

Narrativiteit in educatieve teksten

Een corpusonderzoek naar het voorkomen van narratieve elementen in biologieboeken

Naam: Bjorn Schouten (5532728)
Studie: Taal- en Cultuurstudies
Begeleider: Nina Sangers
Tweede
Beoordelaar: Karin Fikkers
Datum: 17-2-2020

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1.1 Introductie	4
2.1 Theoretisch Kader	5
3.1 Methode – Onderzoeksubjecten	8
3.2 Methode – Procedure	9
3.3 Methode – Data-analyse	11
3.4 Methode - Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid	11
Resultaten	12
4.1 Conclusie/Discussie.....	15
5.1 Literatuur	17
Bijlage A - Corpus	18

Samenvatting

Wanneer educatieve teksten duidelijk zijn en de aandacht vasthouden, kunnen ze helpen bij het verbeteren van de leer- en leesprestaties van leerlingen. Een manier om de aandacht beter vast te houden is door een tekst concreter te maken door ze levendiger te maken. Dat kan bijvoorbeeld door er zogeheten narratieve elementen aan toe te voegen. Dit zijn drie soorten elementen die als volgt zijn gedefinieerd in dit onderzoek: specifieke gebeurtenissen, specifieke personages en de innerlijke wereld van personages. Op dit moment is er nog weinig onderzoek gedaan naar het voorkomen van narratieve elementen in educatieve teksten, daarom probeert dit onderzoek daar een eerste stap mee te zetten. De hoeveelheid narratieve elementen in middelbare onderwijsboeken zou invloed kunnen hebben op de leer- en leesprestaties van leerlingen. De verwachting is dat er bij het vwo een hoger abstractieniveau van de tekst is dan bij het vmbo. Narratieve elementen maken een tekst concreter, dus het toevoegen van meer narratieve elementen verlaagt het abstractieniveau van een tekst. Dit eindwerkstuk zal proberen te beantwoorden of er in de educatieve teksten voor het vmbo meer gebruik wordt gemaakt van narratieve elementen dan in educatieve teksten voor het vwo. De bevindingen uit de literatuur monden uit in de volgende onderzoeksvraag: In hoeverre is er een verschil in narratieve elementen in biologieteksten voor 2-vmbo-t en 2-vwo? Voor dit onderzoek is een corpusanalyse uitgevoerd bij 73 teksten uit *Nectar 5^{de} editie* van zowel 2-vmbo-t (n=33) als 2-vwo (n=40) om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Tijdens de analyse zijn er geen verschillen gevonden in aantal narratieve elementen tussen de verschillende niveaus. Voor deze steekproef is er dus geen verschil gevonden tussen 2-vmbo-t en 2-vwo. Dit suggereert dat de auteurs geen onderscheid maken tussen niveaus op het gebied van het toevoegen van narratieve elementen. Verder is in dit onderzoek vanuit exploratief oogpunt gekeken naar verschil in aantal narratieve elementen per tekstsoort (hoofdtekst (n=38) en aanvullende tekst (n=35)). Op het gebied van tekstsoort zijn er alleen narratieve elementen gevonden in de aanvullende tekst en niet in de hoofdtekst met uitzondering van de sub-elementen *specifieke plaats* en *representant*. De auteurs lijken er dus wel bewust voor te kiezen om tekst met narratieve elementen buiten de hoofdtekst te houden en in aanvullende teksten te plaatsen.

1.1 Introductie

Leerlingen die van de basisschool overgaan naar de middelbare school krijgen te maken met zakelijkere teksten dan ze gewend waren van de basisschool. Aan de hand van een doorgaande leeslijn, waarin teksten steeds zakelijker worden naarmate ze het einde van de basisschool naderen, worden zij voorbereid op het lezen van zakelijkere en complexere teksten (Evers-Vermeul, Sangers & de Vreede, 2017). Of deze doorgaande leeslijn zich voortzet op het middelbare onderwijs is nog niet duidelijk. In Nederland worden leerlingen op de middelbare school opgedeeld op basis van opleidingsniveau (hoofdzakelijk vmbo, havo en vwo). Het voortgezet onderwijs is daarom niet voor iedere leerling hetzelfde. Dit is terug te zien in het feit dat er verschillende lesmethodes bestaan voor elk opleidingsniveau voor dezelfde vakken. Vmbo-leerlingen hebben slechtere leer- en leesprestaties dan havo/vwo-leerlingen (Hacquebord, 2007). Dit wordt veroorzaakt door het feit dat ze meer moeite hebben met teksten met een hoger abstractieniveau, maar ook omdat ze het lezen gemiddeld gezien minder lijken te waarderen. De manier waarop de huidige educatieve teksten zijn geschreven kan hier een grote rol bij spelen. Daarom is het nodig dat er onderzoek wordt gedaan naar de verschillen tussen educatieve teksten van verschillende opleidingsniveaus.

Voor leerlingen op ieder niveau is het van belang dat educatieve teksten duidelijk zijn en de aandacht vasthouden. Dit zorgt ervoor dat de leerling de leerstof die in de tekst staat beter begrijpt en beter kan onthouden (Romero, Paris & Brem, 2005). Door teksten levendiger te maken kun je ervoor zorgen dat zij de aandacht van de lezer beter vasthouden (Nisbett & Ross, 1980). Het is op dit moment nog niet bekend hoe vaak levendigheid wordt toegepast in educatieve teksten. Daarom moet hier meer onderzoek naar gedaan worden. Sangers, Evers-Vermeul, Sanders en Hoeken (2020) hebben twee strategieën ontdekt om levendigheid te creëren, namelijk het toevoegen van narratieve elementen aan een tekst en het toevoegen van *voice* (stem) aan een tekst. In dit onderzoek zal er specifiek worden gekeken naar hoe vaak narratieve (verhalende) elementen worden toegepast in educatieve teksten.

Auteurs van educatieve teksten kunnen narratieve elementen toepassen om zo beter de aandacht vast te houden van leerlingen door de teksten interessanter voor ze te maken (Sangers et al., 2020). Dit zou een hulpmiddel kunnen zijn om de begrijpelijkheid en de waardering van educatieve teksten te verhogen bij leerlingen. Met name vmbo-leerlingen hebben mogelijk baat bij de aanwezigheid van narratieve elementen in hun onderwijsboeken. Er is echter nog niet genoeg onderzoek gedaan naar de effecten van narratieve elementen om zeker te zijn van de gevolgen ervan. Voordat de effecten kunnen worden onderzocht is het van belang de huidige stand van zaken te onderzoeken: Er is nog te weinig onderzoek gedaan naar hoe vaak narratieve elementen voorkomen in onderwijsboeken. Zo is het bijvoorbeeld nog niet bekend of er een verschil is in het voorkomen van narratieve elementen binnen verschillende niveaus op de middelbare school. Dit is een belangrijke eerste stap in dit onderzoeksgebied. Bovendien zou dit onderzoek de theorie over de doorgaande leeslijn op de middelbare school kunnen uitbreiden (Evers-Vermeul et al., 2017). Zo kan er worden gecontroleerd of er een verschil per opleidingsniveau op het gebied van zakelijkheid en complexiteit bestaat. Daarom zal ik met dit eindwerkstuk eerst onderzoeken of er verschil bestaat tussen het vmbo en het vwo in het voorkomen van narratieve elementen bij educatieve teksten van het vak biologie.

In dit onderzoek zal ik eerst uiteenzetten wat er op dit moment bekend is over levendigheid en narrativiteit. Vervolgens zal ik specifiek kijken naar inzichten uit de wetenschappelijke literatuur over narratieve elementen in educatieve teksten. Op deze manier kan er een lijst van definities van deze elementen ontstaan om te gebruiken bij een corpusonderzoek. Vervolgens zal ik een corpusonderzoek uitvoeren bij biologieboeken uit de tweede klas van vmbo en vwo om te kijken of er een verschil is in het voorkomen van narratieve elementen op het gebied van opleidingsniveau.

2.1 Theoretisch Kader

Een tekst wordt volgens Nisbett en Ross (1980) beschouwd als levendig wanneer één of meerdere van de volgende drie dimensies erin voorkomen: (1) De tekst kan emotioneel interessant worden voor de lezer door de gebeurtenissen of personages die beschreven worden. Wanneer er in een tekst iets gebeurt met een personage waar de lezer al emoties aan heeft gekoppeld, wordt de tekst over het algemeen interessanter gevonden. (2) Een tekst kan concreter worden gemaakt wanneer er meer details over de gebeurtenissen, personages en hun situationele context worden toegevoegd. Dit stelt de lezer in staat om zich een beeld te vormen van wat beschreven wordt en maakt de tekst daarom levendiger. (3) Wanneer een tekst een gevoel van nabijheid in sensorisch (zintuigelijk), temporele of ruimtelijke zin bij de lezer creëert neemt de levendigheid toe. Nabijheid betekent in deze context de verkleining van afstand tussen de lezer en de educatieve inhoud (Sangers et al., 2020). Dit kan bijvoorbeeld de lezer het gevoel geven dat hij te maken heeft met een verhaal dat betrekking heeft op de eigen omgeving. Zoals eerder vermeld wordt in dit onderzoek gekeken naar één van de strategieën die Sangers et al. (2020) hebben ontdekt om levendigheid te creëren in een tekst, namelijk het toevoegen van narratieve elementen. Eerst moet er uitgelegd worden wat narrativiteit in het algemeen betekent.

Een geschikte definitie vormen van narrativiteit is niet gemakkelijk, omdat er veel verschillende definities bestaan van narrativiteit. Genette (1982) beschrijft een narratief als een representatie van een gebeurtenis of een reeks gebeurtenissen. Onega en Landa (1996) voegen daaraan toe dat bij een reeks gebeurtenissen er sprake moet zijn van een verbinding op temporele (tijdelijke) of causale (oorzakelijke) wijze om een betekenisvol narratief van slechts een reeks gebeurtenissen te onderscheiden. Later kwam Toolan (2001) met een definitie die voor een groot deel overeenkomt met de voorgaande definities.

A narrative is a perceived sequence of non-randomly connected events, typically involving, as the experiencing agonist, humans or quasi-humans, or other sentient beings, from whose experience we humans can 'learn'.
(Toolan, 2001, p. 8)

Wat uniek is aan de definitie van Toolan ten opzichte van de hiervoor genoemde definities, is dat deze gebeurtenissen vaak mensen, mensachtigen of wezens met denkvermogen die dingen ervaren bevatten.

De definitie van Toolan (2001) zal ik vanaf dit punt aanhouden omdat deze grotendeels overeenkomt met voorgaande definities (Genette, 1982; Onega & Landa, 1996) maar ook personages betreft als belangrijk onderdeel. Het betrekken van personages is belangrijk voor het concept van levendigheid zoals Nisbett en Ross (1980) dit beschrijven, omdat emotionele interesse van de lezer kan worden opgewekt bij de personages en de beschrijving van deze personages maakt een tekst concreter.

Sangers et al. (2020) formuleren op basis van de narratologische literatuur drie hoofdelementen. Het eerste element is het voorkomen van specifieke gebeurtenissen in een tekst. Een gebeurtenis wordt als specifiek beschouwd wanneer het een eenmalig verschijnsel is en niet als een algemeen verschijnsel, of een gewoonte wordt beschreven. Plaats- en tijdsindicaties kunnen gebruikt worden om gebeurtenissen specifiek te maken, maar de expliciete vermelding daarvan is niet altijd vereist om van een specifieke gebeurtenis te kunnen spreken. Dit narratieve element sluit aan op de definitie van Toolan (2001) waarin *events* een kenmerk zijn van narrativiteit. Het tweede element is de aanwezigheid van specifieke personages in de tekst. Een specifiek personage is een individu die gebeurtenissen kan ondergaan in een tekst. In sommige gevallen heeft een specifiek personage een naam, maar dat hoeft niet. Specifieke personages komen ook terug in de definitie van narrativiteit van Toolan (2001). Tenslotte is het derde element het landschap van bewustzijn (Bruner, 1986). Dit gaat over "de innerlijke wereld" van ervarende personages of groepen uit de tekst. Er is sprake van het element innerlijke wereld als er in de tekst beschrijvingen staan over dingen als gevoelens, intenties en doelen van de personages uit de tekst. Dit narratieve element sluit aan op de

definitie van narrativiteit van Toolan (2001) bij het *experiencing* aspect van de personages. In fragment 1 zijn voorbeelden van de drie de elementen te vinden in een fragment uit een geschiedenisboek.

- (1.) Legerleider Mauritius kan niet slapen. Morgen vertrekt hij met zijn troepen naar Gallië om daar een opstand neer te slaan. Dat vindt Mauritius een prima plan. Er moet immers rust en orde zijn in het rijk!
(*Wijzer! Geschiedenis*, p. 43)

Het bovenstaande fragment bevat verschillende narratieve elementen. “Morgen” geeft een specifieke tijdsindicatie aan en “Gallië” een specifieke plaats. De specifieke gebeurtenis is de opstand die morgen neergeslagen zal worden in Gallië. “Mauritius” is in deze tekst een specifiek personage met een naam. Zijn landschap van bewustzijn is expliciet beschreven met “Er moet immers rust en orde zijn in het rijk!”. Dit laat zien wat Mauritius vindt en wat zijn doel is. Uit alle beschikbare vakken uit Nederlandse educatieve tekstboeken lijken narratieve elementen het meeste voor te komen in geschiedenisboeken (Sangers et al., 2020). Dit onderzoek richt zich echter op biologieboeken. Een voorbeeld van een stuk tekst uit een biologieboek met alle narratieve elementen is te vinden in fragment 2.

- (2.) Isa en haar ouders gaan in de zomervakantie naar Brazilië. Drie weken lang zullen ze daar rondtrekken door het tropisch regenwoud. Isa wil graag van alles weten over het regenwoud voordat ze op reis gaat.
(*Nectar*, 2-vmbo, p. 158)

In het bovenstaande fragment zit een specifieke plaats “Brazilië” en een specifieke tijd “in de zomervakantie”. De specifieke gebeurtenis in tekst 1 is de rondtrektocht die de personages uit de tekst gaan maken in de zomervakantie in Brazilië. In het voorbeeld zijn ook specifieke personages te vinden, namelijk Isa en haar ouders. Tenslotte is de innerlijke wereld van het personage Isa ook weergegeven door het gedeelte “Isa wil graag van alles weten over het regenwoud..”. Dit geeft de lezer inzicht over haar intenties. In de methodesectie zullen verdere sub-elementen verder worden uitgelegd.

Nu de definities van narratieve elementen binnen educatieve context besproken zijn, zal ik nu kort een blik werpen op wat er al aan onderzoek gedaan is over de effecten van narratieve elementen op leer- en leesprestaties. Romero et al. (2005) vonden verbeterde begrips- en geheugenprestaties bij lezers van teksten waar meer narratieve elementen in stonden. Dit onderzoek suggereert dat narratieve elementen nuttig zouden kunnen zijn voor teksten die onthouden moeten worden, zoals educatieve teksten. Daarentegen vond Land (2009) dat er geen verbeterd begrip optrad bij lezers van educatieve teksten met narratieve elementen ten opzichte van teksten zonder narratieve elementen. Een mogelijke verklaring die Land (2009) daarvoor geeft is dat de leerlingen in haar onderzoek normaal gesproken alleen narratieve teksten lezen voor hun plezier. Dit zorgt voor de verkeerde verwachtingen bij de educatieve tekst, waardoor de leerlingen minder goed proberen de inhoud te onthouden, omdat ze denken dat de tekst is bedoeld om hen te vermaken. Bovendien kan de toevoeging van teveel narratieve elementen de geheugenprestaties verslechteren (Garner, Gillingham, & White, 1989). Verder hebben Cervetti, Bravo, Hiebert, Pearson en Jaynes (2009) een niet-menselijk personage, namelijk een steen met denkvermogen genaamd Sandy, gebruikt om erosie uit te leggen. Zij vonden bij deze tekst slechte geheugenprestaties. Daarentegen hadden Romero et al. (2005) een menselijk personage genaamd Sharon gebruikt om te vertellen over reddingsacties bij dieren na een olie lekkage en zij vonden verbeterde geheugenprestaties. De bevindingen zijn dus niet eenduidig over de leerprestaties van lezers van teksten met narratieve elementen. Sangers et al. (2020) suggereren dat het verschil kan liggen aan de operationalisering van de narratieve elementen bij de verschillende onderzoeken.

Nu resteert het mij nog om mijn verwachting te schetsen over het huidige voorkomen van narratieve elementen in educatieve teksten. Evers-Vermeul et al. (2017) vonden weinig verschil in aanwezigheid van narratieve elementen van educatieve teksten voor groep 5-6 en groep 7-8. In het onderzoek bekeken zij de educatieve teksten die gaan over specifieke informatie buiten de standaard lesmethodes, de zogeheten zaakvakteksten, die de leerlingen moesten gebruiken in alledaagse

schoolpraktijken. Zij ontdekten dat uitgevers hun lesmethodes zakelijker en abstracter maakten naarmate de leerlingen in hogere groepen kwamen. Deze toename van zakelijkheid en abstractie is een indicatie voor een doorgaande leeslijn. Deze doorgaande leeslijn is ter ondersteuning van de overgang naar zakelijkere informatieve teksten die gelezen moeten worden in de middelbare school. De groei van een leerling gaat echter door op de middelbare school en dus neemt de complexiteit en zakelijkheid van teksten ook verder toe. Dan stuiten we wederom op een gebrek aan kennis over wat de huidige stand van zaken is wat betreft de mate van abstractie van educatieve teksten op de middelbare school. We weten van Nisbett en Ross (1980) dat narratieve elementen een tekst levendiger en concreter maken. Omdat de tekst concreter wordt, neemt het abstractieniveau af. Daarom kan onderzoek naar het voorkomen van narratieve elementen in educatieve teksten op de middelbare school inzicht brengen over een verdere doorgaande leeslijn. Met name de vergelijking van vmbo en vwo is belangrijk om te maken, omdat hogere opleidingsniveaus ook hogere abstractie suggereren. Dit roept de vraag op of dit zich ook zal uiten op het gebied van narrativiteit. De verwachting is dat er meer narratieve elementen in vmbo-teksten zullen voorkomen dan bij vwo-teksten, omdat er een minder hoog abstractieniveau wordt verwacht bij vmbo dan bij vwo. Aangezien in de brugklas vaak havo en vwo samengevoegd zijn is het gemakkelijker om twee uitersten qua opleidingsniveau te vinden in de tweede klas. Daarom mondt deze probleemstelling uit in de vraag:

In hoeverre zijn er meer narratieve elementen in biologieteksten voor 2-vmbo-t dan voor 2-vwo?

3.1 Methode – Onderzoeksobjecten

Voor dit onderzoek zijn teksten uit de lesmethode *Nectar 5^{de} editie* van Noordhoff Uitgevers als corpus gebruikt (zie Bijlage A). Uit de versies voor het vmbo (n=33) en het vwo (n=40) zijn teksten uit een thematisch vergelijkbaar hoofdstuk geselecteerd. De keuze om alleen biologieboeken te gebruiken is gedaan om binnen de beperkte tijd die beschikbaar is voor dit onderzoek een zo groot mogelijke steekproef te verzamelen. Biologie lijkt een geschikte middenweg tussen alle mogelijke vakken die worden gegeven op de middelbare school. Biologie zit niet vanzelfsprekend vol met verhalen, maar is ook niet te exact en abstract om met moeite een narratief rondom de inhoud te kunnen bedenken. De reden voor deze keuze is omdat ik wil vermijden dat ik een vak kies waarbij mogelijk een plafond-effect ontstaat doordat het vak te vol zit met narratieve elementen waardoor nuanceverschillen veroorzaakt door opleidingsniveau niet zichtbaar zijn. Hetzelfde geldt voor vakken waarin mogelijk te weinig narratieve elementen van nature voorkomen en daarom ook geen nuanceverschillen aantonen die door opleidingsniveau zouden zijn veroorzaakt. Sangers et al. (in druk) vonden al dat er narratieve elementen in biologieboeken voor groep 7 voorkomen. Er is voor vmbo-t gekozen omdat de theoretische leerweg minder praktijkgericht is dan de andere vmbo-niveaus. De teksten van vmbo-t zijn waarschijnlijk uitgebreider dan die van de minder theoretische vmbo-niveaus. Zo is geprobeerd de tekstgerichtheid van de vmbo-lesmethode gelijk te houden aan de tekstgerichtheid van de vwo-lesmethode. Ieder van deze twee niveaus vormt een van de uiteindes van het spectrum van de mogelijke leerwegen die een scholier kan volgen op de middelbare school. Volgens Land (2009) lopen deze niveaus ook uiteen op het gebied van leer- en leesprestaties. Dit wordt veroorzaakt doordat vmbo-leerlingen over het algemeen niet vaak lezen en het ook niet graag doen. Aan de hand van een corpusanalyse kunnen teksten voor deze niveaus worden vergeleken op het voorkomen van narratieve elementen.

Bij de selectie van de teksten is op hoofdstukniveau gestreefd naar thematische overlap, zodat mogelijke verschillen tussen de opleidingsniveaus niet veroorzaakt worden door uiteenlopende onderwerpen. In dit corpus is het hoofdstuk "Dieren en Planten" gebruikt uit beide lesmethodes. In dit hoofdstuk ging het bij beide condities over hoe dieren en planten in elkaar zitten en overleven. Deze hoofdstukken behandelden in grote lijn dezelfde onderdelen en gebruikten soms hetzelfde voorbeeld waardoor delen van de tekst exact overeenkwamen. De teksten liepen vaak uiteen qua grootte en om een consistente werkwijze aan te brengen is voor beide niveaus dezelfde vuistregel aangehouden. Een tekst moest voldoen aan de volgende criteria: De tekst moest een samenhangend geheel zijn. Dat betekent dat een tekst zich beperkt tot het overkoepelende onderwerp waar het over gaat. Een kop of titel boven een tekst is gebruikt als een indicator voor het begin van een nieuwe tekst en het einde van de voorgaande tekst. Ik heb geen minimum of maximum aantal woorden aangehouden dat vereist was om "een tekst" een tekst te mogen noemen. Wanneer een kop of titel gevolgd werd door een afbeelding of illustratie met een bijschrift en geen lopende tekst, werd deze niet meegenomen in de analyse. Maar, wanneer een afbeelding of illustratie zoveel tekst bevat dat binnen de illustratie een lopende tekst te vinden is, werd de tekst betrokken bij het corpus.

De inhoud van lesmethodes bestaat voor het grootste gedeelte uit de *hoofdtekst* (n=38).. In de hoofdtekst wordt het onderwerp van het hoofdstuk behandeld. Daarnaast zijn er ook vaak extra tekstvakken of illustraties met tekst. Vaak staan er ook anekdotes aan het begin of einde van een tekst in een afgebakend tekstvak om het onderwerp te contextualiseren. Dit onderscheid in tekst is opgemerkt tijdens het zoeken naar een geschikt corpus en heeft verder geen theoretische fundering. Deze extra tekstbronnen vallen in dit onderzoek onder de verzamelnaam *aanvullende tekst (avtekst)* (n=35) Avtekst verschilt vaak qua uiterlijk en plaatsing van de hoofdtekst De inhoud van avtekst gaat meestal over een aansluitend onderwerp van de hoofdtekst, maar is geen direct onderdeel van de hoofdtekst zelf. Omdat de intentie achter deze teksten anders lijkt te zijn, is er in dit onderzoek vanuit exploratief oogpunt ook onderscheid gemaakt tussen deze twee tekstsoorten. De twee tekstsoorten vormen samen het totale corpus en het zijn dezelfde teksten die gebruikt zijn voor de vergelijking tussen vmbo en vwo. Dit is gedaan om te bestuderen in hoeverre het voorkomen narratieve elementen binnen deze tekstsoorten verschilt.

3.2 Methode – Procedure

In dit corpusonderzoek worden de drie narratieve hoofdelementen uit Sangers et al. (2020) als uitgangspunt genomen, namelijk (1) *specifieke gebeurtenissen*, (2) *specifieke personages* en (3) *een landschap van bewustzijn*. De hoofdelementen zijn onderverdeeld in te coderen sub-elementen. Deze zijn uitgewerkt in een analyseschema. In het analyseschema zijn alle hoofd- en subelementen binair gecodeerd. Dat wil zeggen dat (per te analyseren tekstelement) de aanwezigheid van een element werd genoteerd als een '1' en de afwezigheid van een element als een '0'. De definities van deze hoofdelementen met bijbehorende sub-elementen worden in wat volgt toegelicht.

Specifieke gebeurtenissen

Een specifieke gebeurtenis is een beschreven gebeurtenis die zich op één specifiek moment en/of één specifieke plaats afspeelt of heeft afgespeeld. De toevoeging van welke tijd en plaats een bepaalde gebeurtenis heeft zal worden beschouwd als een sub-element onder specifieke gebeurtenissen, maar een specifieke gebeurtenis hoeft deze sub-elementen niet expliciet beschreven te hebben om een specifieke gebeurtenis te kunnen zijn. In fragment (1.1) is een voorbeeld te zien van een specifieke gebeurtenis.

(1.1) Isa en haar ouders gaan in de zomervakantie naar Brazilië. (Nectar, 2-3 vwo, p. 239)

In fragment (1.2) is een voorbeeld te zien waar geen specifieke gebeurtenis wordt getoond maar een terugkerend fenomeen. Dit is om het verschil te benadrukken tussen specificiteit binnen 1.1 en 1.2.

(1.2) Een egel legt een reservevoorraad vet in zijn lichaam aan door in de zomer en herfst veel te eten. De egel gaat daarna in winterslaap. Hij slaapt van de late herfst tot in het voorjaar en wordt niet meer wakker. (Nectar, 2-3 vwo, p. 228)

Een specifieke tijd gaat niet over niet een gewoonte of algemeen feit is zoals in (1.2), maar over één specifiek moment. In fragment (2) staat nog eens schuingedrukt wat de specifieke tijd is binnen de specifieke gebeurtenis van (1.1) "In de zomervakantie" zou specifiekere geformuleerd kunnen worden met bijvoorbeeld data. In veel van de teksten uit biologieboeken is echter de context van een narratief minder belangrijk dan het onderwerp dat geprobeerd wordt om te contextualiseren. Daarom wordt iets als een zomervakantie toch als specifiek gerekend omdat er verder geen voorbeelden zijn van specifiekere beschrijvingen, terwijl dit wel overeenkomt met de definitie van specifieke gebeurtenis. Bij andere vakken zoals bijvoorbeeld geschiedenis worden mogelijk veel specifiekere beschrijvingen gebruikt.

(2) Isa en haar ouders gaan in de zomervakantie *naar Brazilië*. Drie weken lang zullen ze daar rondtrekken *door het tropisch regenwoud*. (Nectar, 2-3 vwo, p. 239)

Een specifieke plaatsaanduiding maakt concreter waar de gebeurtenis zich precies afspeelt. Een specifieke plaats is één plaats en niet meerdere plaatsen tegelijk. Zoals schuingedrukt staat in fragment (2). Net zoals tijdsaanduidingen in biologieboeken lijken plaatsaanduidingen ook algemeen maar zijn bij nadere inspectie specifiek in deze context. De gebeurtenis is niet alleen een vakantie, maar een vakantie in Brazilië. En niet alleen zomaar ergens in Brazilië, maar in het tropische regenwoud. In het analyseschema is dus bij elk van de bovenstaande definities een '1' genoteerd wanneer deze aanwezig waren in een tekst.

Specifieke personages

Een specifiek personage is een individu dat iets doet of ondergaat in de tekst. Dit personage kan een mens zijn, maar het kan ook een mensachtige zijn (Toolan, 2001). Namen zijn vaak duidelijke indicatoren dat er een personage is het spel is, alhoewel niet iedere verschijning van een naam ook een handelend personage aanduidt. Tegelijkertijd is het zo dat niet elk personage een naam hoeft te hebben. Namen worden daarom als apart sub-element beschouwd. Wanneer er geen specifiek personage aanwezig was in de tekst was het niet relevant om de afwezigheid van een naam te noteren. Dit werd dus niet genoteerd als een '0' (afwezig). 'Naam' werd in het analyseschema bij die gevallen niet ingevuld. In fragment (3) is een specifiek personage met naam te zien.

(3) *Isa* gaat in Brazilië onder andere op excursie naar mangrovebossen. Deze bossen groeien alleen in de tropen, op de grens van water en land. (Nectar, 2-3 vwo, p. 239)

In de context van biologie wordt vaak de handeling van een enkel dier als voorbeeld gebruikt voor de handelingen die de gehele diersoort doorgaans doet. Er worden dus geen specifieke handelingen of dieren beschreven, maar zo ziet het er wel uit in de tekst (zie fragment 4). De tekst is dan vormgegeven op een wijze waarbij het lijkt dat een specifiek dier iets doet. In dit onderzoek beschouwen wij dit dier niet als een individu maar een representant voor zijn gehele diersoort in de vorm van een handelend personage. De representant is te herkennen aan een bepaald lidwoord (de of het) dat staat voor een diersoort zoals in fragment 4. Het lijkt alsof de tekst een enkele woestijnspringmuis beschrijft die overdag in een hol zit, maar eigenlijk gaat dit over het feit dat alle woestijnspringmuizen zich zo gedragen. Omdat er niet "een woestijnspringmuis" maar "de woestijnspringmuis" staat is deze woestijnspringmuis een representant in het analyseschema.

(4) De woestijnspringmuis zit overdag in een afgesloten hol en komt alleen 's nachts naar buiten. (Nectar, 2-3 vwo, p. 227)

Landschap van bewustzijn

Het landschap van bewustzijn is een narratief element dat een innerlijke wereld van een personage in de tekst beschrijft. Het kan ook zo zijn dat een innerlijke wereld wordt beschreven zonder dat er een duidelijk personage in de tekst staat bij wie deze innerlijke wereld hoort. Er is sprake van een beschrijving van de innerlijke wereld als de tekst gaat over de gedachten, intenties of doelen van een personage. Meestal worden alleen de mentale percepties van menselijke personages worden beschreven, maar in een fictieve tekst kan er ook denkvermogen en dus een innerlijke wereld worden toegekend aan niet-menselijke personages. In fragment 5 is een voorbeeld van een innerlijke wereld te zien. Het gebruik van het woord "hoopt" laat de intentie zien van het personage *Isa*.

(5) Tijdens de excursie komt *Isa* ook op rivieren. Hier *hoopt* ze piranha's tegen te komen (Nectar, 2-3 vwo, p. 239)

3.3 Methode – Data-analyse

Er werd nagegaan bij alle narratieve hoofd- en sub-elementen of ze aanwezig waren in de desbetreffende tekst. Als dit het geval was werd er een '1' ingevuld voor aanwezig en zo niet dan werd er een '0' ingevuld voor afwezig. Bij het element naam werd niets ingevuld als er geen sprake was van een specifiek personage, omdat een naam nog geen narratief element is totdat het hoort bij een specifiek personage. In dit geval werd er '999' (missing value) genoteerd.

Er was een tweede codeur die onafhankelijk een deel van het corpus heeft geanalyseerd. Nadat het analyseschema compleet ingevuld was, is er eerst de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid gemeten. Pas na een overleg met de tweede codeur kon besloten worden of er sprake was van een bepaald narratief element en wat de definitieve invulling van het analyseschema zou worden.¹ Vervolgens werd de analyse uitgevoerd aan de hand van een chi-kwadraatstest. Zo werd er gekeken of er verschil bestond in aantal narratieve elementen binnen de beide opleidingsniveaus. De eerste reeks analyses heeft de vmbo-conditie met de vwo-conditie vergeleken. De tweede reeks analyses was vanuit exploratief oogpunt gedaan over een extra conditie (tekstsoort) en diende om hoofdtekst met de avtekst te vergelijken.

3.4 Methode - Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid

Tijdens het analyseren is ook de interbeoordeelaarsbetrouwbaarheid berekend. Om de betrouwbaarheid van de corpusanalyse te controleren heeft een onafhankelijke tweede beoordelaar een deel van het corpus gecodeerd. Voor de tweede codeur zijn er van de conditie vmbo (n=33) en vwo (n=40) op aselechte wijze teksten geselecteerd tot een omvang van 20% van het gehele corpus (vmbo n=7; vwo n=8). De tweede codeur heeft aan de hand van een draaiboek met definities van de narratieve elementen 20% van de teksten onafhankelijk van de eerste codeur gecodeerd. Met behulp van het berekenen van Kappawaarden is de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid bepaald. (Landis & Koch, 1977) Er was sprake van een redelijke interbeoordelaarsbetrouwbaarheid bij het narratieve element *specifieke gebeurtenis* (Cohen's $\kappa = 0,44$). Bij het narratieve element *representant* was een goede interbeoordelaarsbetrouwbaarheid gevonden (Cohen's $\kappa = 0,73$). Verder is er een perfecte interbeoordelaarsbetrouwbaarheid gevonden bij de narratieve elementen *specifieke tijd*, *specifieke plaats*, *specifiek personage*, *innerlijke wereld* (Cohen's $\kappa = 1$). Bij *naam* kwam er een constante uit bij het berekenen van de kappawaarden. Dit werd veroorzaakt door het feit dat het gebrek aan naam werd genoteerd als 999 (*missing value*) in plaats van '0' (afwezig), waardoor de kappaberekening met een te kleine groep overbleef voor een normale uitkomst. Wanneer de *missing values* ter controle werden vervangen door een '0' (alsof ze afwezig waren) dan kwam er wel een perfecte kappawaarde uit.

¹ . Na overleg met de tweede codeur is er één specifiek geval aangepast bij het element *representant*. De tweede codeur vond in tekst 41 (zie bijlage A) dat "de panda" een representant was. Dit was bij de eerste codeur niet meegerekend omdat hij vond dat "de panda" te weinig een handelend personage was om meegerekend te kunnen worden. De tweede codeur liet de eerste codeur zien dat dit wel het geval en daarom is gekozen om toch bij deze tekst de aanwezigheid van het element te noteren. De andere drie gevonden verschillen zijn niet aangepast. De tweede codeur had in tekst 69 en tekst 70 (zie bijlage A) een specifieke gebeurtenis genoteerd, maar dat bleek een misinterpretatie van de definitie te zijn geweest. In het laatste geval had de tweede codeur "de plant" genoteerd als representant, maar na overleg is besloten dat "de plant" te algemeen is om als representant te kunnen worden gezien. Als er een specifieke plantensoort was beschreven was het wel genoteerd als representant.

Resultaten

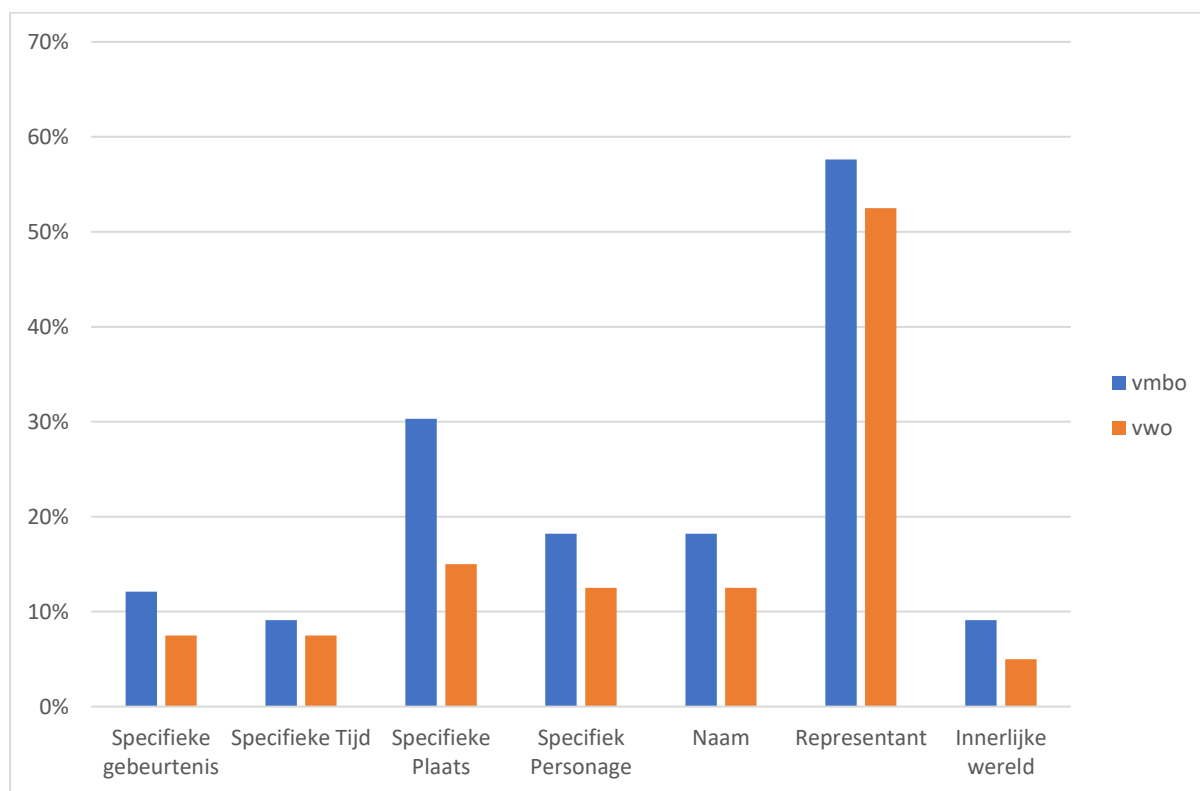
Na het overleg met de tweede codeur is het definitieve analyseschema gevormd. In tabel 1 is een overzicht van het voorkomen van de elementen in het totale corpus te zien.

Tabel 1

De narratieve hoofd- en subelementen van het gehele corpus met de aantallen en het percentage van het geheel.

Hoofdelement	Subelement	Aantal (n=73)	Percentage
Specifieke gebeurtenis		7	10 %
	Specifieke Tijd	6	8 %
	Specifieke Plaats	16	22 %
Specifiek Personage		11	15 %
	Naam	11	15 %
	Representant	40	54 %
Innerlijke wereld		5	7 %

Zoals te zien in tabel 1 kwamen de meeste narratieve elementen in minder dan 22% van het corpus voor. Het sub-element representant kwam van alle narratieve elementen het vaakst voor (40 keer) in dit corpus. Hiermee kan men zien hoeveel narratieve elementen er in Nectar 5^e editie zitten in het hoofdstuk “Dieren en planten” bij vmbo en vwo. In figuur 1 is te zien hoe de verhouding narratieve elementen verschilde per opleidingsniveau.



Figuur 1. De hoeveelheid narratieve elementen per opleidingsniveau uitgedrukt in percentage van het totaal van de conditie.

De y-as is uitgedrukt in percentages omdat het aantal teksten per opleidingsniveau niet gelijk was (n= 33 bij vmbo; n = 40 bij vwo). Daarom zou een weergave in aantallen een vertekend beeld geven van de verhoudingen tussen de twee opleidingsniveaus.

Voor ieder narratief element is zowel bij de hoofd- als sub-elementen gecontroleerd of er een statistisch significant verschil was. Hier volgt een bespreking van alle analyses per hoofdelement:

Specifieke gebeurtenis

Er is geen verschil gevonden in het voorkomen van *specifieke gebeurtenissen* tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 0,45$; $p = 0,51$). Verder is er bij het sub-element *specifieke tijd* geen verschil gevonden in het voorkomen van specifieke tijden tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 0,06$; $p = 0,81$). Er is ook geen verschil gevonden in het voorkomen van *specifieke plaatsen* tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 2,47$; $p = 0,12$).

Specifiek personage

Er is geen verschil gevonden in het voorkomen van *specifieke personages* tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 0,46$; $p = 0,50$). Verder is er bij het sub-element *naam* geen verschil gevonden in het voorkomen van namen tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 0,46$; $p = 0,50$). De resultaten van *specifiek personage* en *naam* zijn identiek omdat ieder geval waarin een specifiek personage voorkwam er ook een naam verbonden was aan dit personage. Er is ook geen verschil gevonden in het voorkomen van *representanten* tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 0,188$; $p = 0,67$).

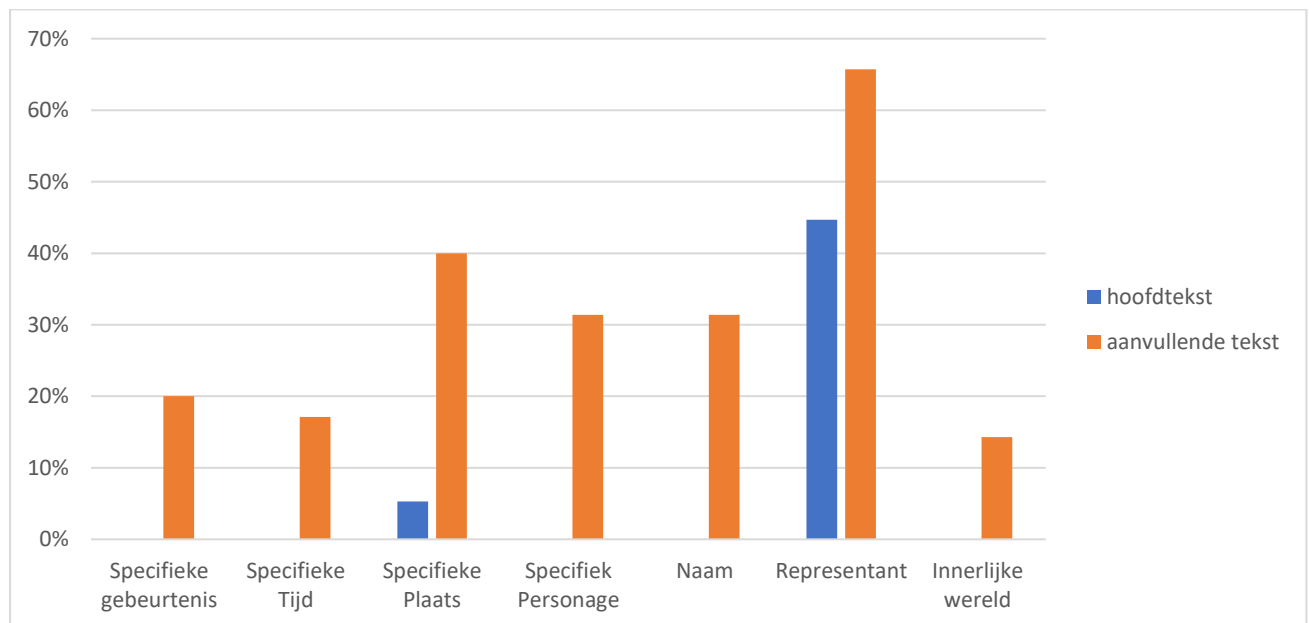
Innerlijke wereld

Er is geen verschil gevonden in het voorkomen van *innerlijke werelden* tussen de twee opleidingsniveaus ($\chi^2(1) = 0,47$; $p = 0,49$).

Zoals te zien in figuur 1 is er weinig verschil in het voorkomen van narratieve elementen per opleidingsniveau. Bij de chi-kwadraatsanalyses zijn er ook geen significante verschillen gevonden.

Exploratief deel

Naast de conditie opleidingsniveau die nodig was om de onderzoeksvraag te beantwoorden, was er ook een exploratieve conditie toegevoegd op basis van tekstsoort. In figuur 2 is de verhouding narratieve elementen per tekstsoort te zien.



Figuur 2. De percentages van de teksten waarin narratieve elementen voorkwamen op het gebied van tekstsoort.

De y-as is ook in figuur 2 uitgedrukt in percentages vanwege ongelijke groottes van de condities (n=38 bij hoofdtekst; n=35 bij aanvullende tekst). Verschillende narratieve elementen kwamen totaal niet voor in de hoofdtekst.

Specifiek gebeurtenissen

Er is wel een verschil gevonden op het gebied van tekstsoort ($\chi^2(1) = 8,41$; $p < 0,01$). Er zaten meer *specifieke gebeurtenissen* in aanvullende teksten dan in hoofdteksten. Dit was ook het geval bij de sub-elementen *specifieke tijd* ($\chi^2(1) = 7,10$; $p = 0,01$) en *specifieke plaats* ($\chi^2(1) = 12,85$; $p < 0,01$). Er zaten meer specifieke tijden en plaatsen in aanvullende teksten dan in de hoofdtekst.

Specifiek personage

Er is wel een verschil gevonden op het gebied van tekstsoort ($\chi^2(1) = 14,06$; $p < 0,01$). Er zaten meer *specifieke personages* in aanvullende teksten dan in hoofdteksten. Dit was ook het geval bij het sub-element *naam* ($\chi^2(1) = 14,06$; $p < 0,01$). Er zaten meer namen in aanvullende teksten dan in hoofdteksten. Bij het sub-element *representant* is geen verschil gevonden op het gebied van tekstsoort ($\chi^2(1) = 3,24$; $p = 0,72$)

Innerlijke wereld

Er is wel een verschil gevonden op het gebied van tekstsoort ($\chi^2(1) = 5,83$; $p = 0,02$). Er waren meer weergaves van *innerlijke werelden* bij aanvullende teksten dan bij hoofdteksten.

Zoals te zien in figuur 2 zijn bijna alle narratieve elementen vaker te vinden in aanvullende tekst dan in hoofdtekst behalve het sub-element *representant*. Deze kwam ongeveer evenveel voor in beide tekstsoorten. Bijna alle narratieve elementen zijn zelfs gevonden in aanvullende teksten op *specifieke plaats* en *representant na*.

4.1 Conclusie/Discussie

In dit onderzoek is met een corpusanalyse geprobeerd de volgende vraag te beantwoorden:

In hoeverre zijn er meer narratieve elementen in biologieteksten voor 2-vmbo-t dan voor 2-vwo?

Uit het corpusonderzoek is gebleken dat er geen verschil is in de hoeveelheid narratieve elementen tussen de teksten uit 2-vmbo en 2-vwo van Nectar 5^{de} editie van Noordhoff Uitgevers. Dit valt terug te zien in figuur 1. Dit betekent dat er door de auteurs van de lesmethodes ongeveer evenveel gebruik wordt gemaakt van narratieve elementen bij beide opleidingsniveaus. Deze bevinding is tegen de verwachting in. De verwachting was dat er meer narratieve elementen zouden voorkomen in teksten voor het vmbo dan voor het vwo, omdat er een hoger abstractieniveau werd verwacht in het de teksten voor het vwo dan in de teksten voor het vmbo. Wanneer er meer narratieve elementen in een tekst voorkomen, wordt een tekst concreter en daardoor minder abstract (Nisbet & Ross, 1980). Omdat er geen verschil is gevonden in abstractieniveau, is er ook geen verschil in een doorgaande leeslijn op de middelbare school tussen 2-vmbo en 2-vwo bij biologie aangetoond (Evers-Vermeul et al., 2017). De verwachting dat er een verschil in abstractieniveau zou moeten zijn tussen vmbo en vwo blijft bestaan. Dit onderzoek roept de vraag op of de hoeveelheid narratieve elementen die aanwezig zijn in een lesmethode een goede indicator is voor het abstractieniveau daarvan. Het abstractieniveau wordt wellicht door meer elementen bepaald dan alleen kenmerken van levendigheid zoals narratieve elementen. Daarom is het van belang dat er in vervolgonderzoek wordt gekeken of er nog meer methoden bestaan om het abstractieniveau van een tekst te bepalen. Wanneer er beter in kaart kan worden gebracht wat het abstractieniveau is van een tekst, dan zou dat ter ondersteuning kunnen dienen bij het in kaart brengen van een doorgaande leeslijn.

Naast de veronderstellingen over abstractieniveau kan de keuze van de lesmethode ook veel invloed hebben gehad op de resultaten. De keuze voor het analyseren van lesmethodes van het vak biologie was gedaan omdat er verwacht werd dat biologie niet te veel maar ook niet te weinig narratieve elementen van nature in de tekst heeft staan. Deze aanname is mogelijk onjuist. Uit het exploratieve gedeelte van dit onderzoek is gebleken dat er in de hoofdttekst van deze lesmethodes geen narratieve elementen staan, met uitzondering van de narratieve elementen *specifieke plaats* en *representant*. Het feit dat er zo weinig narratieve elementen in de hoofdttekst staan, toont aan dat deze lesmethode van biologie eerder geen of weinig gebruik maakt van narratieve elementen dan veel, wanneer je alleen naar hoofdttekst kijkt. Het is onbekend of dit wordt veroorzaakt door de schrijfwijze van de auteurs van Nectar 5^{de} editie, of door het feit dat een vak als biologie misschien minder geschikt is voor de implementatie van narratieve elementen. Het zou ook beïnvloed kunnen zijn door het thema dat centraal stond in de teksten. Het totale corpus ging over slechts één thema namelijk planten en dieren. Dit thema is wellicht ook minder geschikt voor de implementatie van narratieve elementen. Er bestaat mogelijk wel verschil bij andere lesmethodes. Daarom is het van belang dat andere lesmethodes op dezelfde manier worden onderzocht, om te kijken of er een verschil op het gebied van levendigheid en narratieve elementen bestaat tussen de schrijfwijzen van de auteurs.

Verder zijn er een aantal beperkingen in dit onderzoek die mogelijk van invloed zijn geweest op de resultaten. Een mogelijke factor is de omvang van de steekproef. Er zijn in totaal 73 teksten geanalyseerd (n-vmbo = 33;n-vwo = 40). Dit zijn slechts twee hoofdstukken die omwille van thematische overlap over hetzelfde onderwerp gingen bij vmbo en vwo. Een grotere steekproef van meer teksten en meer hoofdstukken had wellicht wel een verschil aangetoond en daarom is het voor vervolgonderzoek wenselijker om meer teksten te analyseren. Wegens de beperkte tijd en omvang van dit eindwerkstuk is dat nu niet gebeurd.

Dan blijft de vraag over waarom er geen verschil is te zien tussen opleidingsniveaus in de vorm van een doorgaande leeslijn bij deze lesmethodes. Naast de onvolledige definitie van abstractieniveau, is het design van dit onderzoek niet helemaal geschikt om doorgaande leeslijnen te

onderzoeken. Zelfs al zou er een verschil zijn gevonden in abstractieniveau, dan zegt dat nog niks over de ontwikkeling van een doorgaande leeslijn over de jaren. Voor vervolgonderzoek is het daarom van belang dat er verschillende leerjaren binnen hetzelfde niveau worden vergeleken wanneer er uitspraken gedaan moeten worden over een doorgaande leeslijn. Zo kan de mate van toename van abstractie in kaart worden gebracht.

Tenslotte is er nog een exploratief onderzoek uitgevoerd of er verschil in narratieve elementen bestaat op het gebied van tekstsoort (n-hoofdtypekst = 38; n-avtypekst = 35). Uit de analyse is gebleken dat er bij alle narratieve elementen (met uitzondering van het element *representant*) een verschil is gevonden. In alle gevallen zaten er meer narratieve elementen in aanvullende tekst, dan in hoofdtypekst. Er waren niet alleen meer narratieve elementen in aanvullende teksten, maar er waren (met uitzondering van *specifieke plaats* en *representant*) geen narratieve elementen te vinden in de hoofdtypekst. Dit laat zien dat de auteurs bewust teksten van een narratievere aard uit de hoofdtypekst houden en ze in aanvullende tekstvakken plaatst. Het feit dat er zo duidelijk onderscheid gemaakt lijkt te zijn, roept de vraag op waarom de auteurs dit hebben gedaan. Daarom zou het een verrijking van dit onderzoek zijn geweest als er een interview met de auteurs had plaatsgevonden over de redenen van de toepassing van narratieve elementen in de lesmethodes. Voor vervolgonderzoek zou deze vorm van datatriangulatie een nuttige toevoeging zijn om deze vraag te beantwoorden.

Al met al zijn er geen verschillen gevonden in de hoeveelheid narratieve elementen tussen vmbo en vwo. Is het zo dat de auteurs van Nectar bewust geen verschil aanbrengen tussen opleidingsniveaus in de toepassing van levendigheid in hun teksten? Die vraag blijft voor nu onbeantwoord. Het blijft een belangrijk feit dat dit gehele onderzoek slechts één hoofdstuk uit één editie van een lesmethode. Deze resultaten zijn dus niet te generaliseren naar de rest van de hoofdstukken uit Nectar, of naar het gehele vak biologie. Om hier inzicht in te krijgen is het nodig om dit soort onderzoeken vaker uit te voeren. Wanneer men dezelfde definities van narratieve elementen hanteren om een analyseschema in te vullen, kan er wellicht een database gevormd worden waarin het voorkomen van narratieve elementen in educatieve teksten overzichtelijk kan worden weergegeven. Alleen op deze manier valt te zien of er sprake is van een doorgaande leeslijn en of dat deze verschilt per opleidingsniveau. Als in de toekomst blijkt dat verschillen hierin aanbrengen positieve gevolgen kan hebben voor de ontwikkeling van leer- en leesprestaties van leerlingen op de middelbare school dan heeft dit soort onderzoek in kaart kunnen brengen waar deze implementatie nog tekort schiet.

5.1 Literatuur

Primaire bronnen:

Akkerman, T. (2015) *Nectar: 2-3 vwo leerboek (5th edition)*. Groningen/Houten, Nederland: Noordhoff Uitgevers

Kruis, M. (Red.) (2014). *Wijzer! Geschiedenis – Leerwerkboek Groep 7*. Groningen, Nederland: Noordhoff Uitgevers.

Literatuur:

Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, MA/London: Harvard University Press.

Cervetti, G.N., Bravo, M.A., Hiebert, E.H., Pearson, P.D., & Jaynes, C.A. (2009). Text Genre and Science Content: Ease of reading, Comprehension, and reader preference. *Reading Psychology, 30*(6), 487–511.

Evers-Vermeul, J., Sangers, N.L., & De Vreede, A. (2017). Zaakvakteksten voor groep 5-8: Een doorgaande leeslijn? In R. Van Steensel & E. Segers (Red.), *Succesvol lezen in het onderwijs*, (pp. 155-171). Stichting Lezen Reeks 28. Delft: Eburon.

Garner, R., Gillingham, M.G., & White, C.S. (1989). Effects of “seductive details” on macroprocessing and microprocessing in adults and children. *Cognition and Instruction, 6*(1), 41-57.

Genette, G. (1982) Figures of Literary Discourse, p.127. In Ryan, M. L. (2007). Toward a definition of narrative. *The Cambridge companion to narrative*. (New York: Columbia University Press, 1982)

Hacquebord, H.I. (2007). De leesvaardigheid van vmbo-leerlingen. In D.H. Schram (ed.), *Lezen in het vmbo; onderzoek – inventie- praktijk*, (pp. 55-76). Stichting Lezen Reeks 13, Delft: Eburon.

Land, J.F.H. (2009). Zwakke lezers, sterke teksten? Effecten van tekst- en lezerskenmerken op het tekstbegrip en de tekstwaardering van vmbo-leerlingen. Proefschrift Universiteit Utrecht. Delft: Eburon.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 159*-174.

Nisbett, R., & Ross, L. (1980). Human Inference: Strategies and Shortcomings of Social Judgment. *The Philosophical Review, 92*(3), 462.

Onega, S., Landa, J.A.G. “Introduction.” In Onega and Landa (eds.). *Narratology: An Introduction* (London: Longman,1996), p.3.

Romero, F., Paris, S.G., & Brem, S. (2005). Children’s Comprehension and Local-to-Global Recall of Narrative and Expository Texts. *Current Issues in Education, 8*(1), 1-11.

Sangers, N.L., Evers-Vermeul, J., Sanders, T.J.M., & Hoeken, H. Vivid elements in Dutch educational texts. *Narrative Inquiry, 30*(1), 186-210..

Toolan, M. J., & Cobley, P. (2001). *Narrative: A Critical Linguistic Introduction*. London: Routledge.

1.

Darmen zitten 'opgevouwen' in je buik. Bij dieren is dat net zo. Als je ze helemaal uitvouwt, ontdek je hoe lang darmen zijn.

Een potvis is twaalf meter lang. Hij heeft de langste darmen van alle dieren.

Hoe lang zijn de darmen van een potvis denk je?

2.

Hoe kauwen dieren?

Jij kauwt een hap brood in ongeveer tien seconden weg. Een hond kauwt nog geen seconde en een koe kauwt wel vijf minuten voor zij een hap gras doorslikt. Die verschillen komen door het soort voedsel dat de dieren eten.

1 Koeien zijn planteneters. Ze eten plantaardig voedsel. Dit voedsel is moeilijk fijn te krijgen, doordat plantencellen een stevige, taaie celwand hebben. Om die celwanden stuk te krijgen hebben planteneters plooi kiezen. Dat zijn kiezen met harde ribbels (plooi en) op het kauwvlak. Met de plooi kiezen maalt het dier zijn plantaardige voedsel fijn.

2 Honden en katten zijn vleeseters. Ze eten dierlijk voedsel. Vlees bestaat uit cellen zonder celwanden. Vleeseters hebben daarom geen plooi kiezen nodig. Ze hebben wel grote scherpe hoektanden. Hiermee vangen en doden ze hun prooi. Met hun knipkiezen knippen ze het vlees in stukjes. Vleeseters slikken de stukjes vlees zonder verder te kauwen door.

3 Varkens en mensen zijn alleseters. Ze eten plantaardig én dierlijk voedsel. Alleseters hebben snijtanden en hoektanden om het eten af te bijten. Met de knobbelkiezen (bron 4.3) kunnen ze het voedsel goed malen.

3.

Een koe heeft een dikke buik en een kat is slank. Dat komt door het verschil in voedsel.

1 Plantaardig voedsel is door de taaie celwanden moeilijk te verteren. Het verteren van plantaardig voedsel lukt alleen als het voedsel lang in het verteringsstelsel zit. Daarom hebben planteneters een heel lange darm en soms ook meerdere magen, zoals de koe in bron 5. De buik van de koe is zo dik, doordat de magen en lange darmen erin 'gepropt' zitten.

2 Dierlijke cellen hebben geen celwand. Vlees is daardoor veel makkelijker te verteren dan plantaardig voedsel. Het verteringsstelsel is bij vleeseters kort en de buik dus dun. Je ziet dat bij de kat in bron 5.

3 Het verteringsstelsel van alleseters kan dierlijk en plantaardig voedsel verteren. Alleseters hebben een middellang verteringsstelsel. Het is korter dan het verteringsstelsel van planteneters, maar langer dan dat van vleeseters. Je ziet het verteringsstelsel van een mens in bron 6.

4.

Hoe 'eten' planten?

Een plant heeft geen gebit en darmen, maar heeft wel voedingsstoffen nodig. Hoe planten aan voedingsstoffen komen, zie je in bron 7.

Een plant maakt zelf voedingsstoffen tijdens de fotosynthese. Hiervoor neemt de plant water en koolstofdioxide op en maakt daarvan glucose en zuurstof. De energie die nodig is om glucose te maken, haalt de plant uit zonlicht. Van glucose maakt de plant andere voedingsstoffen: zetmeel, eiwitten en vetten. Daarvoor heeft de plant mineralen nodig. De plant zuigt die mineralen samen met water op uit de bodem. Van de eiwitten groeit de plant. Vetten en zetmeel zijn reservestoffen.

5.

Hoe voorkomen organismen dat ze opgegeten worden?

Om te overleven moeten organismen niet alleen eten, maar ook voorkomen dat dieren hen opeten. Dieren kunnen dat als volgt doen.

1 Sommige dieren nemen de kleur of de vorm van hun omgeving aan (bron 8). Dat noem je camouflage. Hierdoor zijn ze bijna niet te zien voor vijanden.

2 Andere dieren lijken op een gevaarlijk dier. Dat noem je mimicry. Een zweefvlieg lijkt op een wesp. Vogels blijven van de zweefvlieg af, omdat ze denken dat die net als een wesp kan steken.

Planten hebben andere manieren om zich te beschermen.

1 Sommige planten maken bittere of giftige stoffen, bijvoorbeeld paardenbloemen en boterbloemen. Door deze stoffen eten dieren die planten niet.

2 Cactussen en bramen hebben scherpe stekels of doorns waaraan dieren zich kunnen prikken, Hierdoor worden ze niet opgegeten.

3 Brandnetels beschermen zichzelf met brandharen. Die brandharen geven een brandende pijn. De meeste dieren laten daarom brandnetels staan.

6.

Toepassen: Met huid en haar

Uilen (bron 9) jagen in de schemering en 's nachts op muizen, kleine vogels en insecten. Het zijn dus vleeseters. Je kunt dat zien aan hun scherpe, gebogen snavel.

Uilen hebben geen tanden om hun voedsel mee te kauwen. Met hun snavel trekken ze grote stukken van hun prooi en slikken die met huid en haar in. De uil verteert het vlees en de ingewanden van de prooi in de maag en darmen. Haren en botten kan de uil niet verteren. Die vormen een bal in de maag, die de uil later uitspuugt. Zo'n bal heet een uilenbal of braakbal.

Onder nesten of rustplaatsen van uilen vind je vaak een heleboel braakballen. Als je de braakballen uit elkaar haalt, zie je allemaal schedels en andere botjes van de prooien van de uil.

Braakballen worden gebruikt voor onderzoek. De braakballen vertellen welke muizensoorten er in het leefgebied van de uil leven. Onderzoekers zien dat aan de botjes in de braakballen. Zo hoeven de onderzoekers de muizen niet zelf te vangen.

7.

Alle dieren hebben zuurstof nodig voor de verbranding van brandstof in hun cellen. Voor de zuurstofopname gebruik jij longen en een vis kieuwen.

Waar zitten de ademhalingsorganen van een wesp?

8.

Hoe ademt een insect?

Zoogdieren en vogels ademen via hun longen. Insecten, zoals vliegen, vlinders en wespen, hebben geen longen, maar tracheeën (bron 2). Dat zijn sterk vertakte buizen in hun hele lijf. In die buizen zit lucht. Zo kan zuurstof bij alle cellen komen. Aan de zijkant van het achterlijf zitten kleine gaatjes. Zo'n gaatje heet een stigma. Door die gaatjes komt er lucht met zuurstof in de tracheeën. Lucht met koolstofdioxide gaat via de tracheeën en de stigma's naar buiten (bron 3).

Insecten halen adem door het achterlijf kleiner en groter te maken. Dat gaat zo:

1 Uitademen

- Spieren in het achterlijf trekken samen.
- Hierdoor wordt het achterlijf kleiner.
- De tracheeën worden nauwer.

Lucht met koolstofdioxide wordt door de stigma's naar buiten géperst.

2 Inademen

- De spieren in het achterlijf ontspannen.
- Hierdoor wordt het achterlijf weer groter.
- De tracheeën worden wijder.
- Lucht met zuurstof stroomt via de stigma's naar binnen.

9.

Hoe haalt een vis zuurstof uit het water?

Een vis haalt zuurstof uit het water niet kieuwen. In bron 4 en bron 5 zie je hoe de kieuwen gebouwd zijn.

- Een vis heeft links en rechts een kieuwholte.

Elke kieuwholte heeft een kieuwdeksel.

- In de kieuwholte zitten de kieuwen. Iedere kieuw bestaat uit een kieuwboog.
- Aan een kieuwboog zitten kieuwplaatjes. Een kieuwplaatje heeft dunne, sterk geplooid wanden. In een kieuwplaatje zitten veel bloedvaatjes. Zuurstof komt hier in het bloed. Een vis ververst steeds het water in de kieuwholte.

1 De vis opent zijn bek en neemt een hap water. De kieuwdeksels zijn nu dicht.

2 De vis sluit zijn bek, de kieuwdeksels gaan open. Het water stroomt langs de kieuwplaatjes naar buiten. In de kieuwplaatjes gebeurt dan dit:

- Zuurstof gaat vanuit het water naar het bloed in de kieuwplaatjes.
- Koolstofdioxide gaat vanuit het bloed naar het water.

10.

Hoe komen planten aan zuurstof?

Planten hebben ook zuurstof nodig. Ze gebruiken zuurstof voor de verbranding van de stof glucose. De energie die daarbij vrijkomt, gebruiken planten onder andere om nieuwe cellen te maken.

Overdag maken planten zelf zuurstof door de fotosynthese. Een klein deel van die zuurstof gebruiken ze bij de verbranding. Dat is de dunne rode pijl in bron 6.

De rest van de zuurstof gaat door de huidmondjes van de bladeren naar buiten. Dat is de dikke rode pijl in bron 6. De zuurstof die vrijkomt, komt in de lucht.

Dieren en mensen ademen die zuurstof weer in. Voor de fotosynthese hebben planten koolstofdioxide nodig. Koolstofdioxide gaat via de huidmondjes het blad in. Planten ademen dus via hun huidmondjes (bron 7).

11.

Toepassen Insecten onder water

Insecten die in water leven, hebben een tracheeënstelsel. De dieren zijn gebouwd om onder water met deze luchtbuizen te kunnen leven.

Een ruggenzwemmer (bron 8) gaat onder water op jacht. Hij neemt dan een luchtbel mee. De luchtbel blijft hangen tussen vettige haren op het achterlijf. Zodra de ruggenzwemmer stopt met zwemmen, schiet hij omhoog. Aan het wateroppervlak ververst hij zijn luchtbel.

De larve van een waterjuffer (bron 9) leeft op de bodem van een sloot of vijver. Het dier komt niet naar het wateroppervlak, maar leeft steeds onder water. Met kieuwen aan de achterzijde van het lichaam haalt de waterjufferlarve zuurstof uit het water.

Muggenlarven (bron 10) vind je vooral in plasjes met stilstaand water. De larve hangt met een adembuis aan de onderkant van het wateroppervlak. Via deze buis komt lucht met zuurstof in de tracheeën.

12.

Misschien heb je weleens een mug doodgeslagen. Je ziet dan dat ook een mug bloed heeft. Welke kleur heeft het bloed van muggen en andere insecten?

13.

Hoe gaan stoffen door een insect?

Het ademhalingsstelsel van insecten bestaat uit tracheeën. De tracheeën zorgen voor vervoer van lucht met zuurstof naar alle cellen. Het bloed van insecten vervoert dus geen zuurstof.

De cellen van een insect hebben ook

voedingsstoffen nodig. Die gaan wel via het bloed door het lichaam. Het bloed vervoert ook de afvalstoffen van cellen.

In bron 2 en bron 3 zie je het bloedvatenstelsel van een insect. Dit bloedvatenstelsel bestaat uit één groot bloedvat, met aan de achterkant een hart. Dat hart bestaat uit een aantal kamers achter elkaar. Als alle hartkamers samentrekken, stroomt het bloed van achter naar voren. Het bloedvat eindigt in de kop van het insect. In de kop gaat het bloed uit het bloedvat en stroomt vrij door het lichaam. Zo komt het bloed langs alle cellen. Via openingen in de hartkamers stroomt het bloed vanzelf weer terug in het hart (bron 3).

Omdat het bloed bij insecten vrij door het lichaam stroomt, noem je het een open bloedsomloop.

14.

Hoe gaat het vervoer van stoffen in een vis?

In bron 4 zie je de bloedsomloop van een vis. De bloedsomloop gaat zo:

- Het hart pompt het bloed naar de kieuwen.
- in de kieuwen gaat zuurstof vanuit het water naar het bloed.
- Bloed met zuurstof stroomt vanuit de kieuwen door alle andere organen in het lichaam. In de organen gaat zuurstof vanuit het bloed naar de cellen. Afvalstoffen komen vanuit de cellen in het bloed.
- Vanuit het verteringsstelsel komen voedingsstoffen in het bloed.
- Ten slotte komt het bloed weer in het hart.

Het bloed stroomt bij een vis steeds in bloedvaten, daarom heet de bloedsomloop een gesloten bloedsomloop.

15.

Hoe vervoert een plant stoffen?

Planten nemen met hun wortels water en mineralen op. In hun bladeren maken ze voedingsstoffen. Water met opgeloste mineralen en voedingsstoffen stroomt door vaten. Vaten zijn dunne buisjes die in alle delen van de plant zitten. De vaten liggen in groepjes bij elkaar: de vaatbundels (bron 5). Vaatbundels lopen van de wortels, door de stengels tot in de bladnerven en de bloemen. Ze liggen in de stengel vaak in een kring (bron 6).

Vaatbundels bestaan uit twee soorten vaten.

1 Door houtvaten gaat water met mineralen vanuit de wortel omhoog naar de bladeren.

De houtvaten liggen aan de binnenkant van een vaatbundel.

2 In bastvaten zit water met glucose en andere voedingsstoffen. De bladeren maken deze voedingsstoffen en geven ze aan de bastvaten. In de bastvaten stromen de stoffen naar boven of naar beneden.

De bastvaten liggen aan de buitenkant van een vaatbundel.

16.

Hebben alle gewervelde dieren dezelfde bloedsomloop?

Vissen, amfibieën, reptielen, vogels en zoogdieren hebben een gesloten bloedsomloop. Het bloed stroomt bij hen dus steeds in bloedvaten.

De bouw van de bloedsomlopen verschilt wel.

1 Enkelvoudige bloedsomloop

Vissen hebben een enkelvoudige bloedsomloop (bron 7 en bron 8). Per rondgang komt het bloed maar één keer door het hart.

Het hart van een vis bestaat uit één boezem en één kamer. Het bloed stroomt vanuit het hart naar de kieuwen. Het zuurstofrijke bloed stroomt daarna meteen naar de overige organen. Hierna komt het bloed terug in het hart.

2 Dubbele bloedsomloop

Zoogdieren, vogels, reptielen en amfibieën hebben een dubbele bloedsomloop (bron 7 en bron 8). Het bloed stroomt vanuit het hart eerst naar de longen. Het zuurstofrijke bloed gaat daarna weer naar het hart. Het hart pompt het bloed met grote druk naar de organen. Hierna komt het bloed terug in het hart.

17.

Toepassen Hartkloppingen

Je hart is ongeveer zo groot als je vuist. Het hart van een spitsmuis is veel kleiner, dat van een blauwe vinvis veel groter. Hoe groter het dier, hoe groter het hart (bron 9).

Blauwe vinvissen zijn de grootste zoogdieren. Ze worden 30 meter lang. Er is een heel krachtig hart nodig om het bloed door het lichaam te pompen.

Het hart van de blauwe vinvis is zo groot als een kleine auto (bron 9). Het hart weegt 500 kilogram. Zo'n groot hart pompt niet snel. De hartslag van de blauwe vinvis is ongeveer 7 slagen per minuut.

Hoe kleiner het dier, hoe sneller de hartslag. Kleine dieren als cavia's en konijnen hebben een hartslag van 200 slagen per minuut in rust.

Het kleinste zoogdier, een spitsmuis, heeft een hartslag van 800 slagen per minuut als hij stilzit. Als hij rent, kan dit oplopen tot wel 1300 slagen per minuut.

18.

De woestijnspringmuis zit overdag in een hol en komt alleen 's nachts naar buiten. Op zijn lange achterpoten hipt hij over het woestijnzand op zoek naar voedsel: zaden, wortels en bladeren. Waarom zal het dier 's nachts zijn eten zoeken?

19.

Vogels en zoogdieren zijn warmbloedige dieren. Dat betekent dat hun lichaamstemperatuur altijd ongeveer hetzelfde is. De dieren hebben hiervoor aanpassingen. Dat betekent dat ze niet te veel afkoelen of opwarmen dankzij hun bouw of hun gedrag.

Dieren voorkomen op vier manieren dat ze te warm worden:

1 Zomervacht

Veel zoogdieren verharen in het voorjaar (bron 2). Ze krijgen een dunnere vacht: de zomervacht, Vogels krijgen dan een dunner verenkleed.

2 Warmte afgeven via bloed

Als het warm is, raken dieren warmte kwijt via bloedvaten in hun huid. De warmte gaat vanuit het bloed, door de huid, naar de lucht. Dieren in hete gebieden hebben vaak grote oren. Zo kunnen ze via de bloedvaten in hun oren veel warmte afgeven.

3 Lucht laten stromen

Als het waait, wordt er meer warmte afgegeven. Door de luchtstroom komt steeds weer nieuwe koelere lucht langs de huid. Die koele lucht neemt de warmte van de huid op.

Sommige dieren maken zelf een luchtstroom. De olifant in bron 3 wappert met zijn oren. Hierdoor ontstaat een luchtstroom. In zijn grote oren zitten veel bloedvaten. Warmte gaat vanuit het bloed via de huid naar de luchtstroom. Zo koelt de olifant af.

4 Hijgen

Als jij het erg warm hebt, ga je zweten. Zweet verdampt vanaf je huid. Voor die verdamping gebruik je warmte uit je lichaam: je koelt af.

Veel dieren kunnen geen warmte kwijtraken door zweten. Ze zijn bedekt met haren of veren, waardoor het zweet niet kan verdampen. Die dieren raken hun warmte kwijt door hijgen, zoals de hond in bron 4. Door te hijgen komt er lucht langs de tong. In de tong zitten veel bloedvatjes. Via de bloedvaten geeft de tong veel warmte uit het lichaam af.

20.

Hoe blijft een dier warm?

Op de Noordpool kan het meer dan 40 °C vriezen. Bij zo'n lage temperatuur lopen organismen kans op onderkoeling. De lichaamstemperatuur is dan te laag, waardoor de hartslag en ademhaling niet meer goed gaan. Daarom hebben dieren in koude gebieden allerlei aanpassingen om kou te overleven.

1 Isoleren

Door isolatie houdt een dier de lichaamswarmte beter vast. Isolatie kan door een dikke vacht, verenkleed of vetlaag.

In bron 5 zie je de isolatie van een aantal dieren. Vogels zetten in de winter hun veren op. Honden krijgen in de winter hun wintervacht. Tussen al die veren of haren zit een isolerende luchtlaag. Als de haren nat worden, kan de vacht van een dier niet meer isoleren. Daarom hebben zeehonden en walvissen niets aan een dikke vacht tegen de kou. Zij hebben een dikke vetlaag onder hun huid als isolatie (bron 6).

2 Klein oppervlak

Als jij het koud hebt, trek je je armen en benen in: je maakt jezelf zo klein mogelijk. Dankzij een klein oppervlak verlies je minder warmte.

De egel in bron 7 rolt zich ook op om zijn oppervlak zo klein mogelijk te maken. Dieren in koude gebieden hebben ook een andere bouw. Ze hebben meestal kleine oren en korte stevige poten. Kijk maar eens naar de poolvos in bron g op bladzijde .154. Zo verliezen ze minder warmte.

3 Kou vermijden

De egel in bron 7 en de eekhoorn in bron 8 kruipen in de winter weg.

- De egel eet in de zomer extra veel, zodat hij een vetlaag krijgt. Daarna gaat het dier in winterslaap van de late herfst tot in het voorjaar. Hij leeft dan van zijn vetlaag. Om niet te veel energie nodig te hebben, gebeuren tijdens de winterslaap drie dingen:

- De eekhoorn zorgt voor een reservevoorraad, door op allerlei plekken voedsel te verstoppert. Tijdens de winter gaat de eekhoorn in winterrust. Ook bij de eekhoorn dalen de lichaamstemperatuur, de hartslag en het aantal ademhalingen per minuut. Maar hij slaapt niet de hele tijd. Af en toe wordt hij even wakker om voedsel uit een van de voorraadplaatsen te halen. Dan stijgen zijn temperatuur, hartslag en het aantal ademhalingen (bron 8).

21.

Waarom zien vossen er verschillend uit?

In bron 9 op de volgende bladzijde zie je drie soorten vossen. Ze zien er heel verschillend uit. Elke vos is aangepast aan zijn leefgebied.

- De poolvos is aangepast aan de kou op de Noordpool. Hij is groot met kleine oren en een dikke vacht.

- De woestijnvos is juist aangepast aan de warmte. Woestijnvossen zijn klein met heel grote oren en een dunne vacht.

- De gewone vos is middelgroot. Hij leeft in gematigde streken zoals Nederland. De gewone vos heeft in de zomer een zomervacht en in de winter een wintervacht.

Ook andere diersoorten zijn aangepast aan hun omgeving en zien er daarom niet overal in de wereld hetzelfde uit.

22.

Hoe overleven planten droogte?

In een woestijn is het voor planten moeilijk om water op te nemen en vast te houden. Woestijnplanten hebben allerlei aanpassingen aan de droogte, waardoor zij kunnen overleven.

Water opnemen

In een woestijn valt heel weinig regen. Sommige woestijnplanten hebben heel lange wortels, tot wel 50 meter diep. Diep onder de grond vinden ze water. De meeste woestijnplanten hebben breed vertakte, oppervlakkige wortels. De wortels liggen alleen in de bovenste grondlaag. Bij een bui kunnen ze dan snel water opnemen.

De cactus in bron 10 kan lang zonder regen doordat hij veel water in de stengel kan opslaan.

Verdamping tegengaan

Woestijnplanten hebben aanpassingen om zo weinig mogelijk water te laten verdampen:

- kleine bladeren, soms gevouwen of opgerold, zoals de doorns van de cactus in bron
- een vetlaag op de bladeren, waardoor er minder water uit de huidmondjes verdamppt.
- haren of stekels op de bladeren die zorgen voor een laagje stilstaande lucht. Hierdoor verdamppt de plant minder water.

Boven de poolcirkel is het erg koud, daar leven poolplanten. Vaak is de grond bevroren, waardoor poolplanten geen water uit de grond kunnen halen. Alleen de bovenste laag van de grond is een deel van het jaar ontdooid. De planten kunnen maar weinig water opnemen en de wortels kunnen niet diep de grond in gaan. Hierdoor groeien in het poolgebied geen grote bomen. De wilgen uit de noordelijke gebieden zijn dan ook geen bomen, maar miniplantjes van een paar centimeter hoog. De takken met bladeren kruipen over de grond (bron 11).

Verder hebben poolplanten aanpassingen om zo weinig mogelijk water te verliezen:

- kleine bladeren
- een vetlaag op de bladeren
- de bladeren liggen op de grond, zodat er weinig wind langs de huidmondjes blaast. Zo verdamppt de plant minder water.
- donshaartjes op de bladeren om lucht vast te houden.

23.

Hoe leeft een koudbloedig dier?

Vissen, amfibieën, reptielen en alle ongewervelde dieren zijn koudbloedig (bron 12). Hun lichaam neemt de temperatuur van de omgeving aan. Als het koud is, zijn zij ook koud en als het warm is, zijn ze warm.

De zeeleguaan in bron 12 is zo'n koudbloedig dier. In het diagram is zijn lichaamstemperatuur met de groene lijn aangegeven. Je ziet dat de lichaamstemperatuur stijgt als de temperatuur van zijn omgeving toeneemt.

Bij een warmbloedig dier (de rode lijn) blijft de lichaamstemperatuur constant.

Zeeleguanen leven op het land, maar zoeken hun voedsel in zee. Overdag liggen ze vaak op de rotsen te rusten in de zon (bron 73). Door hun donkere kleur neemt hun lichaam veel warmte op. Als ze zijn opgewarmd, duiken ze het water in op zoek naar voedsel. In het water koelen de zeeleguanen weer af. Als ze kouder worden, gaat hun verbranding langzamer en bewegen ze trager. Na een tijdje moeten ze opnieuw in de zon gaan liggen om weer warm te worden.

24.

Toepassen Pinguïns op de Zuidpool.

Keizerspinguïns leven in grote groepen op de Zuidpool. Ze hebben allerlei aanpassingen om de warmte in hun lichaam vast te houden. Een pinguïn heeft een dik verenkleed. De stilstaande lucht tussen de veren zorgt dat er geen warmte uit het lichaam van de pinguïn kan ontsnappen.

Onder die veren hebben pinguïns een dikke vetlaag. Die vetlaag isoleert ook. Zo hebben pinguïns twee isolerende lagen om hun lichaam heen.

Pinguïns staan vaak in groepen bij elkaar (bron 14). Op die manier koelen ze minder af door de wind. Als een pinguïnvrouwtje een ei legt, geeft ze het ei door aan het mannetje. Het vrouwtje gaat daarna naar zee om voedsel te zoeken. Het mannetje broedt het ei uit. Daarvoor houdt hij het ei op zijn poten en stulpt een huidplooi over het ei. In die huidplooi is het warm. Het uitbroeden van het ei duurt ruim twee maanden. Al die tijd staat het mannetje met het ei op zijn poten. Hij kan niet op zoek naar eten en leeft van zijn vetlaag. Als het ei is uitgebreed, heeft het mannetje vaak meer dan de helft van zijn lichaamsgewicht verloren.

25.

Isa en haar ouders gaan in de zomervakantie naar Brazilië. Drie weken lang zullen ze daar rondtrekken door het tropisch regenwoud. Isa wil graag van alles weten over het regenwoud voordat ze op reis gaat. Wat kom je tegen op expeditie in de tropen?

26.

Weke kleding neem je mee?

De tropen liggen rondom de evenaar. Het is er heel erg heet en vochtig. Isa heeft speciale tropenkleding nodig. Deze kleding heeft lange mouwen en pijpen en is gemaakt van een speciale stof. Deze stof beschermt tegen de zon en tegen insectenbeten. Gewone zomerkleding beschermt onvoldoende. Met blote armen en benen kun je snel een beet van een teek of een mug krijgen. Zo'n beet kan ernstige ziekten veroorzaken, zoals malaria.

27.

Hoe verloopt malaria?

Malaria is een ziekte die veroorzaakt wordt door een parasiet. Dat is een ziekteverwekker die in muggen leeft. De muggen worden zelf niet ziek van de parasiet, maar kunnen hem bij een beet wel doorgeven aan mensen (bron 2). Via het speeksel van een besmette mug komt de malariaparasiet in je bloed (bron 3). De parasiet stroomt met het bloed mee naar de lever. In de levercellen vermenigvuldigt de parasiet zich. Na een of twee weken barsten de levercellen open en komen de parasieten in je bloed. De parasieten kruipen in de rode bloedcellen en maken ze kapot. Je krijgt last van vermoeidheid en hoge koorts.

Omdat er geen vaccin (inenting) tegen malaria bestaat, moet Isa zich goed beschermen.

- Ze slaapt onder een muskietennet. Dat is een net met kleine gaatjes, waar de muggen niet doorheen kunnen.
- Isa smeert zich in met een insectenwerend middel dat de muggen op afstand houdt.
- Ze slikt tijdens en na de reis malariapillen. Deze medicijnen doden de malariaparasiet.

28.

Waardoor is mangrove zo bijzonder?

Isa gaat in Brazilië onder andere op excursie naar mangrovebossen. Deze bossen groeien alleen in de tropen, op de grens van zee en land. De mangrovebomen staan met hun wortels in het water. Planten op het land nemen met hun wortels zuurstof uit de bodem op. Omdat de bomen en struiken in mangrovebossen altijd met hun wortels onder water staan, kunnen hun wortels geen zuurstof opnemen. Sommige mangrovesoorten hebben ademwortels. Je ziet ze in bron 4. De ademwortels komen boven het water uit. De plant kan zo zuurstof opnemen uit de lucht.

29.

Wat leeft er in de mangroven?

Isa heeft op tv een film gezien over de planten en dieren die samenleven in de mangroven, In de bomen leven voornamelijk vogels en apen. In het water zwemmen zeekoeien, zeekrokodillen en zeeschildpadden rond. Tussen de wortels van de mangrovebomen leven zoutwatervissen, weekdieren, krabben en garnalen. Veel vissen leggen er hun eitjes. Dat maakt het gebied aantrekkelijk voor roofdieren, met name roofvissen. Zij jagen op andere vissen, maar ook op krabben. In mangrovebossen is er eb en vloed, net als bij zeeën en oceanen. Het water staat dus afwisselend hoog en laag.

30.

Zijn piranha's echt gevaarlijk?

Tijdens de excursie komt Isa ook op rivieren. Ze hoopt dat ze piranha's tegenkomt (bron 6). Piranha's staan bekend als gevaarlijke, vleesetende roofvissen die met gemak een groot dier of een mens opeten. In werkelijkheid zijn piranha's helemaal niet zo bloeddorstig. Er zijn wel vleesetende piranha's, maar die zijn alleen agressief als er weinig voedsel is. Veel piranhasoorten leven van vis, bladeren, vruchten en zaden. Er zijn zelfs piranha's die alleen maar planten eten.

31.

Hoe weten we dat soorten veranderen?

Sommige soorten die vroeger leefden, bestaan nu niet meer. Denk maar eens aan dinosauriërs. Geen mens heeft ooit een dinosauriër in het echt gezien en toch weten we vrij veel over deze dieren. Dat komt door de vondst van fossielen. Fossielen zijn versteende overblijfselen van dieren of planten (bron 1). Vaak gaat het om overblijfselen van de harde delen zoals botten, tanden, schelpen of hout. Fossielen zitten diep onder de grond. Hoe diep ze begraven liggen, zegt iets over de leeftijd van het fossiel. Sommige fossielen zijn meer dan 500 miljoen jaar oud. De jongste fossielen zijn ongeveer 10 000 jaar oud.

Dankzij fossielen weten we hoe soorten eruit zagen en wanneer ze leefden. Zo ontdekten we ook dat soorten in de loop van miljoenen jaren zijn veranderd, Het paard is daarvan een goed voorbeeld (bron 2). Ongeveer 60 miljoen jaar geleden leefden er al kleine paardjes in de bossen van Noord-Amerika. Ze waren nog geen halve meter hoog en aten vruchten en zachte bladeren. Zo'n 20 miljoen jaar later veranderden de bossen in kale vlaktes, waarop taaie grassen groeiden. De grootste paarden konden de vlaktes het best overzien en het hardst rennen. De paarden met harde ribbels op hun kiezen konden het taaie gras eten. Door de nieuwe omstandigheden ontstond er een nieuw, groter soort paard met plookiezen.

32.

Hoe veranderen soorten?

Iedereen krijgt bij zijn geboorte bepaalde eigenschappen mee van de ouders. Deze eigenschappen zijn erfelijk. Denk maar eens aan de kleur van je huid en van je haar. Erfelijke eigenschappen bepalen voor een groot deel wie jij bent en hoe je eruitziet.

Dat er verschillen zijn tussen mensen komt door variatie in eigenschappen. Jouw klasgenoten kregen andere eigenschappen van hun ouders mee dan jij. Deze variatie komt niet alleen bij mensen voor, maar bij alle soorten. Doordat er variatie is, kunnen soorten in de loop van de tijd veranderen. Hoe dat werkt, zie je bij de groene en bruine kevers in bron 3. Groene en bruine kevers van dezelfde soort leven op zandgrond. In het gebied wonen ook kraaien, die dol zijn op kevers. De groene kevers zijn op het zand goed zichtbaar en worden veel gegeten. De bruine kevers zijn op zandgrond veel minder zichtbaar en zijn dus in het voordeel. Ze worden minder vaak opgegeten en kunnen zich daardoor vaker voortplanten dan de groene kevers. Na verloop van tijd zijn er steeds meer bruine kevers en steeds minder groene kevers. Dit noem je selectie. Selectie kan zo ver gaan dat de groene kevers uiteindelijk helemaal verdwijnen.

33.

Hoe ontstaan nieuwe soorten?

Door selectie kan een soort langzaam veranderen. Dat noem je evolutie. Evolutie zorgt ervoor dat er nieuwe soorten ontstaan.

Op de Galapagoseilanden wonen verschillende soorten reuzenschildpadden, die ooit zijn ontstaan uit één soort schildpad (bron 4). De schildpad op de bovenste foto heeft een bolvormig schild en een korte nek. Hij eet gras en andere kleine planten die in zijn omgeving groeien. De schildpad op de onderste foto heeft een zadelvormig schild en een lange nek. Hij kan daardoor blaadjes van struiken eten. Ze zijn allebei aangepast aan hun eigen leefomgeving.

Evolutie kan miljoenen jaren duren, maar als een eigenschap gunstig is, kan een nieuwe soort in tienduizenden jaren ontstaan.

Nectar H12 2vmb; n=33

Nectar H13 2-3 vwo; n=40

34.

Darmen zitten 'opgevouwen' in je buik. Bij dieren is dat net zo. Als je ze helemaal uitvouwt, ontdek je hoe lang darmen zijn. De twaalf meter lange potvis heeft van alle dieren de langste darmen.

Hoe lang zijn de darmen van een potvis denk je?

35.

Hoe kauwen dieren?

Jij kauwt een hap brood in ongeveer tien seconden weg. Een hond kauwt nog geen seconde op zijn eten en een

koekoek kauwt wel vijf minuten voor zij een hap gras doorslikt. Die verschillen komen door wat ze eten.

1 Koeien en andere planteneters eten plantaardig voedsel. Dit voedsel is moeilijk fijn te krijgen doordat rondom plantencellen taaie celwanden zitten. Je ziet de cellen in bron 2. Planteneters malen het voedsel met plooikiezen (bron 4, nummer 1) Deze kiezen

hebben harde richels (plooien) op het kauwvlak. Die richels lopen dwars op de kauwrichting. Het voedsel wordt zo goed fijn gemalen. doordat ze celwanden hebben.

2 Honden en andere vleeseters eten dierlijk voedsel. Vlees bestaat uit dierlijke cellen zonder celwanden, daardoor is het gemakkelijk fijn te maken (bron 3). Vleeseters hebben grote scherpe hoektanden en knipkiezen (bron 4.2). Met de hoektanden doden en verscheuren vleeseters hun prooi.

De knipkiezen werken als een schaar en knippen het vlees in stukjes. Vleeseters slikken de stukjes vlees zonder te kauwen door.

3 Varkens en mensen eten plantaardig en dierlijk voedsel. Zij heten daarom alleseters. Alleseters hebben knobbelkiezen (bron 4.3). Deze kiezen kunnen het voedsel goed pletten en malen. De snij- en hoektanden bijten het eten af.

36.

Waardoor zijn katten slanker dan koeien?

Vergeleken met een koe, is een kat slank. Ook dat komt door het verschil in voedsel.

Plantaardig voedsel is door de taaie celwanden moeilijk te verteren. Verteren lukt alleen als het voedsel lang in het verteringsstelsel zit. Veel planteneters, zoals de koe in bron 5, hebben daarvoor meerdere magen. Bij de koe komt het voedsel eerst in de pens. In de pens leven bacteriën die helpen bij het verteren van celwanden. Koeien besteden een groot deel van de dag aan het herkauwen van hun voedsel: ballen gras komen vanuit de pens terug in de bek. De koe kauwt het gras dan nog een keer. Na drie á vier keer herkauwen gaat het voedsel pas naar de volgende maag. Als het voedsel in alle vier de magen bewerkt is, komt het in de darmen. Hier leven ook bacteriën die meehelpen met de vertering van het voedsel.

Het verteringsstelsel van een koe is wel twintig keer zo lang als het lichaam. De buik is zo dik, doordat de magen en de lange darmen erin 'gepropt' zitten.

Vlees is makkelijker verteerbaar dan plantaardig voedsel. Vleeseters hebben maar één maag en korte darmen. De buik is hierdoor dunner. Het verteringsstelsel van een kat is vier keer zo lang als het lichaam (bron 6). De lengte van het verteringsstelsel van alleseters zit tussen die van planteneters en vleeseters in. Bij de mens is de lengte van het verteringsstelsel ongeveer vijf keer zo groot als de lichaamslengte (bron 7).

37.

Wanneer heeft een dier genoeg te eten?

Vleeseters moeten meer moeite doen om aan voedsel te komen dan planteneters. Het voedsel van een planteneter loopt niet weg. Een konijn leeft tussen zijn eten. Een vleesetende vos moet zijn voedsel, bijvoorbeeld konijnen, eerst te pakken zien te krijgen. Het aantal konijnen wisselt bovendien. Loopt het aantal konijnen terug, dan komen er ook minder vossen: ze sterven, krijgen minder jongen of trekken weg. Dieren kunnen alleen ergens leven als ze voldoende energie via hun voedsel binnenkrijgen. Die energie hebben ze nodig om te bewegen, om warm te blijven en om nieuwe cellen te maken.

In een energiebalans kun je zien hoeveel energie een dier binnenkrijgt en waaraan het dier de energie besteedt (bron 8). De energie (E) uit het voedsel staat aan de ene kant van de balans. Aan de andere kant staat waarvoor het dier energie gebruikt:

- B om te bewegen
- T om het lichaam op temperatuur te houden
- P voor het produceren (maken) van nieuwe cellen
- U voor wat het lichaam uitgaat (poep, urine, zweet)

Planteneters verliezen meer energie via hun poep (U) dan vleeseters, doordat er meer onverteerbare stoffen in hun voedsel zitten. Een planteneter moet daarom veel eten. Zoogdieren en vogels hebben een constante (hoge) lichaamstemperatuur. Warm blijven (T) kost hen veel energie, vooral als het koud is.

38.

Hoe 'eten' planten?

Een plant heeft geen mond en verteringsstelsel, maar heeft wel voedingsstoffen nodig. Hoe planten aan die voedingsstoffen komen, staat in bron 9.

Met hun wortels zuigen planten water en mineralen op uit de bodem. Met hun bladeren halen ze via de huidmondjes koolstofdioxide uit de lucht. Van die stoffen maken de planten de voedingsstoffen. Het begint met het maken van glucose door de fotosynthese (bron 9). Fotosynthese vindt plaats in de bladgroenkorrels in de cellen.

Planten maken van glucose en met behulp van mineralen andere voedingsstoffen. Dit zijn:

- Zetmeel is reservevoedsel voor planten. Planten slaan zetmeel vooral op in wortels, knollen, bollen en zaden. Dankzij zetmeel kunnen planten de winter doorkomen en in het voorjaar snel uitlopen. Aardappelen en tulpenbollen zitten vol met zetmeel.
- Vetten zijn ook reservevoedsel. Ze worden vaak opgeslagen in zaden, zoals pinda's en zonnebloempitten. Mensen maken daar gebruik van door olie uit de zaden te persen.
- Eiwitten zijn bouwstoffen. Planten hebben eiwitten nodig voor de groei. Om eiwitten te kunnen maken, heeft een plant niet alleen glucose maar ook mineralen (meststoffen) nodig.
- Vitaminen zijn beschermende stoffen. Planten hebben, net als mensen, deze beschermende stoffen nodig om levensprocessen goed te laten verlopen.

39.

Hoe eten eencellige organismen?

Amoeben, pantoffeldiertjes en andere eencellige dieren hebben geen bek of huidmondjes (bron 70). Deze dieren leven vooral in water en eten onder andere algen. Om te eten vouwen ze een deel van het celmembraan om een eencellige plantje en nemen het zo in de cel op. Dat noem je endocytose (bron n, tekening i), dat betekent letterlijk in (endo) de cel (cyto). De gevangen alg wordt vervolgens in de cel verteerd.

Een eencellig dier kan onverteerde resten of andere grote stoffen afgeven door ze te verpakken in een blaasje. Het blaasje vloeit samen met het celmembraan en de inhoud gaat naar buiten: exocytose (bron 11, tekening 2).

Naast algen en onverteerbare resten wisselt een eencellig ook andere stoffen uit met zijn omgeving. Zuurstof en koolstofdioxide passeren het celmembraan 'vanzelf', het kost de cel geen energie. Dat heet diffusie. Diffusie treedt op als er binnen en buiten de cel een concentratieverschil is. De stof gaat door het

celmembraan van de plaats met een hoge concentratie naar een plaats met een lage concentratie van de stof. Als het eencellige dier zuurstof verbruikt, stroomt er dus vanzelf zuurstof de cel in (bron 12). Water gaat via osmose (paragraaf 9.5) de cel in of uit. Osmose kost de cel ook geen energie. Bij osmose verplaatst water zich van een plek met een lage concentratie opgeloste stoffen naar een plek met een hoge concentratie opgeloste stoffen. De opgeloste stoffen kunnen het celmembraan namelijk niet passeren.

Omdat diffusie en osmose de cel geen energie kost, noem je het passief transport (bron 12).

In het celmembraan zitten ook kanalen die grote moleculen naar binnen of naar buiten kunnen brengen. Via zo'n kanaal kan een glucosemolecuul bijvoorbeeld een cel in. Dit kost de cel energie. Je noemt het daarom actief transport (bron 12).

40.

Hoe voorkomen organismen dat ze opgegeten worden?

Om te overleven moeten organismen niet alleen eten, maar ook voorkomen dat ze zelf opgegeten worden. Dieren die gegeten worden, zijn prooidieren. Er zijn verschillende manieren waarop prooidieren proberen te voorkomen dat ze opgegeten worden:

1 Plantenetters, zoals konijnen en antilopen, hebben vaak grote oren en de ogen zitten aan de zijkant van de kop. Daardoor kunnen ze predatoren (roofdieren), die op hen jagen snel waarnemen. Prooidieren kunnen vaak ook goed vluchten. Konijnen sprinten naar een ingang van hun hol, antilopen springen en maken scherpe bochten tijdens hun snelle vlucht.

2 Sommige prooidieren misleiden hun vijand door niet op te vallen in hun omgeving. Dat noem je camouflage. Die dieren lijken dan bijvoorbeeld op een tak of blad. Sommige vlinders hebben hetzelfde vlekkenpatroon als de boomschors waar ze op zitten (bron 73). Een vogel moet wel erg goed zoeken naar zo'n lekker hapje.

3 Een andere misleiding is het afschrikken van roofdieren. De prooidieren lijken dan bijvoorbeeld op een ander dier dat gevaarlijk is. Dit 'lijken op een ander' heet mimicry. Sommige zweefvliegen lijken op wespen (bron 14). Vogels die eenmaal weten dat wespen kunnen steken, eten nooit weer een wesp. Geel met zwart betekent voor hen: gevaar! Door op een wesp te lijken, heeft een zweefvlieg een grote kans om niet opgegeten te worden.

Planten kunnen niet vluchten, maar ook zij voorkomen dat ze opgegeten worden. Rozen en bramen hebben scherpe doorns, waaraan dieren (en mensen) zich kunnen prikken. Sommige planten, bijvoorbeeld paardenbloemen, maken bittere stoffen, waardoor dieren ze niet lusten. Brandnetels hebben brandharen, je ziet ze in bron 75. Als zo'n haar in je huid prikt, breekt de punt af en komt er een zuur vrij. Dat zuur veroorzaakt een brandende pijn. Als je jezelf weleens hebt 'gebrand' aan brandnetels kijk je in het vervolg we? uit. De meeste dieren laten brandnetels dan ook staan.

41.

Kan een roofdier vegetarisch eten?

Roofdieren zijn vleeseters of alleseters. Hun

lichaamsbouw past bij hun leefwijze. Soms moet een dier genoeg nemen met het voedsel dat beschikbaar is. Dat dit gevolgen heeft, lees je in het artikel over de panda

42.

De reuzenpanda: gedoemd om uit te sterven

In de berggebieden van Centraal-China leven nog zo'n 1800 reuzenpanda's in het wild. Het aantal panda's en hun verspreidingsgebied is onder andere vastgesteld door het DNA in achtergelaten poep te analyseren. Het lichaam van de reuzenpanda heeft de bouw van

een vleeseter. Dat blijkt uit het gebit, uit de lengte van het verteringskanaal en zelfs uit de darmflora van het dier. Het dieet van de panda bestaat echter voor 99% uit bamboe. Zo'n 14 uur per dag eet het dier de slecht verteerbare en voedingsstofarme bladeren en

stengels. Uit het voedsel haalt de panda voldoende energie om in leven te blijven, maar voor een actief leven krijgt hij te weinig binnen.

Het trage gedrag van een panda wordt ook veroorzaakt door een traag werkende schildklier. Hierdoor is de hoeveelheid schildklierhormoon in het bloed klein en staat de stofwisseling in de cellen op een laag pitje.

Panda's slaan te weinig vetreserves op om een winterslaap te kunnen houden. Waar andere beren hun jongen zogen tijdens de winterslaap, moet het pandavrouwtje haar jong regelmatig enkele uren in het hol achterlaten om zelf voldoende voedsel binnen te krijgen.

Al met al is het bijzonder dat er nog panda's in leven zijn. Misschien is de dierentuin binnenkort de enige biotoop waarin nog panda's voorkomen.

43.

Toepassen Kerkuilen en muizen

Kerkuilen (bron 16) eten per dag zo'n anderhalf keer hun eigen Lichaamsgewicht aan muizen. De uilen verslinden hun prooien met huid en haar. Wat ze niet kunnen verteren, spugen ze later weer uit in de vorm van een braakbal. Aan de botjes in zo'n bal kun je zien wat de uil gegeten heeft.

Het aantal muizen varieert van jaar tot jaar. Vaak is er bij veldmuizen een cyclus van drie jaar: een jaar met weinig, een jaar met gemiddeld en een jaar met veel veldmuizen. Kerkuilen merken dat bij het zoeken naar voedsel. In jaren met weinig muizen sterven er meer kerkuilen en kunnen ze minder jongen grootbrengen.

Kerkuilen leggen vaak zes eieren, elke twee dagen één. Het vrouwtje begint meteen na het leggen van het eerste ei met broeden. Het eerste jong komt dan ook twee dagen eerder uit het ei dan het eerstvolgende broertje of zusje.

De eerste dagen heeft dit jong het goed: nog geen concurrentie van de andere jongen. Tegen de tijd dat alle eieren uitgekomen zijn, is het in muisarme jaren moeilijk om alle jongen genoeg te eten te geven. Dan zullen alleen de sterkste jongen uitvliegen.

44.

Alle dieren hebben zuurstof nodig voor de verbranding van brandstof in hun cellen. Veel dieren hebben voor de zuurstofopname speciale organen zoals longen of kieuwen. Waar zitten de ademhalingsorganen van een wesp?

45.

Hoe ademt een insect?

Insecten hebben, net als mensen, zuurstof nodig voor de verbranding. Insecten ademen anders dan wij.

Bij een stilzittende wesp (bron i) zie je het achterlijf groter en kleiner worden. Dat is zijn ademhaling. De ademhalingsorganen van insecten bestaan uit sterk vertakte buizen met lucht: de tracheeën. De tracheeën zitten in het hele lijf en ook in de poten en de vleugels (bron 2). Aan de zijkanten van het lijf zitten kleine gaatjes: de stigmata (enkelvoud: stigma). Door de stigmata komt lucht in de tracheeën. De tracheeën zijn fijn vertakt. Zo kan zuurstof (O₂) uit de lucht bij alle cellen komen en kan koolstofdioxide (CO₂) uit de cellen naar buiten.

De stoffen stromen via diffusie van een plek met een hoge concentratie naar een plek met een lage concentratie, totdat de concentratie op beide plekken gelijk is. Hoe groter het verschil in concentratie, hoe sneller de diffusie gaat.

- Doordat de cellen van een insect zuurstof verbruiken, gaat zuurstof vanuit de lucht de cellen in (bron 3).

- in de cellen ontstaat koolstofdioxide. Dit gaat door diffusie naar de lucht in de tracheeën.

Door het achterlijf langer en korter te maken, pompt een insect afwisselend lucht met zuurstof in de tracheeën en lucht koolstofdioxide naar buiten. Het ademen gaat als volgt.

1 Spieren trekken samen, waardoor het achterlijf korter wordt. De tracheeën worden hierdoor nauwer en de lucht wordt via de stigmata naar buiten geperst.

2 Als de spieren ontspannen, wordt het achterlijf weer langer. De tracheeën worden dan wijder en de lucht stroomt via de stigmata naar binnen.

46.

Hoe haalt een vis zuurstof uit het water?

Vissen nemen met kieuwen zuurstof uit het water op, dat zie je in bron 4. Een vis heeft aan beide zijden een kieuwholte, die afgesloten en geopend kan worden door een kieuwdeksel. In een kieuwholte zitten meestal vier kieuwen. Elke kieuw bestaat uit een kieuwboog met daaraan een dubbele rij kieuwplaatjes. De kieuwplaatjes bestaan uit lamellen, dat zijn nog dunnere plaatjes waarin veel haarvaten zitten.

Een vis laat steeds vers water langs de kieuwplaatjes stromen. Dat gaat zo:

1 De vis opent zijn bek en neemt een hap water. De kieuwdeksels zijn dan dicht.

2 De vis sluit zijn bek, de kieuwdeksels gaan open. Het water wordt langs de kieuwplaatjes naar buiten geperst.

De wanden van de lamellen zijn heel dun. Door die wanden vindt gaswisseling plaats.

- Doordat het zuurstofgehalte van het water veel hoger is dan dat van het bloed, vindt in de kieuwplaatjes diffusie plaats. Zuurstof gaat vanuit het water naar het bloed.

- In het bloed dat door de kieuwen stroomt, zit een hoge concentratie koolstofdioxide. De concentratie koolstofdioxide van het water dat langs de kieuwen stroomt, is juist laag. Door diffusie gaat koolstofdioxide van het bloed naar het water.

Het zuurstofarme bloed in de haarvaten van de lamellen stroomt tegengesteld aan het zuurstofrijkere water dat aan de buitenkant van de lamellen stroomt. Daardoor is

- steeds een concentratieverschil en gaat veel zuurstof

vanuit het water het bloed in. Door dit tegenstroomprincipe verloopt de gaswisseling beter dan wanneer bloed en water in dezelfde richting zouden stromen (bron 5).

47.

Hoe komen planten aan zuurstof?

Planten hebben, net als dieren, zuurstof nodig voor de verbranding van glucose. De energie die daarbij beschikbaar komt, gebruiken ze om nieuwe cellen te maken en voor de processen die in plantencellen plaatsvinden.

Planten maken zelf zuurstof door fotosynthese. In bron 6 zie je de fotosynthese en de verbranding in planten. Planten verbruiken maar een klein deel van de zuurstof die bij de fotosynthese ontstaat (de dunne rode pijl). De rest gaat door de huidmondjes naar buiten (de dikke rode PO).

Planten wisselen gassen met hun omgeving uit via gaswisseling. Ze hebben geen ademhalingsorganen zoals veel dieren, maar zijn helemaal aangewezen op de diffusie van gassen door de huidmondjes van de bladeren (bron 7). De gaswisseling van planten hangt af van hoeveel licht er is.

1 In het licht

De groene bladcellen maken overdag veel zuurstof. De zuurstofconcentratie in het blad is daardoor hoog; hoger dan in de omringende lucht. Door diffusie gaat zuurstof via de huidmondjes het blad uit. De bladcellen gebruiken overdag koolstofdioxide voor de fotosynthese. De concentratie van koolstofdioxide in het blad is daardoor lager dan buiten het blad: door diffusie gaat koolstofdioxide dan het blad in.

2 in het donker

's Nachts is dat anders. In het donker is er geen fotosynthese in de plantencellen, maar de verbranding gaat dan wel door. Als het donker is, zijn de huidmondjes vaak dicht. De plant gebruikt voor de verbranding dan de zuurstof die in de holtes tussen de cellen zit.

48.

Hebben alle organismen zuurstof nodig?

Sommige bacteriesoorten gebruiken nooit zuurstof. Deze bacteriën breken koolhydraten af zonder dat ze daar zuurstof voor nodig hebben. Twee voorbeelden zijn de bacteriën in je darmen en rottingsbacteriën.

1 De bacteriën van je darmflora leven in je darmen van onverteerde voedingsstoffen. Ze produceren daarbij methaangas en stinkende gassen.

2 Rottingsbacteriën komen onder andere voor in de zuurstofloze bodem van een moddersloot. Ze leven van de dode resten van planten en dieren. Rottingsbacteriën maken methaangas en stinkende gassen. Als je in de bodem van zo'n sloot roert, komen deze gassen naar boven.

Er zijn ook organismen die zowel in een omgeving met als in een omgeving zonder zuurstof kunnen leven. Gisten zijn daarvan een voorbeeld. Gisten zijn eencellige schimmels. Je ziet ze in bron 8 onder de microscoop.

- In een omgeving met zuurstof verbranden de gistcellen glucose om aan energie te komen.
- In een omgeving zonder zuurstof breken de gistcellen glucose af tot alcohol en koolstofdioxide. Dit proces heet alcoholische gisting:

glucose → alcohol + koolstofdioxide + energie

Je kunt gist onder andere gebruiken om wijn of bier te maken (bron 9). Als je een waterslot boven op de fles doet, kan het koolstofdioxide dat bij de gisting ontstaat ontsnappen, maar voorkom je dat lucht met zuurstof in de fles komt. Door gebrek aan zuurstof wordt de gist 'gedwongen' om alcohol te maken.

Melkzuurbacteriën leven in een omgeving zonder zuurstof. Als je melkzuurbacteriën aan melk toevoegt, krijg je yoghurt. Melkzuurbacteriën zetten suikers in de melk om in melkzuur (bron 10). Dat doen ze zonder zuurstof te gebruiken. Dit proces noem je melkzuurgisting:

suiker → melkzuur + energie

49.

Toepassen Leven in het hooggebergte

In het Andesgebergte in Peru leeft een volk op 5340 meter hoogte. Dit is de hoogste plek op aarde waar mensen kunnen wonen. Op nog grotere hoogte is de lucht te ijl, dat betekent dat de lucht te weinig zuurstof bevat.

Mensen die hoog in de bergen wonen, zijn aangepast aan het lage zuurstofgehalte van de lucht. In hun longen past meer lucht en in hun bloed zitten meer rode bloedcellen om zuurstof te vervoeren.

Bergbeklimmers in het Himalayagebergte nemen een zuurstoffles mee. Indische ganzen die tijdens de trek over de Himalaya vliegen, hebben geen zuurstofflessen. Op een hoogte van negen tot tien kilometer bevat de lucht nog maar een derde deel van het zuurstofgehalte van lucht op zeeniveau. Doordat de ganzen in hun rode bloedcellen een soort hemoglobine hebben dat zuurstof extra goed bindt, kunnen zij op deze extreme hoogte vliegen.

In bron 11 zie je een andere bewoner van de Himalaya: de jak. Dat is een groot rund met lange zwarte haren en grote hoorns. De jak is aangepast aan de kou en de ijle lucht van het hooggebergte. De vacht is dicht en langharig en zijn longen zijn wel twee keer zo groot als die van een gewone koe. Hij heeft bovendien een extra wijde luchtpijp, waardoor hij in één ademhaling veel lucht kan inademen.

Tamme jaks leveren de mensen wol, melk, vlees en mest. De mest wordt gedroogd en gebruikt als brandstof. Van de wol worden kleren en tenten gemaakt. Jaks zijn ook heel geschikt als vervoermiddel in de bergen. Zij kunnen beter klimmen dan mensen en zware lasten dragen.

50.

Je hebt vast wel eens een mug doodgeslagen. Je ziet dan dat ook een mug bloed heeft. Welke kleur heeft het bloed van muggen en andere insecten?

51.

Het ademhalingsstelsel van insecten bestaat uit tracheeën, die zich naar alle cellen van het lichaam vertakken (paragraaf '13,2). De tracheeën zorgen voor vervoer van lucht met zuurstof naar alle cellen en van lucht met koolstofdioxide van alle cellen naar buiten.

Het bloed van insecten vervoert geen zuurstof en koolstofdioxide. Het bloed bevat dan ook geen hemoglobine, de rode bloedkleurstof waaraan zuurstof hecht (paragraaf 8.3). Het bloed van insecten vervoert wel de voedingsstoffen en de afvalstoffen van alle cellen.

In bron 2 en 3 zie je het bloedvatenstelsel van een insect. Dit bloedvatenstelsel bestaat uit slechts één bloedvat en een hart. Het langgerekte hart zit in het achterlijf en bestaat uit een aantal kamers. Als alle hartkamers samentrekken, stroomt het bloed van achter naar voren. In de kop gaat het bloed uit het bloedvat en stroomt vrij door het lichaam. Je noemt het bloedvatenstelsel van een insect daarom een open bloedsomloop. Via openingen in het hart komt het bloed terug in het bloedvatenstelsel.

52.

Hoe gaat het transport van stoffen in een vis?

In de bloedsomloop van een vis (bron 4) stroomt het bloed ZO:

- Het hart pompt het bloed naar de kieuwen.
- In de kieuwen gaat zuurstof vanuit het water in het bloed.
- Het zuurstofrijke bloed stroomt vanaf de kieuwen naar alle andere organen. Daar gaat zuurstof vanuit het bloed naar de cellen.
- Vanuit het verteringsstelsel komen voedingsstoffen in het bloed.

Doordat de bloeddruk in de haarvaten van de kieuwen al flink gedaald is, stroomt het bloed maar langzaam naar en door de andere organen. Hierdoor krijgen de cellen niet zo veel zuurstof en voedingsstoffen.

Het bloed stroomt bij vissen steeds in bloedvaten, daarom heet de bloedsomloop een gesloten bloedsomloop.

Per rondgang door het lichaam stroomt het bloed maar één keer door het hart. Dat noem je een enkelvoudige bloedsomloop.

Mensen en andere zoogdieren hebben, net als vissen, een gesloten bloedsomloop. Het bloed stroomt echter, nadat het zuurstof in de longen opgenomen heeft, weer naar het hart. Daardoor kan het zuurstofrijke bloed met grote druk naar de organen gepompt worden (bron 5). Mensen en andere zoogdieren hebben een dubbele bloedsomloop.

In bron 6 zie je, heel schematisch, de bloedsomlopen van een insect, een vis en een zoogdier.

53.

Hoe stromen stoffen door een plant?

Planten nemen met hun wortels water en mineralen op. In hun bladeren maken ze voedingsstoffen. Via vaten, die bij elkaar liggen in vaatbundels, komen deze stoffen overal in de plant terecht (bron 7). Vaatbundels beginnen in de wortels en lopen door tot in de bladnerven en bloemen. De vaatbundels bestaan uit twee soorten vaten: houtvaten en bastvaten (bron 8). In de stengels van veel plantensoorten liggen de

vaatbundels in een cirkel: de houtvaten liggen aan de binnenkant, de bastvaten aan de buitenkant.

De houtvaten zijn helemaal gevuld met water en opgeloste mineralen. Dit water stroomt omhoog naar de bladeren, tegen de zwaartekracht in. Dit gebeurt dankzij drie krachten:

1 De bladeren zuigen aan het water, zoals je met een rietje de ranja opzuigt. Bij bladeren wordt de zuigkracht veroorzaakt door het verdampen van water uit de huidmondjes (bron 7). Water dat verdampt, wordt vanuit de houtvaten weer aangevuld.

2 De wortels nemen water en mineralen op uit de bodem. Er komt zo veel water in de houtvaten dat het omhoog gedrukt wordt. Dit noem je worteldruk.

3 Water kruipt in een nauw buisje vanzelf een beetje omhoog, doordat het water aan de wanden van het buisje 'kleeft'. Dunne buisjes heten capillairen. Het omhoog kruipen van water in dunne houtvaten, noem je capillaire werking.

Door de bastvaten stroomt water met glucose en andere voedingsstoffen, die door de bladcellen zijn gemaakt. Een deel van de stoffen gaat omlaag richting de wortels. De plant kan deze stoffen gebruiken om energie uit te halen of opslaan als reservestof. Een ander deel van de stoffen gaat door bastvaten omhoog. Deze stoffen gebruikt de plant om bloemen te ontwikkelen of om lekkere zoete vruchten te maken. Bij bomen groeien de vaatbundels uit tot een gesloten ring. De houtvaten zitten aan de binnenkant. Je ziet dat de stam voor het grootste deel uit hout bestaat (bron 9). De bastvaten liggen aan de buitenkant van de stam, direct onder de schors.

54.

Toepassen Hartkloppingen

Je hart is ongeveer zo groot als je vuist. Het hart van een spitsmuis is veel kleiner, dat van een blauwe vinvis veel groter. Hoe groter het dier, hoe groter het hart (bron 70).

Blauwe vinvissen zijn de grootste zoogdieren. Ze worden 30 meter lang. Er is een heel krachtig hart nodig om het bloed tot in het puntje van de staart te pompen. Het hart van de blauwe vinvis is dan ook zo groot als een kleine auto. Het weegt

500 kilogram. Zo'n groot hart kan niet erg snel pompen. De hartslag van de blauwe vinvis is ongeveer 7 slagen per minuut. Het bloed komt vanuit het hart in de aorta. Die aorta is 30 cm in doorsnee. Dat is zo groot dat je er bijna doorheen kunt kruipen!

Hoe kleiner het dier, hoe sneller de hartslag. Kleine dieren als cavia's en konijnen hebben een hartslag van 200 slagen per minuut in rust.

Het kleinste zoogdier, een spitsmuis, heeft een hartslag van 800 slagen per minuut als hij stilzit. Als hij rent kan dit oplopen tot wel 1300 slagen per minuut. Zo'n hart gaat gemiddeld minder lang mee dan een hart dat het rustig aan kan doen. Elk hart slaat gemiddeld een miljard keer.

55.

De woestijnspringmuis zit overdag in een afgesloten hol en komt alleen 's nachts naar buiten. Op zijn lange achterpoten hipt hij over het woestijnzand op zoek naar voedsel: zaden, wortels en bladeren. Waarom zal het dier 's nachts zijn eten zoeken?

56.

Waardoor kunnen dieren tegen kou?

Vogels en zoogdieren zijn warmbloedige dieren. Dat betekent dat hun lichaamstemperatuur rond een bepaalde waarde schommelt en dus min of meer constant is. De dieren hebben aanpassingen in hun lichaamsbouw of hun gedrag om niet te veel af te koelen of op te warmen. Zo hebben veel zoogdieren een vacht die bestaat uit haren en is de huid van vogels bedekt met veren. Tussen de haren en de veren zit een laag lucht. Stilstaande lucht houdt de lichaamswarmte goed vast. Dat noem je isoleren. Bij zoogdieren die in water leven, zoals zeehonden en walvissen, zit er geen lucht tussen de haren. Zij hebben vaak vettige haren om het water van hun huid weg te houden, want water isoleert niet. Zeehonden en walvissen hebben een dikke laag vet onder hun huid (bron 2). Het vet doet hetzelfde als stilstaande lucht, het isoleert.

Als het in de herfst kouder wordt, krijgen landzoogdieren een dikkere vacht, zeehonden en walvissen een dikkere vetlaag en vogels een dikker verenkleed. Vogels kunnen ook hun veren opzetten (bron 3). Dan is de luchtlaag tussen de veren groter. Door al deze veranderingen neemt de isolatie toe.

Ook verbranden dieren als het kouder wordt veel energierijke stoffen om warm te blijven. Hierdoor vermageren ze tijdens de winter. Ook verbranden dieren als het kouder wordt veel energierijke stoffen om warm te blijven. Hierdoor vermageren ze tijdens de winter.

Sommige diersoorten hebben speciaal gedrag om de kou te overleven.

1 Winterrust

Een eekhoorn verstopt een voedselvoorraad en gaat in winterrust. Er veranderen drie dingen.

- De lichaamstemperatuur daalt (bron 4).
- De hartslagfrequentie daalt. Het hart klopt dan dus minder vaak.
- De ademfrequentie daalt ook.

Door deze veranderingen verbruikt een eekhoorn in de winter minder energie. De eekhoorn in winterrust slaapt niet voortdurend. Af en toe wordt hij wakker en haalt voedsel uit een van zijn voorraden. Op zo'n moment stijgen zijn lichaamstemperatuur, zijn hartslagfrequentie en zijn ademfrequentie weer.

2 Winterslaap

Een egel legt een reservevoorraad vet in zijn lichaam aan door in de zomer en herfst veel te eten. De egel

gaat daarna in winterslaap. Hij slaapt van de late herfst tot in het voorjaar en wordt niet meer wakker. In deze periode leeft het beestje op zijn vetlaag. Ook bij een winterslaap dalen de lichaamstemperatuur, de hartslagfrequentie en de ademfrequentie (bron 5). Daardoor heeft de egel in de winter genoeg aan zijn vetlaag om te overleven.

57.

Waardoor kunnen dieren tegen warmte?

Als het in de lente warmer wordt, verandert het lichaam van dieren weer. Ze krijgen een dunnere vacht, vetlaag of verenkleed. Zo verliezen ze makkelijker warmte.

Is dat in de zomerhitte niet genoeg, dan kunnen dieren (net als mensen) ook warmte kwijtraken via bloedvaten in hun huid. Warmte wordt vanuit het bloed aan de lucht afgegeven. Als het waait, kan een dier meer warmte afgeven. Wind is een voortdurende luchtstroom. Er komt dan steeds weer nieuwe lucht die warmte op kan nemen. Soms maakt een dier zelf een luchtstroom. Olifanten doen dit door met hun oren te wapperen. Doordat er veel bloedvaten in hun oren zitten, koelen ze op deze manier snel af.

Als jij het erg warm hebt, ga je zweten. Zweet verdampt vanaf je huid, daardoor koel je af. Veel dieren kunnen geen warmte kwijtraken door zweten. Door haren of veren kan zweet niet verdampen.

Dieren met een vacht of veren raken op een andere manier warmte kwijt. Dat doen ze door hijgen, zoals de hond in bron 6. Er komt dan veel lucht langs de tong. In de tong zitten veel bloedvaatjes. Daardoor geeft de tong veel warmte uit het lichaam af. Er verdampt ook speeksel, waardoor de tong afkoelt.

Er is nog een manier waarop dieren warmte via de huid kwijtraken. Honden gaan vaak op koele tegels liggen als ze het erg warm hebben. Door contact met een koud oppervlak geven ze de warmte aan dat oppervlak af. Een woestijnspring muis kruipt overdag in een koel hol en is vooral 's nachts actief. Door de koelere omgeving en door minder actief te zijn, voorkomt de springmuis dat hij te warm wordt.

58.

Waardoor koelt een klein dier snel af?

Meestal is een warmbloedig dier warmer dan zijn omgeving. Daardoor verliest het dier warmte via zijn huid: zijn lichaamsoppervlak. De grootte van dat lichaamsoppervlak bepaalt de snelheid van afkoelen.

In bron 7 zie je een kleine en een grote hond.

Is

- De kleine hond kun je vergelijken met één kubus. Alle zes vlakken van de kubus grenzen aan de buitenkant, het 'dier' heeft dus zes vlakken lichaamsoppervlak. Daarlangs koelt het dier af.
- De grote hond kun je vergelijken met acht kubussen. Maar 24 van de in totaal 48 vlakken grenzen aan de buitenkant. De rest zit binnenin. De grote hond heeft dus een klein lichaamsoppervlak ten opzichte van de inhoud van zijn lichaam.

De poolvos in bron 8 is een stuk groter dan de woestijnvos. Bij de poolvos zijn er daardoor veel meer cellen binnenin het lichaam en minder aan de buitenkant dan bij de woestijnvos. Hierdoor koelt de poolvos minder snel af dan een woestijnvos. Naast een groot lichaam heeft de poolvos kleinere oorschelpen en kortere poten dan de woestijnvos. Hierdoor is het lichaamsoppervlak zo klein mogelijk. Ook heeft hij een dikkere vacht en behaarde voetzolen, waardoor hij beter geïsoleerd is. De poolvos is door zijn bouw goed aangepast aan extreem koude omstandigheden.

59.

Hoe leeft een koudbloedig dier?

Vissen, amfibieën, reptielen en alle ongewervelde dieren zijn koudbloedig (bron 9). Hun lichaam neemt de temperatuur van de omgeving aan. Als het koud is, zijn zij ook koud en als het warm is, zijn ze warm.

De zeeleguaan in bron 70 is zo'n koudbloedig dier. Dat zie je aan de groene lijn in het diagram van bron 10. Zeeleguanen leven op het land, maar zoeken hun voedsel in zee. Overdag liggen ze vaak op de rotsen te rusten in de zon. Door hun donkere kleur neemt hun lichaam veel warmte op. Als ze zijn opgewarmd, duiken ze het water in op zoek naar voedsel. In het water koelen de zeeleguanen weer af. Als ze kouder worden, gaat hun verbranding langzamer en bewegen ze trager. Na een tijdje moeten ze opnieuw in de zon gaan liggen om weer warm te worden.

60.

Hoe overleven planten droogte?

In een woestijn is het soms heel warm en soms heel koud en er is weinig water. Het regent er weinig en de bodem kan het water niet vasthouden.

De wortels van veel woestijnplanten kunnen bij regen snel water opnemen doordat ze een uitgebreid wortelstelsel vlak onder de oppervlakte hebben. Er zijn ook planten die heel lange wortels hebben zodat ze water op grote diepte op kunnen nemen (bron 11). Woestijnplanten gaan heel zuinig met water om. Ze hebben vaak dikke bladeren of stengels waarin ze water opslaan (bron 12). De planten gaan waterverlies door verdamping op verschillende manieren tegen.

- Vetplanten en cactussen hebben een vetlaagje aan de buitenkant dat voorkomt dat water verdampt.
 - Bij veel woestijnplanten is het oppervlak zo klein mogelijk. Bij cactussen heeft de stengel zelfs de fotosynthese van het blad overgenomen (bron 12). Hoe kleiner het oppervlak, hoe minder verdamping.
 - Veel woestijnplanten zijn behaard of hebben stekels. Tussen die haren of stekels staat de lucht stil. Hoe minder de lucht beweegt, hoe minder water uit de huidmondjes verdampt, Scherpe stekels hebben nog een voordeel voor woestijnplanten. Dieren eten graag de sappige cactussen. Scherpe stekels zorgen ervoor dat dieren niet bij het kostbare vocht kunnen komen.
 - Verdamping vindt vooral plaats via de huidmondjes in de bladeren. Hoe kleiner de bladeren, hoe kleiner het bladoppervlak en hoe minder huidmondjes. Dit betekent ook minder verdamping.
 - Bij sommige planten liggen de huidmondjes verzonken in het blad (bron 13). Hierdoor staat de lucht buiten de huidmondjes stil en verdampt er minder water.
- Voor planten die in een erg koude omgeving groeien, is het moeilijk om water op te nemen, Je ziet bij deze 'poolplanten' aanpassingen die ook bij woestijnplanten voorkomen.
- De planten hebben kleine blaadjes. Hierdoor voeren de planten weinig fotosynthese uit, groeien ze langzaam en blijven ze klein.
 - De bladeren vormen vaak een rozet: ze liggen rondom de stengel, plat op de grond. Doordat de wind minder waterdamp wegvoert, verliest de plant minder water. Bladeren zijn behaard om verdamping tegen te gaan.

61.

Hoe is een octopus aangepast aan zijn omgeving?

De octopus kun je in vrijwel alle zeeën ter wereld tegenkomen. Ken jij de volgende weetjes over dit bijzondere dier?

- 1 Hij heeft drie harten. Voor elk van de twee kieuwen zit een hart dat het bloed door de kieuwen stuwt. Daarachter zit een hart dat het bloed naar de rest van het lichaam pompt.
- 2 Een octopus heeft blauw bloed. Dat komt doordat er in het bloed geen hemoglobine maar hemocyanine zit. Dit eiwit kleurt blauw als er zuurstof aan is gebonden. Zonder zuurstof is het bloed kleurloos. Bij lage temperaturen en weinig zuurstof bindt hemocyanine meer zuurstof dan hemoglobine. In alle andere omstandigheden minder.
- 3 De octopus is niet zo kieskeurig als het op temperatuur aankomt: je vindt hem in gebieden van -7°C maar ook in gebieden met tropische temperaturen.
- 4 Octopussen zijn koudbloedige dieren
- 5 Maar één derde van de zenuwcellen zit in zijn hersenen. De rest bevindt zich in groepjes in zijn tentakels. Eigenlijk heeft hij dus negen hersenen.
- 6 De octopus gebruikt zijn ademhalingsorgaan (sifon) om zich voort te bewegen. Door het ene gat zuigt hij water aan, dat langs de kieuwen gaat. Dan spuit hij water door de sifon naar buiten. Zo stuwt hij zichzelf in de tegenovergestelde richting.
- 7 Op iedere tentakel zitten ongeveer 300 zuignappen, met daarin zintuigcellen.
- 8 Doordat hij geen botten heeft kan een octopus van 25 kg zich door een gat van 5 cm doorsnede persen.

62.

Toepassen Pinguïns op de Zuidpool.

Keizerspinguïns leven in grote groepen op de Zuidpool. Pinguïns zijn vogels en dus warmbloedig. Ze beschermen zich tegen de kou door een dik verenkleed. Maar ze hebben nog meer aanpassingen_

De aders in hun poten liggen als een netwerk om de slagaders (bron 14). Het warme bloed dat via een slagader uit de romp komt, verwarmt het koude bloed in de aders door het tegenstroom principe (zie , paragraaf 13.2). De uitwisseling van warmte in de poten heeft twee voordelen:

1 Doordat het bloed in de slagader de warmte afgeeft aan het bloed dat de romp weer instroomt, worden de pootjes niet warm. Als de pinguïn op ijs loopt, smelt het ijs niet en vriezen de poten ook niet vast.

2 Het koude bloed in de aders dat vanuit de poten naar de romp stroomt, wordt opgewarmd. Het lichaam koelt hierdoor minder af. De bloedvaten in de poten die dicht aan het oppervlak liggen worden ook nauwer, zodat er minder bloed door stroomt. Dit voorkomt afkoeling. Er stroomt net voldoende bloed door de poten om het afsterven van cellen te voorkomen.

63.

De omstandigheden in de diepzee zijn zo extreem dat we nog lang niet alles weten van de organismen die er leven. Weet jij waarvoor het lichtgevende uitsteeksel op de kop van de hengelvis hiernaast dient?

64. H

Hoe overleven dieren de donkere diepzee?

Naast kou en hitte zijn er nog meer extremen waar organismen mee te maken kunnen hebben. Zo moeten dieren die in de diepzee leven niet alleen tegen kou kunnen, ze moeten ook in het pikkedonker overleven. Vaak hebben ze hiervoor speciale organen. Naar schatting kan 60% van de dieren in de diepzee zelf licht uitzenden of leeft samen met bacteriën die licht geven. Dit verschijnsel heet bioluminescentie (bron ren 2).

Door bioluminescentie kunnen dieren onder andere:

- prooien lokken: een prooi komt af op een bewegend lichtje en wordt opgegeten.
- communiceren: door lichtflitsen uit te zenden communiceren dieren met een mogelijke partner of met andere soortgenoten.
- predatoren afschrikken: sommige inktvissen spuiten bij gevaar een wolk lichtgevende stoffen in het water. De predator wordt daardoor in verwarring gebracht en de inktvis kan ontsnappen.

De diepzee is koud, donker en erg groot. De kans dat dieren een prooi tegenkomen is klein. Elke mogelijkheid om aan voedsel te komen moeten ze benutten, ook als die prooi groter is dan zichzelf. Diepzeevissen hebben daarvoor een enorme bek met scherpe tanden. Door hun rekbare maag kunnen ze grote prooien opeten.

De kans om een partner te treffen is in de diepzee ook klein. Om zich voort te planten moeten dieren elke kans aangrijpen. Zo bijt het mannetje van de hengelvis zich vast aan een vrouwtje en laat haar nooit meer los. Hij vergroeit met het vrouwtje en levert haar de rest van zijn leven sperma.

65.

Hoe kan een walvis zo diep duiken?

Walvissen zijn zoogdieren en hebben dus longen. Om te ademen moeten ze hun blaasgat, waar de neusgaten in uitkomen, boven water steken (bron 3). Voordat het gat boven water komt, ademen walvissen vrijwel helemaal uit, waarna ze een maximale hoeveelheid lucht inademen om te kunnen duiken.

De walvis die het diepst kan duiken is de potvis (bron 4). Hij gaat ruim 2,5 kilometer naar beneden om op inktvissen te jagen. Op zeeniveau is de druk van de lucht ongeveer 1 bar. Als de potvis duikt, komt daar de druk van de waterlaag nog bij: 1 bar voor elke tien meter die hij duikt. Reken maar eens uit hoe groot de druk op 2,5 kilometer dan is. Die druk komt overeen met ruim 150 olifanten die op je borst en buik zitten! Hoe kan een potvis zo'n grote druk doorstaan?

Op een groot deel van het lichaam heeft de druk tijdens het duiken niet veel invloed, want de cellen bestaan uit water met opgeloste stoffen, dat niet samendrukbaar is. Op holle delen die lucht bevatten, zoals de longen, is er wel een effect. De lucht wordt tijdens het duiken sterk samengeperst, waardoor de longen kleiner worden. De borstkas zou inklappen als het dier hier geen aanpassingen voor had. De potvis heeft in zijn borstholte een wondernet, dat is een netwerk van bloedvaten dat heel veel bloed kan bevatten (bron 5). Door het wondernet vol bloed te pompen vult de potvis de ruimten in de borstkas die ontstaan doordat de longen kleiner worden. Door het wondernet klapt de borstkas niet in elkaar.

De potvis vermindert tijdens het duiken de doorbloeding van zijn spieren, darmen en nieren. Het hart er de hersenen krijgen wel volop bloed aangevoerd. Dankzij deze aanpassingen kan de potvis wel 75 minuten onder water blijven.

66.

Welke aanpassingen heeft een potvis nog meer?

Een potvis zwemt niet naar de diepte en weer terug naar de oppervlakte, maar hij laat zich zakken en weer naar boven drijven. Als hij naar beneden en naar boven zou moeten zwemmen, zouden zijn spieren veel energie verbruiken. Dat vraagt veel zuurstof en daar moet het dier nu juist zuinig mee omgaan om voldoende lang onder water te kunnen blijven.

Het zakken en stijgen regelt een potvis met een orgaan in zijn kop: het spermaceti-orgaan (bron 7). In dit orgaan zit een vetachtige stof: spermaceti of walschot (bron 6). Spermaceti heeft een smelt- en stoltraject: boven de 37 °C is het helemaal vloeibaar en onder de 30 °C is het vast. Vloeibare spermaceti heeft een kleinere dichtheid dan vaste. Dankzij het spermaceti-orgaan verbruikt de potvis weinig energie bij het duiken en stijgen.

Duiken

- De potvis koelt zijn spermaceti op twee manieren af:
 - 1 het wondernet in zijn kop (bron 5) laat alleen nog bloed vanuit de koele huid langs het spermaceti-orgaan stromen.
 - 2 hij snuift water op in zijn rechter neusgat. Dit koude water loopt langs het spermaceti-orgaan (bron 7).
- De spermaceti wordt kouder en stolt.
- De dichtheid van de potvis neemt toe en wordt groter dan de dichtheid van water: de potvis zakt naar beneden.

Stijgen

- Als de potvis weer omhoog wil, laat zijn wondernet warm bloed vanuit de romp langs het spermaceti-orgaan stromen.
- De spermaceti wordt warmer en smelt.
- De dichtheid van de potvis wordt kleiner, waardoor het dier zonder inspanning naar boven komt.

67.

Toepassen Glucose maken in het donker

Op het land en in het water staan planten aan de basis van elke voedselketen. Doordat er in de diepzee geen licht doordringt, leven daar geen planten. De rol van de planten in voedselketens wordt in de diepzee vervuld door bacteriën die in de buurt van black smokers leven (bron 8).

Een black smoker is een diepzeegeriser die ontstaat doordat water van vierhonderd graden uit spleten in de aardbodem omhoog komt. In het hete water zitten mineralen opgelost. Het water koelt snel af en een deel van de mineralen slaat neer op de zeebodem. Hierdoor ontstaat een soort schoorsteenpijp.

Het water dat uit de black smoker komt is zwart gekleurd door de zwavelbevattende stoffen. Zwavelbacteriën gebruiken deze stoffen om glucose en andere energierijke stoffen te maken.

Door deze energierijke stoffen vervolgens af te breken kunnen de bacteriën leven en groeien. In de diepzee zorgt de chemische energie uit zwavelverbindingen dus voor energierijke stoffen. Het proces in de zwavelbacteriën heet chemosynthese.

Zwavelbacteriën staan aan het begin van de voedselketens in de diepzee. Ze leven vaak in symbiose met andere organismen, bijvoorbeeld de kokerworm Riftia. De kokerworm geeft de bacteriën een vaste leefplek in de buurt van een black smoker, waar volop water met zuurstof, koolstofdioxide en waterstofsulfide aanwezig is. De bacteriën maken met deze stoffen glucose waarmee ze zichzelf en de kokerworm in leven houden.

68.

Isa en haar ouders gaan in de zomervakantie naar Brazilië. Drie weken lang zullen ze daar rondtrekken door het tropisch regenwoud. De reis is geboekt, nu de voorbereidingen nog. Isa wil graag van alles weten over het regenwoud voordat ze op reis gaat.

Wat kom je tegen op expeditie in de tropen?

69.

Welke kleding neem je mee?

Door de ligging rondom de evenaar is het in de tropen heel erg heet. Het wordt er niet kouder dan 18°C. In de tropen is het bovendien erg vochtig.

In Brazilië heeft Isa speciale tropenkleding nodig. Deze kleding heeft lange mouwen en pijpen en is gemaakt van lichte, ademende stof. De kleding beschermt tegen de zon en tegen insectenbeten. Gewone zomerkleding beschermt onvoldoende. Met blote armen en benen kun je snel een beet van een teek of een mug krijgen. Zo'n beet kan ernstige ziekten veroorzaken, zoals malaria.

70.

Hoe verloopt malaria?

Malaria is een tropenziekte. De ziekteverwekker is een parasiet die in muggen leeft. Muggen worden er zelf niet ziek van, maar kunnen de parasiet tijdens een beet wel doorgeven aan mensen (bron 2).

malariaparasiet besmette mug bijt
in bloed patiënt gezond mens

Via het speeksel van een besmette mug komt de malariaparasiet in je bloed (bron 3). De parasiet stroomt met het bloed mee naar de lever. In de levercellen vermenigvuldigt de parasiet zich. Na een of twee weken barsten de levercellen en komen de parasieten in je bloed. De parasieten kruipen in de rode bloedcellen en maken ze kapot. Je krijgt last van bloedarmoede, hoge koorts en vermoeidheid. Omdat er geen vaccin tegen malaria bestaat, moet Isa zich goed beschermen.

- Ze slaapt onder een muskietennet. Dat net heeft heel kleine gaatjes waar muggen niet door passen.
- Isa smeert zich in met DEET, een insectenwerend middel dat de muggen op afstand houdt.
- Ze slikt tijdens en na de reis malariapillen. Deze medicijnen doden de malariaparasiet.

71.

Wat maakt mangrove zo bijzonder?

Isa gaat in Brazilië onder andere op excursie naar mangrovebossen. Deze bossen groeien alleen in de tropen, op de grens van water en land.

Net als alle cellen van een plant, hebben ook wortelcellen zuurstof nodig. Daarvoor nemen planten met hun wortels zuurstof uit de bodem op. De bomen en struiken in mangrovebossen staan echter voortdurend met hun wortels onder water, waardoor de wortelcellen geen zuurstof op kunnen nemen. Sommige mangrovesoorten hebben ademwortels (bron 4). De ademwortels komen boven de waterlijn uit. De plant kan zo zuurstof opnemen uit de lucht.

Het water dat mangrovesoorten opnemen, bevat veel zout. Te veel zout is niet gezond voor een plant. Daarom hebben bomen en struiken die in de mangrove groeien aanpassingen.

- De wortels van de rode mangrove bevatten een soort filter. De gaatjes van dat filter zijn zo klein dat watermoleculen er wel door kunnen, terwijl zoutdeeltjes achterblijven.
- Er zijn ook mangrovesoorten die het zout wel opnemen, maar daarna overtollig zout uit hun cellen pompen.

72.

Wat leeft er in de mangroven?

Mangrovebossen zijn erg belangrijk voor de biodiversiteit. In de bomen leven voornamelijk vogels en apen. Zeekoeien, zeekrocodillen en zeeschildpadden zwemmen rond in het water. De mangrovwortels vormen een ecosysteem op zich. Tussen de wortels leven zoutwatervissen, weekdieren, krabben en garnalen. Dat maakt het gebied aantrekkelijk voor roofdieren, met name roofvissen. Zij jagen op andere vissen, maar ook op krabben. De wenkkrab (bron 5) verschuilt zich tijdens hoogwater in een zelf gegraven hol. Tijdens laagwater scharrelt hij over de drooggevalle bodem op zoek naar voedsel.

73.

Zijn piranha's echt gevaarlijk?

Tijdens de excursie komt Isa ook op rivieren. Hier hoopt ze piranha's tegen te komen (bron 6). Piranha's staan bekend als gevaarlijke, vleesetende roofvissen die met gemak een groot dier of een mens opeten. In werkelijkheid zijn

piranha's helemaal niet zo bloeddorstig. Er zijn wel vleesetende piranha's, maar die zijn alleen agressief als het voedsel schaars is. Daarnaast zijn er veel piranhasoorten die leven van vis, bladeren, vruchten en zaden. Er zijn zelfs piranha's die alleen maar planten eten.