigvuldigt (zie afbeelding). Uit één parasiet kunnen in de lever wel dertigduizend parasieten ontstaan. Na ongeveer een week komen deze parasieten uit de lever tevoorschijn en begint het voor de mens gevaarlijk te worden. Razendsnel vermenigvuldigen de parasieten zich verder in de rode bloedcellen. Hierbij sterven rode bloedcellen af of kleven ze vast in de kleine bloedvaatjes in de hersenen. Beide processen kunnen dodelijk zijn als de malaria-infectie niet op tijd wordt behandeld. Als er te veel rode bloedcellen afsterven kan de patiënt sterven aan bloedarmoede. Bij vastkleven van rode bloedcellen kan hersenmalaria ontstaan. Hierbij raakt de patiënt in coma door zuurstofgebrek in de hersenen, omdat het bloed niet meer goed door de hersenen kan stromen.



De cyclus van malariabesmetting: van mug naar mens en weer terug

Besmettelijke ziekten

Malaria is een van de vele infectieziekten waar mensen mee besmet kunnen raken. Infectieziekten worden veroorzaakt door virussen, bacteriën, schimmels of parasieten (zie 'Microben en infectieziekten' bij Achtergrondinformatie). De bestrijding van infectieziekten is ingewikkeld. Patiënten lopen niet alleen zelf gevaar doordat ze ziek zijn, maar kunnen ook een gevaar vormen voor anderen. Veel infectieziekten verspreiden zich namelijk van mens naar mens. Patiënten met griep hoesten of niezen bijvoorbeeld kleine druppeltjes uit waar virussen of bacteriën in zitten. Een virus of bacterie komt in de lucht en kan zo een nieuw slachtoffer maken. Hoe snel een infectieziekte zich kan verspreiden hangt af van drie dingen (zie 'Verspreiding van Infectieziekten' bij Achtergrondinformatie):

- 1 hoeveel contact mensen met elkaar hebben;
- 2 hoe groot de kans is dat iemand echt besmet raakt wanneer er 'contact' is (wanneer hij blootgesteld wordt aan de microbe);
- 3 hoe lang geïnfecteerde mensen besmettelijk zijn.

Hoe meer contacten er zijn (1) hoe groter de kans op besmetting is bij ieder contact (2) en hoe langer iemand besmettelijk is (3), des te sneller een ziekte zich verspreidt. Het is dus in het voordeel van de microbe om dit voor elkaar te krijgen.

Een slimme parasiet

Malaria heeft voor de verspreiding een bijzonder goede strategie. Malaria verspreidt zich immers van mens naar mens door de tussenkomst van de mug. De mug is bij geboorte malariavrij, maar tijdens haar leven kan ze besmet raken met malariaparasieten (zie 'Malariamuggen' bij Achtergrondinformatie). Dat kan gebeuren als de mug een mens bijt die op dat moment malariaparasieten in zijn of haar bloed heeft (zie afbeelding). Dit bloed mét parasieten komt in de mug terecht. Bij ons onderzoek aan het Radboudumc ontdekten we dat de kans dat muggen op deze manier besmet raken erg groot is. Er zijn maar weinig malariaparasieten in het menselijk bloed nodig om succesvol een mug te kunnen besmetten. En na een paar weken is de mug hierdoor op haar beurt ook weer besmettelijk voor andere mensen.

Malaria

Ook ontdekten we dat malaria-infecties erg lang duren. Als je een besmetting met malaria niet of niet goed behandelt, kun je vele maanden parasieten in je bloed blijven houden. Hier merk je dan zelf niets meer van. Doordat muggen en mensen helaas vaak 'contact' hebben en er heel veel muggen zijn, kan één persoon veel muggen besmetten en gaat de verspreiding van de malariaparasiet via de mug erg snel. Wat verspreiding betreft is malaria de meest efficiënte microbe wereldwijd. Dit maakt malariabestrijding zo moeilijk.



Een malariaparasiet heeft vele vormen. Dit is een sterk vergrote opname van een Plasmodium falciparum parasiet zoals de mug die injecteert als zij een mens bijt.

Stille malaria: het onzichtbare gevaar

Malaria kan zich zo snel verspreiden omdat lang niet iedereen die geïnfecteerd is, dit ook merkt. Dit heet 'stille malaria'. Iemand met stille malaria heeft parasieten in het bloed, maar is niet ziek. Hoewel malaria een levensgevaarlijke ziekte is, zijn er dus veel mensen met een malaria-infectie die geen duidelijke ziekteklachten hebben. Soms is iemand maar heel kort ziek, maar houdt zij daarna de malariaparasieten nog maanden in haar bloed bij zich zonder dat zij er iets van merkt. Het is ook mogelijk dat de malaria-infectie helemaal zonder ziekteverschijnselen verloopt. Bij deze stille malaria kunnen er dan miljoenen malariaparasieten in de bloedbaan ronddobberen zonder dat de geïnfecteerde persoon er iets van merkt. Een deel van die malariaparasieten is gespecialiseerd in de verspreiding naar muggen.

Wij hebben vanuit het Radboudumc veel onderzoek gedaan naar hoe belangrijk stille malaria is voor de verspreiding van malaria en hoe vaak stille malaria nou eigenlijk voorkomt. We hebben dit

onderzocht in Kenia, Gambia en Burkina Faso. Hier hebben we bij honderden zieke mensen met malaria, maar ook bij niet-zieke mensen, bloed afgenomen en dit bloed aan muggen te drinken gegeven met een speciale 'muggenvoeder' (zie afbeelding in de tabel bij 'Onderzoek naar malaria'). De muggen werden een week later opgesneden om te kijken of ze besmet waren met malariaparasieten. Hiervoor hebben we meer dan honderdduizend muggen gebruikt. We ontdekten dat mensen met stille malaria heel vaak en heel veel muggen kunnen besmetten. Zoals hierboven uitgelegd, blijft stille malaria vaak lang aanwezig en onbehandeld. Door de combinatie van hoge besmettelijkheid en lange infectieduur blijkt stille malaria veel belangrijker voor de verspreiding van malaria dan zieke malariapatiënten.

We ontdekten ook dat stille malaria bij alle leeftijden voorkomt, maar vooral bij schoolkinderen en volwassenen. Dat is belangrijk omdat de meeste bestrijdingsprogramma's in landen waar malaria veel voorkomt zich richten op jonge kinderen. Dat doen bestrijdingsprogramma's omdat vooral jonge kinderen erg ziek kunnen worden en grote kans lopen aan de ziekte te overlijden. Om dit te voorkomen krijgen jonge kinderen gratis klamboes, die voorkomen dat ze gebeten worden, en worden ze vaker onderzocht en behandeld voor malaria. Oudere kinderen en volwassenen krijgen veel minder aandacht maar, zo bleek uit ons onderzoek, zijn enorm belangrijk om malaria goed te bestrijden.



Een laborante neemt in Apac (Oeganda) bloed af voor onderzoek

De strijd tegen malaria

Zowel de ziektelast als de economische gevolgen van malaria die we eerder noemden zijn uitstekende redenen om te investeren in malariabestrijding (zie 'Bescherming tegen malaria' bij Achtergrondinformatie). Dat is de afgelopen tien jaar ook grondig gedaan. Klamboes ter bescherming en goede medicijnen om zieke mensen snel beter te maken zijn op grote schaal ingezet in veel Afrikaanse landen en elders in de wereld. En met een geweldig resultaat. Er is op dit moment minder

Malaria

malaria dan ooit tevoren. Niet zo lang geleden gingen er nog meer dan een miljoen kinderen per jaar dood aan malaria. Nu is dat ongeveer de helft. Dit is uiteraard nog steeds heel veel, maar dit laat zien dat het zin heeft om malaria te bestrijden met klamboes en goede medicijnen. Maar er zijn ook zorgen. Muggen raken gewend aan de bestrijdingsmiddelen op de klamboes. En ze beginnen ook hun bijtgedrag aan te passen om klamboes te omzeilen: ze bijten vaker buiten en vroeg in de avond. Daarnaast wordt de malariaparasiet resistent tegen malariamedicijnen. Dit betekent dat medicijnen minder goed werken en dat zieke mensen niet kunnen genezen of dat het langer duurt voordat de parasieten verdwenen zijn. Medicijnresistentie bij malaria wekt enorme zorgen. Het is van groot belang om de verspreiding van resistente malaria te voorkomen en om een volgende stap te zetten in de bestrijding van malaria zodat we de ziekte in de toekomst echt kunnen uitroeien.



Een laborant werkt aan malaria-onderzoek in Burkina Faso

Begrijpen van de ziekteverspreiding voor een goede bestrijding

Met ons onderzoek proberen we goed te begrijpen hoe malaria zich verspreidt. Dat is niet in ieder malariagebied hetzelfde. Een dorp in West-Afrika waar mensen tientallen keren per jaar besmet worden met malaria is heel anders dan een gebied in Azië waar mensen misschien eens per twee jaar een besmette mug tegenkomen. Dat heeft gevolgen voor de snelheid waarmee mensen immuun worden voor malaria en waarschijnlijk ook voor de bijdrage van verschillende bevolkingsgroepen aan de verspreiding van malaria. Als we dit eenmaal goed in kaart gebracht hebben, kunnen we helpen bij het vinden van de belangrijkste verspreiders van malaria. Daarnaast willen we helpen bij het vinden van nieuwe manieren om de malariaparasiet en malariamug te bestrijden. Met ander onderzoek ontwikkelen we daarom, samen met een veel grotere groep collega's in Nijmegen en daarbuiten, goede medicijnen en vaccins tegen malaria. Medicijnen en vaccines die mensen kunnen beschermen en ook heel doelgericht de verspreiding van malaria kunnen terugdringen. Zo willen we malaria niet alleen beter begrijpen maar ook onmiddellijk werken aan betere bestrijding van deze ziekte.

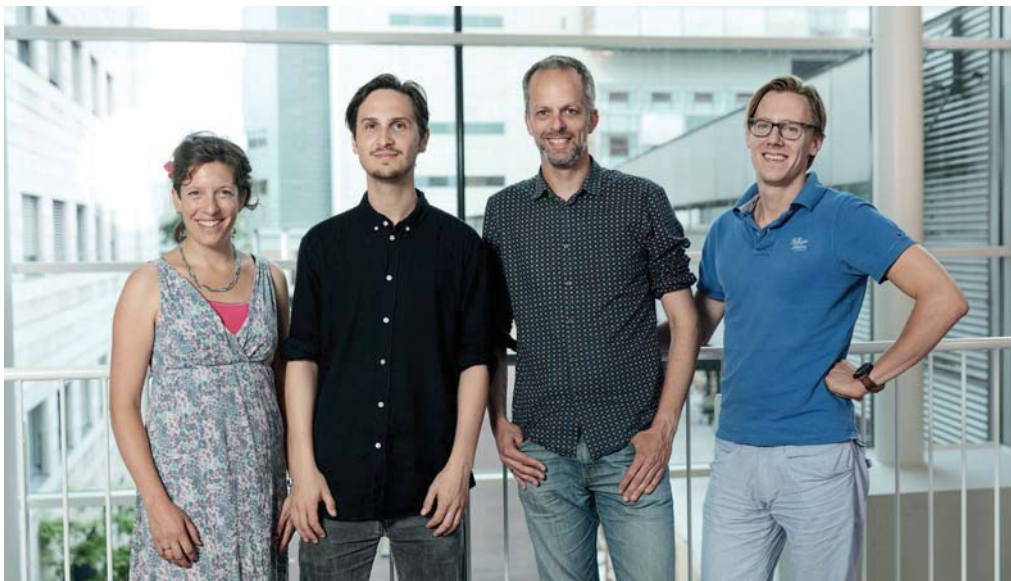
Onderzoek naar malaria

In onderstaande kaders staan voorbeelden van hoe Teun Bousema en zijn team onderzoek hebben gedaan naar malaria. Vanuit een onderzoeksvraag beschrijven ze wat hun aanpak is geweest, welke resultaten het heeft opgeleverd en welke vervolgvragen het oproept. Hiermee willen we de link laten zien tussen de aanpak van de onderzoekers en die van leerlingen.

Onderzoeksvraag 1	Welke groepen mensen zijn het meest belangrijk voor de verspreiding van malaria?
Hoe doen we dit onderzoek?	Of bepaalde mensen belangrijk zijn voor het verspreiden van malaria, hangt ervan af of ze besmettelijk zijn voor muggen. In het laboratorium kunnen we onderzoeken of iemand besmettelijk is voor muggen. Hiervoor nemen we bloed af van mensen met malaria en geven dit aan gekweekte, schone muggen. Op de foto (zie afbeelding) neemt een vrouwelijke <i>Anopheles</i>-mug zo'n bloedmaal via een speciale muggenvoeder. Een week later kunnen we de muggen opensnijden en bepalen of de mug besmet is geraakt met malaria. Door zowel gezonde als zieke mensen te betrekken bij het onderzoek, en zowel volwassenen als kinderen, kun je onderzoeken welke bevolkingsgroep het meest besmettelijk is voor muggen.   <i>Een mug drinkt bloed uit een muggenvoeder</i> <i>Een mug wordt opengesneden</i>
Resultaten	We ontdekten dat vooral gezonde mensen die zonder dat ze het weten malariaparasieten in hun bloed hebben erg besmettelijk zijn voor muggen. We ontdekten ook dat alle leeftijdsgroepen besmettelijk zijn voor muggen. Ook volwassenen die eigenlijk nooit meer ziek worden van malaria en maar heel kleine hoeveelheden malariaparasieten in hun bloed hebben, dragen hierdoor bij aan de verspreiding van malaria.
Wat betekenen deze resultaten voor het dagelijks leven van de kinderen?	Als je weet door wie muggen besmet raken, kun je die bevolkingsgroepen extra aandacht geven. Dit kan bijvoorbeeld in campagnes waarbij je malariaparasieten probeert te vinden in gezonde mensen met als doel deze stille malaria te behandelen en de verspreiding te stoppen.
Wat willen we nog meer onderzoeken?	We willen weten waarom bepaalde mensen veel meer muggen besmetten. Zijn er zogenaamde 'superverspreiders' die enorm besmettelijk zijn voor muggen? En waardoor komt dit? Ontwikkelt de malariaparasiet zich anders in hun bloedcellen? Zijn er genetische factoren die bepalen hoe snel je malaria doorgeeft?

Malaria

Onderzoeksvraag 2	Wie wordt het meest gebeten door muggen?
Hoe doen we dit onderzoek?	We verzamelen muggen in Afrikaanse huizen. Dat doen we vroeg in de ochtend, nadat de muggen actief geweest zijn. Alle muggen die volgezogen zitten met bloed, drukken we dood op speciaal papier en nemen we mee naar het laboratorium. Door het DNA in het druppeltje bloed uit de mug te vergelijken met dat van de bewoners van het huis, kunnen we bepalen wie de mug gebeten heeft.
Resultaten	We ontdekten dat jonge kinderen, onder de vijf jaar, het minst door muggen worden gebeten omdat ze ook het minst blootgesteld worden aan muggen. Dat komt deels door het gebruik van klamboes: jonge kinderen liggen eerder op bed en gebruiken het vaakst klamboes. Ook het lichaamsoppervlak is belangrijk: kinderen hebben een klein lichaamsoppervlak. Als je opgroeit wordt je lichaamsoppervlak groter en straalt je meer warmte en geur uit. Daar komen muggen op af. We vonden ook enorm veel variatie in hoeveel iemand gebeten werd. Sommige mensen werden meer dan tienmaal vaker gebeten dan hun huisgenoten.
Wat betekenen deze resultaten voor het dagelijks leven van de kinderen?	De mate van blootstelling aan muggen beïnvloedt de kans dat iemand malaria doorgeeft enorm. Daarom is dit een belangrijk puzzelstukje in het begrijpen van de verspreiding van malaria. Ook in Nederland is het duidelijk dat de ene persoon aantrekkelijker is voor muggen dan de andere.
Wat willen we nog meer onderzoeken?	Natuurlijk is het begrijpen van patronen interessant en belangrijk om de ziekteverspreiding te begrijpen (wie wordt het meest gebeten?). Maar eigenlijk willen we weten waardoor die patronen ontstaan (wat maakt iemand superaantrekkelijk voor muggen?). Als je begrijpt waardoor muggen aangetrokken en afgestoten worden, kun je deze kennis gebruiken om muggenvallen te maken en middelen te ontwikkelen om muggen te weren.



Teun Bousema met zijn team voor dit project: Alma Tostmann, Isaie Reuling en Guido Bastiaens

ACHTERGRONDINFORMATIE

Malariamuggen

Er zijn wereldwijd vele duizenden soorten muggen. Maar lang niet alle muggen kunnen (menselijke) malaria overbrengen. Alleen sommige vrouwtjesmuggen van het geslacht *Anopheles* kunnen dit. Vrouwtjes voeden zich namelijk met bloed om eitjes te kunnen leggen. Op dit belangrijke moment kan de malariaparasiet worden overgedragen van de mug naar de mens of van de mens naar de mug. Een volwassen vrouwtjesmug leeft gemiddeld twee tot drie weken, maar kan geregeld meer dan een maand in leven blijven. Een malariaparasiet heeft ongeveer veertien dagen nodig in de mug om zich volledig te ontwikkelen. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller die ontwikkeling gaat. Er bestaan meer dan vierhonderd *Anopheles* muggensoorten, waarvan ongeveer zeventig daadwerkelijk menselijke malaria kunnen verspreiden.



Malariamuggen met hun eitjes

Bescherming tegen malaria

Klamboe

Een klamboe is een groot net dat je om je bed heen kunt hangen. Dit net beschermt je tegen muggenbeten omdat de muggen er niet doorheen kunnen. Omdat malariamuggen 's avonds en 's nachts bijten is een klamboe een goed idee. Vaak is een klamboe met een insectendodend middel behandeld: muggen die op de klamboe landen, sterven door het insectendodende middel. Tegenwoordig zijn er 'langwerkende' netten die drie jaar of langer muggen afstoten en doden. In de afgelopen vijftien jaar zijn meer dan 700 miljoen klamboes verspreid in Afrika en andere malariagebieden. Muggen worden helaas steeds vaker resistent voor het insectendodende middel op de klamboes.

Malaria

Andere beschermende middelen

Je kunt je beschermen tegen muggenbeten door bedekkende kleding te dragen (lange mouwen en broekspijpen), en door insectenwerende spray of crème op je huid te smeren. In malariagebieden worden deze middelen niet erg veel gebruikt, deels om financiële redenen.

Malariapillen

Wanneer je als reiziger naar een tropisch land gaat moet je vaak malariapillen slikken. Deze pillen, malariaprofylaxe, zorgen ervoor dat malariaparasieten meteen gedood worden als ze in je bloedbaan komen en je er dus niet ziek van wordt. De middelen zijn onbetaalbaar voor lokale bewoners van de meeste malariagebieden, waar mensen veelal arm zijn. Ook zijn dit pillen die je vaak maar een paar weken achter elkaar kan gebruiken. Helaas zijn deze goedwerkende pillen dus geen oplossing voor inwoners van Afrikaanse landen waar veel malaria voorkomt.



Een meisje verkoopt medicijnen op de markt in Burkina Faso

Malariavaccin

Sinds 2015 is er voor het eerst de mijlpaal bereikt van het eerste goedgekeurde malariavaccin in de geschiedenis. Helaas werkt dit vaccin nog niet erg goed: de bescherming is onvolledig en kortdurend. Daardoor heeft het slechts een bescheiden rol in de malariabestrijding en is het absoluut nog geen optie voor reizigers die zichzelf willen beschermen tegen malaria. Er zal nog veel onderzoek uitgevoerd moeten worden voordat er een echt effectief vaccin is dat malaria voorkomt.

Malaria in Nederland

Malaria staat bekend als een tropische infectieziekte. Toch kwam malaria tot ongeveer 1920 veel voor in Nederland. Omdat de ziekte in Europa veel voorkwam in moerassige gebieden waar sommige malariamuggen goed gedijen, werd malaria vroeger ook wel moeraskoorts genoemd. Het ging om een variant, namelijk *Plasmodium vivax*, die goed in koudere gebieden kan overleven. De ziekte was in Nederland veel beter te bestrijden dan in warmere landen. Zowel de parasiet als de *Anopheles*-muggen zijn in warme landen moeilijker te bestrijden. Er zijn bovendien veel meer broedplaatsen waar muggen eieren kunnen leggen en door de hogere temperaturen ontwikkelen muggen zich niet alleen sneller, de malariaparasiet ontwikkelt zich in die muggen ook nog eens veel vlotter. Nederland kende een laatste opleving van malaria kort na de Tweede Wereldoorlog. In 1970 is ons land 'malaria-vrij' verklaard. In Nederland komen nauwelijks meer malariamuggen voor, alleen de *Anopheles plumbeus* en *Anopheles atroparvus*. Omdat in Nederland geen malaria voorkomt en de muggen ook maar weinig voorkomen, is er in Nederland geen kans op nieuwe malaria-uitbraken. De kans dat iemand Nederland binnenkomt met een vorm van malaria die Nederlandse muggen kan besmetten is klein, de kans dat er ook werkelijk contact is met zo'n mug nog veel kleiner en de kans dat die mug lang genoeg overleeft om een nieuw persoon te besmetten minuscule klein.



Nederlandse poster die aanspoort om muggen te verdelgen als maatregel tegen malaria

Microben en infectieziekten

Microben zijn micro-organismen die te klein zijn om met het blote oog te zien, maar overal om ons heen aanwezig zijn. Tot de microben behoren o.a. de bacteriën, de schimmels, de virussen en sommige parasieten. De meeste bacteriën zijn 1-5 micrometer lang, dat is ongeveer 5000x zo klein als een mier. Parasieten zoals malaria en toxoplasmose zijn ongeveer even groot als bacteriën, terwijl er ook veel grotere parasieten bestaan zoals meterslange lintwormen. Virussen zijn 50-100x kleiner dan bacteriën. Schimmels kunnen minuscule klein zijn maar ook erg groot (en dus soms ook met het blote oog te zien).

Goede en slechte microben

Bacteriën zitten werkelijk overal en lang niet alle bacteriën veroorzaken ziekte. Sterker nog, heel veel bacteriën hebben we nodig om te overleven. Zo zitten er bijvoorbeeld miljoenen bacteriën op onze huid, die nodig zijn om onszelf te beschermen. Er zijn ook bacteriën waar je wel flink ziek van kan worden, zoals de salmonellabacterie. Deze bacterie verspreidt zich door niet je handen te wassen na een toiletbezoek en kan via je handen ook in voedsel terechtkomen. Iemand anders die dat besmette voedsel eet, kan hierdoor ziek worden met buikpijn en diarree als gevolg. Tuberculose, tyfus, lepra en tetanus zijn andere bekende ziekten veroorzaakt door bacteriën.

Ook virussen dragen we vaak bij ons zonder dat we er ziek van zijn. Meer dan de helft van de volwassen Nederlanders draagt bijvoorbeeld het herpesvirus bij zich, meestal zonder verschijnselen. Soms zorgt de herpesinfectie wel voor problemen. Andere bekende virussen die zorgen voor ziekte en soms sterfte zijn virussen die knokkelkoorts, gele koorts en zika-infectie, aids, ebola, mazelen, verkoudheid en griep veroorzaken.

Voor parasieten geldt hetzelfde verhaal. Geregeld dragen we darmparasieten of toxoplasmaparasieten bij ons zonder er hinder van te ondervinden. Malaria, rivierblindheid, schistosomiasis en vele wormziekten hebben echter belangrijke gevolgen voor de volksgezondheid.

Verspreiding van infectieziekten

Er zijn verschillende routes waarlangs infectieziekten zich kunnen verspreiden:

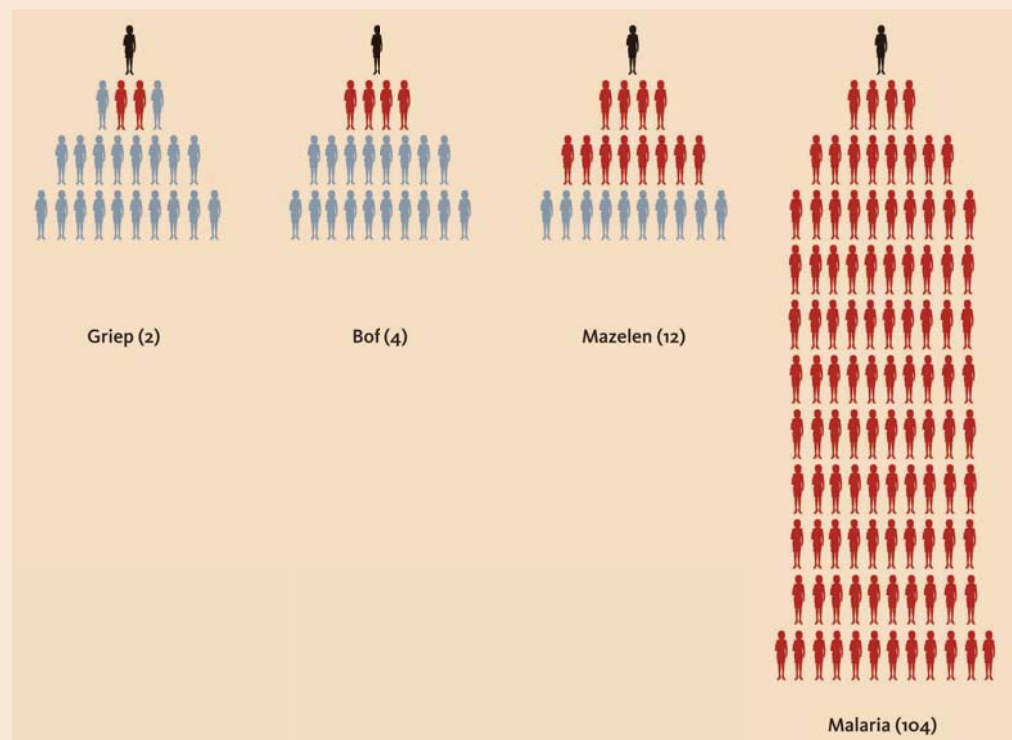
1. Via de lucht, zoals verspreiding via stofdeeltjes of kleine druppeltjes (bijvoorbeeld Q-koorts, legionella). Hier is geen direct contact nodig tussen mensen om de infectie over te dragen.
2. Druppeltransmissie, bacteriën of virussen die aanwezig zijn in de neus, mond, keel of luchtwegen kunnen worden overgedragen door kleine druppels via hoesten, niezen of via ongewassen handen. Voorbeelden hiervan zijn waterpokken, griep, mazelen, kinkhoest, maar ook ebola.
3. Via voedsel of water, door bijvoorbeeld slechte hygiëne. Voorbeelden zijn allerlei soorten diarree veroorzaakt door bacteriën (bijvoorbeeld *Campylobacter*, *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*), maar ook cholera of hepatitis A.
4. Seksueel overdraagbare aandoeningen (soa's), door verspreiding van virussen of bacteriën die zich verstoppen in bloed of slijmvliezen, zoals de ziekten chlamydia, gonorrroe, syfilis, virale hepatitis B of C en hiv. Hierbij is direct contact tussen mensen essentieel voor de verspreiding.
5. Via dieren of insecten, vele microben kunnen worden overgedragen door dieren of insecten (waaronder muggen). Voorbeelden van ziekten door muggen overgedragen zijn: malaria, knokkelkoorts, gele koorts, zika.

Soms is het daadwerkelijk ziek worden belangrijk om de microbe te kunnen verspreiden. Als je niest, nies je verkoudheidsvirus de lucht in. Als je diarree hebt, komen er salmonellabacteriën via de ontlasting in het milieu. Als je bloedingen krijgt, komt het ebolavirus in de bloeddruppels vrij. Maar het is

ook goed mogelijk dat iemand besmettelijk is voorafgaand aan ziekteverschijnselen of zonder dat er überhaupt ziekteverschijnselen optreden. Dat is natuurlijk van groot belang voor de aanpak van de ziekte. Als er veel verspreiding plaatsvindt voordat er ziekteverschijnselen zijn (denk aan hiv), kan een epidemie enorm groot worden voordat deze opgemerkt wordt.

Basaal reproductiegetal (R_0)

Het 'basaal reproductiegetal' is het aantal ziektegevallen dat één zieke veroorzaakt in een groep vatbare mensen. Hoe besmettelijker de ziekte en hoe langer mensen besmettelijk zijn, hoe hoger dit getal is. Een van de meest besmettelijke ziekten die we in Nederland kennen is mazelen. Elk mazelen-geval veroorzaakt zo'n twaalf nieuwe zieken. Tenzij de groep mensen gevaccineerd is tegen mazelen, dan heeft het mazelenvirus weinig kans. Voor malaria is het gemiddelde R_0 voor Afrika 104; het exacte getal hangt af van het aantal muggen in het gebied, maar in veel gebieden in Afrika kan een enkel malariageval meer dan honderd nieuwe gevallen veroorzaken.



Het basaal reproductiegetal van griep, bof, mazelen en malaria. Het zwarte poppetje symboliseert het eerste ziektegeval, die andere mensen besmet (rode poppetjes). Blauwe poppetjes blijven infectievrij. Het basaal reproductiegetal voor malaria is 104. Dat betekent dat iedere persoon met malaria 104 andere mensen kan besmetten. Doordat verspreiding van malaria via muggen verloopt, is zij veel efficiënter dan bijvoorbeeld de verspreiding van mazelen, een van de meest besmettelijke ziektes in Nederland. Hiervan is het basaal reproductiegetal 12.

Malaria

Verder lezen, kijken en luisteren 🎧

Video's WKRU

- Videoportret Teun Bousema bij uitreiking Radboud Science Awards 2016
<https://www.youtube.com/watch?v=zoKPlcBBvMg>
- Lezing voor kinderen door Teun Bousema bij uitreiking Radboud Science Awards 2016
https://www.youtube.com/watch?v=h025CdYVy_A
- Lezing voor leraren door Teun Bousema bij de Winterschool 2017
https://www.youtube.com/watch?v=iWF8_fd6Wo4

Video's en informatie over malaria

- Filmpje Teun Bousema over malaria van Jonge Akademie <http://fastfacts.nl/content/teun-bousema-menselijk-bloed-tegen-malaria>
- Klokhuisfilmpje over malaria <http://www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/1968/jeugdbieb>
- Clipphanger: wat is malaria? <https://www.youtube.com/watch?v=DnwWLjvPxtE>
- SchoolTVfragment Malaria: een groot probleem <http://www.schooltv.nl/video/malaria-en-geen-medicijnen-een-groot-probleem/#q=malaria>
- SchoolTVfragment: Hoe word je besmet met malaria? https://www.npo.nl/hoe-word-je-besmet-met-malaria/27-07-2015/WO_NTR_1481440
- Pagina Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) over malaria
 - <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/M/Malaria>
 - http://rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Veelgestelde_vragen/Infectieziekten/ISI_standaarden/ISI_Malaria
 - http://rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Professioneel_Praktisch/Richtlijnen/Infectieziekten/LCI_richtlijnen/LCI_richtlijn_Malaria
- Hoe Artsen zonder Grenzen malaria bestrijdt <https://artsenzondergrenzen.nl/malaria/?gclid=CJLkobih89ACFVYo0wod7LcO5A>
- Malaria-items van het NOS journaal en het Jeugdjournaal
 - Wereldmalariadag <http://jeugdjournaal.nl/artikel/295558-alle-landen-tegen-malaria.html>
 - Nieuwe muggenval met mensenzweet <http://jeugdjournaal.nl/artikel/2124542-muggenval-met-mensenzweet-tegen-ziekten.html>
 - Steeds minder kinderen sterven jong <http://jeugdjournaal.nl/artikel/418203-minder-kinderen-sterven-jong.html>
 - Proef met vaccin voor malaria <http://nos.nl/artikel/2169952-proef-met-vaccin-voor-malaria-in-drie-afrikaanse-landen.html>
 - Malaria bestrijden via de mens <http://nos.nl/artikel/677406-malaria-bestrijden-via-de-mens.html>

Overige lesideeën

- Website E-bug met lesideeën over microben http://www.e-bug.eu/bg_fl_home.aspx?ss=1&cc=bg_fl&t=Welkom%20bij%20e-Bug!
- Lespakket groep 8 over microben [http://www.e-bug.eu/lang_Netherlands_\(NL\)/NL%20Junior%20Pack/Junior%20Complete%20Pack%20Netherlands%20NL.pdf](http://www.e-bug.eu/lang_Netherlands_(NL)/NL%20Junior%20Pack/Junior%20Complete%20Pack%20Netherlands%20NL.pdf)

3.2 Onderzoek naar malaria de klas in!

Projectteam 'Malaria'

In deze paragraaf beschrijven we hoe je in de klas een project onderzoekend leren kunt opzetten bij het thema 'Malaria'. Voor de introductie en verkenning van het project bieden we activiteiten die alle samengenomen een beeld geven van het onderzoek naar malaria zoals in de voorgaande paragraaf beschreven. In de afronding van de activiteiten kun je telkens gebruikmaken van de informatie over de verbinding met het thema. De activiteiten zijn uitgevoerd bij de Dolfijn Plusklassen in Cuijk en Sint Anthonis, en bij basisschool de Wegwijzer in Tilburg.

De online bijlagen waar bij verschillende activiteiten naar wordt verwezen, zijn te vinden op onze website www.wetenschapdeklasin.nl. Dit symbool  verwijst naar deze website. De materialen staan op de website onder 'Boeken'.

Kerdoelen

In aanvulling op de kerndoelen die van toepassing zijn op onderzoekend leren als geheel (zie Leidraad onderzoekend leren), komen onderstaande kerndoelen in dit project aan bod.

Wiskundig inzicht en handelen

24. De leerlingen leren praktische en formele rekenwiskundige problemen op te lossen en redeneringen helder weer te geven.

Getallen en bewerkingen

26. De leerlingen leren structuur en samenhang van aantallen, gehele getallen, kommagetallen, breuken, procenten en verhoudingen op hoofdlijnen te doorzien en er in praktische situaties mee te rekenen.

Metten en meetkunde

33. De leerlingen leren meten en leren te rekenen met eenheden en maten, zoals bij tijd, geld, lengte, omtrek, oppervlakte, inhoud, gewicht, snelheid en temperatuur.

Natuur en techniek

41. De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.



Stap 1. Introductie

Tijdens de introductiefase komen leerlingen voor het eerst in aanraking met een onderwerp. Het doel is hen te prikkelen en nieuwsgierig te maken naar het onderwerp.

INTRODUCTIEACTIVITEIT: KLAMBOE

De leerlingen worden verrast door een klamboe in de klas en bedenken waar je een klamboe voor gebruikt.

Doelen

- De nieuwsgierigheid prikkelen naar het gebruik van een klamboe.
- Leerlingen hun gedachten hardop laten uitspreken over waar een klamboe goed voor is.

Duur

15-20 minuten

Werkvorm

Klassikaal

Benodigheden

Een klamboe



Angolese kinderen bij een klamboe

Activiteit

Het doel van deze activiteit is de nieuwsgierigheid van de leerlingen op te wekken voor het thema door ze een voorwerp te laten bestuderen en bespreken: de klamboe. Hang de klamboe op in de klas voor de kinderen binnenkomen. Benoem de klamboe niet en open niet onmiddellijk het gesprek over de klamboe, maar start eerst met de orde van de dag; de klamboe is wel aanwezig en prikkelt de eerste nieuwsgierigheid naar het waarom.

Afsluiting

Start naar eigen inschatting na enige tijd het gesprek over de klamboe, waarbij je open vragen stelt: wat is dit? Waarvoor dient het? Waarom kan het belangrijk zijn? En voor wie is het vooral belangrijk? Probeer de leerlingen zo veel mogelijk hardop aan het nadenken te krijgen.



Stap 2. Verkennen

In de verkenningsfase gaan de leerlingen het onderwerp breed verkennen. Dit is het moment waarop de inhoudelijke basis voor het project wordt gelegd. Het gaat in er deze fase om op verschillende manieren kennis op te doen. De nadruk ligt op het zich actief eigen maken van het thema met behulp van verschillende activiteiten die de leerlingen soms in groepjes en soms klassikaal uitvoeren. Het is belangrijk om telkens de verbinding te leggen tussen de activiteit en wat daaruit te leren valt over het thema. Bij iedere activiteit is deze verbinding beschreven.

Subthema's

Het onderverdelen van het hoofdthema in subthema's kan leerlingen helpen om bij stap 3 een onderzoeksvraag te formuleren. Subthema's geven meer houvast, omdat ze vaak minder abstract zijn dan het hoofdthema. Bovendien zorgt het voor meer diversiteit tussen vragen die leerlingen stellen. We hebben daarom ook binnen dit thema een aantal subthema's aangebracht. Bij de activiteiten is aangegeven bij welk subthema ze passen.

- Verspreiding van infectieziektes
- Bestrijding van infectieziektes
- Muggen

ACTIVITEIT 1: HOE VERSPREIDT MALARIA ZICH?

Door een simulatiespel leren leerlingen waarom malaria zich zoveel sneller verspreidt dan veel andere infectieziekten.

Subthema's

- Verspreiding van infectieziekten
- Muggen

Doelen

- Leerlingen maken kennis met belangrijke begrippen uit onderzoek naar infectieziekten.
- Leerlingen leren waarom malaria zich zoveel sneller verspreidt dan veel andere infectieziekten.
- Leerlingen leren over verschillende manieren waarop ziekten zich verspreiden.

Duur

30 minuten

Werkvorm

Klassikaal

Benodigdheden

- Witte plastic bekens (voor ieder kind twee)
- Rode plastic bekens (één per ongeveer zeven kinderen)
- Magere melk (per leerling is ongeveer 80 milliliter melk nodig [2x 40 ml], dus voor een klas van dertig leerlingen is ongeveer drie liter melk nodig om twee rondes te kunnen spelen)
- Grote fles, 120 ml, jodium (Betadine)
- Pakje aardappelzetmeel
- Eetlepel
- Per leerling twee roerstaafjes

Voorbereiding

De activiteit bestaat uit twee onderdelen. Het is handig om alles voor beide delen vooraf klaar te zetten.

Deel 1:

- Vul voor iedere leerling een witte plastic beker voor een kwart met magere melk.
- Voeg aan ongeveer één op de zes bekens één eetlepel zetmeel toe en roer goed.

Deel 2:

- Zet voor elke leerling een beker klaar: voor één op de zeven leerlingen een rode beker, voor de overige leerlingen een witte beker.
- Vul alle bekens voor een kwart met magere melk.
- Voeg aan ongeveer één op de zes **witte bekens** één eetlepel zetmeel toe en roer goed. **Let op:** voeg geen zetmeel toe aan de rode bekens!

Activiteit

Deel 1: Geef iedere leerling een beker en een roerstaafje, zonder bekend te maken welke bekertjes zetmeel bevatten. Vertel de leerlingen dat een aantal bekertjes 'besmet' zijn met griep en dat ze gaan ontdekken hoe snel die besmetting zich verspreidt als mensen dicht bij elkaar in de buurt komen. Vertel en schrijf op het bord hoeveel bekertjes besmet zijn met griep (benadruk dat het natuurlijk geen echte griep is). De leerlingen gaan elkaar besmetten door de melk in de bekertjes met elkaar te mengen. Elke leerling roert eerst het bekertje door en mengt daarna de inhoud met twee klasgenoten. Dat doen ze door de melk van de ene beker helemaal over te gieten in de andere beker en daarna de melk weer gelijk over de twee bekertjes te verdelen. Dit is noodzakelijk om duidelijke resultaten te krijgen. Tenslotte roeren ze de inhoud van hun beker nog even door met hun *eigen* roerstaafje.



Leerlingen van de Dofjinklassen simuleren een stekende malariamug door de melk in hun bekertjes te mengen

Daarna controleren de leerlingen of zij besmet zijn door aan hun bekertje een flinke scheut jodium toe te voegen. Leerlingen roeren het jodium met hun eigen roerstaafje door de bekertjes. Melk met zetmeel wordt blauw (besmet); melk zonder zetmeel wordt lichtbruin (kleur van jodium, onbesmet). Schrijf op het bord hoeveel bekertjes uiteindelijk besmet waren.

Deel 2: Verdeel de bekertjes die je hebt klaargezet en geef iedere leerling een nieuw roerstaafje. Vertel dat er opnieuw een aantal bekertjes besmet zijn: dit keer niet met griep maar met malaria, een ziekte die door muggen wordt doorgegeven.

Vertel dat de leerlingen met rode bekertjes de muggen zijn. De muggen zijn nu nog niet besmet, maar dat gaat wel gebeuren als ze andere leerlingen gaan steken. Vertel en schrijf op het bord hoeveel witte bekertjes besmet zijn met malaria.

Alle leerlingen roeren de melk in hun beker. Vervolgens mengen de leerlingen met rode bekertjes de melk in hun beker met die van ongeveer tien verschillende leerlingen met witte bekertjes zoals ze daarvoor ook hebben gedaan. De leerlingen met witte bekertjes wachten af. Een witte beker mag meerdere keren door een rode beker worden 'gestoken'.

De leerlingen controleren opnieuw of ze zetmeel in hun melk hebben door aan hun bekertje melk een flinke scheut jodium toe te voegen en te roeren met hun eigen roerstaafje. Schrijf op het bord hoeveel bekertjes zetmeel bevatten.



Samen met Teun Bousema controleren leerlingen van de Wegwijzer of hun beker besmet is

Afronding

De leerlingen vergelijken de resultaten van deel 1 en deel 2 van de activiteit. Hoe komt het dat er de tweede keer veel meer bekertjes zetmeel bevatten? (Dit is bijna altijd het geval) Verbaast ze dit? Leg uit hoe het verschil ontstaat:

Deel 1 van de activiteit bootste mens-tot-mensbesmetting na: de bekertjes staan symbool voor de mensen, het zetmeel voor de aanwezigheid van een ziektekiem: een parasiet, bacterie of virus. Dit deel van de activiteit laat zien hoe de verspreiding van een infectieziekte van mens tot mens over een groep verloopt: de verspreiding gaat redelijk vlot, maar lang niet iedereen raakt besmet. Elke leerling met een met zetmeel 'besmette' beker heeft namelijk 'maar' twee klasgenoten kunnen besmetten.

Deel 2 van de activiteit bootste verspreiding na via een 'vector': bijvoorbeeld een insect dat door een besmet persoon te prikken zelf verspreider wordt van een ziekte. Deze vorm van verspreiding verloopt veel sneller: bij deel 2 van de activiteit raakt bijna iedereen besmet. De verspreiding van malaria verloopt via een 'vector': de malariamug.

Malaria

Verbinding met het thema

Weten hoe een ziektekiem zich verspreidt is van belang voor het nemen van de juiste voorzorgsmaatregelen. Griep (influenza) verspreidt zich van mens tot mens. Verspreiding van griep ga je tegen door ervoor te zorgen dat een gezond mens niet besmet raakt (bijvoorbeeld door je handen altijd goed te wassen), dat iemand na besmetting niet ziek wordt (bijvoorbeeld door je tegen griep te laten vaccineren) en dat een zieke het virus niet doorgeeft. Dat laatste doe je door 'netjes' te niezen en hoesten: nies of hoest in een zakdoek en gooi die na gebruik weg zodat het virus niet door de lucht vliegt, maar in de zakdoek verdwijnt, en door na het hoesten of niezen je handen te wassen.

Om verspreiding van malaria tegen te gaan heb je meer verschillende maatregelen nodig. De meeste daarvan zijn gericht op de mug. Om te voorkomen dat mensen gebeten worden door besmette muggen, kunnen ze onder een klamboe (muggennet) slapen en hun huid insmeren met anti-muggencrème. Ook wordt in tropische landen veel gedaan om muggen te doden, bijvoorbeeld door muggendodende spray te gebruiken in en rond de huizen van mensen. Daarnaast kunnen bepaalde malariamedicijnen helpen de verspreiding te remmen. Mensen die ziek zijn van malaria krijgen hier medicijnen voor, waarvan sommige als 'extraatje' hebben dat de malariaparasiet niet kan worden doorgegeven aan een volgende mug. Daardoor is er minder verspreiding en worden dus minder mensen ziek.

Tip

Zorg ervoor dat je het zetmeel goed door het bekertje roert: klonten in de melk mengen niet goed met de melk uit een ander bekertje. En ze verraden natuurlijk ook dat het bekertje 'besmet' is!

ACTIVITEIT 2: DE NIESTAFEL

De leerlingen experimenteren met besmettelijkheid door met een drukspuit een nies na te bootsen.

Subthema's

- Verspreiding van infectieziektes
- Bestrijding van infectieziektes

Doelen

- De leerlingen maken kennis met de besmettelijkheid van verschillende infectieziekten.
- De leerlingen maken kennis met de rol van de mens in het effectief verspreiden van infectieziekten.

Duur

30 tot 60 minuten

Werkvorm

In groepjes van vijf

Benodigdheden

- Voldoende papier op rol (bijvoorbeeld behangpapier of kraftpapier) om alle tafels te bedekken (eventueel kunnen ook grote vellen papier worden gebruikt)
- Drie kleuren plakkaatverf op waterbasis, bijvoorbeeld blauw, groen en geel (idealiter geen rood aangezien dit minder goed uitwasbaar is)
- Doekjes om de handen mee schoon te maken
- Zeil om de vloer en eventueel muur mee af te dekken

Per groepje:

- Drie tafels
- Drie drukspuiten (hier kunnen twee groepjes gebruik van maken)
- Rubber handschoen
- Papieren zakdoekje
- Meetlint
- Rekenmachine
- Werkblad Niestafel 
- Werkblad Verspreiding infectieziekten 

Voorbereiding

Het is van belang dat alle materialen (vooral de drukspuiten) en de proefopstelling goed getest zijn en klaarstaan voor gebruik. Vul alle drukspuiten met dezelfde hoeveelheid water en voeg aan een derde van de drukspuiten blauwe verf toe, aan een derde groene verf en aan een derde gele verf. Test de verdunningen op papier om te zien of ze voldoende zichtbaar zijn: voeg anders nog wat extra verf toe.

Bouw de proefopstelling door voor ieder groepje drie tafels achter elkaar te zetten. Bedek eventueel de vloer en de meubels in de buurt met zeil om vlekken te voorkomen. Bedek vervolgens de tafels met papier.

Test vooraf hoe vaak leerlingen met de drukspuiten moeten pompen voor een goed resultaat. Het is belangrijk de drukspuit eerst helemaal te ontluchten; dat doe je door de drukspuit helemaal open te draaien en vervolgens weer dicht. Test vervolgens hoe vaak je moet pompen om twee heel verschillende spuitafstanden te krijgen (bijvoorbeeld: drie maal pompen en twintig maal pompen). Kijk goed hoe ver de drukspuiten spuiten, zodat je weet of je voldoende hebt afgedekt met plastic. Het beste is om zelf deel 1 van de activiteit in zijn geheel een keer uit te voeren, om te bevestigen dat het verschil tussen de twee niezen groot genoeg is.

Activiteit

De activiteit bestaat uit twee delen: in deel 1 testen de leerlingen het verschil tussen de verspreiding van griep en de verspreiding van de mazelen. In deel 2 testen de leerlingen of het uitmaakt of je niest met je hand voor je mond of met een zakdoek voor je mond.

Deel 1: Vertel de leerlingen dat ze gaan onderzoeken hoe met niezen en hoesten schadelijke microben op andere mensen kunnen overgaan. Ziekten worden door de lucht verspreid in piepkleine druppeltjes speeksel en water die door mensen uitgeniest of uitgehoeft worden. De ziekten die zich zo verspreiden, kunnen gewone verkoudheden of griep zijn, maar ook ergere infecties zoals mazelen, hersenvliesontsteking of tuberculose. Verdeel de klas in groepjes van vier, geef ieder groepje het werkblad Niestafel  en wijs ieder groepje naar hun 'niestafel'. Per groepje vullen de leerlingen de voorspellingsvragen in: wat verwachten ze te gaan zien?

Dan gaan de leerlingen een 'griep'-nies en een 'mazelen'-nies nabootsen. De eerste leerling uit het groepje bootst een griepnies na; de leerling neemt een drukspuit met een willekeurige kleur en noteert die kleur als de 'griep'-kleur. De leerling draait de drukspuit helemaal open en weer dicht om hem te ontluchten en pompt drie keer lucht in de drukspuit (of zo vaak als uit het testen van de drukspuiten het beste bleek). Dan zet hij de drukspuit helemaal aan het uiteinde van de tafel en zet hij met stift een streepje op het papier voor de drukspuit: vanaf dat streepje meten de leerlingen de afstand van de nies. De leerling drukt de drukspuit één keer kort maar krachtig in. Vervolgens meten de leerlingen de afstand tussen het streepje en de uiterste druppel van de nies en meten zij de maximale breedte van de nies. Ze noteren dit op het werkblad.

De tweede leerling bootst een mazelen nies na door eveneens bovenstaande handelingen te verrichten, nu met de drukspuit met een andere kleur verf, die hij noteert als de 'mazelen'-kleur. In plaats van drie keer te pompen, pompt deze leerling twintig keer (of zo vaak als uit het testen van de drukspuiten het beste bleek). Ook nu meten de leerlingen de afstand en de breedte van de nies en noteren zij dit op het werkblad.

Deel 2: Nu de leerlingen hebben gezien hoe gemakkelijk ziektekiemen zich verspreiden door niezen, gaan ze onderzoeken in hoeverre het helpt om een hand of een zakdoek voor je mond te houden als je niest, om verspreiding van ziektes te voorkomen. Ze voeren hiervoor drie keer de mazelen nies uit, omdat dit de krachtigste is.

Eerst leggen ze een nieuw papier op de tafel. Vervolgens bootst de derde leerling een mazelen nies na door de stappen van de mazelen nies te herhalen met een willekeurige kleur (ontluchten, twintig keer pompen, drukspuit achter het streepje zetten, kort maar krachtig indrukken). Dit is de controlenies om de andere mee te vergelijken. De vierde leerling bootst de mazelen nies met een handschoen

en met een andere kleur na. Hij houdt tijdens het indrukken van de drukspuit een hand (met rubber handschoen) op ongeveer 5 centimeter van de spuitmond van de drukspuit, zodat de nies tegen de hand aankomt. Ook nu wordt weer de afstand en breedte van de nies gemeten en genoteerd.



Leerlingen van de Dolfijnklassen meten de lengte van een 'nies' op



Leerlingen van de Wegwijzer (L) en de Dolfijnklassen (R) bootsen een nies na, waarbij ze respectievelijk een hand en een zakdoek gebruiken om verspreiding van een eventueel virus tegen te gaan

Malaria

Tot slot bootst de vijfde leerling de mazelennies met zakdoekje na met de derde kleur (dit om verschil te kunnen zien met de vorige nies). Hij houdt tijdens het indrukken van de druksput zijn hand met een papieren zakdoekje erin op ongeveer 5 cm afstand van de spuitmond, zodat de nies tegen het zakdoekje aankomt. Ook nu meten en noteren de leerlingen de afstand en de breedte van de nies.

Afronding

De leerlingen vergelijken de gemeten afstanden en breedtes. Wat is het verschil tussen de griep en de mazelen? En heeft het zin om een hand voor de mond te houden bij het niezen en om een zakdoek te gebruiken? (Zie ook 'Verbinding met het thema' hieronder en de bijlage 'Weetjes over niezen' [🔗](#).) Leg vervolgens de verbinding met malaria. Is verspreiden via muggen nog effectiever dan heel hard niezen? Wat hadden de leerlingen daarover geleerd tijdens activiteit 1?

Om het verschil in effectiviteit van verspreiding te laten zien, kan de leraar de leerlingen met een rekenmachine de volgende reeksen laten afmaken (zie ook werkblad [🔗](#)):

- Griepverspreiding: 1,2,4,...
- Mazelen: 1,12,144,...
- Malaria: 1,104,10816,...

De reeks staat voor de snelheid van verspreiding. 1 persoon met mazelen besmet ongeveer 12 anderen, die samen weer ongeveer 144 nieuwe ziektegevallen veroorzaken, en die veroorzaken op hun beurt weer Enz.

Welke ziekte verspreidt zich het snelst? Waardoor zou dit kunnen komen?

Verbinding met het thema

Een microbe kan zich op verschillende manieren verspreiden. De ene besmettingsroute is efficiënter (gaat sneller) dan de andere. Een infectie als cholera (bacterie) wordt alleen overgedragen door ontlasting, vaak als die in het drinkwater terecht komt. Een ziekte als mazelen (virus) verspreidt zich door druppeltjes in de keel en neusholte. Dat gaat veel efficiënter. Het maakt voor de efficiëntie van zo'n druppeloverdracht uit waar de druppeltjes zich bevinden en hoe hard je niest of hoest. Hoe harder je niest of hoest en hoe hoger de microbe in je luchtweg zit, hoe beter voor de microbe. Het is namelijk efficiënter voor de verspreiding om bovenin de luchtpijp te zitten dan onderin de longen. Het mazelenvirus is een voorbeeld van een microbe die zich bovenin de luchtpijp ophoopt, waardoor het heel ver kan 'reizen' als je niest. Ook kan het een paar uur overleven in de lucht, waardoor je grote kans loopt het in te ademen als je in dezelfde ruimte bent.

Een ziekte als malaria heeft het goed voor elkaar. Zij schakelt de mug in. Een mug reist natuurlijk veel verder dan je als mens kunt niezen. Iedere mug bijt elke drie dagen iemand anders en daarnaast kunnen malariapatiënten vervolgens weer heel veel muggen besmetten. Hierdoor kan de verspreiding razendsnel gaan, sneller dan voor alle andere infectieziekten.

Tips

- Als het weer goed is kan de activiteit ook buiten uitgevoerd worden.
- Beide rondes van deze activiteit kunnen ook los worden gedaan.

Bron

Dit is een aangepaste versie van de niestafel-activiteit van het lespakket 'e-Bug, de wereld van microben', zie www.e-bug.eu (CC BY NC SA 2.0, e-Bug Consortium).

ACTIVITEIT 3: ER WONEN BEESTJES OP ME

De leerlingen laten op een agarplaatje een kweekje groeien van de microben op hun lichaam en zien wat het effect is van een bacteriedodend stofje.

Subthema

Bestrijding van infectieziektes

Doelen

- De leerlingen ontdekken dat ze een goede 'voedingsbodem' zijn voor miljoenen microben.
- De leerlingen maken kennis met een belangrijk hulpmiddel binnen de microbiologie: het kweken van microben.
- De leerlingen ontdekken de effectiviteit van verschillende manieren om microben te doden.
- De leerlingen oefenen met onderzoek doen en leren de betekenis van het doen van een nulmeting.

Duur

- Het kweken van de microben duurt vier dagen tot een week.
- Op dag 1: 30 minuten
- Op dag 4 tot 7: eenmalig 60 minuten

Werkvorm

In viertallen

Benodigdheden

Per leerling:

- Agarplaatje
- Werkblad 'Er wonen beestjes op me!' 

Per groepje:

- Zeep
- Handdesinfectans (flesje op alcoholbasis van drogisterij)
- Wc-papier
- Wattenstaafje
- Alcohol (flesjes van $\pm 70\%$ alcohol voor ontsmetting zijn verkrijgbaar bij de drogist)
- Kleurpotloden

Voorbereiding

Teken met een permanent marker op het deksel van iedere agarplaat een lijn die de plaat in tweeën deelt. Schrijf op de ene helft de letter L (van links) en op de andere helft de letter R (van rechts). Plak op het deksel van iedere agarplaat een naamsticker. **Let op:** de agarplaat moet zichtbaar in twee delen worden gedeeld, maar er mag niet op de agarvoedingsbodem zelf geschreven worden. Ook mag het agardoosje niet opengemaakt worden om te voorkomen dat er al voor het experiment microben op de agarvoedingsbodem komen.

Activiteit

Deel 1: Vertel de leerlingen dat ze onderzoek gaan doen naar verschillende manieren om de bacteriën op je handen dood te maken. Leg uit dat ze in viertallen vier manieren gaan testen: wassen met

Malaria

zeep, wassen met handdesinfectans, afvegen met wc-papier en afnemen met alcohol. Geef iedere leerling een agarplaat die in twee helften is gedeeld. Iedere leerling schrijft zijn naam op de sticker op de deksel van de agarplaat. Vervolgens maken de leerlingen groepjes van vier. Iedere leerling in het groepje maakt het doosje van de agarplaat open en drukt met twee vingers voorzichtig op de linkerhelft (de helft gemarkeerd met L) in de agar. Daarna doen de leerlingen het doosje onmiddellijk weer dicht.

Vervolgens verdelen de leden van het groepje de vier reinigingsmethoden onder elkaar: een leerling wast zijn handen grondig met zeep; een leerling neemt een stukje wc-papier en veegt daarmee grondig zijn handen af; een leerling maakt zijn handen schoon met de handdesinfectant. Alledrie drukken ze meteen nadat ze hun handen schoon hebben gemaakt dezelfde twee vingers voorzichtig in de agar, nu op de rechterhelft (gemarkeerd met R). De periode tussen het wassen van de vingers en het in de agar drukken moet zo kort mogelijk zijn en de leerlingen mogen na het wassen niets meer aanraken om te voorkomen dat er weer microben op hun handen komen. Nadat ze hun vingers in de agar hebben gedrukt, doen ze opnieuw het doosje onmiddellijk dicht om te voorkomen dat er microben uit de lucht op de agar terechtkomen. De vierde leerling maakt zijn handen niet vooraf schoon voordat hij ze op de rechterhelft van de agarplaat drukt, maar veegt daarna voorzichtig met een wattenstaafje met alcohol over die helft van de agarplaat.



Een leerling van de Dolfijnklassen veegt voorzichtig met een wattenstaafje over een agarplaat

Iedere leerling vult het eerste deel van het werkblad in. Neem alle doosjes in en bewaar ze op kamertemperatuur. Vraag de leerlingen te voorspellen of, en zo ja, hoe de twee helften van hun agarplaatje zullen verschillen. Ook dat schrijven de leerlingen op het werkblad.

Deel 2: Na vier dagen, en na niet langer dan een week, kunnen de leerlingen bestuderen wat er op de agarplaatjes is gegroeid. Iedere leerling maakt een tekening van zijn agarplaatje op het werkblad. Voor zover ze kunnen zien, geven ze iedere verschillende microbe die op het agarplaatje is gegroeid een andere kleur. Tenslotte vullen ze de conclusie in op het werkblad.

Afronding

Hoeveel verschillende microben groeien er op het linkerdeel van de agarplaat? Hoeveel op het rechterdeel? De leerlingen vergelijken hun resultaten daarna in hun groepje: welke van de vier reinigingsmethoden heeft de meeste bacteriën gedood? Welke de minste? Komt het overeen met wat ze als verwachting opgeschreven hebben? Als dat niet zo is, wat kunnen ze daar dan van leren? Wat voor soort conclusies kunnen ze trekken op basis van de tekening die ze hebben gemaakt? Hadden ze dat ook kunnen doen als ze op de linkerhelft van de agarplaat niet hun ongewassen vingers hadden gedrukt?

Verbinding met het thema

Op ieder mens leven bacteriën, deze kun je zichtbaar maken als je de bacteriën laat groeien (vermenigvuldigen) op een agarplaat. Sommige bacteriën zijn goed voor je, andere zijn schadelijk. Veel schadelijke bacteriën verspreiden zich doordat ze op je handen zitten en achterblijven op voorwerpen die je aanraakt, die vervolgens aangeraakt worden door een ander. Zoals de onderzoekers hebben gekeken naar manieren om de verspreiding van malaria door muggen tegen te gaan, door muggenbeten te voorkomen (bijvoorbeeld door klamboes), zo kan de verspreiding van bacteriën worden tegengegaan door de overdracht van de ene mens op de andere mens te voorkomen, bijvoorbeeld door goed je handen te wassen nadat je rauw vlees hebt aangeraakt. De leerlingen testen in deze activiteit de effectiviteit van verschillende reinigingsmethoden.

ACTIVITEIT 4: MAAK JE EIGEN MICROBE

De leerlingen ontwerpen een eigen microbe en kennen haar handige of slimme eigenschappen toe.

Subthema

Verspreiding van infectieziektes

Doelen

- Leerlingen maken kennis met de eigenschappen van verschillende microben.
- Leerlingen passen opgedane kennis over de verspreiding van infectieziekten toe.

Duur

60-90 minuten

Werkvorm

In tweetallen

Benodigdheden

- Powerpointpresentatie Over microben 
- Papier, kleurpotloden, stiften
- Werkblad 'Maak je eigen microbe' 
- Extra informatie over microben (voor de leerkracht) 

Voorbereiding

Deze activiteit vraagt behoorlijk wat achtergrondkennis van leerlingen over de eigenschappen van verschillende microben. Het is dus raadzaam je inhoudelijk goed voor te bereiden op de les om de kennis aan de leerlingen te kunnen overdragen. Hiervoor kun je de extra informatie die op de website te vinden is  en de powerpointpresentatie gebruiken.

Activiteit

Pols wat de leerlingen nu al weten over virussen, bacteriën, schimmels en parasieten. Zijn ze wel eens ziek geweest? Waardoor kwam dat? Laat de leerlingen de powerpointpresentatie over microben zien en vertel ze over de vier hoofdgroepen van microben (zie 'Microben en infectieziekten' bij Achtergrondinformatie).

Vertel de leerlingen dat ze zelf een microbe gaan ontwerpen. Laat ze bedenken wat hun microbe nodig heeft om te overleven (Waar haalt de microbe zijn voedingsstoffen vandaan?), of de microbe nuttig of schadelijk is en waar hij dus goed in moet zijn (reizen of samenwerken). De leerlingen tekenen de microbe en geven deze een naam. Ook vullen ze het werkblad in met een beschrijving van de eigenschappen.

Afronding

De kinderen stellen hun microbe voor aan de klas. Hierbij mogen de andere leerlingen vragen stellen.



Een leerling van de Dolfijnklassen tekent zijn eigen parasiet

Verbinding met het thema

Een van de dingen die malaria tot zo'n gevaarlijke ziekte maakt, is de snelheid en effectiviteit waarmee de malariaparasiet zich verspreidt. Door verschillende eigenschappen zorgt hij ervoor dat hij zich zo snel mogelijk van mens tot mens verspreidt en daar zo lang mogelijk kan blijven zitten: doordat hij de mug als 'tussenpersoon' heeft gekozen en doordat hij ook in 'stille' vorm zeer besmettelijk blijft. Bovendien ontwikkelt de parasiet resistentie tegen de medicijnen die nu voor malaria op de markt zijn! Deze eigenschappen hebben de onderzoekers gedurende hun onderzoek naar malaria ontdekt. Hoe naar deze eigenschappen ook zijn, het maakt de malariaparasiet tot een zeer effectieve ziekteverspreider: hij is 'goed' in wat hij doet. Andere microben hebben weer andere eigenschappen die ze 'goed' maken in wat ze doen: zo kunnen yoghurtbacteriën melk omzetten in melkzuur, wat ervoor zorgt dat melk yoghurt wordt.

Tip

De microbe kan eventueel ook vormgegeven worden met gekleurde klei.

Bron

Dit is een aangepaste versie van de activiteit 'Maak je eigen microbe' van het lespakket 'e-Bug, de wereld van microben', zie www.e-bug.eu (CC BY NC SA 2.0, e-Bug Consortium).

ACTIVITEIT 5: MUGGENBETEN OP SCHOOL

In de periode dat er muggen zijn, van de late lente tot de vroege herfst, kunnen leerlingen via een enquête een klein onderzoek doen naar muggenbeten op hun school. In de andere helft van het jaar is activiteit 6 meer geschikt.

Subthema

Muggen

Doelen

- Leerlingen oefenen met gegevens verzamelen via een enquête en leren deze te verwerken.
- Leerlingen krijgen inzicht in de factoren die invloed hebben op muggenbeten.

Duur

Ongeveer 2 uur

Werkvorm

In groepjes van 4-6

Benodigdheden

Per groepje:

- Schrijfmaterialen
- Eventueel een computer om een grafiek te maken

Voorbereiding

Het kan handig zijn een aantal enquêtevragen voor te bereiden voor het geval de klas sturing nodig heeft.

Activiteit

Deel de klas in groepjes. Leg de leerlingen uit dat ze met hun groepje een enquête over muggenbeten gaan afnemen bij de andere klassen in de school. Laat de groepjes brainstormen over wat allemaal invloed kan hebben op of je wel of niet door muggen wordt geprikt. Bijvoorbeeld: hoe lekker je ruikt, met het raam open/dicht slapen, op de begane grond/eerste verdieping/hoger wonen, in de buurt van een park/sloot/vijver wonen, Bespreek klassikaal welke van deze factoren je kunt meten met een enquête en maak daar samen enquêtevragen van. Neem in de enquête ook een vraag op over wel/geen muggenbeten en zo ja hoeveel, zodat je het verband kan leggen tussen de factoren en het aantal beten. Houd zelf de vragen bij en print voor ieder groepje een aantal enquêteformulieren. Leg uit dat iedereen dezelfde enquête gebruikt, zodat de groepjes uiteindelijk alle antwoorden bij elkaar kunnen leggen.

Dan krijgt ieder groepje een klas toegewezen en gaan zij in deze klas bij tien kinderen de enquête afnemen. De leerlingen schrijven de antwoorden op de vragen nauwkeurig op. Vervolgens verwerkt ieder groepje de antwoorden in een tabel of grafiek. Je kunt bijvoorbeeld ieder groepje een grafiek laten maken waarin ze één van de onderzochte factoren (bijvoorbeeld slapen met raam open/dicht) uitzetten tegenover het aantal kinderen dat één of meerdere muggenbeten heeft (zie afbeelding).



Twee voorbeelden van grafieken waar het slapen met raam open/dicht is afgezet tegen het aantal muggenbeten

Afronding

De grafieken van alle groepjes worden klassikaal besproken. Wat valt op? Welke conclusies kunnen we trekken? Als de leerlingen met percentages kunnen werken, kun je ook een vergelijking maken van de factor die de grootste invloed heeft. Reflecteer met de klas op het onderzoek: Zijn alle belangrijke vragen gesteld of hadden ook nog andere vragen gesteld kunnen worden? Wat ging goed bij het afnemen van de enquête en wat ging minder goed? Wat ging goed bij het maken van de tabel of grafiek en wat ging minder goed?

Verbinding met het thema

De leerlingen doen een klein onderzoekje naar muggenbeten bij leerlingen op school en de omstandigheden die aan muggenbeten bijdragen. Dit is een heel basale vorm van het onderzoek dat de onderzoekers hebben gedaan naar de verspreiding van malaria en de omstandigheden die bijdragen aan de verspreiding van malaria onder de bevolking. De onderzoekers waren ook zeer geïnteresseerd in de omstandigheden die ervoor zorgen dat muggen sneller zullen bijten, omdat ze die kennis zouden kunnen gebruiken om muggenbeten beter te voorkomen.

Tip

Begeleid de leerlingen bij het maken van tabellen en grafieken als ze hier weinig ervaring mee hebben.

ACTIVITEIT 6: VERKOUDEHEID OP SCHOOL

Van de late herfst tot vroeg in de lente, de periode dat verkoudheid en griep heersen, kunnen leerlingen via een enquête een klein onderzoek doen naar verkoudheid op hun school. In de andere helft van het jaar is activiteit 5 meer geschikt.

Subthema

Verspreiding van infectieziekten

Doelen

- Leerlingen oefenen met gegevens verzamelen via een enquête en leren deze te verwerken.
- Leerlingen krijgen inzicht in de factoren die invloed hebben op verspreiding van infectieziekten.

Duur

Ongeveer 2 uur

Werkvorm

In groepjes van 4-6

Benodigdheden

Per groepje:

- Schrijfmaterialen
- Eventueel een computer om een grafiek te maken

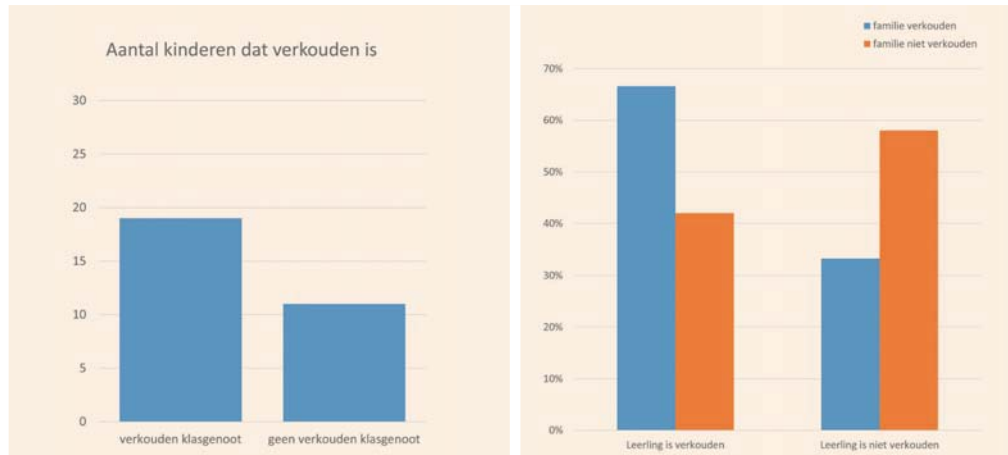
Voorbereiding

Het kan handig zijn een aantal enquêtevragen voor te bereiden, voor het geval de klas sturing nodig heeft.

Activiteit

Deel de klas in groepjes. Leg de leerlingen uit dat ze met hun groepje een enquête over verkoudheid gaan afnemen bij de andere klassen in de school. Laat de groepjes brainstormen over wat allemaal invloed kan hebben op of je wel of niet verkouden wordt. Bijvoorbeeld: is de familie ook verkouden? Is het kind dat naast je in de klas zit ook verkouden? Denk er ook aan om te vragen hoeveel kinderen op dit moment verkouden zijn en hoe lang ze al verkouden zijn. Zijn er misschien kinderen afwezig omdat ze verkouden zijn? Bespreek klassikaal welke van deze factoren je kunt meten met een enquête en maak daar samen enquêtevragen van. Neem in de enquête ook een vraag op over wel/niet verkouden, zodat je het verband kan leggen tussen de factoren en verkoudheid. Houd zelf de vragen bij en print voor ieder groepje een aantal enquêteformulieren. Leg uit dat iedereen dezelfde enquête gebruikt, zodat de groepjes uiteindelijk alle antwoorden bij elkaar kunnen leggen.

Dan krijgt ieder groepje een klas toegewezen en gaan zij in deze klas bij tien kinderen de enquête afnemen. De leerlingen schrijven de antwoorden op de vragen nauwkeurig op. Vervolgens verwerkt ieder groepje de antwoorden in een tabel of grafiek. Je kunt bijvoorbeeld ieder groepje een grafiek laten maken waarin ze één van de onderzochte factoren (bijvoorbeeld familie wel/niet verkouden) uitzetten tegenover het aantal kinderen dat ook verkouden is (zie afbeelding).



Twee voorbeelden van grafieken waar verkouden klasgenoten en familieleden zijn afgezet tegen de verkoudheid van kinderen

Afronding

De grafieken van alle groepjes worden klassikaal besproken. Wat valt op? Welke conclusies kunnen we trekken? Als de leerlingen met percentages kunnen werken, kun je ook een vergelijking maken van de factor die de grootste invloed heeft. Reflecteer met de klas op het onderzoek: zijn alle belangrijke vragen gesteld of hadden er ook nog andere vragen gesteld kunnen worden? Wat ging goed bij het afnemen van de enquête en wat ging minder goed? Wat ging goed bij het maken van de tabel of grafiek en wat ging minder goed?

Verbinding met het thema

De leerlingen doen een klein onderzoekje naar verkoudheid bij leerlingen op school en de omstandigheden die daaraan bijdragen. Dit is een heel basale vorm van onderzoek naar de verspreiding van infectieziekten en welke factoren daar invloed op kunnen hebben. Dat is wat de onderzoekers veel grootschaliger hebben onderzocht met betrekking tot malaria en de omstandigheden die bijdragen aan de verspreiding ervan onder de bevolking.

Tip

Begeleid de leerlingen bij het maken van tabellen en grafieken als ze hier weinig ervaring mee hebben.

ACTIVITEIT 7: MALARIAMUGGEN

Met behulp van een variant op het spel 'Weerwolven van Wakkerdam' wordt gesimuleerd hoe (stille) malaria zich verspreidt en welke uitdagingen er zijn bij het opsporen en genezen ervan.

Subthema's

- Verspreiding van infectieziektes
- Bestrijding van infectieziektes
- Muggen

Doelen

- De leerlingen leren en ervaren wat het effect van stille malaria is op de verspreiding van malaria.
- De leerlingen leren de uitdagingen kennen die horen bij het opsporen en genezen van (stille) malaria.

Werkvorm

Klassikaal

Benodigdheden

- Karakterkaarten 
- Een ruimte met kringopstelling (op stoelen of op de grond)

Voorbereiding

Omdat jij in dit verhaal de 'verteller' bent, is het verstandig het spel en het bijbehorende verhaal goed door te nemen. Het spel is echt goed geslaagd als de verteller het verhaal goed genoeg kent om een beetje spanning te kunnen inbouwen. Bovendien moet de verteller erop toezien dat het spel in de goede volgorde verloopt. Bereid je hierop voor door het verloop van het spel en het verhaal goed door te nemen, eventueel een aantal keer.

Print en knip de karakterkaarten van tevoren. Hoeveel kaarten gemaakt moeten worden is afhankelijk van de grootte van de groep:

- **15 spelers**
Direct uitdelen: 3 muggen, 3 burgers met stille malaria, 7 burgers, 1 arts-onderzoeker, 1 speurneus
Voor het wisselen tijdens het spel: 3 malariamuggen en 3 burgers
- **20 spelers**
Direct uitdelen: 4 muggen, 4 burgers met stille malaria, 10 burgers, 1 arts-onderzoeker, 1 speurneus
Voor het wisselen tijdens het spel: 4 malariamuggen en 4 burgers
- **25 spelers**
Direct uitdelen: 5 muggen, 5 burgers met stille malaria, 13 burgers, 1 arts-onderzoeker, 1 speurneus
Voor het wisselen tijdens het spel: 5 malariamuggen en 5 burgers
- **30 spelers**
Direct uitdelen: 6 muggen, 6 burgers met stille malaria, 16 burgers, 1 arts-onderzoeker, 1 speurneus
Voor het wisselen tijdens het spel: 6 malariamuggen en 6 burgers

Als je iets meer spelers hebt dan hierboven aangegeven, bijvoorbeeld 23 leerlingen, kies dan voor extra burgers.

Activiteit

Vertel de leerlingen dat ze een spel gaan doen dat lijkt op het spel Weerwolven. Leg ze het doel van het spel en de verschillende rollen uit zoals hieronder beschreven.

Het spel wordt geleid door de verteller. De verteller geeft aan wanneer welke deelnemers in actie mogen komen. Binnen het spel zijn verschillende rollen met ieder hun eigen taken. In het spel proberen deelnemers erachter te komen wie welke rol heeft en op basis daarvan te handelen:



De karakterkaarten

1. **De burger:** heeft als taak ervoor te zorgen dat de malaria niet verder wordt verspreid, door de muggen in de groep te ontdekken en die overdag uit te schakelen (rol vergelijkbaar met de 'burgers' in Weerwolven).
2. **De burger met stille malaria:** heeft als taak de malaria niet verder te laten verspreiden, door zich niet te laten steken door een mug.
3. **De arts-onderzoeker:** is een burger met als speciale taak om de burgers met 'stille malaria' te behandelen zodat ze genezen worden en de ziekte niet verder kunnen verspreiden. Dit kan hij doen door 's nachts (als de verteller hem wakker heeft gemaakt) een persoon aan te wijzen van wie hij de ware identiteit (de rol die op het kaartje staat) wil zien. Als de aangewezen persoon stille malaria blijkt te hebben, kan hij deze genezen (rol vergelijkbaar met 'heks' in Weerwolven).
4. **De speurneus:** is een burger met als speciale taak het opsporen van de malariamuggen: hij mag de muggen stiekem bespioneren door 's nachts, als ze actief zijn, door zijn wimpers te gluren. Als hij door een van de muggen gesnapt wordt, is de kans groot dat de muggen hem steken. Hij moet dus voorzichtig zijn (rol vergelijkbaar met het 'stiekeme meisje' in Weerwolven).
5. **De (malaria)mug:** is eerst nog onbesmet (kaartje mug) en heeft als taak om alle burgers met malaria te besmetten. De muggen moeten eerst zorgen dat ze malaria krijgen van een burger met stille malaria en dit vervolgens verder verspreiden onder onschuldige burgers. Iedere nacht

Malaria

worden de muggen wakker gemaakt door de verteller. Elke ronde wijst een van hen een persoon aan die ze willen steken. Wanneer deze mug iemand heeft gestoken met stille malaria ruilt de verteller zijn muggenkaartje om voor een malariamuggenkaartje. Vanaf dat moment kan deze mug malaria verspreiden en in de nacht burgers besmetten (rol vergelijkbaar met de 'weerwolven' in Weerwolven).

Het doel van het spel voor de muggen is om te proberen malaria te krijgen en dit te verspreiden onder de burgers. Zij moeten ervoor zorgen dat alle burgers met malaria besmet raken. Het doel van het spel voor alle burgers is om de muggen te ontmaskeren en de burgers met stille malaria beter te maken. Er zijn drie manieren waarop het spel kan eindigen:

- Alle burgers zijn besmet en uitgeschakeld, alleen de muggen zijn nog in leven (de muggen winnen)
- Alle muggen zijn ontmaskerd (de burgers winnen)
- De malaria is genezen en verdwenen (de burgers winnen)

Vooraf: Alle spelers zitten in een kring met het gezicht naar elkaar. Bepaal eerst samen wie de verteller wordt. De verteller speelt zelf niet mee, maar geeft aanwijzingen aan de spelers. In eerste instantie ben jij als leraar de verteller. Als het spel vaker wordt gespeeld kunnen in latere rondes ook leerlingen de verteller zijn.

De verteller staat in de kring. Hij deelt de rollen (karakterkaarten) uit. Elke speler bekijkt de karakterkaart en legt deze (bereikbaar voor de verteller) omgedraaid voor zich neer, dus zo dat anderen de rol niet kunnen zien. Deze rol neemt de speler gedurende het hele spel aan (dus totdat hij eruit ligt of het spel is afgelopen). De verteller gaat de kring rond en bekijkt de kaartjes zonder ze aan anderen te laten zien. Nadat hij het rondje heeft gemaakt schrijft hij de namen van de muggen op. Tijdens het spel noteert de verteller bij de namen of deze mug malaria heeft gekregen, zodat hij weet of er burgers malaria hebben na door een besmette mug te zijn bestoken.

Het spel

Iedere ronde van het spel worden onderstaande stappen doorlopen. De eerste ronde begin je met het introductieverhaal, gevolgd door de gebeurtenissen bij stap 1 t/m 5. In de volgende rondes wordt stap 1 t/m 5 doorlopen en de introductie overgeslagen.

Introductie: De verteller begint met het volgende verhaal (op dat moment zitten de spelers in de kring met hun kaartje voor zich op de grond):

"In een klein dorpje in Mali heerst al een lange tijd de nare ziekte malaria. Veel burgers overlijden aan de ziekte doordat ze door een mug zijn gebeten. 's Nachts wordt het dorpje geteisterd door de bloed-dorstige muggen. De burgers willen hier natuurlijk iets aan doen. Lukt het jullie om de muggen met malaria te verdrijven uit het dorp? Of nemen de muggen de overhand en verspreiden ze zo steeds verder de nare ziekte malaria onder de burgers? Jullie hebben vandaag een lange, zware dag gehad en kruipen allemaal moe jullie bedjes in. Doe nu allemaal je ogen maar dicht. Maar slaap niet te rustig, want er zoemen muggen in de nacht. Slaap zacht..."



Leraren op de Winterschool luisteren met gesloten ogen naar de verteller

1. In de nacht: De verteller vraagt de arts-onderzoeker zijn ogen te openen en een persoon aan te wijzen wiens kaart hij wil inzien. De verteller loopt rond, schuift wat met de kaarten (zo weet niemand welke kaart wordt vertoond) en laat de kaart zien aan de arts-onderzoeker. Als de arts-onderzoeker tijdens de nacht een burger met stille malaria ontdekt, kan hij aangeven dat hij deze wil behandelen. Hij maakt de persoon dan weer gezond. De verteller geeft deze speler dan een 'gewoon' burgerkaartje. Als de persoon geen stille malaria heeft, gebeurt er niets, behalve dat de arts-onderzoeker weet wat de rol van die speler is. De verteller geeft aan dat de arts-onderzoeker weer mag gaan slapen.

Vervolgens zegt de verteller dat de muggen hun ogen mogen openen en dat de speurneus nu stiekem mag gluren. De muggen kijken elkaar aan zodat ze weten wie de andere muggen zijn (handig om elkaar te beschermen de volgende ochtend). Per nacht mag de helft van de muggen iemand aanwijzen om te steken (om de beurt). Let op: dit is individueel! De verteller wijst de muggen die mogen steken aan en vraagt de overige muggen om hun ogen weer te sluiten. De muggen die mogen steken wijzen één voor één een 'slachtoffer' aan. De verteller draait de kaarten om van het slachtoffer en laat dit zien aan de mug die steekt.

- Is het een gewone mug en heeft het slachtoffer stille malaria, dan is de mug voor de rest van het spel besmet: zijn kaartje wordt geruild met het kaartje van de malariamug.
- Is het een gewone mug en heeft het slachtoffer geen stille malaria, dan gebeurt er niets, behalve dat de mug weet welke rol de persoon heeft.
- Is het een malariamug, dan krijgt het slachtoffer malaria en is hij voor de rest van het spel uitgeschakeld.

Let op: ook de arts-onderzoeker kan door een malariamug gestoken worden. De arts-onderzoeker ligt dan uit het spel en de enige manier waarop de burgers dan nog kunnen winnen is door alle muggen te ontmaskeren.

Vertel de muggen die hebben gestoken dat ze hun ogen weer moeten sluiten.

Tip: Noteer als verteller welke muggen malaria hebben, zodat je weet of de volgende ochtend iemand uit het spel ligt! Het is handig om de muggen te nummeren om goed bij te houden welke mug aan de beurt is om te steken (even in de ene nacht, oneven in de andere nacht).

2. De verteller maakt de burgers wakker: Dan mag iedereen zijn ogen open doen, het is ochtend:

Als alleen gewone muggen hebben gestoken, zijn er geen slachtoffers. Vertel dan:

“Het dorp ontwaakt en iedereen opent zijn ogen. De muggen hadden pech, er ligt niemand uit het spel, maar wie weet zijn er meer muggen met malaria bijgekomen.”

Als iemand door een malariamug is gestoken:

“Het dorp ontwaakt en iedereen opent zijn ogen. Helaas, er is een slachtoffer gevallen, (naam leerling) is besmet met malaria en ligt uit het spel.” De speler die uit het spel ligt toont zijn karakterkaart en doet niet meer mee. Hij mag op geen enkele manier meer met de spelers communiceren.

Daarnaast meldt de verteller of de arts-onderzoeker iemand heeft genezen (zolang deze rol nog in het spel is).

Als de arts-onderzoeker iemand met stille malaria heeft genezen:

“Vannacht heeft iemand met stille malaria geluk gehad: de arts-onderzoeker heeft de malaria ontdekt en deze persoon genezen.” (Er wordt geen naam genoemd!)

Als de arts-onderzoeker niemand heeft genezen:

“De arts-onderzoeker heeft niemand genezen van stille malaria.”

3. De burgers uiten en bespreken hun verdenkingen: Wie van de spelers zou een mug kunnen zijn?

De verteller neemt het initiatief en leidt het gesprek, maar stelt zich neutraal op. Een verdacht geluid in de nacht, vreemd gedrag van een van de spelers of (in latere rondes) misschien stemt een van de burgers steeds op dezelfde wijze: dit zijn allemaal aanwijzingen die ertoe kunnen leiden dat men iemand ervan verdenkt dat hij een mug is. Gedurende deze fase is het belangrijk om te begrijpen dat spelers soms verschillende doelen hebben. Iedereen kan zich anders voordoen. De muggen proberen natuurlijk te voorkomen dat ze ontdekt worden. De speurneus en de arts-onderzoeker hebben meer informatie, maar het is niet slim om dat te zeggen. Waarschijnlijk liggen ze er dan de volgende ronde uit...

Let op: de discussie komt vaak pas wat later op gang. Na een paar stemrondes is er meer om over te discussiëren.

4. Het dorp stemt: De spelers mogen samen een speler uitschakelen van wie zij denken dat hij een mug is. Als de verteller tot drie heeft geteld, wijst elke speler met een vinger naar de speler die hij verdenkt. De meeste stemmen gelden: deze speler ligt uit het spel (ook als hij geen mug is!) en moet zijn karakterkaart laten zien. Hij mag tot het einde van het spel met niemand communiceren.



Leraren op de Winterschool bespreken wie zij ervan verdenken mug te zijn



Leerlingen van de Wegwijzer wijzen naar wie zij verdenken

5. **Het dorp slaapt:** De verteller zegt: “Het is nacht, iedereen gaat slapen.” De spelers sluiten wederom hun ogen. De spelers die uit het spel zijn moeten stil blijven, vooral als ze erachter komen wie de muggen zijn. Het spel herhaalt zich vanaf stap 1.

Het winnen: Zo moeten de muggen dus alle burgers zien te besmetten zonder zelf ontdekt te worden en uit het spel gestemd te worden. De burgers moeten proberen zo snel mogelijk de stille malaria te genezen (arts-onderzoeker) en vooral: alle muggen uit het spel te stemmen. Het spel eindigt wanneer:

1. alle burgers uitgeschakeld zijn: dan hebben de muggen gewonnen;
2. alle muggen uitgeschakeld zijn: dan hebben de burgers gewonnen;
3. alle malaria is verdwenen: alle stille malaria is door de arts-onderzoeker genezen en alle besmette muggen zijn uitgeschakeld. Ook dan hebben de burgers gewonnen.

Afronding

Het spel wordt afgerond met een klassengesprek: Wat hebben we gezien? Wie waren de muggen, wie had stille malaria en hoe werd dit verspreid? Hoe werkt dit nu in de praktijk?

Verbinding met het thema

Leerlingen krijgen door een spel een goed beeld van de complexiteit van malariabestrijding. Als muggen eenmaal besmet zijn, kunnen zij de malariaparasiet aan veel mensen doorgeven. Stille malaria is hierbij enorm belangrijk. Veel muggen lopen malaria op door een ‘nietsvermoedende burger’ die wel besmet is, maar dit helemaal niet merkt. Als je snel bent en je kunt voorkomen dat muggen besmet raken, is de strijd gemakkelijker te winnen, dan wanneer je moet opboksen tegen een groot aantal besmette muggen. Het is dus belangrijk om de mensen van stille malaria te genezen. Bedenk bovendien dat in een gemiddeld Afrikaans dorp er minstens honderd maal zoveel muggen zijn als mensen.

Tips

- Lees je van tevoren goed in, zorg dat je het spel goed snapt (zie ook de handleiding van Weerwolven van Wakkerdam, daar is dit spel op gebaseerd).
- Het slagen van het spel hangt in grote mate af van de presentatie van de verteller: bouw spanning in, voed angst en houd de discussie levendig.
- Loop veel om de groep heen, ritsel met kaarten, zodat spelers niet doorkrijgen welke kaarten je daadwerkelijk omdraait.
- Zorg ervoor dat leerlingen geen vervelende of persoonlijke opmerkingen of verwensingen naar elkaar gaan maken. Het blijft tenslotte een spel.
- Het kan handig zijn om de eerste paar keer te oefenen met een versimpelde versie van het spel: zonder speurneus en arts-onderzoeker. Dan zijn er alleen malariamuggen, burgers met stille malaria en gewone burgers in het spel.



Stap 3. Opzetten onderzoek

STAP 3A. DE ONDERZOEKSVRAAG

Hieronder staan vijf onderzoeksvragen die leerlingen van de Dolfijn Plusklassen en de Wegwijzer hebben geformuleerd en onderzocht. Waar dit voor de helderheid nodig was zijn vragen soms aangepast. Deze vragen kunnen als voorbeeld dienen om een idee te krijgen van wat voor soort vragen leerlingen over dit onderwerp zouden kunnen stellen. Let er echter op dat de leerlingen niet te vroeg worden gestuurd; ze zijn prima in staat om zelf een vraag te bedenken. Onderstaande vragen zijn immers ook bedacht door leerlingen.

Per vraag is aangegeven wat de verbinding is met het onderzoek in het eerste deel van het hoofdstuk en onder welk subthema deze vallen.

- 1. Hebben verschillende mensen evenveel last van een muggenbult? (Subthema Muggen)*

Mensen ondervinden in heel verschillende mate last van een malariabesmetting. Sommige mensen merken nauwelijks dat ze ziek zijn, terwijl anderen eraan overlijden. Hoewel deze vraag niet over malaria of andere infectieziekten gaat, trekt ze wel de parallel met dat verschil door te onderzoeken of er ook verschil is in de mate waarin mensen last hebben van een gewone muggenbult.
- 2. Wie zijn in het afgelopen jaar meer ziek geweest, ouderen uit het verzorgingstehuis of kinderen bij ons op school? (Subthema Verspreiding van infectieziekten)*

Indirect is dit een vraag naar de vatbaarheid voor ziekten van ouderen en kinderen. De wetenschap welke (leeftijds)groepen bijzonder vatbaar zijn voor malaria heeft bijgedragen aan het onderzoek naar manieren om malariabesmettingen te voorkomen, zoals in de vorige paragraaf is beschreven. Met deze vraag haken de leerlingen in op dit onderdeel van het onderzoek.
- 3. Hoe lang kan een mug blijven leven nadat hij iemand heeft gestoken (zonder weer iemand te steken)? (Subthema's Bestrijding van infectieziekten, Muggen)*

Onderdeel van het onderzoek naar malaria en manieren om malariabesmetting te voorkomen is ook het in kaart brengen van de levensloop en voorkeuren van de malariamug. De leerlingen haken met deze vraag in op dit onderdeel van het onderzoek door zelf onderzoek te doen naar factoren die de levensloop van een mug beïnvloeden.
- 4. Wanneer blijven meer bacteriën achter op een vieze poetsdoek: nadat je hem op 30, 60 of 90 graden gewassen hebt? (Subthema Bestrijding van infectieziekten)*

Een deel van de hierboven beschreven activiteiten gaat over infectieziekten in het algemeen. Deze vraag onderzoekt de mogelijkheid om microben en de bijbehorende ziekten te voorkomen door poetsdoeken op bepaalde temperaturen te wassen.
- 5. Hoe vaak raken kinderen elkaar aan op het schoolplein? (Subthema Verspreiding van infectieziekten)*

Deze vraag onderzoekt hoe gemakkelijk een ziekte zich potentieel door aanraking kan verspreiden op een schoolplein. Deze vraag haakt in op onderzoek naar infectieziekten door gedragspatronen van kinderen die besmetting vergemakkelijken te onderzoeken.



Een leerling van de Dolfijnklassen observeert en turt vanaf de rand van het schoolplein hoe vaak de spelende kinderen elkaar aanraken

STAP 3B. HET ONDERZOEKSPLAN

Op de volgende pagina staat een voorbeeld van een onderzoeksplan dat leerlingen hebben uitgewerkt. Online staan uitgewerkte onderzoeksplannen van alle hierbovenstaande vragen [🔗](#).

ONDERZOEKSPLAN VAN: Olivier, Jayden, Alyssa en Sofia

1. Wat is onze onderzoeksvraag?

Hebben verschillende mensen evenveel last van een muggenbult?

2. Wat is volgens ons het antwoord op de onderzoeksvraag? En waarom denken we dat?

[Dit noemen onderzoekers een 'hypothese']

We denken dat verschillende mensen verschillend last hebben van een muggenbult, omdat verschillende mensen ook pijn op een andere manier voelen.

3. Hoe gaan we dit onderzoeken?

[Denk aan: Wie of wat gaan we onderzoeken, op welke manier gaan we meten en hoe vaak of bij hoeveel mensen moeten we het onderzoek doen om echt antwoord te krijgen op de vraag]

We vragen verschillende kinderen op onze school of ze een muggenbult hebben. Als ze een muggenbult hebben, laten we ze een vragenlijst invullen over de muggenbult. We vragen hoe lang ze de muggenbult al hebben en of ze met een cijfer tussen 1 en 10 kunnen aangeven hoeveel last ze ervan hebben. Een hoger cijfer betekent meer last. We stoppen als we vijftien ingevulde vragenlijsten hebben verzameld.

4. Wat moet in het onderzoek hetzelfde blijven en wat verandert (eerlijk onderzoek)?

Hetzelfde: De vragenlijst, de instructie aan de proefpersonen

Anders: De proefpersonen

5. Hoe schrijven we de resultaten op tijdens het uitvoeren van het onderzoek?

[Antwoorden kort opschrijven, in een tabel opschrijven, streepjes zetten, ...]

We schrijven de antwoorden op in een tabel. In die tabel maken we een kolom met hoe lang de proefpersoon de muggenbult al heeft en een kolom met het cijfer dat hij aan de last van zijn muggenbult heeft gegeven.

6. Welke hulp en materialen hebben we nodig? Hebben we van iemand toestemming nodig?

- Vragenlijst
- Pen en papier

Toestemming nodig van: De leraren van andere klassen

**7. Schrijf hieronder in stappen op wanneer jullie wat gaan doen.
Schrijf er ook bij wie het gaat doen.**

Taak	Wie?	Wanneer?	Waar?
Vragenlijst maken	Alyssa	Donderdag 2 maart	Op school
Tabel voor antwoorden maken	Jayden	Donderdag 2 maart	Op school
Toestemming vragen aan de leraren van andere klassen	Sofia	Vrijdag 3 maart	Op school
Vijftien kinderen uitzoeken met een muggenbult	Allemaal	Maandag 6 t/m woensdag 8 maart	Op het schoolplein
Vragenlijst afnemen bij de proefpersonen	Olivier en Sofia	Maandag 6 t/m woensdag 8 maart	In een rustige ruimte op school
Antwoorden opschrijven in de tabel	Jayden en Alyssa	Maandag 6 t/m woensdag 8 maart	Op school

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Het WKRU is in 2009 opgericht als eerste Wetenschapsknooppunt van Nederland. Het WKRU heeft als missie de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en (aankomend) leraren te bevorderen. Om dit te bereiken organiseert het WKRU diverse activiteiten waarbij een verbinding wordt gelegd tussen onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc; studenten, docenten en onderzoekers van de Faculteit Educatie, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen; en het basisonderwijs.

Expertise

De expertise van het WKRU ligt op het gebied van onderzoekend leren: een didactiek die een onderzoekende houding stimuleert. In de afgelopen jaren heeft het WKRU diverse materialen en hulpmiddelen ontwikkeld die leraren kunnen inzetten in hun klas. Deze materialen zijn gratis beschikbaar via www.wkru.nl en www.wetenschapdeklasin.nl. De kennis en ervaring van het WKRU op het gebied van onderzoekend leren blijft zich continu ontwikkelen. Dit gebeurt op basis van inzichten uit de literatuur, ervaringen in de klas, eigen onderzoek en uitwisseling met collega-onderzoekers in het vakgebied. Naast deze boekenreeks publiceert het WKRU ook regelmatig in vaktijdschriften en wetenschappelijke tijdschriften. Een overzicht van alle artikelen van het WKRU is te vinden op onze websites.

Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor (aankomend) leraren, scholen en onderzoekers. Elk jaar ontwikkelen drie projectteams van onderzoekers, leraren en pabo-studenten een project onderzoekend leren op basis van actueel wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar worden studiemiddagen, cursussen en coaching aangeboden op het gebied van onderzoekend leren. Bij het project 'Onderzoeker in de klas' bereiden we onderzoekers voor op een bezoek aan een basisschoolklas. Meer activiteiten van het WKRU zijn te vinden op de hoofdwedite van het WKRU.

Sponsors

Het werk van het WKRU wordt mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van de Radboud Universiteit en het Radboudumc, de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen en de Faculteit Educatie van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl

 @wkru1

 <http://Inked.in/WKRU1>

Overzicht van de boeken

Tot nu toe zijn er 21 projecten met een wetenschappelijk thema ontwikkeld voor in de klas:

Boek 1: Angst, Grafeen en Denkbeelden over het begin (2012)

Boek 2: DNA, Gedrag en Infecties onder de loep (2013)

Boek 3: Waarnemen en bewegen, Onder invloed en Gevaarlijke ideeën (2014)

Boek 4: Higgsdeeltje, Netwerken in het brein en Wonderkind (2015)

Boek 5: Typisch Nederlands, Elkaar begrijpen en Het oog (2016)

Boek 6: Molecuulbotsingen, Stress en Taal der zintuigen (2017)

Boek 7: Malaria, Jheronimus Bosch en Geheugen (2018)

Vier van deze thema's zijn gebundeld in een **Engelse uitgave:**

Scientific breakthroughs in the classroom: Language of the senses, DNA, Understanding each other & Higgs boson (2017)

Aan de boekenreeks is een website gekoppeld, www.wetenschapdeklasin.nl, waar per project diverse materialen, werkbladen en filmpjes te vinden zijn. Daarnaast is de leidraad onderzoekend leren uit het meest recente boek online beschikbaar. Met uitzondering van het laatste boek staan tevens alle thematische hoofdstukken in digitale vorm op deze website.

Over de boekenreeks

De boekenreeks Wetenschappelijke doorbraken de klas in! is een initiatief van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Met deze boeken wil het WKRU (aankomend) leraren en leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs kennis laten maken met toponderzoek van de Radboud Universiteit. Het gaat daarbij om wetenschap in de volle breedte, dus alfa-, bèta- en gamma-onderzoek. De boeken zijn bedoeld om ideeën te geven hoe leraren, volgens de didactiek van onderzoekend leren, met wetenschappelijke thema's aan de slag kunnen in de klas. De boeken geven houvast bij het vormgeven van een project en kunnen een bron van inspiratie zijn voor leraren die wetenschap de klas in willen brengen.

Hoe komen de projecten tot stand?

De Radboud Universiteit reikt elk jaar een prijs uit aan drie topwetenschappers die in het afgelopen jaar een belangrijke doorbraak hebben gehad in hun onderzoeksgebied. Deze prijs, de Radboud Science Award, betekent voor de winnende onderzoekers dat zij hun onderzoek mogen vertalen naar activiteiten voor de bovenbouw van het basisonderwijs. Na de uitreiking van de Radboud Science Awards aan de start van het schooljaar, wordt rond elke winnaar een projectteam gevormd. Een projectteam bestaat uit de onderzoekers en hun teams, leraren van twee basisscholen, eventuele stagiair(e)s en het WKRU.

Ieder projectteam werkt een jaar lang samen aan de ontwikkeling van een project. In januari presenteren zij de ontwikkelde activiteiten voor het eerst op de Winterschool van het WKRU. Tijdens deze professionaliseringsdag op het gebied van wetenschap en onderzoekend leren geven de winnende onderzoekers een inhoudelijke lezing en verzorgen de projectteams een workshop aan collega-leraren, pabo-docenten en pabo-studenten.

Daarna gaat het project echt de klas in en maken de leerlingen kennis met het onderwerp. De bedoeling is dat leerlingen enthousiast en nieuwsgierig worden en dat er veel vragen bij hen opkomen. Ze formuleren uiteindelijk één vraag die ze zelf gaan onderzoeken.

Aan het eind van het schooljaar beschrijven de onderzoekers de inhoudelijke achtergrond van het project. Deze wordt samen met de ervaringen en activiteiten in de klas gebundeld tot een hoofdstuk in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!*.

Naast de thematische hoofdstukken bevat elk boek een leidraad onderzoekend leren. Deze leidraad wordt elk jaar herzien aan de hand van literatuur en ervaringen in de klas. Het is daarom aan te raden altijd de leidraad uit het meest recente boek te gebruiken. Het nieuwste boek wordt elk jaar in januari gepresenteerd op de Winterschool.

Foto- en illustratieverantwoording

Veel van de foto's en een aantal illustraties in dit boek vallen niet onder de Creative Commons Licentie, hetzij omdat ze onder het copyright van derden vallen, hetzij omdat er kinderen op staan, waardoor geen toestemming voor hergebruik kan worden gegeven. Hieronder volgt een lijst met de foto's en illustraties in dit boek, met bijbehorende licentievorm.

Foto's met kinderen zijn hieronder niet apart vermeld, deze vallen alle onder het copyright van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit © WKRU 2018. Deze foto's mogen wel worden gebruikt in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

Foto's op de volgende pagina's zijn gemaakt door Jimmy Israel. Deze foto's zijn eigendom van het WKRU: p.8, 14, 22, 27, 32, 34, 40, 45, 48, 49, 68, 72, 75, 95, 113, 115, 122, 125, 147, 158, 161 en 187.

Hoofdstuk 2: Leidraad onderzoekend leren

- De stappen van onderzoekend leren, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 26
- Voorkant 7 x nieuwsgierig, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 36
- Het vragenmachientje, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 47

Hoofdstuk 3: Malaria

- Ouders wachten bij een malariakliniek, CC BY 2.5. Verkregen van Alibu et al. (2003). 74
- Teun Bousema, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 75
- Een stekende malariamug, foto Jim Gathany, publiek domein 76
- De cyclus van malariabesmetting, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema en Sophie van Kempen 77
- Een malariaparasiet heeft vele vormen, CC BY 2.5. Verkregen van Frevert et al. (2005). 78
- Laborante neemt bloed af voor onderzoek, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema 79
- Laborant aan het werk in Burkina Faso, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema 80
- Mug drinkt bloed uit muggenvoeder, © Fabien Beilhe 81
- Een mug wordt opengesneden, © ZorginBeeld/Frank Muller 81
- Teun Bousema met zijn team, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema 82
- Malariamuggen met hun eitjes, © ZorginBeeld/Frank Muller 83
- Meisje verkoopt medicijnen op de markt, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema 84
- Poster die aanspoort muggen te verdelgen, publiek domein 85
- Basaal reproductiegetal, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema en Sophie van Kempen 87
- Angolese kinderen bij klamboe, publiek domein 90
- Grafieken, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 107, 109
- Karakterkaarten activiteit malariamuggen, publiek domein, met uitzondering van: 111
 - Burger, CC BY 2.0 Dylan Walters
 - Arts-onderzoeker, CC BY-SA 4.0 Teun Bousema

Hoofdstuk 4: Jheronimus Bosch

- Portret Jheronimus Bosch door Cornelis Cort, publiek domein 124
- Handtekening, uitsnede uit Jheronimus Bosch, *Aanbidding der Koningen*, publiek domein 124
- Jos Koldewey, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 125
- Jheronimus Bosch, *Laatste Oordeel*, publiek domein 125
- Jheronimus Bosch, *Tuin der lusten*, uitsneden, publiek domein 126
- Jheronimus Bosch, *Verzoeking van de heilige Antonius*, uitsneden, publiek domein 126
- Fragment "Jheronimus van Aken, alias Bosch...", publiek domein 127
- Het team van het Bosch Research and Conservation Project verricht onderzoek, © BRCP 128
- Jheronimus Bosch, *Heilige Johannes de Doper*, uitsnede, © BRCP 129

• Schematisch overzicht van de gelaagde structuur van een schilderij, © BRCP	129
• Jheronimus Bosch, <i>De dood en de vrek</i> , uitsnede, in infraroodfotografie, © BRCP	131
• Jheronimus Bosch, <i>De dood en de vrek</i> , uitsnede, in zichtbaar licht, publiek domein	131
• Jheronimus Bosch, <i>Landloper</i> , publiek domein	132
• Jheronimus Bosch, <i>Hooiwagen</i> , buitenzijde, publiek domein	133
• Uilen door Jheronimus Bosch in de database van het BRCP, © BRCP	135
• Anoniem, <i>De Markt in 's Hertogenbosch</i> , publiek domein	137
• Jheronimus Bosch, <i>Aanbidding der Koningen</i> , linkerluik, publiek domein	138
• Jheronimus Bosch, <i>Tuin der lusten</i> , buitenzijde, publiek domein	139
• Jheronimus Bosch, <i>Tuin der lusten</i> , binnenzijde, publiek domein	140-141
• Jheronimus Bosch, <i>Hellelandschap</i> , publiek domein	142
• Jheronimus Bosch, <i>Visioenen van het hiernamaals</i> , publiek domein	143
• Schilderij met ondertekening leerling Haafakkers, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	155
• Thé Tjong-Khing, illustratie uit het boek <i>Bosch, Het vreemde verhaal van Jeroen, zijn pet, zijn rugzak en de bal...</i> , © 2015 Thé Tjong-Khing	157

Hoofdstuk 5: Geheugen

• Plaatscel, © 2012 Sage Publications. Verkregen van Doeller et al. (2012), Figuur 1.	170
• Christian Doeller, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	171
• Rastercel, © 2012 Sage Publications. Verkregen van Doeller et al. (2012), Figuur 1.	171
• Hippocampus en entorinale schors, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	172
– Omtrek hoofd, publiek domein	
– Brain human sagittal section, CC BY 2.5 Patrick J. Lynch	
• Virtuele stad, CC BY-NC-SA 4.0 Christian Doeller, afbeelding gemaakt met Unreal® Engine 2013. Unreal® is een beeldmerk of geregistreerd beeldmerk van Epic Games, Inc. in de Verenigde Staten en daarbuiten. Unreal® Engine, Copyright 1998-2017, Epic Games, Inc. All rights reserved.	173
• Aha-moment, CC BY-SA 4.0 Branka Milivojevic, samengesteld uit:	174
– Omtrek hoofd, publiek domein	
– The Autobiographical-Memory Network, © 2015 Elsevier Ltd. Verkregen van Milivojevic et al. (2015), Figuur 6.	
– Sims puzzelstukjes, gemaakt in spel <i>The Sims</i> , © EA Inc.	
• Grove en fijne resolutie herinneringen, CC BY-SA 4.0 Silvy Collin	176
– Sims afbeeldingen, gemaakt in spel <i>The Sims</i> , © EA Inc.	
• Sims afbeeldingen, gemaakt in spel <i>The Sims</i> , © EA Inc.	178
• Hersenplaatje, © 2015 Elsevier Ltd. Verkregen van Milivojevic et al. (2015).	179
• MRI-scanner, © Dick van Aalst	181

Referenties:

- Alibu, V.P. & Egwang, T.G. (2003). Genomics Research and Malaria Control: Great Expectations. *PLoS Biology*, 1(2): e39.
- Doeller, C.F., Barry, C. & Burgess, N. (2012). From Cells to Systems: Grids and Boundaries in Spatial Memory. *The Neuroscientist*, 18, 6, p.556-566.
- Frevert U, Engelmann S, Zougbedé S, Stange J, Ng B, Matuschewski K, et al. (2005). Intravital Observation of Plasmodium berghei Sporozoite Infection of the Liver. *PLoS Biology*, 3(6): e192.
- Milivojevic, B., Vincente-Grabovetsky, A. & Doeller, C.F. (2015). Insight Reconfigures Hippocampal-Prefrontal Memories. *Current Biology*, 25(7), p.821-830.

De uitgever heeft uiterste zorgvuldigheid betracht in het achterhalen van de auteursrechten van het illustratiemateriaal in deze uitgave. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op illustratiemateriaal in deze uitgave, dan verzoeken wij u om contact op te nemen met de uitgever.

Sponsoren

Radboud Universiteit



KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

Radboudumc

Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen



platform
Bèta Techniek