

WATER VOOR PAARDEN

*Een literatuuronderzoek over de invloed van water op
de gezondheid van het paard*

Zonder water is er geen leven.

*Een paard bestaat voor
ongeveer 70% uit water.
En drinkt tussen de 20 en 75
liter water per dag.*

*Maar wat weten we eigenlijk
over water?*



Algemene informatie

Afstudeerwerkstuk:

Water voor Paarden

Een literatuuronderzoek over de invloed van water op de gezondheid van het paard

Datum: 2 augustus 2021

Auteur:

Naam: C. van Est
Studentnummer: 3003776
Contact: carlijnvanest@hotmail.com

Onderwijsinstelling:

Naam: AERES Hogeschool te Dronten
Adres: De Drieslag 4, 8251 JZ Dronten
Contact: info@aeres.nl

Afstudeerbegeleider:

Naam: Evy De Brabander
Contact: e.de.brabander@aeres.nl

In opdracht voor: AERES Hogeschool te Dronten
De Drieslag 4, Dronten

Opleiding: Bedrijfskunde & Agribusiness
Major: Hippische bedrijfskunde

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.



Voorwoord

Dit literatuuronderzoek dient als afstudeerwerkstuk van de opleiding Hippische Bedrijfskunde, major van Agrarische Bedrijfskunde aan de AERES Hogeschool te Dronten. Tijdens mijn vorige baan, algemeen medewerker bij een bedrijf gespecialiseerd in stalinrichting voor de rundveesector, kwam mij een vraagstuk te oren over het belang van de drinkwaterkwaliteit voor melkkoeien. Hier werd een verband gelegd tussen de drinkwaterkwaliteit en de melkproductie. Dat bewuste vraagstuk trok mijn aandacht en vormde uiteindelijk mijn interesse voor het onderwerp water.

Gedurende het zoeken naar informatie over water in relatie met paarden kwam ik erachter dat er eigenlijk maar weinig toegankelijke informatie is. Het kostte mij moeite om meer informatie te verkrijgen dan enkel 'schoon, helder en smakelijk'. En zelfs het belang van goed drinkwater lag niet voor het oprapen, alsof het vanzelfsprekend is.

Dit literatuuronderzoek dient dan ook als verdiepende informatie voor de paardenhouder die zich graag meer wil verdiepen in het onderwerp. Water verdient naar mijn mening meer aandacht en middels dit resultaat wil ik dat graag onderbouwen om zo eens soort bewustwording te kunnen creëren.

Ten slotte wil ik hier van de gelegenheid gebruik maken om mijn afstudeerdocenten te bedanken. Mariëlle Booijs heeft mij gemotiveerd om er volledig voor te gaan en Evy De Brabander stond voor mij klaar toen Mariëlle aan een nieuwe uitdaging begon. Ook mijn vriendin Kirsten verdient een vermelding, zij heeft mij elke keer weer geholpen door mijn tussentijdse resultaten te lezen, van feedback te voorzien en zo ervoor gezorgd dat zowel de kwaliteit als de leesbaarheid behouden werd.

Ik wens u veel plezier met het doornemen van dit onderzoek en hoop dat ik u ervan kan overtuigen dat water zoveel meer is dan het lijkt.

Vinkenbuurt, augustus 2021



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	6
Abstract.....	7
Verklarende woordenlijst.....	8
1. INLEIDING	9
1.1. Aanleiding & context.....	9
1.2. Wat is er bekend over de relatie water en paarden?.....	10
1.2.1. Waterbehoefte	10
1.2.2. Watersamenstelling.....	12
1.2.3. Waterbronnen.....	13
1.2.4. Waterkwaliteit.....	14
1.3. Probleemstelling	15
1.3.1. Afbakening.....	15
1.4. Hoofdvraag en deelvragen.....	16
1.4.1. Hypothese	16
1.5. Doelstelling.....	17
1.5.1. Eindresultaat	17
2. METHODE	18
2.1. Deelvraag 1. Scheikundige elementen.....	18
2.2. Deelvraag 2. Bacteriologische elementen.....	18
2.3. Deelvraag 3. Waterbronnen en drinkpunten	19
2.4. Betrouwbaarheid.....	20
3. RESULTATEN	21
3.1. Scheikundige elementen	21
3.1.1. Ammonium	22
3.1.2. Nitraat en Nitriet	22
3.1.3. Natrium en Chloride	24
3.1.4. Sulfaat	25
3.1.5. IJzer.....	26
3.1.6. Mangaan	27
3.1.7. Hardheid	27
3.1.8. pH	28
3.2. Bacteriologische elementen	29
3.2.1. Salmonella	30
3.2.2. Clostridium	30
3.2.3. Cyanobacterie alias Blauwalg.....	31
3.3. Waterbronnen & Drinkpunten	32
3.3.1. Waterbronnen.....	33
3.3.2. Drinkpunten	35
3.3.3. Andere aandachtspunten	36



4.	DISCUSSIE, CONCLUSIE & AANBEVELING	38
4.1.	Discussie	38
4.2.	Conclusie	43
4.3.	Aanbeveling.....	44
	Bibliografie	45
	Bijlage I: Afkapwaarde drinkwaterkwaliteit GD	50
	Bijlage II: Overzicht tabel drinkwaterkwaliteit	51
	Bijlage III: Resultaten drinkwateronderzoek GD.....	52



Samenvatting

Water wordt ook wel het vergeten voedermiddel genoemd. Water is het belangrijkste nutriënt en onmisbaar voor leven. Een paard drinkt tussen de 20 en 76 liter water per dag. De daadwerkelijke hoeveelheid, samenstelling en kwaliteit heeft invloed op de gezondheid. Toch krijgt water in eenvoudig beschikbare informatie niet meer aandacht dan de termen als schoon en helder. Diepgaande informatie is moeilijk te vinden, veelal Engelstalig en zelden gebundeld. Het bundelen en toegankelijk maken was dan ook het doel, om zo aan te tonen dat drinkwater voor paarden meer aandacht verdient dan termen als helder en smakelijk.

De vraag die hieruit voort komt is: ‘Wat moet de paardenhouder weten over water als invloedfactor op de gezondheid van het paard?’. Middels een literatuurstudie zijn een drietal deelvragen beantwoord die betrekking hebben tot de aanwezige scheikundige elementen, bacteriologische elementen, waterbronnen en drinkpunten.

Water is voor het paard normaliter geen bron van mineralen. De aanwezige scheikundige elementen beïnvloeden de smaak en daarmee ook de wateropname. Eventuele schadelijke gevolgen voor het paard zijn zelden aan concrete concentraties gekoppeld of aan gevolgen van langdurige opname. Voor de bacteriologische elementen geldt dat water bijdraagt aan de verspreiding van bacteriën en daarmee ziektes. Als gevolg van te weinig aandacht voor hygiëne kan het water met bacteriën besmet worden. Zowel met betrekking tot de scheikundige als de bacteriologische elementen is het van belang om de samenstelling van het water te kennen. De samenstelling en daarmee de kwaliteit van het water kan in het waterdistributiesysteem en in de drinkbak veranderen. Biofilmvorming is hierbij een belangrijk aandachtspunt in waterdistributiesysteem, het waterdebiet kan erdoor in geding komen wat directe gevolgen heeft op de wateropname. Waarbij een verminderde wateropname kan gaan resulteren in een nettoverlies.

Water heeft een grote invloed op het paard, het is een eerste levensbehoefte en een verminderde opname kan diverse gevolgen hebben. De uiteindelijke wateropname wordt bepaald door het wateraanbod, het waterdebiet en de waterkwaliteit.

Er zou meer aandacht moeten zijn voor:

- De samenstelling van het aangeboden drinkwater in Nederland en de gevolgen ervan op het paard en het waterdistributiesysteem.
- De invloed van het waterdistributiesysteem op de waterkwaliteit, het waterdebiet, en daarmee indirect op de wateropname.
- Op wetenschappelijk gebied: Meer onderzoek naar de potentiële schadelijk van langdurige opname van elementen.



Abstract

Water is known as the forgotten nutrient, while it is the most important nutrient and indispensable for life. A horse drinks between 20 and 76 litres of water a day. The actual amount, composition and quality has a impact on its health. However, in easy accessible information, water is mostly simply described as 'clean' or 'clear'. In-depth information is hard to find, mostly English-written and rarely bundled. Bundling this information, and making it more accessible was the target, to show that drinking water for horses deserves more attention than just the terms 'clean' and 'clear'.

The question that arises, is; 'What does the horse owner need to know about drinking water as influence on the health of the horse?' Three sub-questions have been answered by means of a literature study that relate to the chemical components, bacteriological components, water sources and drinking points.

Normally, water is not a source of minerals. The chemical components affect the taste and because of that the water intake. Possible harmful effects for the horse are rarely linked to concrete concentrations or to the effects of long-term intake. Bacteriological components in drinking water could help spread bacteria and diseases. A lack of hygiene, could result in contaminated water. It is important to know the composition of the water, whether its about chemical or biological elements. The composition and thus the quality of the water, can change in the distribution system and drinking trough. Biofilm formation is an important point of attention, because it can affect the water flow rate, which has direct consequences on the intake of water. A reduced intake of water, can result in net loss of water.

Water has a major influence on the horse, it's a necessity of life and a reduced intake could have multiple consequences. The total intake is determined by the water supply, the flow rate and the quality of the water.

More attention should be paid to;

- The composition of the drinking water and the consequences on the horse and the water distribution system.
- The influence of the water distribution system on the quality, the water flow, and thus indirectly on the water intake.
- Scientifically; more research on the potential harmfulness of long term intake of chemical and biological components.



Verklarende woordenlijst

Afkapwaarde: Een drempelwaarde voor de uitslag van een test. Indien het testresultaat gelijk is aan of hoger is dan de afkapwaarde, wordt de test als positief beschouwd.

Alkaliteit: Zuurbufferende capaciteit

Ataxie: Coördinatiestoornissen.

Bacteriëmie: Bacteriën in de bloedbaan. Niet hetzelfde als sepsis.

Brak water: Zoutachtig water dat minder zout is dan zeewater. Komt voornamelijk voor bij overgangen van zoet- naar zoutwater.

Congestief hartfalen: Hart pompt onvoldoende bloed door het lichaam.

Elektrolyt: Mineraal dat oplost in water.

Entero: Voorkomend in de darm.

Kiemgetal: Het aantal levende micro-organismen per milliliter of per gram.

Metabolisme: Stofwisseling

Pathogene: Ziekte makende organisme

Referentiewaarde: Een interval waarbinnen bij een onderzoek de uitkomst 'hoort te vallen'.

Sporenelement: Een element dat in de voeding van een organisme aanwezig moet zijn voor een goede groei en functie, maar dat slechts in zeer kleine hoeveelheden nodig is. Grote hoeveelheden kunnen zelfs toxisch zijn.

Waterdebiet: Volumesnelheid. Hoeveelheid water die per tijdseenheid door een bepaald punt stroomt.



1. INLEIDING

In dit eerste hoofdstuk komt via de aanleiding en 1.2. *Wat is er bekend over de relatie water en paarden?* de probleemstelling naar voren. Aan de hand hiervan zijn vragen opgesteld die als basis dienen voor het uiteindelijke literatuuronderzoek, waarvan de resultaten worden weergegeven in 3. *Resultaten*.

1.1. Aanleiding & context

Welk voer geef ik mijn paard? Een vraag waar elke paardenliefhebber zich weleens mee heeft geconfronteerd. Kijkend in winkels en op het internet is er een overvloed aan keuze. Vooral in krachtvoer (wat eigenlijk slechts aanvullend voer is) en supplementen en mineralen. Deze aanvullende voercomponenten zijn commercieel gezien interessant, elke fabrikant heeft het beste krachtvoer en voor elk verschijnsel is er wel een poeder, tablet of druppel. Dit zorgt ervoor dat deze voercomponenten meer aandacht krijgen want hier wordt commercieel gezien namelijk meer aan verdiend. Steeds vaker wordt er dan ook een toevoeging gegeven, want we willen immers allemaal het beste voor ons paard. Echter bestaan er wel degelijk verschillende mineralen die problemen kunnen opleveren bij overdosering, (Hallebeek, z.d.; Slijkman, 2013; Voervergelijk, 2013) en wat nu als sommige mineralen uit het water vergeleken moeten worden met de inhoud van het voeder om de volledige opname te bepalen (Dewanckele, 2015)?

Want water wordt wel eens vergeten in bovenstaand vraagstuk, daarom wordt water ook wel het vergeten voedermiddel genoemd (Marshall, 2004). Water is het belangrijkste nutriënt voor dieren en is onmisbaar voor leven. Wanneer er echter over voeding wordt gesproken wordt er praktisch alleen aandacht gegeven aan ruwvoer, krachtvoer en supplementen. Maar de hoeveelheid en samenstelling van het drinkwater heeft wel degelijk invloed op de gezondheid van een paard. In de eerste plaats omdat het paard simpelweg niet zonder kan en in de tweede plaats omdat een slechte waterkwaliteit leidt tot een mindere voeropname met verminderde groei en gezondheidsproblemen als gevolg. Een paard van gemiddeld 600 kilogram drinkt tussen de 20 en 76 liter per dag. Met dat water komen er ook andere stoffen binnen die opgelost zijn in het water en dat zijn niet enkel gewenste elementen en zelfs ook bacteriën (Jacobs, 2012; Hinton, 1978; Huisman, Spit, Polet, & Kuperus, 2011; Counotte, GD Paard: Drinkwater voor paarden niet altijd van de beste kwaliteit, 2013).

In de melkveesector begint het onderwerp drinkwater terrein te winnen. In de vakbladen wordt het onderwerp meer onder de aandacht gebracht. Volgens rundveedierenarts Sanne Carp-van Dijken (2019) mag er meer aandacht zijn voor smakelijk drinkwater, veel tijd en aandacht gaat naar de rantsoenanalyse terwijl water één van de belangrijkste nutriënten is. Goed drinkwater is een voorwaarde voor gezonde koeien en een goede melkproductie. Koeien kunnen met een goede waterkwaliteit 7% meer droge stof per uur opnemen, wat resulteert in ruim 1 kilogram meer melk per dag (Eurofins Agro, 2018).

De relatie tussen drinkwater en de melkproductie is meetbaar. De relatie tussen drinkwater en de prestatie bij paarden is minder meetbaar. Dit komt onder andere omdat de prestatie van het paard samen hangt met het doel van de paardenhouder en onder heven is aan meerdere factoren. De relatie tussen drinkwater en gezondheid is beter meetbaar en een gezond paard levert uiteindelijk betere prestaties.

De relatie voer, water en gezondheid is belangrijker dan men denkt. Toch is voor vele water vanzelfsprekend en krijgt het weinig aandacht, evenals de kwaliteit ervan. Wat an sich niet vreemd is vanuit het oogpunt van de mens, in Nederland is kraanwater drinken normaal en dat is mogelijk door afspraken en normen. Drinkwaterbedrijven zijn onder heven aan eisen en dienen de kwaliteit van het drinkwater te waarborgen. Het leidingnetwerk moet ook aan eisen en normen voldoen, deze zijn vastgelegd in NEN 1006 (NEN, z.d.). Er kan dus gesteld worden dat in eerste beginsel het Nederlandse kraanwater schoon is. Maar een paard drinkt niet altijd rechtstreeks uit deze waterbron.

Het leidingnetwerk in stallen is lang niet altijd via die richtlijnen aangelegd, het is immers geen drinkwatervoorziening zoals bij de bouw van een huis. Dit kan betekenen dat de waterkwaliteit kan veranderen wanneer het water door de leidingen stroomt. Ook in automatische drinkbakken, emmers en kuipen kan de waterkwaliteit veranderen door bijvoorbeeld vervuiling. In laatst genoemde kan het zijn dat water langere tijd staat, wat de kwaliteit ook kan doen veranderen. Daarbij krijgen niet alle paarden leidingwater als drinkwater aangeboden. Ook grondwater, hemelwater en oppervlaktewater kunnen als waterbron gebruikt worden, en deze zijn niet onder heven aan kwaliteitscontroles.

Zo bracht de Universiteit Utrecht in november 2015 een bericht naar buiten dat vier paarden waren overleden aan een tot dat moment onbekende vergiftiging bij paarden, chronische ijzervergiftiging. De oorzaak lag in het



water, de paarden dronken meerdere jaren slootwater met een sterk verhoogd ijzergehalte. Tevens in 2015 ondervond Theo Timmerman problemen bij zijn paarden. Na onderzoek bleek ook hier verontreinigd drinkwater de boosdoener (Universiteit Utrecht, 2015; HORSES.nl, 2015). Dus is het water dat paarden aangeboden krijgen eigenlijk wel te vergelijken met het glas water dat mensen uit de kraan drinken?

Toch is het niet vreemd dat voor vele water vanzelfsprekend is en het weinig aandacht krijgt, want de eenvoudig beschikbare informatie geeft weinig tot geen diepgang. Het blijft enkel bij een paar simpele waarneembare kenmerken. In de Gids voor Goede Praktijken (2019) is bijvoorbeeld te lezen: “Het paard heeft vrije toegang tot voldoende schoon drinkwater” en “Water is helder en stinkt niet”. Deze genoemde eisen zijn veelvuldig in boeken en op het internet terug te vinden en benoemen enkel zintuigelijke waarnemingen. Er wordt hierbij vaak niet dieper ingegaan op de samenstelling en de niet zintuigelijk waarneembare kwaliteit van water. Eigenlijk is het dan ook niet vreemd dat het onderwerp niet meer aandacht krijgt, aangezien de beschikbare informatie zich enkel richt op zintuigelijke kenmerken.

De kwaliteit van water kan naast deze zintuigelijke kenmerken ook beoordeeld worden op chemische en microbiologische samenstellingen. De opgeloste scheikundige en bacteriologische elementen welke onder chemische en microbiologische samenstelling kunnen worden ingedeeld zijn niet altijd zintuigelijk waarneembaar. Helder, geurloos water zonder waarneembare neerslag kan dus ook schadelijke elementen en bacteriën bevatten (Counotte, 2009; Voervergelijk, 2013).

Diepgaande informatie over deze samenstelling en de invloed ervan op de gezondheid van het paard is echter moeilijker te vinden. En hierbij stuit men op veelal Engelstalige onderzoeken, met als beperking dat deze niet altijd bruikbaar zijn voor de gemiddelde paardenhouder welke wellicht geen tijd of mogelijkheden heeft om deze artikelen te vertalen naar begrijpbare informatie.

Middels dit werkstuk wordt daarom gepoogd om het vergeten voedermiddel meer onder de aandacht te brengen door de beschikbare onderzoeken te bundelen en te vertalen naar bruikbare informatie. Het blijkt namelijk dat maar liefst 50% van de paardenhouders niet weet wat de dagelijkse behoefte en hoeveelheden aan ruwvoer en water is van een paard en een schokkende 69% mist de algemene kennis over mineralen en vitaminebehoeftes van paarden (Hoffman, Costa, & Freeman, 2009)

1.2. Wat is er bekend over de relatie water en paarden?

Water, ook wel H₂O of Aqua. Het is kleurloos en komt in de natuur voor in drie verschillende fasen: vloeistof, vast (ijs) en gas (waterdamp). Het bevriest bij 0 graden Celsius en kookt bij 100 graden Celsius. Een dier heeft, net als een mens, water nodig om te leven. Voldoende vers water zorgt ervoor dat een dier niet uitdroogt en dat de lichaamsprocessen kunnen plaatsvinden.

Het belang van water wordt vaak onderschat. Maar water is een essentieel nutriënt, een nutriënt dat het lichaam niet zelf kan aanmaken, en een primaire levensbehoefte. In 1.2.1. *Waterbehoefte* wordt dit verder toegelicht.

Een groot deel van dat water wordt opgenomen door te drinken, en daarmee komen ook andere stoffen het lichaam binnen die opgelost zijn in het water (Jacobs, 2012). De samenstelling van het water hangt sterk af van de waterbron. En de water kwaliteit is onder heven aan verschillende factoren. Deze onderwerpen worden in de paragrafen 1.2.2. tot en met 1.2.4. verder toegelicht.

1.2.1. Waterbehoefte

Een volwassen paard bestaat voor 65-75% uit water, een veulen zelfs voor 75-80%. Water is het belangrijkste nutriënt en heeft diverse functies in het lichaam. Het speelt een rol bij het transport van voedingsstoffen door het lichaam, bij het verterings- en stofwisselingsproces, bij de uitscheiding van afvalstoffen, warmteregulatie, vloeistof- en zoutbalans en als vruchtwater. Water is kortom een bouwstof, een oplosmiddel en een transportmiddel voor zowel opgenomen stoffen als uit te scheiden stoffen (Frape, 2004; Marshall, 2004; Huisman et al., 2011; Schothorst Feed Research, 2006).

Wanneer het watergehalte in het lichaam met 10% afneemt, zijn de eerste ziekteverschijnselen al waarneembaar. Een daling van 15% betekent al acuut levensgevaar. Water is het enige nutriënt dat zulke sterke effecten heeft bij zo een dergelijke afname en is daarmee dus van levensbelang (Huisman et al., 2011).

Paarden hebben, afhankelijk van het type paard en de weersomstandigheden tussen de 20 en 76 liter water per dag nodig (Hinton, 1978). Ook het onderhoud, het type dieet en voeropname, de groei en of een paard drachtig



of zogend is, speelt een rol in de waterbehoefte (Chastine, 2009; Hindle, Workel, & Lambooy, 2010). Zie tabel 1 voor de waterbehoefte bij verschillende categorieën. Een paard dat getraind wordt in een warme omgeving heeft 2 tot 3 keer meer water nodig ten opzichte van het onderhoud. Ook een zogende merrie heeft meer water, wat nodig is voor de productie van melk. Verdere factoren waarvan de waterbehoefte afhankelijk is zijn de omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid, lichamelijke inspanning en zoutopname (Huisman et al., 2011).

Tabel 1. Waterbehoefte bij verschillende categorieën paarden (Lardy, Stoltenow, & Johnson, 2008)

Categorie	Liters per dag
Onderhoud, 550 kg, thermo neutrale omgeving	22-30
Onderhoud, 550 kg, warme omgeving	30-55
Zogende merrie, 550 kg	35-55
Werkpaard, 550 kg, matig belast	34-45
Werkpaard, 550 kg, warme omgeving	45-70
Gespeend paard, 325 kg, thermo neutrale omgeving	22-30

Water kan opgenomen worden in verschillende vormen. Vrije wateropname door te drinken, via het rantsoen en water dat vrijkomt tijdens de stofwisseling. Een paard dat bijvoorbeeld graast van jong-groen-gras zal minder water opnemen door te drinken, omdat een deel van zijn dagelijkse behoefte uit het gras komt, dan ten opzichte van een paard dat enkel hooi tot zijn beschikking heeft. Het water verlaat het lichaam weer via urine, mest, zweet, speeksel, verdamping vanaf de huid en slijmvliezen (Marshall, 2004; Schothorst Feed Research, 2006; Huisman et al., 2011; Hindle et al., 2010).

Wanneer paarden vrij water op kunnen nemen, is te zien dat de wateropname sterk samenhangt met de opname van droge stof (Frape, 2004). Om voldoende water binnen te krijgen zal een paard meerdere keren per dag moeten drinken. Een paard heeft namelijk slechts een maaginhoud van 6-10 liter en om in zijn behoefte te voorzien zal die daarom meerdere malen per dag moeten drinken, zie tabel 1 (Marshall, 2004). Wanneer de wateropname wordt beperkt tot onder het behoefte niveau, verlaagt dit ook de voeropname. Bij extreme tekorten treedt er dehydratie op (Hindle et al., 2010).

Om voldoende water op te nemen moet een paard drinken, echter moet er eerst een dorstgevoel zijn voordat een paard ook daadwerkelijk gaat drinken. Een fysiologische trigger vertelt het lichaam om te drinken, dit mechanisme voorkomt dat een paard in alledaagse situaties uitdroogt en is deels afhankelijk van de elektrolytenbalans. Het kan echter voorkomen dat in de winter bij erg lage temperaturen deze trigger wordt onderdrukt. Bij lage temperaturen heeft een paard minder dorstgevoel en gaat minder drinken, organen worden vervolgens minder doorbloed en daardoor wordt het dorstgevoel verder onderdrukt. Hierdoor kan een vicieuze cirkel ontstaan met koliek als gevolg (Counotte, 2009; Kentucky Equine Research, 2018; Jacobs, 2012; Marshall, 2004).

Ook de temperatuur, versheid, zuiverheid en smakelijkheid van het water spelen een belangrijke rol in de opname van water (Chastine, 2009). De smakelijkheid en helderheid van het water beïnvloeden hoeveel water een paard drinkt. “Over het algemeen drinken paarden minder als het water niet goed voor ze is, maar als er niets anders beschikbaar is, drinken ze het vaak toch”, aldus Hank van Campen (2015). Verder zijn paarden erg gevoelig voor veranderingen van smaak en geur van water. Wat het onder andere moeilijk maakt om paarden te laten drinken van voor hen vreemde waterbronnen (Chastine, 2009).

You can lead a horse to water but you can't make it drink, luidt een Engels gezegde. Water is van levensbelang, bij een tekort kan dit leiden tot verminderde prestaties, verminderde voeropname en uiteindelijk uitdroging. Maar water aanbieden betekent niet altijd dat een paard voldoende water tot zich neemt. Er bevindt zich een grijs gebied tussen voldoende water en geen water, en de kwaliteit van het water speelt hierbij ook een rol. Want als een paard slecht drinkwater krijgt, doet dat zich vaak enkel voor als klachten van algemene aard, de paarden doen het net wat minder (van Campen, 2015). Het overmatig opnemen van water daarentegen komt bij paarden maar zelden voor. Wanneer dit voorkomt is dat waarschijnlijk toe te schrijven aan het drinken uit verveling of het opnemen van zout, via een zoutblok, uit verveling wat resulteert in een hogere wateropname (McKenzie, 2007).

Water is dus absoluut een aandachtspunt. Een paard heeft water nodig voor zijn lichamelijke functies en een groot deel van die behoefte aan water moet worden opgenomen door te drinken. Pas wanneer het water goed ruikt en smaakt zal het paard voldoende water tot zich nemen. Maar met dat water komen ook opgeloste stoffen mee het lichaam in, en in hoeverre hebben deze stoffen invloed op de gezondheid van het paard?



1.2.2. Watersamenstelling

Water kan beoordeeld worden op drie punten: de organoleptische eigenschappen, ook wel de zintuiglijke kenmerken zoals geur, smaak, kleur en helderheid, de chemische eigenschappen en de aanwezigheid van micro-organisme (Beede, 2006; Voervergelijk, 2013). De watersamenstelling bij de bron hoeft niet gelijk te zijn aan de watersamenstelling aan het drinkpunt. Gaandeweg kan de samenstelling veranderen (Bos & Counotte, 2006).

Scheikundig gezien is water H_2O , maar in het water zitten ook andere scheikundige elementen, de chemische eigenschappen. De elementen die opgelost zijn in het water, zijn watertype/ waterbron afhankelijk, dit wordt in 1.2.3. *Waterbronnen* verder toegelicht.

Onderstaande elementen zijn elementen die voor biologische processen relevant zijn (Paulissen, Nijboer, & Verdonshot, 2007):

Kooldioxide (CO_2)	Nitriet (NO_2^-)	IJzer (Fe)	Kalium (K^+)
Bicarbonaat (HCO_3^-)	Ammonium (NH_4^+)	Mangaan (Mn)	Calcium (Ca^{2+})
Zuurstof (O_2)	Natrium (Na)	Sulfaat (SO_4^{2-})	Magnesium (Mg^{2+})
Nitraat (NO_3^-)	Chloride (Cl^-)	Fosfaat (PO_4^{3-})	

De pH waarde en de hardheid van het water wordt ook meegenomen bij deze scheikundige parameters, deze waarden worden namelijk bepaald door de aanwezigheid en hoeveelheid van bepaalde scheikundige elementen. De pH waarde is de zuurtegraad van het water en wordt bepaald door het aantal vrije waterstofionen (H^+) (Lenntech, z.d.). Paarden lijken een voorkeur te hebben voor pH neutraal (7) water, bij een pH lager dan 5 hebben paarden al een zwakke afkeer wat de water opname kan beïnvloeden (Merkies & Carson, 2011).

De hardheid van het water, uitgedrukt in Duitse graden hardheid (dH), wordt bepaald door de hoeveelheid calcium en magnesium. Wanneer er meer calcium en magnesium in het water is opgelost, stijgt ook de pH waarde van het water, doorgaans tot een pH van 7 à 8 (Paulissen et al., 2007). Hoe harder het drinkwater, hoe meer calcium en magnesium het paard binnen krijgt via water. Zacht water, zoals regenwater, bevat weinig van deze elementen, heeft daardoor een lagere pH waarde en wordt daarom vaak ook minder goed opgenomen (Jacobs, 2012). Verder bepalen de elementen calcium en magnesium ook een deel van de smaak van het water.

Naast scheikundige elementen kunnen er ook bacteriologische elementen, oftewel micro-organismen, in het water zitten zoals Salmonella, Clostridium, E. coli en Entrococci (Voervergelijk, 2013; Schothorst Feed Research, 2006). Leidingwater wordt hier op getest, maar deze micro-organismen kunnen, net als scheikundige elementen, ook nog natijd in het water terecht komen. De algehele hoeveelheid micro-organisme in water, schadelijk en niet schadelijk, wordt aangeduid met het kiemgetal. Het kiemgetal is ook een indicatie voor de algehele hygiëne in de stal. Wanneer een paard drinkt tijdens of na het eten kunnen er voerresten achterblijven in het water, deze resten kunnen bijvoorbeeld zorgen voor bacteriële groei in de waterbak en/of leiding.

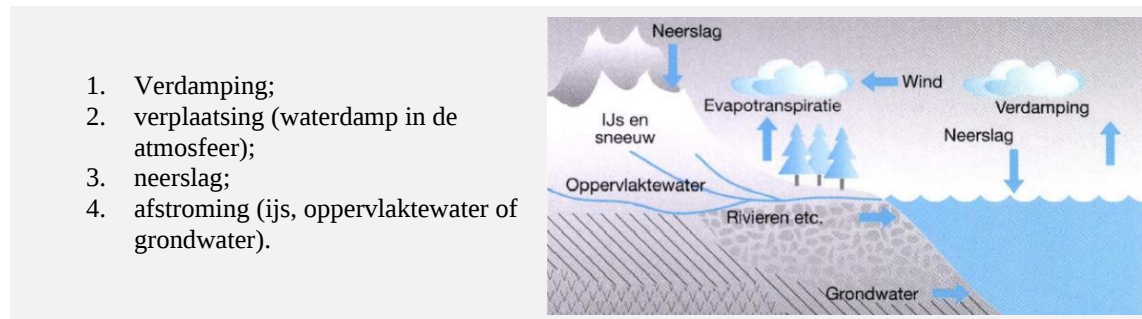
De bekende blauwalg is ook een bacterie, cyanobacterie, in plaats van een alg zoals het woord doet vermoeden. Verschillende blauwalgsoorten produceren gifstoffen, cyanotoxines, welke de lever en de nieren van het paard aantasten. Blauwalgen komen van nature in zout en zoet water voor en groeien het best bij hoge temperaturen, voornamelijk in stilstaand water (WUR, z.d.; Counotte, 2012; Lenntech, z.d.; Counotte & Ritskes, 2012). Water omvat dus meer dan enkel wat er waar te nemen is. De samenstelling is sterk afhankelijk van de waterbron, waar het water vandaan komt speelt namelijk een rol bij de concentratie van de scheikundige elementen (Dewanckele, 2015). Maar zoals genoemd kan de samenstelling bij het drinkpunt ook veranderen door onder andere voerresten en mest, en in hoeverre heeft deze verandering in samenstelling invloed op de gezondheid van het paard?



1.2.3. Waterbronnen

Zoals hierboven genoemd hangt de samenstelling van het water sterk af van het soort waterbron. De beschikbare waterbronnen zijn: leidingwater, grondwater, hemelwater en oppervlakte water, en deze waterbronnen zijn onlosmakelijk verbonden met elkaar via de hydrologische kringloop.

De hydrologische kringloop bestaat uit vier basisprocessen en zorgt voor de aanvulling, verplaatsing en afvoer van zoet water. Zie figuur 1 voor het proces.



Figuur 1. Hydrologische kringloop (Dufour, 1998)

Tijdens deze processen verandert de concentratie van verschillende elementen in het water. Bij het verdampen wordt het water als het waren gedestilleerd waardoor er weinig andere elementen meer in zitten. Vervolgens worden er weer elementen opgenomen tijdens de neerslag, via biologische processen in de bovenste bodemlagen en via contact met diepere bodemlagen. Wanneer het grondwater uittreedt naar oppervlaktewater doen zich wederom concentratieveranderingen voor, bijvoorbeeld door contact met zuurstof (chemische factoren) en door biologische factoren (bijvoorbeeld waterplanten en in het water levende organisme) (Paulissen et al., 2007; Dufour, 1998).

Nederland heeft tien drinkwaterbedrijven welke via het leidingnetwerk drinkwater aanbieden. Deze bedrijven winnen water via het grondwater, oevergrondwater, duinwater (infiltratie) en oppervlaktewater, in deze volgorde van meest tot minst voorkomend (Vewin, 2019). Door de hydrologische kringloop varieert de samenstelling van het water per regio en per winningsbron. De samenstelling van bijvoorbeeld het grondwater wordt bepaald door het bodemtype, de soort begroeiing, de duur van het verblijf en het stromingspatroon door de grond. Dit alles maakt dat water, zowel leidingwater, grondwater als oppervlaktewater, op verschillende plekken in Nederland een andere samenstelling heeft.

Steekproef

Steekproefsgewijs zijn er per e-mail een aantal bedrijven benaderd met de vraag van welke waterbron, leidingwater, grondwater en oppervlaktewater, ze gebruik maken in de stal en in de weide. 5 van de 10 bedrijven die gericht zijn op opfok gaven respons. 2 bedrijven gebruiken enkel grondwater om de paarden te drenken, de andere 3 een combinatie van oppervlaktewater, grondwater en leidingwater. Van de 18 bedrijven op het gebied van sport gaven 5 respons, zij maken allen gebruik van leidingwater. 1 bedrijf gaf aan grondwater voor de weidegang te gebruiken.

Bij de bedrijven gericht op opfok zijn de paarden in een groep gehuisvest. In de zomer staan de groepen op de weide, tijdens de winter in een groepshok. De bedrijven gericht op sport huisvesten hun paarden individueel. In een stallencomplex met individuele huisvesting is het aannemelijk om het drinkwaternetwerk aan te sluiten op het leidingwater. Bij groepshuisvesting op de weide zijn oppervlaktewater en grondwater vaak de dichtstbijzijnde waterbron, hierdoor is het ook aannemelijk dat opfokbedrijven voor die waterbronnen kiezen. Er is op te merken dat 4 opfokbedrijven ook voor de winterstalling gebruik maken van grondwater, in tegenstelling tot de bedrijven gericht op sport die voor de stal enkel gebruik maken van leidingwater.

Hieruit blijkt dat er gebruik wordt gemaakt van verschillende soorten waterbronnen, maar leidingwater de meest voorkomende is. De samenstelling van het water kan zoals genoemd afhankelijk van de waterbron en de locatie sterk variëren. Zijn er dan aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden of zijn deze verwaarloosbaar?



1.2.4. Waterkwaliteit

Wanneer er gesproken wordt over de waterkwaliteit komen veelvuldig de termen ‘schoon’ en ‘smakelijk’ naar voren. Maar wat is dat? De smakelijkheid van water wordt beïnvloed door ijzer, zouten en organische stoffen, in deze volgorde van belangrijkheid. Smakelijk water bevat weinig van deze stoffen. Tevens went een dier aan de smaak van water. Als er een snelle verandering van de gehalten van het water plaats vindt, kan dat resulteren in een mindere wateropname omdat het paard het niet lekker vindt (GD, z.d.; Chastine, 2009).

De Gezondheidsdienst Dieren (GD) heeft kwaliteitseisen en normen opgesteld waaraan drinkwater voor dieren moet voldoen, deze zijn weergegeven in tabel 2. De waarde *goed* wordt als veilig beschouwd, de waarde *slecht* als risicovol.

Tabel 2. Referentiewaarden veedrinkwaterkwaliteit, ‘paard’ uitgelicht (GD, z.d.).

Paard		
Parameter	Goed	Slecht
pH	5 tot 8	< 4 en > 9
Ammonium (mg/L)	< 1	> 2
Nitriet (mg/L)	< 0,1	> 1,0
Nitraat (mg/L)	< 100	> 200
Chloride (mg/L)	<250	>2000
Natrium (mg/L)	<400	>800
IJzer (mg/L)	<0,5	>10
Mangaan (mg/L)	<1	>2
Sulfaat (mg/L)	<100	>250
Hardheid (°D)	>4 en <15	>25
Gisten en schimmels	-	>10.000
E. coli (kve/mL)	<10	>100
Totaal kiemgetal (kve/mL)	<10.000	>100.000

Of het water schadelijk is, en hoe schadelijk, wordt bepaald aan de hand van de aanwezigheid van chemische stoffen, schadelijke micro-organismen en de hoeveelheid stikstofverbindingen. In 2013 publiceerde de GD de resultaten van drinkwateronderzoeken gedurende 2012 in het vakblad Hippiisch Ondernemer. Hieruit bleek dat 20% van de opgestuurde watermonsters ongeschikt was als drinkwater voor paarden, 56% geschikt en de resterende 24% minder geschikt maar geen direct risico voor de gezondheid.

De meest voorkomende reden voor het afkeuren van het water was het te hoge ammoniumgehalte. Meestal is mest hiervoor de oorzaak, met mest kunnen er ook schadelijke micro-organismen in het water terecht komen, zoals de E. coli bacterie. Een tweede reden is ijzer, ijzer dat in water zit wordt heel efficiënt opgenomen, wat kan leiden tot een ijzervergiftiging. Het Nederlandse grondwater bevat vaak veel ijzer (Bos & Counotte, 2006; Schothorst Feed Research, 2006). Tevens werd er nog een ander probleem benoemd, de vervuiling in de leidingen door biofilm.

Een biofilm is een verzamelaar van een mengsel van mineralen, micro-organismen (bacteriën, schimmels, gisten) en uitscheiding van micro-organismen, en ziet er uit als een laagje slijm. Hoe snel zo’n biofilm ontstaat hangt sterk af van de waterstroom, het materiaal van de leiding en de hoeveelheid bochten en dode leidingen. Het vormt zich eigenlijk overal waar water niet of nauwelijks stroomt. In een drinkbak is het vaak goed te zien en te voelen, het plakkerige laagje dat daar wel eens zit is een biofilm (Counotte, 2013; Carp-van Dijken, 2019).

Goed water bij de bron, zowel bij grondwater als bij leidingwater, geeft dus geen garantie dat het water bij het drinkpunt ook goed is. Tussen de bron en het drinkpunt kan de waterkwaliteit zodanig dalen dat het water ongeschikt is als drinkwater. Een lage doorstromingsnelheid of ijzer of mangaan in het water, vergroten de kans op biofilmvorming (Bos & Counotte, 2006).

Ook in open water kunnen er veranderingen optreden. In open waterbakken kunnen etensresten, insecten, mesten of urine het water vervuilen, en er kunnen zelfs algen en bacteriën gaan groeien. Daarnaast kan stilstaand water een bron zijn voor ziektekiemen. Natuurlijke vervuiling is bij oppervlaktewater één van de grootste gevaren. Het klinkt natuurlijk puur natuur, toch kunnen hier rottende planten of een dikke laag slib de waterkwaliteit aantasten door hun rottingsproces. Bij hoge temperaturen kan zich in ondiep water blauwalg vormen, wanneer deze cyanobacteriën afsterven komen er giftige stoffen vrij komen welke de lever en nieren aantasten (Counotte & Ritskes, 2012; Counotte, 2012).



Dus ook al is water bij de bron geschikt als drinkwater voor paarden, bij het drinkpunt kan dit anders zijn. Door bijvoorbeeld vieze leidingen door biofilmvorming of vervuiling van de waterbak. “Tussen de bron en het drinkpunt kan de waterkwaliteit zodanig dalen, dat het water ongeschikt is als veedrinkwater” aldus Bos & Counotte (2006). Wat zijn hier dan aandachtspunten, vooral als het water schoon oogt.

1.3. Probleemstelling

Voeding is een van de belangrijkste factoren om je paard gezond te houden. Het is niet alleen de eerste levensbehoefte, het hoort ook bij het gedrag van het paard als grazer. Voeding speelt een belangrijke rol in de preventieve gezondheid (Hallebeek, z.d.). Dus waarom zullen we dan geen aandacht besteden aan het belang van water, dit is immers ook een eerste levensbehoefte. En zou jij het water drinken uit de drinkbak van een paard?

Er is beperkt onderzoek gedaan op het gebied van drinkwater voor paarden. Echter zijn deze onderzoeken voor de gemiddelde paardenhouder slecht toegankelijk. De informatie is moeilijk te vinden, soms enkel beschikbaar via universiteiten, de onderzoeken zijn in het Engels en er wordt veel gebruik gemaakt van vaktaal. Doordat de teksten wetenschappelijk zijn opgesteld komt er niet altijd een concrete conclusie uit welke direct tot de verbeelding spreekt.

Het doel van dit onderzoek is dan ook het verzamelen en verduidelijken van de beschikbare gegevens, om zo de wetenschappelijk informatie toegankelijk te maken voor de gemiddelde paardenhouder. Het gaat er hierbij voornamelijk om het ‘vergeten voedermiddel’ meer onder de aandacht te brengen, om bewustwording te creëren en om de paardenhouder erover te laten nadenken. Want naast voeding is ook water een eerste levensbehoefte. Dus waarom krijgt dat niet dezelfde aandacht?

De probleemstelling die hieruit volgt is:

Er is onvoldoende toegankelijke en bruikbare informatie beschikbaar waarbij rekening wordt gehouden met water als een invloedfactor op de gezondheid van het paard.

1.3.1. Afbakening

Om het werkstuk werkbaar te houden wordt het onderwerp op een aantal punten afgebakend.

Water

Er wordt alleen naar water in het algemeen gekeken. De samenstelling van water varieert per type en locatie van de waterbron en in combinatie met het drinkpunt. Zie ook 1.2. *Wat is er bekend over de relatie water en paarden?*. Voor een advies of conclusie op een bewuste locatie dient daarom een wateronderzoek gedaan te worden om zo te beoordelen hoe de situatie ervoor staat.

Scheikundige elementen

In water, in vloeibare vorm, kunnen heel veel stoffen oplossen. Er wordt hier enkel behandeld wat er al aan elementen en stoffen in water zit aan de bron of het drinkpunt. Zware vervuiling door bijvoorbeeld het lozen van afval wordt buiten beschouwing gelaten. Verder wordt er alleen gekeken naar de scheikundige elementen die de GD in de referentiewaarden heeft opgenomen. Zie ook 1.2.4 *Waterkwaliteit tabel 2*.

Bacteriologische elementen

Om dit onderdeel werkbaar te houden wordt er niet gekeken naar bacteriologische elementen welke niet direct in verband met het onderwerp genoemd worden. De bacteriologische elementen benoemde in 1.2.2.

Watersamenstelling zullen worden meegenomen in het verdere onderzoek.

Prestatie

Er wordt geen verband gelegd tussen water en prestatie. Voor melkkoeien zijn er onderzoeken beschikbaar waarbij een link wordt gelegd tussen water en de prestatie. Bij melkkoeien betekent dit het aantal liter/ aantal kilogram melk dat ze produceren. De prestatie van een paard is sterk afhankelijk van het doel van de eigenaar, en wordt beïnvloed door diverse factoren. Daarnaast kan gesteld worden dat de prestatie in verband staat met de gezondheid van het paard, en dat deze minder zal presteren wanneer de gezondheid en/of het welzijn vermindert.

Elektrolyten

Extra toevoegingen zoals elektrolyten worden niet meegenomen in dit onderzoek. De elektrolytenbalans heeft deels invloed op de wateropname van het paard, zoals in 1.2. *Wat is er bekend over de relatie water en paarden?* te lezen. Er zijn aanvullende producten op de markt die deze elektrolyten kunnen aanvullen. Deze toevoeging



aan water en/of voer wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten omdat er commercieel gezien wordt ingespeeld op het aanvullen van de verloren elektrolyten/ essentiële zouten en niet op de wateropname van het paard.

1.4. Hoofdvraag en deelvragen

Uit de hierboven genoemde probleemstelling is te concluderen dat er onvoldoende kennis beschikbaar is over het onderwerp water, ondanks het feit dat het de eerste levensbehoefte is en het paard tussen de 20 en 76 liter per dag tot zich kan nemen. Hieruit komt dan ook onderstaande hoofdvraag.

Hoofdvraag:

Wat moet de paardenhouder weten over water als invloedfactor op de gezondheid van het paard?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn er een aantal deelvragen opgesteld. Water kan worden beoordeeld op chemische en microbiologische samenstellingen, er wordt dan gekeken naar de aanwezige scheikundige en bacteriologische elementen. Welk effect hebben deze elementen en in welke mate kunnen deze een risico vormen?

Deelvraag 1:

Wat is er bekend over het effect van de in water aanwezige scheikundige elementen op de gezondheid van het paard?

Deelvraag 2:

Wat is er bekend over het effect van de in water aanwezige bacteriologische elementen op de gezondheid van het paard?

De aanwezige scheikundige en bacteriologische elementen zijn niet alleen waterbron afhankelijk, ze kunnen ook nadien nog in het drinkwater terecht zijn gekomen. Het water kan daardoor bij de bron een andere samenstelling hebben dan aan het drinkpunt. Hoe komen de genoemde elementen, indien van toepassing, voor in de praktijk en waar moet rekening mee gehouden worden betreft de waterbronnen en drinkpunten vanuit dit oogpunt?

Deelvraag 3:

Waar moet de paardenhouder zich bewust van zijn omtrent de beschikbare waterbronnen en de gebruikte drinkpunten?

1.4.1. Hypothese

De aangenomen stelling die bewezen of weerlegd zal worden middels het beantwoorden van de hoofdvraag is:

Water heeft meer invloed op de gezondheid van het paard dan via algemene informatiebronnen vermeld wordt. Water is een eerste levensbehoefte en verdient daarom meer aandacht dan het nu krijgt.



1.5. Doelstelling

Het doel van dit werkstuk is het leveren van duidelijke diepgaande informatie welke geschikt is voor de gemiddelde paardenhouder welke meer inzicht en informatie behoeft betreffende het onderwerp water en bijbehorende aspecten.

Het neven doel wat hierbij behaald wordt is het weerleggen of bewijzen van de hypothese. Uit het onderzoek zal blijken of water echt meer aandacht verdient dan de termen 'helder' en 'smakelijk' zoals deze veelvuldig genoemd worden.

1.5.1. Eindresultaat

Als eindresultaat wordt er gestreefd naar een informatief verslag welke literatuur bundelt waar de gemiddelde paardenhouder, welke meer inzicht en informatie behoeft, zich kan verdiepen in het onderwerp.

Het antwoord dat verwacht wordt is als volgt en zal daarmee ook de hypothese bewijzen:

In eerste beginsel is er niks mis met het Nederlandse water, er zijn voldoende regels en beleid voor een goede kwaliteit van water van diverse bronnen. Daar komt bij dat een paard vanuit zijn instinct niet iets zal opnemen wat schadelijk voor hem is, tenzij het niet anders kan.

Het zal blijken dat de elementen die zich in water bevinden een bepaalde rol spelen in de gezondheid van het paard. Verder zal er naar voren komen dat deze elementen kunnen veranderen door invloeden van waterbakken, weidedrinkbakken en leidingen. Over het algemene geheel zal blijken dat het onderwerp water inclusief de bijbehorende aspecten meer aandacht van de paardenhouder verdient.



2. METHODE

Dit onderzoek naar water als invloedfactor op de gezondheid van het paard is uitgevoerd als een literatuurstudie. Hoewel er literatuur beschikbaar is over dit onderwerp, is deze informatie erg verspreid en zelden gebundeld. Daarnaast is er ook literatuur beschikbaar met andere dieren als diergroep, deze literatuur is na overleg met een deskundige gebruikt bij dit onderzoek. Zij hebben geadviseerd om naast de diergroep paarden, gebruik te maken van onderzoek bij runderen en kalveren. Het betreft hier een kwalitatief onderzoek omdat er gekeken is naar feiten en effecten.

In de volgende drie paragrafen is per deelvraag weergegeven hoe het onderzoek heeft plaatsgevonden. Tot slot wordt in 2.4. *Betrouwbaarheid* omschreven hoe er met de betrouwbaarheid van de literatuur is omgegaan.

2.1. Deelvraag 1. Scheikundige elementen

Deze eerste deelvraag gaat over de aanwezige scheikundige elementen in water:

Wat is er bekend over het effect van de in water aanwezige scheikundige elementen op de gezondheid van het paard?

Met deze deelvraag wordt duidelijk wat de effecten zijn van de scheikundige elementen op de gezondheid van het paard. Er is dus naast onderzoek over water ook gezocht naar onderzoek over de specifieke elementen, dit om goed in kaart te krijgen wat de elementen doen met de gezondheid van het paard. Het gaat hierbij om de feitelijke gegevens.

Methode

Er is naar literatuur gezocht via Google Scholar en Green-i. Bij de gevonden literatuur is er ook gekeken naar literatuurverwijzing in de referentielijst, ook wel de sneeuwbalmethode genoemd (Rijksuniversiteit Groningen, 2019). De zoektermen die hoofdzakelijk gebruikt zijn, zijn weergegeven in tabel 3. Elk van deze term heeft de toevoeging paard, horse, hippisch, equus of equine gekregen om zo tot de juiste diergroep te komen. Bij onvoldoende literatuur is er verder gezocht bij de diergroep runderen met de toevoeging koe, kalf, melkvee, cattle, dairy cattle of calves.

Tabel 3. Zoekwoorden deelvraag 1.

Nederlands	Engels
Alle met en zonder WATER	
Nitraat	Nitrate
Nitriet	Nitrite
Ammonium	Ammonium
Natrium	Sodium
Chloride	Chloride
IJzer	Iron
Mangaan	Manganese
Sulfaat	Sulfate
pH	pH
Hardheid water	Hardness water
Drinkwater	Drinking water

2.2. Deelvraag 2. Bacteriologische elementen

De tweede deelvraag gaat over de aanwezigheid van bacteriologische bestandsdelen in water:

Wat is er bekend over het effect van de in water aanwezige bacteriologische elementen op de gezondheid van het paard?

Met deze deelvraag wordt duidelijk welke effect de bacteriologische elementen hebben op de gezondheid van het paard. Naast onderzoek over water is er daarom ook gezocht naar onderzoek betreft de specifieke elementen om zo een goed beeld te krijgen van de mogelijke gevolgen voor de gezondheid. Het gaat hier om de feitelijke informatie over de bacteriologische elementen.



Methode

Er is naar literatuur gezocht via Google Scholar en Green-i. Bij de gevonden literatuur is er ook gekeken naar literatuurverwijzing in de referentielijst. De zoektermen die hoofdzakelijk gebruikt zijn, worden weergegeven in tabel 4. Elk van deze term heeft de toevoeging als paard, horse, hippisch, equus of equine gekregen om zo tot de juiste diergroep te komen. Bij onvoldoende literatuur is er, mits van toepassing, verder gezocht bij de diergroep runderen.

Tabel 4. Zoekwoorden deelvraag 2.

Nederlands	Engels
Salmonella	
Clostridium	
enterococcen	Enterococci
E-coli; Escherichia coli	
Kiemgetal	Bacterial count
Kolonievormende eenheden; kve	Colony forming units; cfu
Cyanobacterie	Cyanobacteria

2.3. Deelvraag 3. Waterbronnen en drinkpunten

De derde deelvraag gaat over het de verschillende waterbronnen en drinkpunten:

Waar moet de paardenhouder zich bewust van zijn omtrent de beschikbare waterbronnen en de gebruikte drinkpunten?

Bij deze laatste deelvraag wordt duidelijk wat de aandachtspunten zijn voor waterbronnen en drinkpunten. Als voorbeeld: wanneer de waterbron grondwater is, moet er rekening gehouden worden met een eventueel hoog ijzerhalte in het water. Wordt dit in combinatie gebruikt met een automatische drinkbak dan kan het zijn dat het niet zintuiglijke waarneembaar is dat het water ijzer bevat.

Dit houdt in dat voordat deelvraag 3 beantwoord kon worden, deelvraag 1 en 2 beantwoord moesten zijn. Die twee ondersteunen namelijk deelvraag 3 om zo uiteindelijk samen een goed antwoord te formuleren op de hoofdvraag.

Methode

Er is naar literatuur gezocht via Google Scholar en Green-i. Bij de gevonden literatuur is er ook gekeken worden naar literatuurverwijzing in de referentielijst. De zoektermen die hoofdzakelijk gebruikt zijn, zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. Zoekwoorden deelvraag 3.

Nederlands	Engels
Biofilm	
Waterkwaliteit	Water quality
Drinkbak	Drinking trough
Open drinkbak	Open water souch
Type waterleiding	Water pipe
Oppervlakte water als drinkwater	Surface water
Grondwater als drinkwater	groundwater
Stilstaand water	Stagnant water
Algen	Algae

Omdat het hier gaat om waterbronnen en drinkpunten is hier niet gezocht naar een specifieke diergroep.



2.4. Betrouwbaarheid

Omdat er hoofdzakelijk via het internet gezocht wordt naar literatuur is het belangrijk om naar de betrouwbaarheid te kijken. De bronnen zijn getoetst op de volgende punten:

- Actualiteit;
- Gepubliceerd in een wetenschappelijke- of vaktijdschrift;
- Gepubliceerd op een wetenschappelijk site;
- Status auteur(s);
- Bronverwijzingen;
- Vraagstellingen en conclusies;
- Vermelding gebruikte methodes;
- Authentieke en eerlijke indruk;
- Lijkt de informatie op gedegen onderzoek te berusten;
- Tekststijl en grammatica;

De toetsing is voor elke bron anders, en niet elke bron heeft alle bovenstaande punten bevestigd, dit is namelijk afhankelijk van het karakter van de literatuur/publicatie. Maar voor alle bronnen geldt dat ze van een betrouwbare bron afkomstig moesten zijn of hier aan refereren (Universiteit van Amsterdam, z.d.).



3. RESULTATEN

In de volgende paragrafen zijn de resultaten van het literatuuronderzoek per deelvraag weergegeven. 3.1. *Scheikundige elementen* omvat veel, en soms diepgaande, informatie over het effect van de scheikundige elementen op de gezondheid van het paard. De elementen worden behandeld aan de hand van de referentiewaarde voor drinkwaterkwaliteit zoals de Gezondheidsdienst Dieren heeft opgesteld, zie hiervoor ook *bijlage I*. De verschillende cijfers die voortgekomen zijn uit deze paragraaf zijn samengevoegd in *bijlage II*.

In 3.2. *Bacteriologische elementen* komen de bacteriën aan bod welke in *hoofdstuk 1* naar voren zijn gekomen, de mate en diepgang van informatie varieert per bacteriologisch element.

Tot slot worden in 3.3. *Waterbronnen & Drinkpunten* de aandachtspunten behandeld met betrekking tot de waterbronnen en drinkpunten. Dit wordt voornamelijk gedaan op basis van de resultaten van 3.1. *Scheikundige elementen* en 3.2. *Bacteriologische elementen*, en wordt afgesloten met enkele andere aandachtspunten die van invloed zijn op de fysieke wateropname van het paard.

3.1. Scheikundige elementen

De algehele waterkwaliteit wordt vaak weergegeven met het gehalte Total Dissolved Solids (TDS) en wordt uitgedrukt in parts per million (ppm) wat gelijk staat aan milligram per liter (mg/L), een maat voor concentratie. TDS is de som van alle anorganische opgeloste stoffen in het water en geeft tevens aan hoe zout het water is. In tabel 6 is de klassering en de geschiktheid van het water af te lezen (Novak & Shoveller, 2008; Beede, 2006; Dewanckele, 2015).

Tabel 6. Geschiktheid van water op basis van totaal opgeloste stoffen (TDS) (Novak & Shoveller, 2008; Agri-Facts, 2005; Beede, 2006; Lardy et al., 2008).

TDS (ppm)	Opmerking
< 1.000 (zoet water)	Uitstekend
1.000 – 3.000 (licht zout water)	Goed voor paarden
3.000 – 5.000 (Matig zout water)	Goed voor paarden. Kan tijdelijke diarree veroorzaken en geweigerd worden door dieren die niet gewend zijn.
5.000 – 7.000 (Zout water)	Redelijk. Niet geschikt voor drachtige en lacterende merries, jonge paarden en sportpaarden.
7.000 – 10.000 (zeer zout water)	Niet geschikt.
> 10.000 (Pekeloplossing)	Ongeschikt voor paarden in elke conditie.

Hoewel een hoog TDS gehalte een indicator is voor een slechte water kwaliteit, geeft het geen specifieke informatie over waarom de concentratie hoog is. Aan de hand van een water analyse kan vastgesteld worden welke elementen voor een hoge concentratie zorgen (Beede, 2006; Novak & Shoveller, 2008; Dewanckele, 2015).

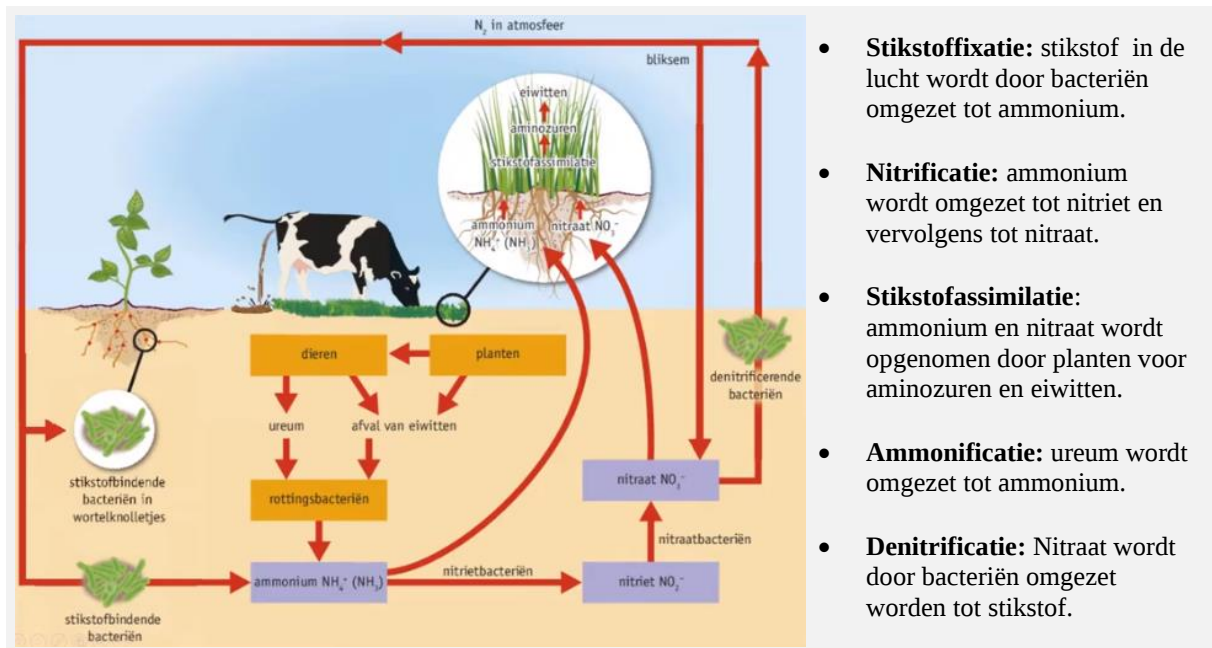
Water is voor paarden normaal niet een bron voor mineralen. Over het algemeen kan er aangenomen worden dat mineralen op die niveaus die normaliter aangetroffen worden in water, niet giftig zijn voor paarden. Een hoge concentratie kan wel de smakelijkheid van het water beïnvloeden, met als gevolg een verminderde wateropname. In dat geval geeft het water niet zozeer een gezondheidsprobleem, maar ontstaan de problemen door een verminderde wateropname (Lewis, 2005; Suttle, 2010; Olkowski, 2009; Novak & Shoveller, 2008).

In de volgende paragrafen worden de resultaten weergegeven van de scheikundige elementen waarvoor de GD afkapwaarden heeft opgesteld, waaraan de veedrinkwaterkwaliteit in Nederland moet voldoen. Dit zijn de elementen ammoniak, nitraat, nitriet, natrium, chloride, sulfaat, ijzer en mangaan. De pH waarde en de hardheid worden bepaald door deze elementen en worden apart benoemd. Zie hiervoor ook 1.2.4. *Waterkwaliteit* en *bijlage I*.



3.1.1. Ammonium

Ammonium is een stikstofverbinding en maakt deel uit van de stikstofkringloop. Stikstof is essentieel voor het leven en komt in verschillende vormen voor in de lucht, de bodem en het water. Het proces van de stikstofkringloop is in het kort weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Stikstofkringloop (van Bemmelen, 2020)

Zoals figuur 2 laat zien bevinden de dieren zich in de kleine kringloop. Ammonium en nitraat worden door planten opgenomen voor aminozuren en eiwitten, welke via de planten door de dieren worden opgenomen en via het verterings- en rottingsproces weer teruggebracht worden tot ammonium.

Ammonium is op zich niet schadelijk voor paarden, maar het moet door de lever worden omgezet tot ureum wat extra energie kost (Counotte, 2013). Doordat ammonium ook vrij komt bij de afbraak van organisch materiaal door bacteriën, kan dit duiden op aanwezigheid van bacteriën in het water, zie ook 3.2. *Bacteriologische elementen*. Tevens kan ammonium worden omgezet in het giftige nitriet, zie figuur 2 en 3.1.2. *Nitraat en Nitriet*. Een hoog ammoniumgehalte is meestal een indicator voor de aanwezigheid van mest in het water.

Ondanks het feit dat ammonium de meest voorkomende reden is om water af te keuren als drinkwater (Counotte, 2013), is er geen literatuur gevonden waarom ammonium schadelijk is voor het paard. In tabel 7 zijn de veilige concentratie weergegeven die de GD (z.d.) en Geor et al. (2013) benoemen.

Tabel 7. Veilige concentraties drinkwater (GD, z.d.; Geor et al., 2013)

	GD		Geor et al
	Veilig	Risicovol	Advies
Ammonium (mg/L)	< 1	> 2	< 3

3.1.2. Nitraat en Nitriet

Nitraat en nitriet zijn een onderdeel van de stikstofkringloop, zie 3.1.1 *ammonium*. Een directe opname van nitraat en nitriet kan schadelijke gevolgen hebben. Dit maakt dat nitraat en nitriet onder andere een graadmeter zijn voor de schadelijkheid van het drinkwater (Counotte, 2009).

Een nitraat- en nitrietvergiftiging komen maar zeer zelden voor bij paarden, runderen daarentegen zijn minder tolerant voor hoge concentraties nitraat. In publicaties wordt daarom veelvuldig verwezen naar literatuur met betrekking tot runderen (Oruc, Akkoc, Uzunoglu, & Kennerman, 2010; Novak & Shoveller, 2008). Als het al voorkomt ontstaan een nitraat- en nitrietvergiftiging meestal na het opnemen van voer of water dat veel nitraat



bevat. Nitriet komt nauwelijks voor in voer en water maar kan wel als gevolg van bederf ontstaan wanneer bacteriën nitraat omzetten in nitriet (Oruc et al., 2010; Berende, 1986; Novak & Shoveller, 2008).

Warmbloedige dieren bezitten geen enzymensysteem dat nitraat om kan zetten in het veel giftigere nitriet, hiervoor zijn bacteriën nodig zoals deze zich wel in de pens van herkauwers bevinden (Berende, 1986; Oruc et al., 2010). Volgens Robson (2007) is het daarom niet mogelijk dat paarden een nitrietvergiftiging oplopen als gevolg van het opnemen van nitraat. Echter benoemen Oruc et al. (2010) en Geor et al. (2013) dat de blinde darm van een paard zich gedraagt als een pens waar nitraat door bacteriën omgezet kan worden in nitriet.

Opgenomen nitraat kan irritatie aan het maag-darmslijmvlies veroorzaken met buikpijn en diarree als gevolg. Bij runderen leidt het ook tot een vitamine A-tekort, een lagere gewichtstoename bij jongvee en wordt het gerelateerd aan reproductieproblemen (Oruc et al., 2010; Dewanckele, 2015; Looper & Walder, 2007; Beede, 2006). Een tekort aan vitamine A bij groeiende paarden kan een negatieve invloed hebben op de groei en de gewichtstoename. Tevens heeft het een invloed op groeihormonen en is daarmee belangrijk bij drachtige merries voor de ontwikkeling van de embryo (Voervergelijk, z.d.; Novak & Shoveller, 2008). Een direct verband tussen de opname van nitraat met een vitamine A-tekort, lagere gewichtstoename en reproductieproblemen werd in de literatuur bij paarden niet gevonden.

Een hoge nitraatconcentratie, uit zowel water als voer, kan het jodiummetabolisme verstoren bij drachtige merries. Een tekort aan jodium bij drachtige merries kan gevolgen hebben zoals doodgeboren of zwakke veulens, een vergrote of minder functionerende schildklier bij het veulen en verstoring in de kraakbeenontwikkeling. Ook ruw haar en haaruitval kunnen een gevolg zijn van een tekort aan jodium (Novak & Shoveller, 2008; Voervergelijk, z.d.).

Nitriet is 10 tot 15 maal giftiger dan nitraat (Geor et al., 2013). Opgenomen nitriet vermindert het zuurstofbindend vermogen van bloed, het zet hemoglobine, dat zuurstof kan vervoeren, om tot methemoglobine, dat geen zuurstof kan vervoeren. Dit leidt tot moeilijke en verhoogde ademhaling met kans op verstikking, verhoogde pols, coördinatiestoornissen, schuimvorming op de mond, blauw-bruin verkleurde slijmvliesen en chocoladebruin verkleurd bloed en uiteindelijk tot sterfte (Oruc et al., 2010; Dewanckele, 2015; Looper & Walder, 2007; Robson, 2007). Oruc et al. (2010) en Berende (1983) benoemen nitraat- en nitrietvergiftiging samen en voegen zwakte, ataxie, diarree, veel plassen en aborteren toe aan de klinische symptomen.

In tabel 8 zijn de concentraties nitraat in drinkwater voor melkvee weergegeven zoals Looper & Walder (2007) en Beede (2006) deze benoemen en in tabel 9 is de richtlijn van Agri-Facts (2005) weergegeven. Olkowki (2009), Lardy et al (2008) en Geor et al (2013) benoemen enkel de veilige concentratie van nitraat in water, deze zijn weergegeven in tabel 10, de GD (z.d.) benoemt tevens ook een risicowaarde.

Tabel 8. Concentraties nitraat in drinkwater voor melkvee (Beede, 2006; Looper & Walder, 2007)

Ppm of mg/L		Opmerking
Beede	Looper & Walder	
0-44	0-44	Veilig
44-88	45-132	Veilig in een dieet met een laag nitraat gehalte
88-177	113-220	Kan schadelijk zijn bij gebruik over langere periodes
177-443	221-660	Vee in gevaar, mogelijk dodelijke gevolgen
>443	>661	Onveilig voor gebruik

Tabel 9. Concentraties nitraat in drinkwater voor melkvee (Agri-Facts, 2005)

Ppm of mg/L	Opmerking
<100	Niet schadelijk voor runderen en paarden.
100-300	Water dat meer dan 100 mg/L nitraat bevat, vormt een potentieel gevaar voor de gezondheid als het voer ook hoog nitraatgehaltes bevat.
> 300	Dit water, in combinatie met hoge nitraatgehaltes in voer, kan nitraatvergiftiging veroorzaken bij runderen. Bij gebrek aan onderzoek wordt geadviseerd dit water bij paarden ook te vermijden.



Tabel 10. Veilige concentratie nitraat in drinkwater (GD, z.d.; Olkowski, 2009; Lardy et al, 2008; Geor et al, 2013)

	GD		Olkowski	Lardy et al	Geor et al
	Veilig	Risicovol	Veilig	Veilig	Advies
Nitraat (mg/L)	< 100	> 200	400	500	< 200
Nitriet (mg/L)	< 0,1	> 1,0	-	100	< 30

Volgens Olkowski (2009) zijn de verschillen concentratie die in de literatuur genoemd worden te wijten aan het feit dat er geen rekening gehouden wordt met verschillende belangrijke variabelen zoals fysiologische toestand, leeftijd, ontwikkelingsstadium, voeding en het diersoort. Zo benoemd Oruc et al. (2010) dat drachtige dieren gevoeliger voor een nitraat- en nitrietvergiftiging.

3.1.3. Natrium en Chloride

Natrium komt in water het meeste voor in combinatie met sulfaat of chloride. Chloride is de meest voorkomende vorm van chloor in water en komt het meest voor in combinatie met natrium. Natrium, chloride en sulfaat dragen bij aan het zoutgehalte van het water, eventuele nadelige effecten zijn moeilijk aan één enkel element toe te schrijven omdat de elementen veelal in combinatie met elkaar voorkomen (Olkowski, 2009; Suttle, 2010). De functie en het metabolisme van natrium en chloride is aan elkaar verwant, en worden daarom samen in deze paragraaf besproken. Sulfaat wordt apart in 3.1.4 *Sulfaat* behandeld.

Natrium en chloride zijn elektrolyten die een rol spelen bij vochtbalans van het lichaam en worden uitgescheiden via urine en zweet. Verder vervullen deze elementen een rol bij de regeling van het zuur-base evenwicht, de buffering van de pH waarde in het maagdarmkanaal, de doorlaatbaarheid van het celmembraan en de overdracht van zenuwimpulsen (Dewanckele, 2015; Voervergelijk, z.d.; Huisman et al., 2011; Suttle, 2010).

Zowel een tekort als een overschot aan natrium en chloride heeft invloed op het zuur-base evenwicht van het lichaam (Huisman et al., 2011; Voervergelijk, z.d.; Olkowski, 2009; Pijpers, 2014). Gezonde nieren zullen het overschot aan natrium en chloride filteren en afscheiden in de urine. Paarden moet hiervoor wel beschikken over voldoende drinkwater (Voervergelijk, z.d.; Crandell, 2016). Omdat het hier gaat over natrium en chloride in water is dat laatste niet van toepassen, tenzij paarden ook de beschikking hebben over een andere waterbron met een laag natrium en chloride gehalte.

Volgens Olkowski (2009) kunnen de meeste dieren, vanwege een effectief mechanisme om het chloride gehalte te controleren, relatief grote hoeveelheden chloride verdragen. Daarom is de toxiciteit meestal verwaarloosbaar. Een concentratie vanaf 250 mg/L vermindert de smakelijkheid en geeft een zoute smaak wat resulteert in een verminderde wateropname (Dewanckele, 2015; Olkowski, 2009; El Mahdy et al., 2016).

Olkowski (2009) benoemt dat ook voor natrium het lichaam beschikt over een effectief mechanisme om het natriumgehalte te controleren, waardoor natrium onder normale omstandigheden niet als toxisch wordt beschouwd en zelden een probleem vormt (El Mahdy et al., 2016; Dewanckele, 2015). Toch benoemt Olkowski (2009) dat een hoge inname over langere tijd kan leiden tot hoge bloeddruk, congestief hartfalen, nierfalen, leverziekte en zwangerschapsvergiftiging. Een concentratie vanaf 200 mg/L natrium in water vermindert de smakelijkheid, wat resulteert in een verminderde wateropname.

El Mahdy et al. (2016) benoemt dat de natriumconcentratie beneden de 400 mg/L moet blijven, daarboven kan het negatieve gevolgen hebben afhankelijk van de alkaliteit en de pH-waarde van het water. En vanaf 800 mg/L kan het diarree veroorzaken. Deze twee waardes zijn gelijk aan de voor natrium gestelde afkapwaarden van de GD, zie tabel 11. De veilige waarde die Olkowski (2009) hanteert voor natrium ligt een stuk hoger, maar stelt hierbij dat het element samenhangt met chloride en sulfaat. Waarop de chlorideconcentratie uit tabel 11 is gebaseerd is niet gevonden.

Tabel 11. Veilige concentraties natrium en chloride in drinkwater (GD, z.d., Olkowski, 2009; Geor et al, 2013)

	GD		Olkowski	Geor et al
	Veilig	Risicovol	Veilig	Advies
Natrium (mg/L)	< 400	> 800	2500	< 500
Chloride (mg/L)	< 250	> 2000	3000	< 500



Natrium en chloride worden apart benoemd in de literatuur, terwijl ook in bijna alle beschikbare literatuur benoemd wordt dat de nadelige effecten van deze elementen niet als stand-alone beschouwd mogen worden. Er dient ten alle tijden gekeken te worden naar combinaties van natrium, chloride en sulfaat (Olkowski, 2009).

Natriumchloride

Natrium en chloride komen in water meestal voor in de combinatie van natriumchloride, beter bekend als (keuken)zout. Omdat paarden niet vrijwillig extra zout opnemen kan een zoutvergiftiging enkel ontstaan wanneer het dier geen beschikking heeft over water of wanneer het drinkwater veel zout bevat. Klinische verschijnselen zijn diarree en veel urineren, en in ernstigere gevallen spierrillingen, desoriëntatie en blindheid. Het zout kan irritatie veroorzaken aan het maagdarmkanaal wat leidt tot donkere ontlasting, temperatuurdaling, koliek en gewichtsverlies. Het aandeel natrium in natriumchloride lijkt verantwoordelijk te zijn voor de effecten van een zoutvergiftiging (Cournotte & Mars, 2008; Dewanckele, 2015; Novak & Shoveller, 2008; Geor et al., 2013; El Mahdy et al., 2016; Olkowski, 2009).

Olkowski (2009) noemt dat in drinkwater met een concentratie van 10.000 ppm natriumchloride giftig is en een concentratie van 5.000 tot 7.000 ppm de gezondheid en prestaties beïnvloedt. Verder vertoonden runderen een verhoogde wateropname en diarree bij een langdurige opname van water met 2500 mg/L natriumchloride.

Sulfaat

Wanneer natrium in water aanwezig is als natriumsulfaat, worden de nadelige effecten waarschijnlijker toegeschreven aan sulfaat dan aan natrium. Sulfaat wordt, ten opzichte van natrium en chloride, als meer giftig gezien. De interactie tussen sulfaat en chloride kan het zuur-base evenwicht in het lichaam verstoren (Olkowski, 2009; Dewanckele, 2015). Volgens Beede (2006) mag de concentratie van chloride en sulfaat samen niet meer dan 1000 ppm bedragen. De reden hiervoor werd in de literatuur niet gevonden. In 3.1.4 *Sulfaat* wordt het element sulfaat uitgebreider behandeld.

3.1.4. Sulfaat

Zwavel komt in het water voor in de vorm van sulfaat. Zwavel is een van de meest voorkomende elementen op aarde, het reageert makkelijk met andere elementen waardoor het in veel verschillende vormen voorkomt, opgelost sulfaat in water is er daar een van. Zwavel is een bouwsteen voor eiwitten, vitaminen en antioxidanten, waardoor het onmisbaar is voor planten en dieren. Planten nemen het zwavel uit de bodem op in de vorm van sulfaat, dieren krijgen zwavel binnen in de vorm van eiwitten via de planten. Dieren, met uitzondering van herkauwers, zijn zelf niet in staat om sulfaat om te zetten tot bruikbare stoffen (Schils, 2016). Sulfaat is een van de elementen die bijdraagt aan het zoutgehalte van het water en die net als natrium en chloride niet als stand-alone gezien mag worden, zie 3.1.3. *Natrium en Chloride* (Olkowski, 2009).

Doordat zwavel en daarmee sulfaat makkelijk reageert met andere elementen, is het volgens Looper & Waldner (2007) van belang om bij het vaststellen van sulfaatconcentratie van 500 ppm na te gaan om welke specifieke vorm het gaat. Zo zijn de vormen calcium-, ijzer-, magnesium-, en natriumsulfaat laxerend en is er van ijzersulfaat bekend dat deze de wateropname het meest onderdrukt in verhouding tot de andere sulfaatvormen.

Geor et al (2013) constateerde bij paarden een verminderde wateropname bij een concentratie van 1992 ppm natriumsulfaat. Binnen het onderzoek waren tevens twee paarden die minder dronken dan de rest, de bittere smaak van een hoge sulfaatconcentratie werd hier als waarschijnlijk oorzaak aangewezen. Volgens Bagley et al. (1997) zullen dieren aan de bittere smaak van sulfaat moeten wennen. Bitter wordt eerder afgewezen dan zout (Dewanckele, 2015).

Onderzoek bij runderen heeft ook uitgewezen dat hoge concentraties natriumsulfaat en magnesiumsulfaat het water onsmakelijk maakt. Tevens bleek dat de runderen hun drinkpatroon veranderde en agressief gedrag vertoonden tijdens het drinken. Bij een concentratie van 1500 ppm, ongeacht de vorm van sulfaat, werd er geen verminderde wateropname geconstateerd (Dewanckele, 2015; Beede, 2006; Bagley et al., 1997).

Hoge opname van sulfaat veroorzaakt bij paarden meestal diarree, dit kan optreden vanaf een sulfaatconcentratie van 1000 ppm. Echter past het paard zich na verloop van tijd aan waardoor de diarree verdwijnt en het paard tolerant kan zijn voor wel twee tot drie maal de concentratie (Lewis, 2005; Olkowski, 2009). Lardy et al. (2008) benoemt dat deze concentratie bij runderen ook schuren kan veroorzaken. Andere klinische symptomen zijn een zieke indruk, koliek, ataxie en zeer zelden stuiprekkings (Brugess et al., 2010).

Verder kan een hoge sulfaatconcentratie leiden tot een grotere behoefte aan selenium, vitamine E, mangaan, zink en hoofdzakelijk koper. Doordat sulfaat zich met koper bindt is er minder koper beschikbaar, wat invloed heeft



op de kopermetabolisme (Ouweltjes & Schils, 2002; Dewanckele, 2015; Geor et al., 2013). Koper is een bestanddeel van bloed en verschillende enzymen, en is nodig voor groei waarmee het belangrijk is voor drachtige merries en jonge paarden. Een tekort kan gevolgen hebben als bloedarmoede, bloedingen en kraakbeenschade (Voervergelijk, z.d.; Moelands, 2013; Novak & Shoveller, 2008). Bij runderen wordt een hoog sulfaat gehalte in water in verband gebracht met een koper tekort (Lardy et al., 2008; Olkowski, 2009). Een direct verband tussen een hoog sulfaatgehalte in water en een tekort aan koper werd bij paarden niet gevonden in de literatuur.

In tabel 12 zijn de sulfaatconcentraties weergegeven zoals Bagley et al. (1997) stelt. De sulfaatconcentraties van GD (z.d.), Okowski (2009) en Geor et al. (2013) in tabel 13 zijn specifiek benoemd voor paarden.

Tabel 12. Concentratie sulfaat in drinkwater voor dieren (Bagley et al., 1997)

Ppm	Opmerking
<1000	Maximaal geadviseerde concentratie
1000-1500	Heeft lichte effecten op dieren
1500-2500	Veroorzaakt tijdelijke diarree
>4500	Niet gebruiken als drinkwater

Tabel 13. Veilige concentraties sulfaat in drinkwater (GD, z.d.; Olkowski, 2009; Lardy et al., 2008; Geor et al., 2013)

	GD		Olkowski	Lardy et al	Geor et al
	Veilig	Risicovol	Veilig	Veilig	Advies
Sulfaat (mg/L)	< 100	> 250	2500	1000	< 500

3.1.5. IJzer

IJzer is een element dat van nature aanwezig is in water door het oplossen van ijzerhoudende mineralen en het oxideren van ijzerhoudend sediment. IJzer komt in het water voor in twee verschillende vormen, het sterk oplosbare ferro-ijzer (Fe^{2+}) en als ferri-ijzer (Fe^{3+}). Ferri-ijzer is zichtbaar als de roestbruine verkleuring van het water, ferro-ijzer is kleurloos maar onder invloed van zuurstof oxideert het naar ferri-ijzer. Ferro-ijzer is biologisch beter opneembaar dan ferri-ijzer, maar door de lage pH waarde in de maag van het paard kan ferri-ijzer daar weer omgezet worden in ferro-ijzer (Theelen, Beukers, Grinwis, & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 2019; Cournotte & Mars, 2008; Beede, 2006).

IJzer is een essentieel sporenelement dat in een relatief lage concentratie aanwezig is in het lichaam, maar een belangrijke rol speelt in de stofwisseling. Het is aanwezig in hemoglobine, het zuurstofbindende eiwit in bloed, in myoglobine, het zuurstofbindende eiwit in spieren, in transferrine, een transporteiwit voor ijzer, in enzymen en is opgeslagen in de vorm van ferritine. IJzer wordt voornamelijk opgenomen in de dunne darm en wordt nauwelijks uitgescheiden. Het ijzer wordt hergebruikt en gaat verloren bij slijtage van lichaamscellen (Huisman et al., 2011; Dewanckele, 2015; Novak & Shoveller, 2008; Theelen et al., 2019).

Wanneer ijzer is opgenomen verdeelt transferrine het door het lichaam. Doordat ijzer niet actief wordt uitgescheiden wordt het overvloedige ijzer opgeslagen als ferritine. De lever, milt, alvleesklier en het hart worden het meest beïnvloed door deze ijzerstapeling (Theelen et al., 2019; Huisman et al., 2011). Onder normale omstandigheden zorgt het ferritinesysteem in de darmwand ervoor dat de ijzerabsorptie geregeld wordt. Het sterk oplosbare ferro-ijzer kan echter makkelijk opgenomen worden waardoor het kan ontsnappen aan het regulatiesysteem. Het transferinnesysteem bindt het ijzer in bloed en weefsel en kan dit onder normale omstandigheden ondervangen. Maar bij een overmaat aan ijzer kan het onvoldoende gebonden worden met als gevolg dat er grote hoeveelheden reactieve zuurstofvormen kunnen ontstaan die leiden tot oxidatieve stress (Beede, 2006; Dewanckele, 2015; Theelen et al., 2019).

Oxidatieve stress beschadigt de celmembraanstructuur, -functies en verstoort andere biochemische reacties. Met als gevolg een lagere immuniteit, verhoogd gebruik van antioxidanten, meer gevallen van aan de nageboorte blijven staan en diarree, en mindere voeropname en groei (Beede, 2006; Dewanckele, 2015). Deze oxidatieve stress is de onderliggende oorzaak waardoor ijzerstapeling leverschade veroorzaakt en mogelijk ook schade aan andere organen. IJzerstapeling verhoogt verder ook de vatbaarheid op infecties, bacteriën behoeven een constante ijzervoorraad om te kunnen groeien (Theelen et al., 2019).



Het risico op ijzervergiftiging wordt toegeschreven aan de aanwezigheid van ijzer in water. Dit omdat het ijzer in water meer beschikbaar is dan ijzer in voeder (Beede, 2006). Wanneer paarden bronwater rechtstreeks drinken wordt het ferro-ijzer makkelijk opgenomen. Wanneer het niet direct gedronken wordt, oxideert het ijzer onder invloed van zuurstof en ontstaat de ferri vorm welke minder snel opgenomen wordt (Counotte & Ritskes, 2012).

In het onderzoek van Theelen et al. (2019) wordt benoemd dat alle geteste monsters, met waarde uiteenlopend van 0,75 tot 72,5 mg ijzer per liter, als ongeschikt werden geacht. Het maximale acceptabele niveau is volgens Theelen et al. (2019) 0,3 mg/L. Ook Beede (2006) benoemt dat meer dan 0,3 mg ijzer per liter drinkwater veel beter opneembaar en beschikbaar is en dus een risico vormt voor ijzervergiftiging.

In tabel 14 zijn de ijzerconcentraties weergegevens waarbij de gegevens van de GD (z.d.) en Theelen et al. (2019) paard specifiek zijn.

Tabel 14. IJzerconcentraties in drinkwater (GD, z.d.; Beede, 2006; Theelen et al., 2019)

	GD		Theelen et al.	Beede
	Veilig	Risicovol	Maximaal	Maximaal
IJzer (mg/L)	< 0,5	> 10	< 0,3	< 0,3

3.1.6. Mangaan

Mangaan is samen met ijzer het meest voorkomende metaal in water, het is van nature een bestandsdeel van een aantal mineralen en is een essentieel sporenelement voor organismen (Lenntech, z.d.; Huisman et al., 2011). Mangaan is essentieel voor de stofwisseling van koolhydraten en vetten, het normaal functioneren van de geslachtsorganen, voor de vorming van kraakbeen en een bestanddeel van talrijke enzymen (Novak & Shoveller, 2008; Huisman et al., 2011; Dewanckele, 2015; Voervergelijk, z.d.).

Olkowski (2009) benoemt dat bij concentraties van 2000 ppm groeiachterstand en bloedarmoede waargenomen zijn. En dat bij experimentele studies bleek dat hoge gehalten mangaan schadelijke effecten heeft op de beweeglijkheid en concentratie van sperma. Echter benadrukt hij hierbij dat deze effecten zeer onwaarschijnlijk zijn bij opname van mangaan uit water, vanwege de slechte smaak, en een overmaat van mangaan veel waarschijnlijker toegeschreven zou worden aan een overmaat in voer.

Ondanks het feit dat mangaan gewoonlijk is opgenomen als een van de mineralen van een wateranalyse, is er geen literatuur beschikbaar over de nadelige effecten van een hoge mangaan inname via drinkwater bij zowel paarden als bij runderen. Algemeen wordt aangenomen dat een concentratie van meer dan 0,05 ppm de wateropname negatief beïnvloed vanwege de slechte smaak (Beede, 2006; Dewanckele, 2015; Voervergelijk, z.d.; Linn, 2008; Olkowski, 2009; El Mahdy et al., 2016).

In tabel 15 zijn de paard specifieke mangaanconcentraties van de GD (z.d.) en Geor et al. (2013) weergegeven.

Tabel 15. Mangaanconcentratie in drinkwater (GD, z.d.; Geor et al., 2013)

	GD		Geor et al.
	Veilig	Risicovol	Advies
Mangaan (mg/L)	< 1	> 2	< 4

3.1.7. Hardheid

De hardheid van water wordt voornamelijk bepaald door de concentraties calcium en magnesium. Daarnaast dragen ook ijzer, mangaan, zink, strontium en aluminium bij aan de hardheid van water (Lewis, 2005; Dewanckele, 2015; Beede, 2006; Looper & Waldner, 2007; Lardy et al., 2008). De hardheid van water kan op verschillende manieren worden uitgedrukt en is land afhankelijk.

Waterhardheid kan onder andere uitgedrukt worden in ppm CaCO_3 (mg/L calciumcarbonaat) en, zoals in Nederland wordt gebruikt, in graden Duitse hardheid (dH). Omgerekend kan gesteld worden dat 1 ppm CaCO_3 gelijk is aan 0,056 dH. In tabel 16 en 17 is te zien dat ook de classificaties van hardheid anders is (Dewanckele, 2015).



Tabel 16. Classificatie hardheid water in ppm CaCO_3 en omgerekend naar graden Duitse hardheid (Dewanckele, 2015).

Classificatie	Concentratie CaCO_3 (ppm)	Graden Duitse Hardheid (dH)
Zacht water	0-60	0-3,36
Matig hard water	61-120	3,36-6,72
Hard water	121-180	6,75-10,08
Zeer hard water	>180	>10,08

Tabel 17. Classificatie hardheid water in graden Duitse hardheid en omgerekend naar ppm CaCO_3 (Dewanckele, 2015)

Classificatie	Graden Duitse Hardheid (dH)	Concentratie CaCO_3 (ppm)
Zeer zacht	0-4	0-71
Zacht	4-8	71-143
Matig hard	8-12	143-214
Vrij hard	12-18	214-321
Hard	18-30	321-536
Zeer hard	>30	>536

Looper & Waldner (2007), Beede (2006) en Dewanckele (2015) benoemen dat de waterhardheid geen invloed heeft op de prestaties, de groei en wateropname bij runderen. En dat testen uitwezen dat bij een totale hardheid van 290 ppm geen nadelige effecten werden waargenomen (Beede, 2006; Linn, 2008). Ook Cournette (2013) benoemt dat hardheid op zich niet schadelijk is, maar dat het wel de smaak beïnvloedt wat een verminderde wateropname als gevolg kan hebben. Een hardheid van meer dan 25 dH of minder dan 4 dH is meestal minder smakelijk.

Water kan onthard worden, bij het ontharden is het van belang om het zoutgehalte van het water in acht te nemen. Bij dit proces wordt calcium en magnesium vervangen door natrium, dit kan problemen veroorzaken wanneer het water al een hoog zoutgehalte heeft (Lardy et al., 2008; Beede, 2006). Zie ook 3.1.3 *Natrium en Chloride*.

3.1.8. pH

Met de pH waarde wordt de zuurtegraad uitgedrukt en deze wordt bepaald door het aantal vrije waterstofionen. Een pH van 7 is neutraal, onder de 7 is zuur en boven de 7 is basisch/ alkalisch. In tabel 18 zijn de advieswaardes betreft pH weergegeven.

Tabel 18. pH waarde drinkwater (GD, z.d.; Looper & Waldner, 2007; Beede, 2006)

	GD	Looper & Waldner	Beede
pH	Veilig 5-8	Voorkeur 6-8	Acceptabel 6-9

Looper & Waldner (2007) en Olkowski (2009) benoemen dat water met een pH buiten het voorkeursbereik voor niet-specifieke effecten kan zorgen zoals spijsverteringsproblemen, diarree en een verminderde voer- en wateropname. Lardy et al. (2008) en Bagley et al. (1997) daarentegen wijzen deze effecten enkel toe aan hoog alkalisch water. Volgens Beede (2006) kunnen er moeilijk conclusies getrokken worden over schadelijke effecten van drinkwater met een pH buiten het voorkeursbereik, effecten zijn volgens Beede (2006) niet gerapporteerd in wetenschappelijke literatuur en onderzoek naar invloed op gedrag en prestaties is beperkt.

Wel deden Merkies & Carson (2011) een onderzoek naar smaakvoorkeuren bij paarden door middel van het aanbieden van water met een verschillende pH waarde. Er was een sterke afkeer voor water met een pH van 2,9 en 3,6, en een zwakke afkeer voor een pH van 5. Toch werd het water niet volledig afgewezen, de paarden prefereerde het controle water pH 7,5 maar wezen de andere niet volledig af.



Bij runderen kan water met een pH lager dan 5,5 leiden tot acidose, een te lage pH van het bloed, en water met een pH hoger dan 9 tot alkalose, een te hoge pH van het bloed (Olkowski, 2009; Dewanckele, 2015). Acidose en alkalose zijn een verstoring in het zuur-base evenwicht. Het metabole zuur-base evenwicht berust op het feit dat de netto ionische lading van een oplossing altijd nul is. Natrium en chloride spelen een rol bij dit zuur-base evenwicht, zie 3.1.3. *Natrium en Chloride*, en figuur 3 waar schematisch is weergegeven dat de verandering van Na^+ ten opzichte van Cl^- de pH waarde van een oplossing doet veranderen (Corley & Marr, 1998). Er werd geen literatuur gevonden met een verband tussen de pH waarde van het drinkwater en acidose/alkalose bij paarden.

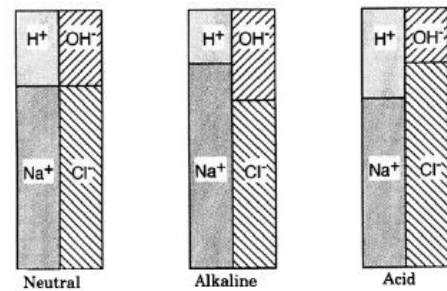


Fig 1a: Gamblegrams illustrating the effect of changing relative concentrations of sodium and chloride in solution on pH.

Figuur 3. Het effect van natrium en chloride op de pH waarde van een oplossing (Corley & Marr, 1998)

3.2. Bacteriologische elementen

Naast de scheikundige elementen kunnen er ook bacteriologische elementen, oftewel micro-organismen, in het water zitten zoals salmonella, clostridium, E. coli, enterococci en de cyanobacterie alias blauwalg. Bacteriën in een watervoorziening vormen een risico voor ziekte, de meeste infectieziekten kunnen via besmet water worden overgedragen (Voervergelijk, 2013; Schothorst Feed Research, 2006; Novak & Shoveller, 2008; Olkowski, 2009).

Vervuild water is een gastheer voor micro-organismen. Organisch materiaal vormt een voedingsbron voor micro-organismen, waardoor deze zich in vervuild water snel kunnen vermenigvuldigen. Het totale aantal bacteriën geeft een indicatie van de waterkwaliteit en hygiëne en omvat zowel de schadelijke als de niet-schadelijke bacteriën (Lardy et al., 2008; Looper & Waldner, 2007; Olkowski, 2009).

Volgens Looper & Waldner (2007) is een totaal aantal bacteriën van 5 kolonie vormende eenheid per milliliter (kve/ml) een indicatie voor problemen met de waterkwaliteit en moet water met meer dan 10.000 kve/ml vermeden worden. Beede (2006) daarentegen geeft aan dat water met een bacteriën totaal van meer dan 10.000 kve/ml mogelijk problemen kan geven. Ook de GD (z.d.) acht een bacteriën totaal onder 10.000 kve/ml als veilig. Zie tabel 19.

Tabel 19. Richtlijn aantal bacteriën in veedrinkwater (GD, z.d.; Looper & Waldner, 2007; Beede, 2006)

	GD		Looper & Waldner	Beede
	Veilig	Risicovol	Richtlijn	
Totale bacteriën (kve/ml)	< 10.000	> 100.000	< 5	< 10.000
Fecale coliformen (kve/ml)			< 0,10	< 0,10
E. coli (kve/ml)	< 10	> 100		

Voornamelijk micro-organismen van fecale oorsprong, uitwerpselen, zijn schadelijk. Een fecale besmetting wordt aangetoond middels coliforme bacteriën. Niet alle coliforme bacteriën zijn schadelijk maar hoe hoger het gehalte aan coliforme bacteriën, hoe groter de kans op fecale ziekte makende organismen, pathogenen, in het water. Escherichia coli, E. coli, is zo een coliforme bacterie en komt van nature voor in de dikke darm. Omdat E. coli in water minder snel afsterft dan andere darmpathogenen, vormt het een indicator voor een fecale besmetting van het water (Dewanckele, 2015; Olkowski, 2009; GD, z.d.; [Watermicrobiologie], z.d.).

Onschadelijke E. coli stammen in de dikke darm voorkomen een ongecontroleerde groei van schadelijke bacteriën (Micropia, z.d.). Daarnaast bestaan er ook een aantal schadelijke E. coli stammen. Picavet et al. (2008) benoemen dat onder experimentele omstandigheden de schadelijke E. coli stammen schade aan de dunne darm van het paard kunnen toebrengen. Echter is de relatie tussen E. coli en diarree bij paarden in de praktijk nog niet duidelijk. Een verband tussen drinkwater voor paarden, ziekte en E. coli werd in de literatuur niet gevonden.

Een secundaire indicator voor een fecale besmetting zijn fecale Streptococci oftewel enterococci. Bij afwezigheid van E. coli kan er getest worden op Enterococci. Deze darmbacteriën kunnen tot enkele weken buiten het darmkanaal overleven, ze komen echter in lagere aantallen voor in uitwerpselen en zijn meer geschikt voor bepalingen van een fecale besmetting bij voedsel dan bij water (Lenntech, z.d.). Er werd in de literatuur geen relatie gevonden tussen drinkwater voor paarden, ziekte en Enterococci.



Wanneer fecale bacteriën aanwezig zijn in het water is er een verhoogd risico dat ook eventuele andere pathogenen uit ontlasting in het water aanwezig zijn. Infectieuze bacteriën, virussen en ziektes kunnen daarnaast ook overgedragen worden via het water wanneer de waterbak gedeeld wordt met meerdere paarden. In de volgende paragrafen worden de resultaten weergegeven van de, uit het vooronderzoek naar voren gekomen, bacteriën welke een gevaar kunnen vormen voor paarden in relatie met drinkwater. De bacteriën *E. coli* en Enterococci zijn hierboven al besproken.

3.2.1. *Salmonella*

De salmonellabacterie, de veroorzaker van salmonellose, behoort tot de familie van enterobacteriën en komt bij diverse dieren voor in de darmflora. *Salmonella* behoort niet tot de normale darmflora van het paard, een paard kan echter wel een symptoomloze drager zijn en daarmee een besmettingsbron vormen door het uitscheiden van de bacterie. Drinkwater speelt een belangrijke rol bij de verspreiding van de salmonellabacterie. De bacterie kan enkele maanden in mest, oppervlaktewater en biofilm overleven, *salmonella* kan zich zo binnen de stal of omgeving verspreiden (Picavet, et al., 2008; Swanenburg, Vos, Visser, & Nodelijk, 2014; GD, z.d.; Nijenhuis, 2017).

Salmonellose is een van de meest voorkomende oorzaken van infectieuze diarree bij paarden. Een besmetting met *Salmonella* kan optreden door orale opname van de bacterie, bijvoorbeeld via besmet drinkwater. Risicofactoren voor het verkrijgen van salmonellose zijn onder andere hoge omgevingstemperatuur, stress, transport, antibioticumtoediening, buikchirurgie, narcose, bestaande maag- en darmziekten en voerverandering (Picavet, et al., 2008; Nijenhuis, 2017; Swanenburg et al., 2014). Volgens Hartog, Offereins & Stolk (2010) en Stewart (2013) kunnen deze risicofactoren er ook voor zorgen dat een drager alsnog een klinische ziekte ontwikkeld.

Er zijn drie vormen, volgens Picavet et al. (2008) vier, van salmonellose bij paarden:

1. Subklinische drager. Deze paarden vertonen geen ziekteverschijnselen en kunnen zowel actief als met tussenpozen de bacterie uitscheiden. Volgens Picavet et al (2008) kunnen ook de genoemde risicofactoren ervoor zorgen dat de bacterie (weer) wordt uitgescheiden.
2. Milde klinische verschijnselen. Deze paarden vertonen depressie, koorts, slechte eetlust maar zonder diarree of koliek.
3. Acute ernstige salmonellose. Deze paarden hebben een darmontsteking met diarree en vertonen depressie, anorexie, koorts en koliek (Nijenhuis, 2017; Picavet, et al., 2008; Stewart, Salmonellosis in Horses, 2013).
4. Picavet et al. (2008) noemt nog een vierde vorm: sepsis, bloedvergiftiging veroorzaakt door bacteriën, met of zonder diarree.

Behandeling bestaat voornamelijk uit het opheffen en stabiliseren van de symptomen. Salmonellose en clostridiose zijn klinisch gezien niet te onderscheiden van elkaar maar voor beide geldt dat antibiotica vermeden moet worden. Het gebruik van antibiotica is controversieel omdat het juist ook diarree kan veroorzaken en het heeft geen effect op herstel, het kan wel de kans op bacteriemie verminderen. Doordat *salmonella* enkele maanden in mest, oppervlakte water en biofilm kan overleven, en symptoomloze dragers de bacterie kunnen uitscheiden is de preventie van salmonellose lastig (Nijenhuis, 2017; Stewart, 2013; Picavet, et al., 2008).

3.2.2. *Clostridium*

Clostridia zijn sporenvormende bacteriën die alleen kunnen groeien onder anaerobe, zuurstofloze, omstandigheden, de sporen vormen een bescherming waardoor de bacterie maanden tot jaren kan overleven in ongunstige omstandigheden. De bacteriën komen voor in de grond, lucht, het water en in de darmflora (WUR, z.d.; Micropia, z.d.). Typerend is dat niet de bacterie zelf maar de geproduceerde toxines schadelijk zijn. De toxineproductie vindt plaats onder eiwitrijke, vochtige, zuurstofloze omstandigheden bij hoge temperaturen (Roest, et al., 2009). De bekendste ziekmakende clostridium soorten zijn *C. difficile*, *-perfringens*, *-botulinum*, *-tetani*.

Clostridium difficile, *Clostridium perfringens* en de termen Clostridiose en Colitis X worden veel door elkaar gebruikt. Clostridiose is een darminfectie die wordt veroorzaakt door de clostridium bacterie, voornamelijk *C. difficile* en *C. perfringens*. Clostridiose is klinisch niet te onderscheiden van salmonellose. Colitis X is een term voor darmontsteking waarvan de oorzaak niet bekend is en is enkel gereserveerd voor gevallen waar geen definitieve diagnose gesteld kan worden (Stewart, 2013; van Gulik I. , z.d.; Bocque, 2014). Volgens Stewart (2013) en Bocque (2014) kunnen echter de meeste Colitis X gevallen gekoppeld worden aan een clostridiuminfectie.



De darmflora van het paard is bestand tegen een *C. difficile* en *C. perfringers* infectie, maar wanneer antibioticum de darmflora verstoort en verzwakt kan een infectie makkelijk toeslaan. Daarnaast kunnen ook voedselgebrek en stress zorgen voor een overgroei van deze bacteriën (Bocque, 2014; Stewart, 2013; Diab, Songer, & Uzal, 2013). De bacterie wordt overgedragen via de orale-fecale route door het opnemen van de bacterie of zijn sporen (Diab, Songer, & Uzal, 2013). Er werd in de literatuur geen verband gevonden tussen *C. difficile*, *C. perfringers* en drinkwater.

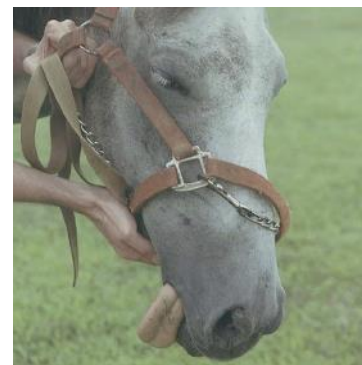
Tevens werd er geen literatuur gevonden dat de bacterie *Clostridium tetani*, de veroorzaker van de dodelijke ziekte tetanus, via orale opname ziekte kan veroorzaken. Daarmee werd er geen verband gevonden tussen tetanus en drinkwater.

Clostridium botulinum

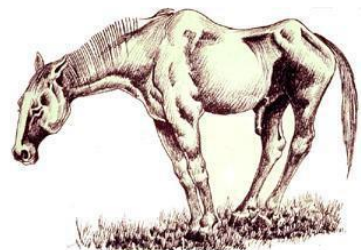
De door *Clostridium botulinum* geproduceerde toxines, botuline, zijn de veroorzaker van de dodelijke ziekte botulisme, wat bij (water)vogels voor massale sterfte kan zorgen. De bacterie bevindt zich in het maagdarmkanaal van (water)vogels, welke via de grond is opgenomen. Wanneer de vogel sterft en de buitentemperatuur boven de 25 °C is, dan kan de bacterie zich snel vermenigvuldigen en toxines produceren. De toxines besmetten via larven weer andere vogels welke vervolgens sterven aan botulisme. Als uitwerpselen of karkassen van besmette vogels in het water terecht komen, kunnen de toxines via het water andere dieren besmetten wanneer deze het water drinken (Hylkema, 2019; WUR, z.d.; Long & Tauscher, 2006; Whitlock & McAdams, 2006; Roest, et al., 2009).

Botulisme komt bij paarden maar sporadisch voor en gaat het vaak om individuele gevallen (WUR, z.d.; Deprez, z.d.). Het wordt meestal veroorzaakt door de orale opname van de toxines. Er zijn zeven verschillende soorten toxines bekend welke zijn geletterd van A tot en met G. Het paard is gevoelig voor de toxines A, B en C, waarbij type B bij paarden de meest voorkomende vorm is. Type B wordt voornamelijk geassocieerd met te nat verpakt hooi en type C met rottende karkassen (Roest, et al., 2009; Deprez, z.d.; Camargo, Coleman, & Lawrence, 2008; Whitlock & McAdams, 2006).

De ernst van de symptomen en de voortgang van de ziekte kunnen variëren en zijn afhankelijk van de hoeveelheid opgenomen toxines. De eerste symptomen zijn een verminderde tonus van de tong, figuur 3, en lichte slikproblemen. Bij een geringe hoeveelheid toxines zijn dit ook de enige symptomen. Bij een ernstiger verloop wordt het probleem met slikken groter, ontstaan er spierzwakte en spierrillingen in de voorhand, en kunnen paarden het hoofd moeilijk omhoog houden. Het paard gaat vaker liggen of gaat in de typische 'elephant-on-ball' houding staan, figuur 4. Verlamming van de benen volgt en uiteindelijk sterft het paard door het uitvallen van de ademhalingsspier. Gedurende dit verloop neemt ook de mobiliteit van het maagdarmkanaal af en kan koliek ontstaan (Roest, et al., 2009; Broux, 2010; Deprez, z.d.; Whitlock & McAdams, 2006; Camargo et al., 2008).



De prognose bij botulisme is slecht, paarden zijn erg gevoelig voor de toxines, vooral wanneer de ernstige symptomen zich binnen 24 tot 48 uur aandienen is behandeling niet succesvol. Toch zijn er maar weinig meldingen bekend van botulisme in Nederland. Roest et al. (2009) en GD (2013) achten dat het werkelijke aantal hoger ligt dan het aantal meldingen. Volgens Roest et al. (2009) komt dit doordat het klinische beeld sterk kan variëren waardoor botulisme niet altijd gediagnosticeerd wordt. En volgens de GD (2009) kan het moeilijk vastgesteld worden omdat kleine toxineconcentraties moeilijk zijn aan te tonen bij sectie. Er is in Nederland geen vaccin beschikbaar (Roest, et al., 2009; GD, 2013).



Figuur 4. Symptomen botulisme: verminderde tong tonus en typische houding (Broux, 2010; Whitlock & McAdams, 2006)

3.2.3. Cyanobacterie alias Blauwalg

Cyanobacteriën komen van nature voor in alle type water, zoet, brak, zout, koud en warm, en kan zelfs overleven onder ijs (WUR, z.d.; Meehan & Mostrom, 2015). Blauwalg is te herkennen aan de groen, blauwe en soms rood, gele waas in het water, figuur 5. Algengroei komt voor van de late lente tot vroege herfst in stilstaand of langzaam stromend water, onder invloed van wind kunnen hoge concentraties zich concentreren aan de lijzijde van het water (Meehan & Mostrom, 2015; Bruggess et al., 2010; Counotte & Ritskes, 2012; Beede, 2006).





Figuur 5. Links: Verkleurd water door cyanobacteriebloei. Rechts: Hoge concentraties kunnen zich onder invloed van wind concentreren aan de lijzijde van het water als een drijfslaag (WUR, z.d.).

Blauwalg kan snel groeien, en bloeien, bij gunstige omstandigheden zoals zonnige warme dagen, stilstaand warm water en voldoende voedingsstoffen zoals stikstof en organische stoffen. Kouder, regenachtig weer of harde wind zorgen ervoor dat concentraties uit elkaar gedreven worden en de blauwalg afsterft. Niet alle cyanobacteriën zijn giftig en de giftige cyanobacteriën produceren niet altijd de giftige stof, cyano-toxine. (Meehan & Mostrom, 2015; Beede, 2006; Lardy et al., 2008; Olkowski, 2009; Agri-Facts, 2005).

Volgens Gounotte & Ritskes (2012), GD (2013) en Agri-Facts (2005) komen de giftige stoffen vrij bij het afsterven van de blauwalg. Terwijl Beede (2006), Meehan & Mostrom (2015) en Brugess et al. (2010) benadrukken dat tijdens de bloei, de bloemen ook giftige stoffen produceren. De formatie van giftige bloemen is onvoorspelbaar en de trigger dat deze giftige stoffen gaan produceren is onduidelijk, zware groei betekent niet automatisch hoge toxine gehalten (Meehan & Mostrom, 2015; Olkowski, 2009).

De cyano-toxines zijn voornamelijk neurotoxisch, tasten het zenuwstelsel aan, en hepatotoxisch, tasten de lever aan (Meehan & Mostrom, 2015; Brugess et al., 2010; Olkowski, 2009; Beede, 2006). Symptomen van blauwalgvergiftiging zijn ataxie, diarree, stuip trekkingen, moeite met ademen en uiteindelijk sterfte. Echter worden de dieren meestal al dood aangetroffen voordat men de symptomen signaleert. Dieren die een vergiftiging wel overleven verliezen vaak gewicht en ontwikkelen in sommige gevallen een gevoeligheid voor licht (Lardy et al., 2008; Looper & Waldner, 2007; Meehan & Mostrom, 2015; Brugess et al., 2010).

Bij welke concentratie vergiftiging optreedt is niet bekend. Meehan & Mostrom (2015) vermelden dat 1 liter zwaar vervuild water dodelijk is bij runderen. Een concentratie wordt hierbij niet vermeld. Ook het effect van langdurige blootstelling aan een laag niveau cyano-toxines is nog niet geheel duidelijk. Vaak presteren de paarden minder en zien ze er minder fit uit waardoor de oorzaak niet duidelijk te stellen is (Olkowski, 2009; GD, 2013; Dewanckele, 2015). Gounotte & Ritskes (2012) benadrukken dat paarden absoluut geen water mogen drinken met blauwalg.

3.3. Waterbronnen & Drinkpunten

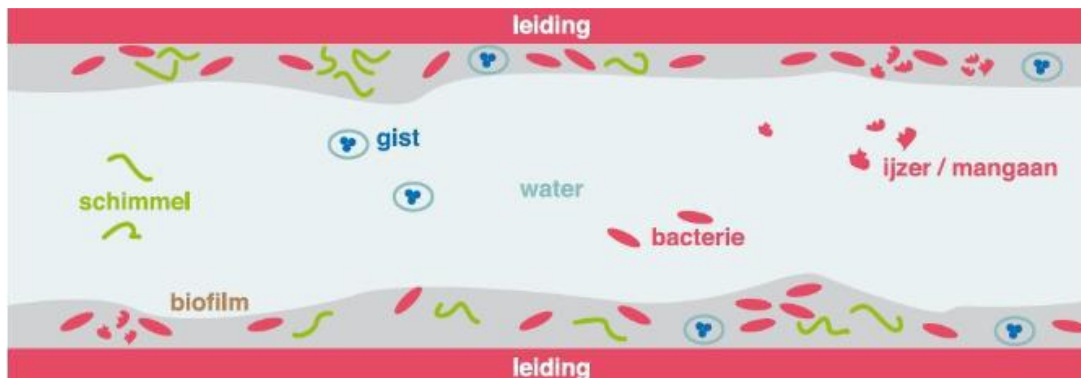
Uit voorgaande resultaten blijkt duidelijk dat water meer bevat dan wat er waar te nemen is. De samenstelling van het water is afhankelijk van de waterbron, maar zoals in eerder genoemd kan de kwaliteit van het water bij de bron anders zijn dan bij het drinkpunt. Volgens Bos & Gounotte (2006) kan de waterkwaliteit tussen de bron en het drinkpunt zelfs zodanig dalen dat het water ongeschikt is als veedrinkwater.

Uit een veldonderzoek bij melkveebedrijven naar de microbiologische kwaliteit van het veedrinkwater bleek dat aan het beginpunt 98% van de watermonsters van geschikte microbiologische kwaliteit was, tegenover 60% aan het eindpunt. Gedurende het verblijf in het distributiesysteem was de kwaliteit van het water veranderd. Een van de grootste aandachtspunten hierbij zijn biofilms, deze zijn grotendeels bepalend voor de microbiologische waterkwaliteit en zijn in waterbakken te herkennen als het plakkerige slijm laagje (van Eenige, Gounotte, & Noordhuizen, 2013).

Een biofilm is een verzamelnaam voor een mengsel van mineralen, micro-organismen en uitscheiding van micro-organismen. Biofilms groeien bijna op elk oppervlak dat in contact komt met water, zelfs bij zeer lage nutriëntenconcentraties. In waterdistributiesystemen hebben biofilms voornamelijk nadelige effecten, maar in opslagtanks en diepe bakken kunnen ze ook positieve effecten hebben omdat ze organisch materiaal afbreken en op die manier het water zuiveren (van Looveren, 2019; Kim & Han, 2014).



Biofilms ontstaan wanneer vrij zwevende bacteriën zich aan het oppervlak hechten, gaan vermenigvuldigen en het oppervlak koloniseren. De biofilm ontwikkelt een complexe ruimtelijke structuur met een grote biodiversiteit, figuur 6. Wanneer de biofilm een bepaalde grootte/dikte heeft bereikt, kunnen er gedeeltes loslaten welke migreren naar andere plaatsen en daar een nieuwe biofilm vormen (van Looveren, 2019; Kim & Han, 2014).



Figuur 6. Biofilm in een waterleiding (van Looveren, 2019)

Biofilms kunnen tot wel 700 bacteriesoorten bevatten, waarvan minder dan 1% potentieel pathogeen is. De slijmlaag, beschermende matrix, beschermt de micro-organismen tegen desinfectie en reinigen, waardoor de biofilm een voortdurend potentieel risico vormt (van Eenige, Counotte, & Noordhuizen, 2013). Bacteriën die aanwezig kunnen zijn in een biofilm zijn onder andere *E. coli*, *Enterococci*, *Clostridium perfringens* en *Salmonella*. Van *Salmonella* is bekend dat het drinkwatersysteem een belangrijke rol speelt bij de verspreiding, wat preventie lastig maakt (GD, z.d.; van Ham, Neijenhuis, & Ellen, 2014). Zie ook 3.2. *Bacteriologische elementen*.

De vorming van biofilms in leidingen wordt versterkt door de neerslag van ijzer en mangaan en de terugstroom van kiemen door een lage waterdruk. Vooral niet-gebruikte leidingen, leidingen van tyleen, lange leidingen met veel bochten en doorhangende leidingen vormen een hoog risico voor de vorming van biofilms (Dewanckele, 2015; Schothorst Feed Research, 2006; Hietkamp, 2014). Volgens van Eenige, Counotte & Noordhuizen (2013) zijn leidingen van rvs en pvc het minst kwetsbaar voor biofilmvorming en is het bekend dat koperen leidingen biofilmvorming veroorzaken. Terwijl volgens Counotte (2013) er in koperen leidingen het minst snel een biofilm vormt.

Van Eenige, Counotte & Noordhuizen (2013) stellen dat de microbiologische waterkwaliteit voornamelijk bepaald wordt door het ontwerp van het waterdistributiesysteem. Zo bleek uit hetzelfde veldonderzoek als hierboven genoemd dat de microbiologische waterkwaliteit uit persleidingen beter was dan uit een systeem met communicerende vaten of een rondpompsysteem met verwarming. De microbiologische kwaliteit in de waterbakken bleek beter bij bakken vervaardigd uit beton of pvc, dan vervaardigd uit gegalvaniseerd metaal of rvs (van Eenige, Counotte, & Noordhuizen, 2013). Terwijl volgens Dewanckele (2015) juist metalen drinkenbakken zouden leiden tot een lager gehalte aan coliformen en *E. coli* ten opzichte van drinkbakken uit beton of plastic.

In de volgende paragrafen worden de aandachtspunten behandeld met betrekking tot waterbronnen en drinkpunten waarbij de resultaten van 3.1. *Scheikundige elementen* en 3.2. *Bacteriologische elementen* de basis vormen en komen er ten slotte andere aandachtspunten aan bod die invloed kunnen hebben op de wateropname van paard.

3.3.1. Waterbronnen

De voornaamst gebruikte bronnen voor het drinken van dieren zijn leidingwater, bronwater en oppervlaktewater. Zoals al meerdere malen benoemd hangt de samenstelling van het water af van de waterbron. Gedurende een drinkwateronderzoek van de GD in 2012 bleek slecht 56% van de watermonsters voor paarden geschikt te zijn als drinkwater. Ongeveer 20% werd afgekeurd en de overige 24% was minder geschikt. De redenen waarom het water werd afgekeurd is weergegeven in tabel 20 (Counotte, 2013). Uit welke bron de watermonsters afkomstig waren werd niet vermeld in het onderzoek en er zijn geen recentere onderzoeksgegevens beschikbaar. Zie *bijlage III* voor een overzicht van de resultaten van 2009 tot en met 2012 van het door de GD uitgevoerd drinkwateronderzoek.



Tabel 20. Reden waarom drinkwater wordt afgekeurd (Counotte, 2013)

Reden	Percentage afgekeurd
Totaal kiemgetal	14%
E. coli	5%
Ammonium	57%
Chloride	5%
Hardheid	24%
IJzer	33%
Natrium	10%

Leidingwater

Leidingwater is altijd geschikt als drinkwater, maar in het distributiesysteem en in de stal kan het dusdanige vervuild raken dat het ongeschikt wordt. Het gebruik van leidingwater is dus geen garantie voor 'schoon' drinkwater bij het drinkpunt (GD, z.d.; GD, 2014). Verder kan ook de samenstelling van het leidingwater per regio verschillen, leidingwater wordt namelijk gewonnen via grondwater, oevergrondwater, duinwater en oppervlaktewater, zie hoofdstuk 1.2.3. *Waterbronnen*. De samenstelling heeft invloed op de smaak, wat weer de wateropname kan beïnvloeden. Paarden zijn erg gevoelig voor veranderingen van smaak en geur van het water, wat het moeilijk maakt om paarden te laten drinken van vreemde waterbronnen (Chastine, 2009).

Grondwater

Bij het gebruik van leidingwater is het hoofdzakelijk van belang om de aandacht te richten op het waterdistributiesysteem en de waterbakken. Bij het gebruik van grondwater daarentegen is het ook van belang om de samenstelling van het grondwater te kennen. De samenstelling wordt bepaald door het bodemtype, de begroeiing en het verblijf in de ondergrond. Tijdens de processen van de hydrologische kringloop neemt het water elementen op via biologische processen in de bovenste bodemlagen en via contact met diepere bodemlagen, zie 1.2.3. *Waterbronnen*. Zo hangt de zuurgraad sterk samen met de biologische en chemische processen die er plaatsvinden, en is de ijzerkringloop nauw verbonden met de stikstof- en zwavelkringloop (Paulissen et al., 2007).

De grondwaterkwaliteit wordt ook op grote schaal beïnvloed door industrialisatie, welvaart en schaalvergroting in de landbouw (van Loon, Pronk, Raterman, Ros, & van Gelderen, 2020). De bodem heeft op veel plaatsen een buffervermogen dat er voor zorgt dat agrarische en industriële verontreiniging door natuurlijke reacties worden tegengehouden/afgebroken, als een soort reactievat. Deze werking is echter niet oneindig en bij deze reacties komen ook stoffen vrij die de waterkwaliteit kunnen verslechteren (van der Grift & Stuyfzand, 2019). Volgens van Loon, Pronk, Raterman, Ros & van Gelderen (2020) staat de kwaliteit van het grondwater dan ook onder, mogelijk toenemende, druk.

Een belangrijk aandachtspunt bij het gebruik van grondwater als drinkwater voor paarden is ijzer. IJzer is een van de twee meest voorkomende redenen om drinkwater af te keuren. In de diepere lagen, zonder zuurstof, komt ijzer voor in de vorm van het sterk oplosbare ferro-ijzer. Dit ferro-ijzer is biologisch goed opneembaar, in tegenstelling tot het onder invloed van zuurstof geoxideerde ferri-ijzer welke minder snel opgenomen wordt, zie ook 3.1.5. *IJzer*. Eenmaal in contact met zuurstof oxideert het langzaam en is het te herkennen aan de roestbruine verkleuring. Naast het in 3.1.5. *IJzer* benoemde nadelige effect op het paard, heeft ijzer ook een nadelig effect op het waterdistributiesysteem waar het neerslaat in de leidingen en bijdraagt aan de biofilmvorming (Counotte & Mars, 2008; Theelen et al., 2019; Counotte, 2013).

De andere veel voorkomende reden om drinkwater af te keuren is een te hoog ammoniumgehalte. Grondwater uit de bovenste bodemlaag, tot 10 meter diepte, bevat vaak uitgespoeld ammonium, maar bronnen dieper dan 100 meter kunnen ook ammonium bevatten door een oerlaag met plantaardige resten (Bos & Counotte, 2006). Over het algemeen geldt dat hoe dieper de bron, hoe beter de waterkwaliteit. Doordat het water eerst is gefilterd door de bodemlagen is het meestal van een constante en goede kwaliteit (Dewanckele, 2015; Schothorst Feed Research, 2006).



Oppervlaktewater

Oppervlaktewater is een stuk minder constant van kwaliteit. De samenstelling is afhankelijk van de aanvoer en wordt beïnvloed door de weersomstandigheden en de lokale hydrologie. In droge periodes voeren oppervlaktewateren meer uitgetreden grondwater af, en in natte periodes meer neerslag (Paulissen et al., 2007). Verder wordt de kwaliteit van het water beïnvloed door verschillende processen.

De natuur is in principe zijn eigen waterzuiveringssysteem en zorgt zelf voor het schoon maken/houden van water. Volgens een onderzoeksrapport van Natuur & Milieu (2019) staat de Nederlandse oppervlaktewaterkwaliteit sterk onder druk. Hoe hoger de biodiversiteit hoe beter de natuur het water schoon kan houden. Waterplanten houden het water helder en vissen en watervlooien houden de algengroei in toom. Komen er echter te veel voedingsstoffen, zoals mest, in het water, dan kunnen algen de overhand krijgen waardoor het water troebel wordt, daarmee zonlicht blokkeert, met nadelige gevolgen voor de vlooien en planten. Er kan dan een neerwaartse spiraal ontstaan waarbij het water steeds vervuilerd raakt en de biodiversiteit vermindert (Natuur & Milieu, 2019).

De aanwezigheid van de stikstofverbindingen ammonium, nitraat en nitriet in oppervlaktewater is onderdeel van een natuurlijk proces. Als gevolg van de afbraak van planten is er altijd wat ammonium aanwezig, wat kan worden omgezet naar nitraat of nitriet. In relatief koud water, in het late najaar en vroege voorjaar, kan het voor komen dat er niet voldoende energie beschikbaar is om het proces af te maken waardoor er een ophoping van nitriet kan ontstaan (Counotte & Mars, 2008). Zie figuur 2 3.1.1. *Ammonium* voor de stikstofkringloop en 3.1.2. *Nitraat en Nitriet*. Hoge gehalten stikstof kunnen ook via mest in het water terecht komen en vormen een voedingsbron voor algen, kroos en cyanobacteriën.

Blauwalg/cyanobacteriën, algen en kroos blokkeren het zonlicht waardoor waterplanten geen zuurstof meer produceren, afsterven en een rottende laag slib op de bodem vormen. Het water kan door deze rottingsprocessen vervuilt raken met zwavel. Zwavel komt ook in de grond voor als sulfaat, in periodes met een neerslagoverschot kan sulfaat uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater, zie ook 3.1.4. *Sulfaat* en 3.2.3. *Cyanobacterie alias Blauwalg* (Schothorst Feed Research, 2006; Counotte & Ritskes, 2012; Schils, 2016).

Naast stikstofverbindingen kan mest ook bacteriën met zich meebrengen, zoals salmonella. Het water kan besmet raken met salmonella door afspoeling van mest na het uitrijden of na weidegang, zie ook 3.2.1. *Salmonella* (GD, z.d.). De toxines botuline, de veroorzaker van botulisme, kunnen in het water terecht komen via uitwerpselen of karkassen van besmette vogels zie hiervoor 3.2.2. *Clostridium*. Beide bacteriën kunnen ook in drinkbakken voor komen.

3.3.2. Drinkpunten

De samenstelling van het water kan zowel invloed hebben op het drinkwatersysteem als veranderen door het drinkwatersysteem. Het is van belang dat water ongeremd door de leidingen en in de waterbak kan stromen. Afzetting van ijzer, mangaan en kalk verminderen de doorstroom en waterdruk en kunnen bij hoge concentraties zelfs verstoppingen veroorzaken, zie *figuur 7*. De wateropname wordt dan niet alleen negatief beïnvloed door een slechte smaak, maar ook door een verminderd waterdebiet (GD, z.d.; Dewanckele, 2015; Schothorst Feed Research, 2006).



Figuur 7. Afzetting en biofilm in waterdistributieleidingen (van Eenige, Counotte, & Noordhuizen, 2013)



Kalkaanslag is storend vanaf een waterhardheid van 15 dH. Voor leidingwater is vastgelegd dat de hardheid tussen de 5,6 en 14 dH moet liggen. Maar de hardheid van het grondwater in Nederland varieert per gebied van ongeveer 3 tot 20 dH met uitschieters over de 30 dH en kan door de jaren heen stijgen als gevolg van vermisting en verzuring (van der Grift & Stuyfzand, 2019; Cournotte & Mars, 2008; Dewanckele, 2015). Bij een hoge hardheid kan ontharden van het water een optie zijn. Omdat calcium en magnesium hierbij worden vervangen door natrium is het van belang om rekening te houden met het zoutgehalte van het water, zie ook 3.1.7. *Hardheid* en 3.1.3. *Natrium en Chloride*. Zeer zacht water daarentegen kan zorgen voor corrosie in metalen leidingen, het drinkwater kan hierdoor zware metalen bevatten die niet afkomstig zijn van de waterbron maar van de leidingen (GD, z.d.).

Zo kan ijzer en mangaan zowel afkomstig zijn van de waterbron als van gecorrodeerde leidingen. Het gebruik van water met hoge concentraties ijzer en mangaan kan afzetting van ijzer en mangaan in de leidingen veroorzaken, bij langdurig gebruik kunnen leidingen zelf helemaal dichtslibben, zie figuur 7. IJzer is te herkennen aan de roodbruine en mangaan aan de bruinzwarte slijmerige afzettingen, beide dragen bij aan de vorming van biofilm. (McFarland & Dozier, 2001; Olkowski, 2009; El Mahdy et al., 2016).

Sommige materialen die worden gebruikt als waterleiding zoals lage dichtheid polyetheen zijn poreus en kunnen ammoniak door laten. Wanneer deze leidingen in de buurt van een mestkelder liggen en water er langere tijd, meer dan drie weken, in stilstaat kan ammoniak zich ophopen in het water. De ammoniak wordt omgezet tot ammonium, wat door bacteriën weer omgezet wordt naar het giftige nitriet (Cournotte & Mars, 2008; van Ham, Neijenhuis, & Ellen, 2014), zie 3.1.2. *Nitraat en Nitriet*.

Ten slotte kan er nog verandering plaats vinden in de waterbak zelf. De echte drinkwaterkwaliteit wordt bepaald in de drinkbak. Het water kan daar nog vervuild raken door onder andere mest, voerresten, algen en biofilmvorming, en vies water is een gastheer voor pathogenen (Lardy et al., 2008; Hietkamp, 2014). Deze pathogenen kunnen via mest in het water terecht komen, maar ook virussen en ziektes kunnen overgedragen worden via het water wanneer de drinkbak gedeeld wordt.

Niet alleen mest van paarden kan het water besmetten, maar ook uitwerpselen van andere dieren. Zo kan botulisme verspreid worden door de uitwerpselen van vogels, zie 3.2.2. *Clostridium*, en kunnen ratten en muizen de bacterie *Leptospira* verspreiden, de veroorzaker van leptosirose ook wel bekend als de ziekte van Weil of rattenziekte (Verstraeten, 2016; Whitlock & McAdams, 2006).

Onder invloed van zonlicht kunnen er cyanobacteriën groeien in drinkbakken, te herkennen aan de groene uitschot die zich ophoopt in de bak. In drinkbakken warmt het water snel op en in combinatie met voldoende voedingsstoffen zoals voerresten en mest ontstaan er gunstige omstandigheden voor de cyanobacterie. Door drinkbakken in de schaduw te plaatsen treed er minder algengroei op. Daarentegen is directe blootstelling aan zonlicht weer gunstig om het gehalte aan coliforme bacteriën te verminderen (Looper & Waldner, 2007; Dewanckele, 2015; Lardy et al., 2008).

Diepe bakken waarin vuilresten kunnen bezinken helpt voor schoner drinkwater. Bacteriën hechten zich aan deeltjes die bezinken, op die manier kan het bovenstaande water dan nog van voldoende kwaliteit zijn. Hierdoor hoeven drinkbakken van meer dan 20 centimeter diep minder vaak schoongemaakt te worden dan ondiepe bakken (Counotte, 2015; Dewanckele, 2015).

Hygiëne van de drinkbak een cruciaal aandachtspunt. Beede (2006) stelt in zijn rapport over waterkwaliteit bij melkvee zelfs als vuistregel: “Based on appearance of water in the trough, would you be willing to cup your hands and take a drink? If not, the water is not clean enough for your cows”. Het regelmatig reinigen van de waterbakken, zodat de wateropname niet belemmerd wordt, is erg belangrijk.

Als methode voor het schoon houden van waterbakken worden wel eens goudvissen genoemd. Catalano et al. (2019) deden onderzoek naar de effectiviteit van goudvissen met betrekking tot de waterkwaliteit. Op basis van het sterftecijfer van de goudvissen, 93%, en het onvermogen om alle waterkwaliteitsparameters te handhaven concludeerde zij dat goudvissen niet aan te raden zijn als methode om de waterkwaliteit te beheersen (Catalano, Heins, Missaghi, Hathaway, & Martinson, 2019).

3.3.3. *Andere aandachtspunten*

Water aanbieden betekent niet dat een paard altijd voldoende water opneemt. Versheid, zuiverheid en smakelijkheid spelen een belangrijke rol bij de opname van water (Chastine, 2009). Daarbij kan ook het type waterbak en de watertemperatuur invloed hebben op de dagelijkse wateropname Evenals het waterdebiet,



paarden hebben namelijk een hoge drinksnelheid. Bij pony's is een drinksnelheid van 10 liter per minuut gemeten, bij paarden zijn hier geen gegevens van bekend, enkel dat een paard 28 liter in 2 à 3 minuten dronk na wateronthouding en inspanning (Nyman & Dahlborn, 2001).

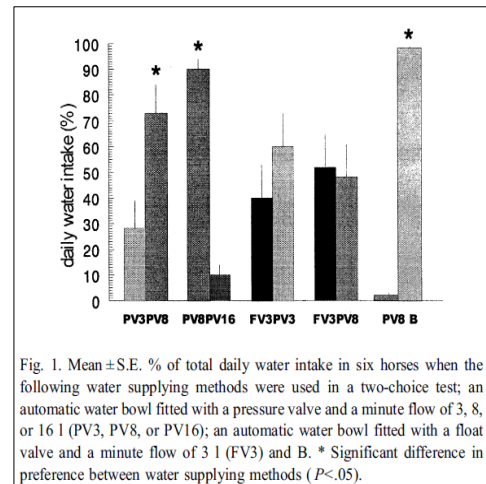
Nyman & Dahlborn (2001) deden onderzoek naar het effect van het soort watervoorziening op het drinkgedrag van paarden. Zij concludeerde dat het soort watervoorziening invloed heeft op de dagelijkse wateropname van het paard en dat het paard tijd besteed aan drinken. In het onderzoek werden de volgende watervoorzieningen gebruikt: automatische drinkbak met drukventiel; watergift 3, 8 en 16 liter per minuut (PV3, PV8 en PV16), automatische drinkbak met vlotter; watergift 3 liter per minuut (FV3) en emmer; 20 liter (B).

De meeste paarden gaven voorkeur aan PV8 ten opzichten van PV3 en PV16, zie figuur 8. Alle paarden gaven een sterke voorkeur voor het drinken uit B ten opzichten van PV8. De gemiddelde dagelijks opname was bij de FV3 significant lager dan bij PV8 en B, zie figuur 9. Tevens was er een verschil zichtbaar in de drinkduur, figuur 10. Dagelijks werd er meer tijd besteed aan het drinken uit FV3, maar namen hierbij minder water op in vergelijking met PV8 en B. De vochtafvoer via ontlasting en urine bleef echter gelijk waardoor de nettowinst aan water kleiner was, wat in combinatie met de verdampingsverliezen zelfs kan veranderen in een nettoverlies.

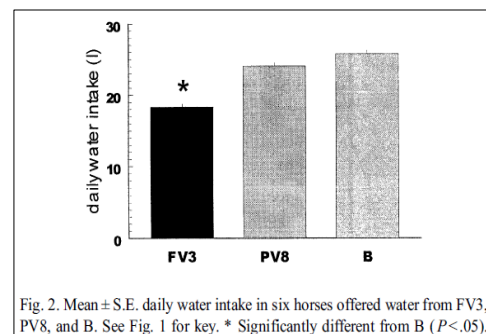
Nyman en Dahlborn (2001) concludeerde hiermee dat het waterdebiet en de manier van aanbieden een dusdanig effect heeft op de wateropname en de duur van de drinkbeurten, dat het invloed heeft op de dagelijkse nettowinst aan water.

Ook temperatuur kan invloed hebben op de dagelijkse wateropname. De watertemperatuur speelt een rol bij de wateropname en de omgevingstemperatuur bij de waterbehoefte (Chastine, 2009; Huisman et al., 2011). Er is weinig bekend over het effect van de watertemperatuur op de opname of de invloed van de omgevingstemperatuur hierop. Andere factoren zoals werklast, luchtvochtigheid, type ruwvoer en de beschikbaarheid van zout kunnen een wisselwerking hebben met de drinkwatertemperatuur en daarmee de wateropname beïnvloeden (McDonnell & Kristula, 1996). In onderzoek bij melkvee wordt de invloed complex genoemd en wordt algemeen aangenomen dat een watertemperatuur van 17 – 28 °C de wateropname niet remt (Dewanckele, 2015).

McDonnell & Kristula (1996) concludeerde dat bij pony's het effect van de watertemperatuur op de wateropname varieert met de omgevingstemperatuur. Zij deden zowel onderzoek naar het effect van watertemperatuur tijdens koud weer als tijdens warm weer. Bij zomerse omstandigheden dronken de pony's vergelijkbare hoeveelheden koud (0 – 1 °C) en warm (17 – 31 °C) water. In tegenstelling tot winterse omstandigheden, daar dronken de pony's 40% meer warm water dan koud water. Gedurende het onderzoek werd de voorkeur niet onderzocht, de pony's kregen het koude en warme water niet tegelijkertijd aangeboden, en er werd geen verschil in drinkgedrag waargenomen bij de verschillende watertemperaturen (McDonnell & Kristula, 1996).



Figuur 8. Resultaten keuze test waterbakken uit het onderzoek van Nyman & Dahlborn (2001)



Figuur 9. Resultaten dagelijkse wateropname uit het onderzoek van Nyman & Dahlborn (2001)

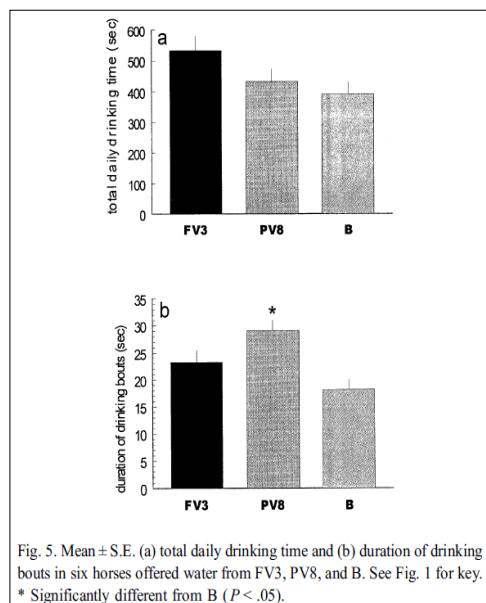


Fig. 5. Mean ± S.E. (a) total daily drinking time and (b) duration of drinking bouts in six horses offered water from FV3, PV8, and B. See Fig. 1 for key. * Significantly different from B ($P < .05$).

Figuur 8. Resultaten totale drinktijd en drinkduur uit het onderzoek van Nyman & Dahlborn (2001)



4. DISCUSSIE, CONCLUSIE & AANBEVELING

De resultaten worden nabesproken in 4.1. *Discussie*. In 4.2. *Conclusie* wordt de conclusie per deelvraag gevormd en vervolgens de hoofdvraag beantwoord. Tot slot vormt 4.3. *Aanbeveling* de hieruit voortgekomen aanbeveling.

4.1. Discussie

Het doel was om duidelijke diepgaande informatie te leveren met betrekking tot drinkwater voor paarden. Het verzamelen, verduidelijken en bundelen van de beschikbare gegevens om zo wetenschappelijke informatie toegankelijk te maken voor die die meer inzicht en informatie behoeven betreffende het onderwerp. Met als neven doel om aan te tonen dat drinkwater voor paarden meer aandacht verdient dan termen als helder en smakelijk. Het verzamelen en bundelen van diepgaande informatie is wat de resultaten weergeven, waaruit duidelijk naar voren komt dat water meer is dan met het blote oog zichtbaar is. Het verduidelijken en beeldend maken daarentegen bleek een niet eenvoudige koppeling, veel resultaten blijven in een relatief grijs gebied waarbij tevens de resultaten niet altijd eenduidig zijn en vaak niet specifiek.

Scheikundige elementen

Over het effect van de scheikundige elementen in water is weinig te concluderen, alleen de echte ziektebeelden komen naar voren. Water is geen bron voor mineralen, wat een reden zou kunnen zijn voor het feit dat er weinig specifiek onderzoek beschikbaar is waarbij de elementen en drinkwater in verband met elkaar worden gebracht. Onderzoek en literatuur over dit onderwerp is zeer beperkt, wat zelfs in diverse literatuur benoemd wordt, ondanks dat bevat 3.1. *Scheikundige elementen* veel gegevens.

Een van de meest voorkomende redenen om drinkwater af te keuren is ammonium, een hoog gehalte wijst meestal op de aanwezigheid van mest. Mest kan makkelijk in het water terecht komen door het mesten in de waterbak of door uitspoeling naar nabijgelegen oppervlaktewater. Het is dan ook opmerkelijk dat er geen gegevens werden gevonden over welk effect ammonium op het paard heeft.

Over de effecten van het giftige nitraat en nitriet is meer bekend, toch komt hier niet duidelijk naar voren welke concentratie dodelijk is en wat er gebeurt bij het structureel opnemen van bepaalde lage concentraties. Dit zou te wijten kunnen zijn aan het feit dat een nitraat- en nitrietvergiftiging maar zeer zelden voorkomt bij paarden. De gegevens die wel bekend zijn over concentraties lopen nogal uiteen, evenals over de mogelijkheid of paarden een nitrietvergiftiging kunnen oplopen na inname van nitraat. Volgens Olkowski (2009) is dit te wijten aan het feit dat er geen rekening gehouden wordt met verschillende belangrijke variabelen zoals fysiologische toestand, leeftijd, ontwikkelingsstadium en voeding.

Ammonium, nitraat en nitriet zijn onderdeel van de stikstofkringloop en komen daardoor van nature voor in de lucht, de bodem en het water. Alle drie de elementen vormen een indicatie voor de schadelijkheid van het drinkwater, waarbij nitraat en nitriet zelfs giftig zijn. Omdat in de stikstofkringloop ammonium naar nitraat en nitriet omgezet wordt, zou het belangrijk zijn om te weten of dit proces ook in water kan plaatsvinden. Afhankelijk van het tijdsbestek van dit proces zou mest in het water dan namelijk kunnen zorgen voor de aanwezigheid van nitraat en nitriet.

De elementen natrium, chloride en sulfaat dragen bij aan het zoutgehalte van het water en vormen makkelijk combinaties met elkaar en andere elementen, waardoor het moeilijk is om effecten toe te wijzen aan één enkel element. Toch worden de elementen apart benoemd in de literatuur, wat weer geen eenduidige gegevens oplevert. Zo wordt er over natrium en chloride enerzijds vermeld dat paarden relatief hoge hoeveelheden kunnen verdragen, terwijl anderzijds benadrukt wordt dat de elementen in verbinding voorkomen en dus niet als stand-alone gezien mogen worden. Ook de sulfaatconcentraties specifiek genoemd voor paarden lopen nogal uiteen. Dit zou te wijten kunnen zijn aan het feit dat gegevens gebaseerd zijn op onderzoek bij runderen, maar ook dat paarden zich kunnen aanpassen aan de concentratie sulfaat en daardoor toleranter worden, wat eventuele onderzoeksresultaten zou kunnen beïnvloeden.

Van ijzer is pas recentelijk bekend dat het giftig is, in de periode 2012 – 2015 is deze vergiftiging naar voren gekomen. Literatuur gepubliceerd voor deze periode is als niet relevant bevonden. Opmerkelijk is wel dat Beede in 2006 ijzervergiftiging via water al noemt in zijn onderzoek naar drinkwater voor melkkoeien. Theelen et al. presenteerde in 2019 een uitgebreid onderzoek waaruit blijkt welke schade ijzer aanricht. Schadelijke effecten van specifieke concentraties kwamen hierin niet naar voren. Wel wordt er gesproken over chronische ijzervergiftiging waarbij paarden langere tijd water drinken met een verhoogd ijzergehalte waardoor er ijzerstapeling ontstaat.



Volgens de GD (2013) is ijzer een van de meest voorkomende redenen om drinkwater af te keuren. Toch hanteert de GD 0,5 mg/L als veilig en meer dan 10 mg/L als risicovol, terwijl volgens Theelen et al. (2019) de concentratie ijzer niet meer dan 0,3 mg/L mag bedragen. Veilig geachte concentraties volgens de GD (z.d.) zijn volgens Theelen et al. (2019) niet veilig. Daarbij wordt er bij ijzervergiftiging gesproken over een chronische stapeling, dat zou betekenen dat ook bij opname van lage concentraties uiteindelijk de overmaat bereikt wordt. In dat geval is de veilige concentratie misschien niet echt veilig maar enkel een uitstel van schadelijke gevolgen.

Naast ijzer is mangaan het meest voor komende metaal element in water. Maar zelfs de literatuur vermeldt dat er geen literatuur beschikbaar is over het effect van mangaan in drinkwater. Des te opmerkelijker is het feit dat de concentraties die de smaak beïnvloeden en de veilige mangaanconcentraties erg van elkaar afwijken. Door de GD wordt een concentratie van 1 mg/L als veilig geacht, terwijl een concentratie van 0,05 mg/L de wateropname negatief beïnvloed door een slechte smaak. Dat kan betekenen dat ondanks het feit dat het water op mangaan als veilig is bevonden, het secundaire gevolgen kan hebben doordat het paard vanwege een slechte smaak minder water opneemt.

Ook voor de hardheid en de pH-waarde geldt dat het voornamelijk de smaak beïnvloed en daarmee de wateropname. De hardheid lijkt geen directe gevolgen te hebben voor paarden, echter beslaan de onderzoeksgegevens niet het bereik qua hardheid zoals deze in Nederland voor kunnen komen. Zo vermeld Beede (2006) dat er tot een hardheid van 290 ppm geen gevolgen zijn waargenomen, omgerekend naar graden Duitse hardheid is dat ongeveer 16 dH en het grondwater in Nederland kan een hardheid tot 20 en soms 30 dH hebben. Een pH-waarde buiten het voorkeursbereik (5-9) kan naast de smakelijkheid zorgen voor niet-specifieke effecten zoals spijsverteringsproblemen en verminderde voeropname. Dit zou een secundaire gevolg kunnen zijn van de smakelijkheid. Niet smakelijk water wordt minder opgenomen en een verminderde wateropname zorgt ook voor een verminderde voeropname.

Over het algemeen blijkt dus, ondanks de hoeveelheid aan resultaten, dat er geen concrete punten genoemd kunnen worden over de effecten van de scheikundige elementen in water. Dat een bepaald element nadelige effecten heeft komt veelal wel naar voren, maar concentraties zijn niet specifiek gekoppeld aan nadelige effecten en het structureel opnemen over langere termijn komt bij de meeste elementen niet aan bod. Er wordt enkel een keer benoemd dat het voor vage klachten kan zorgen als 'de paarden doen het net iets minder', maar die klachten kunnen ook ontstaan door het te weinig opnemen van water. Bij veel elementen komt namelijk de smakelijkheid naar voren, en een slechte smakelijkheid zorgt weer voor een minderde opname. Ook blijken de veilige concentratie soms af te wijken van de smakelijke concentratie, waardoor water wel veilig kan zijn maar niet smakelijk. Dus zijn de vage klachten als 'de paarden doen het net iets minder' dan het gevolg van de effecten van de concentratie van het element of het gevolg van een te lage wateropname omdat de concentraties van elementen de smakelijkheid verminderen.

Ten slotte wordt er veel verwezen naar onderzoek met betrekking tot runderen, maar zelfs daar zijn de gegevens beperkt en uiteindelijk verschillen paarden en runderen fysiologisch van elkaar. Toch heeft deze deelvraag veel gegevens opgeleverd waarbij veel losse onderzoeken zijn gebundeld. Water is duidelijk niet enkel dat wat we zien, het bestaat uit meerdere scheikundige elementen dan alleen H₂O. En elk van deze element heeft een effect op het paard, waarbij van het ene element meer bekend is dan van het andere element. Of deze elementen bij de inhoud van het voeder geteld moeten worden om de volledige opname te bepalen is niet duidelijk geworden. Water is immers geen bron van mineralen. Wel komt de smakelijkheid diverse keren naar voren, maar de concentraties die de smaak beïnvloeden wijken nog wel eens af van de veilige concentraties waardoor veilig drinkwater niet meteen smakelijk drinkwater hoeft te betekenen.

Bacteriologische elementen

In het vooronderzoek zijn de bacteriën Salmonella, Clostridium, E. coli, Enterococci en Cyanobacterie naar voren gekomen. Echter blijken deze bacteriën, op de cyanobacterie na, niet goed in de deelvraag te passen. Deze bacteriën 'kunnen' in water aanwezig zijn, en daar langere tijd overleven, maar horen daar niet van nature thuis. Op die manier beredenerend zijn er meer bacteriën, die lang in water kunnen overleven, die genoemd hadden kunnen worden met betrekking tot overdracht en verspreiding van ziekte. Waarom specifiek deze bacteriën in het vooronderzoek naar voren zijn gekomen is niet geheel duidelijk geworden. Een reden waarom deze bacteriën genoemd zijn, zou kunnen zijn dat deze worden gebruikt bij een wateranalyse en/of dat deze bacteriën in de veehouderijsector nadelige gevolgen hebben.

De bacteriën Escheria coli en Enterococci zijn van belang bij een wateranalyse, maar zijn voor zover bekend in de literatuur niet ziekte gerelateerd bij paarden. Doordat de bacteriën in ontlasting voorkomen kan met het aantonen van aanwezigheid hiervan een fecale besmetting van het water aangetoond worden. Opvallend is het verschil in de richtlijn voor het aantal bacteriën in veedrinkwater tussen de GD (z.d.) en Beede (2006). Beede



(2006) stelt dat er niet meer dan 0,10 kve/ml fecale coliformen in veedrinkwater mag zitten, de GD (z.d.) stelt dat minder dan 10 kve/ml *E. coli* als veilig wordt beschouwd. Opmerkelijk want *E. coli* is een fecale coliform.

Wanneer fecale bacteriën in het water aanwezig zijn duidt dat op mest in het water en is er een verhoogd risico dat er ook andere pathogenen via mest in het water terecht zijn gekomen. Bacteriën zoals *Salmonella* en *Clostridium* kunnen enkele maanden overleven in water en met name ook in de biofilm. Zelfs als de mest uit de drinkbak verwijderd is kunnen deze bacteriën nog in de biofilm aanwezig zijn en alsnog het water besmetten. Preventie is lastig omdat deze bacteriën voor een langere tijd kunnen overleven in mest, oppervlaktewater en biofilm en doordat symptoomloze dragers de bacterie kunnen uitscheiden. Een goede hygiëne van de drinkbakken is dan ook belangrijk, evenals de plaatsing van de drinkbakken zodat er zo min mogelijk mest in terecht kan komen.

Toch werd er geen verband gevonden tussen drinkwater en *C. perfringens* en *C. difficile* besmetting bij paarden. Wat opmerkelijk is omdat Diab, Songer & Uzal (2013) benoemen dat de bacterie via de orale-fecale route opgenomen wordt. Wat inhoudt dat de bacterie ook via het water opgenomen zou kunnen worden als er een fecale besmetting van het water is. De ziektes die *Clostridium* en *Salmonella* veroorzaken, clostridiose en salmonellose, zijn klinisch niet van elkaar te onderscheiden. Het zou kunnen zijn dat clostridiose gediagnostiseerd wordt als salmonellose, de behandeling is uiteindelijk hetzelfde, waardoor het wordt weggeschreven als een besmetting met *Salmonella* in plaats van *Clostridium*.

Verder kan het drinkwater ook vervuild raken door uitwerpselen van vogels, of zelfs karkassen bij het gebruik van oppervlaktewater of grote weidebakken. In de zomermaanden kan dit een probleem zijn wanneer de vogels zijn besmet met botulisme. De relatie botulisme en drinkwater voor paarden in de literatuur wel naar voren, maar worden er nagenoeg geen specifieke gevallen gekoppeld aan drinkwater. Volgens Roest et al. (2009) komt dit omdat het klinische beeld per geval sterk kan variëren en omdat volgens de GD (2009) de kleine toxineconcentraties moeilijk zijn aan te tonen. Daarbij gaat het in het geval van botulisme besmetting via drinkwater waarschijnlijk om het toxine type C, en de meest voorkomende aangetroffen vorm bij paarden is type B. Een andere verklaring voor dat er nagenoeg geen gevallen worden gekoppeld aan drinkwater zijn de specifieke omstandigheden, uitwerpselen of karkassen van besmette vogels, waarmee botulisme in het water komt.

De cyanobacterie, beter bekend als blauwalg, kan een opkomend probleem vormen. De optimale watertemperatuur waarin de bacterie snel kan groeien en bloeien ligt tussen de 20 en 30 graden Celsius, door langere warme periodes komen deze watertemperaturen sneller voor. Vooral in ondiep water kan de temperatuur snel oplopen waardoor er gunstige omstandigheden ontstaan voor de cyanobacterie, ook in waterbakken. Er is nog veel onbekend over de cyanobacterie, niet alle cyanobacteriën zijn giftig en de giftige produceren niet altijd toxines. Ook bij welke concentratie ziekteverschijnselen optreden is niet bekend. Toch wordt er benadrukt dat paarden absoluut geen water met blauwalg mogen drinken.

Gedurende het onderzoek naar deze deelvraag viel het op dat er bij de ene bacterie wel over concentraties wordt gesproken en bij andere niet. Bij *Salmonella*, *C. difficile* en *C. perfringens* lijkt besmet is besmet, terwijl bij *C. botulinum* wordt genoemd dat de hoeveelheid opgenomen toxines bepalend is voor het ziekteverloop. Ook bij de cyanobacterie worden toxine concentraties genoemd, al zijn hier geen cijfers aan gekoppeld. Bij de fecale bacteriën zijn de concentraties wel in cijfers weergegeven, waarschijnlijk om de hoeveelheid mest in het water aan te duiden. Maar wanneer fecale bacteriën in het water aanwezig zijn kunnen er ook andere pathogenen via mest in het water terecht zijn gekomen. Dus waarom worden lage concentraties fecale bacteriën dan als veilig geacht terwijl de eventuele pathogene, zoals *Salmonella* en *Clostridium*, de suggestie besmet is besmet wekken.

Terugkijkend naar de deelvraag die gaat over het effect van de bacteriologische elementen kan er gezegd worden dat er over de ziektes veel bekend is. Salmonellose en botulisme zijn algemeen bekend, clostridiose is wat minder bekend en over de cyanobacterie is de informatie nog wat beperkt maar is er wel duidelijk dat het nadelige gevolgen heeft. De bacteriën horen, behalve de cyanobacterie, eigenlijk niet aanwezig te zijn in het drinkwater, maar kunnen door water verspreid worden. Gedurende het onderzoek bleek dus dat deze deelvraag niet goed past in het geheel.

Op basis van het vooronderzoek is deze deelvraag gevormd, hierin is onvoldoende uitgediept hoe de bacteriologische elementen in verhouding staan tot drinkwater en is de wateranalyse waarin bacteriologisch elementen genoemd worden leidend geweest voor de vorming van de deelvraag en de afbakening. Het was dus beter geweest wanneer er in het vooronderzoek al wat verder ingegaan was op de bacteriologische elementen. Dan hadden de aanwezige bacteriën en de bacteriën verspreid door water gescheiden kunnen worden, waarbij de



bacteriën verspreid door water al vermeld zouden zijn in het vooronderzoek en voor een afbakening hadden gezorgd.

Waterbronnen & Drinkpunten

Om deelvraag 1 en 2 beeldend te kunnen maken is deelvraag 3 gevormd. Bij deze resultaten wordt dan ook voornamelijk verwezen naar 3.1. *Scheikundige elementen* en 3.2. *Bacteriologische elementen*. Toch zijn niet alle scheikundige en bacteriologische elementen aan bod gekomen, enerzijds omdat het niet meer uitleg behoeft en anderzijds omdat er geen gegevens over gevonden zijn.

Een van de belangrijkste aandachtspunten waarvan men zich bewust moet zijn is de vorming van biofilms. Deze biofilms kunnen er voor zorgen dat het schone water alsnog ongeschikt wordt als drinkwater en kunnen tevens zorgen voor het dichtslippen van het waterdistributiesysteem. Het terugkerende dunne slijmerige laagje in de waterbak is biofilm, en die bevindt zich ook in de waterleidingen. Afhankelijk van de samenstelling van het water hechten bacteriën, ijzer en mangaan aan het oppervlakte. Als er geen terugslagklep in de waterbak zit of bij een lage waterdruk kan er ook vervuild water uit de waterbak terugstromen in de waterleiding, de aanwezige kiemen versterkt de biofilmvorming.

De microbiologische waterkwaliteit wordt voornamelijk bepaald door het ontwerp van het waterdistributiesysteem. Niet-gebruikte of doodlopende stukken leiding, veel bochten en doorhangende leidingen vormen een hoog risico voor biofilmvorming, evenals het veelgebruikte polyethyleen wat in de volksmond tylene wordt genoemd. In diverse literatuur wordt polyethyleen afgeraden door het hoge risico voor biofilmvorming, echter wordt er niet bij vermeld om welk type polyethyleen het gaat. Polyethyleen leidingen zijn er namelijk in verschillende uitvoeringen elk met andere eigenschappen. Voorzien van een Kiwa-keur zijn deze leidingen schikt voor het gebruik met drinkwater, opmerkelijk dus dat tylene afgeraden wordt. Waarschijnlijk worden ook in de literatuur de termen met betrekking tot tylene door elkaar gebruikt wat geen duidelijke informatie verschaft. Een ander materiaal waar tegengestelde informatie over is, is koper. Over koperen leidingen wordt zowel vermeld dat het de minste kans op biofilmvorming heeft als dat het de meeste kans op biofilmvorming heeft.

Ook het type distributiesysteem speelt een rol bij de microbiologische kwaliteit. Zo lijken persleidingen beter te zijn dan rondpompsystemen en communicerende vaten. Echter kunnen er geen concrete gegevens en conclusies aan een type distributiesysteem gekoppeld worden omdat er geen uitgebreide onafhankelijke onderzoeksgegevens beschikbaar zijn over het soort distributiesysteem en de gebruikte materialen. Door de weinig onafhankelijke gegevens is het afgaan op adviezen van specialisten betreft de aanleg en het gebruik van voor drinkwater goedgekeurde materialen hier dan ook het beste advies.

Wat in eerste instantie de samenstelling van het water is, is afhankelijk van de waterbron. Bij leidingwater wordt hier op gecontroleerd en zijn er richtlijnen opgesteld, maar grondwater en oppervlaktewater is onderhevig aan diverse processen die invloed hebben op de samenstelling waardoor deze erg verschillend kunnen zijn. Bij het gebruik van grondwater en oppervlaktewater is het dus van belang om de samenstelling te kennen, omdat deze invloed kunnen hebben op het paard en op het waterdistributiesysteem. Zo vormen ijzer en de hardheid een aandachtspunt bij grondwater, beide hebben negatieve gevolgen voor het distributiesysteem waar deze elementen kunnen zorgen voor een verminderde doorstroom en waterdruk en zelf verstoppingen kunnen veroorzaken. Verder heeft ijzer negatieve gevolgen voor het paard waar het chronische ijzervergiftiging kan veroorzaken.

Bij oppervlaktewater zijn stikstofverbindingen en bacteriën een aandachtspunt. Hoge gehalten aan stikstofverbindingen zijn schadelijk voor het paard maar beïnvloeden ook het natuur eigen waterzuiveringssysteem. Stikstofverbindingen vormen een voedingsbron voor algen, kroos en cyanobacteriën welke een negatief effect hebben op het waterzuiveringssysteem, en bij grote aantallen ontstaat er een neerwaartse spiraal waardoor het water steeds vervuiler raakt. Ook bacteriën gedijen goed in vervuild water en kunnen zo makkelijk verspreid worden. Er is bewust niet gekeken naar specifieke vervuiling van het water, maar oppervlakte water is erg gevoelig voor vervuiling. Denk hierbij aan natuurlijke vervuiling zoals rottende planten en karkassen maar ook zwerfafval en vies water dat afspoelt naar het oppervlakte water. Een gezonde sloot heeft helder water waarbij de bodem te zien is. Maar zeg nu zelf, in welke sloot durf je een duik te nemen?

Er is bewust niet dieper ingegaan op de samenstelling van het water, dit omdat de samenstelling per locatie verschilt en ook het distributiesysteem nog invloed heeft op de samenstelling. Een wateranalyse is de beste keuze voor het achterhalen van de samenstelling, waarbij via de Gezondheidsdienst voor Dieren ook gekeken kan worden of het geschikt is als drinkwater voor paarden. De GD voert jaarlijks 5000 wateranalyses uit waarbij het verschillende soorten analyses betreft voor verschillende diersoorten. Dit vergelijkend met de cijfers van het



CBS dat in 2020 Nederland 7.888 paardenbedrijven telt, particulieren zijn dus niet meegerekend, kan er gesteld worden dat dit weinig gebeurt. Wat an sich niet vreemd is, want in Nederland stroomt er in de huizen schoon water uit de kraan, dus waarom zou dat in de paardenstal anders zijn.

Over de jaren 2009 tot en met 2012 heeft de GD wel de resultaten van de uitgevoerde drinkwateronderzoeken voor paarden op een rij gezet. De resultaten zijn weergegeven in bijlage III. Van 2009 tot en met 2012 stijgt het aantal 'geschikte' monsters en daalt het aantal 'ongeschikte' monsters, een verklaring werd er niet bij vermeld. Ook wordt er niet vermeld uit welke bron het water afkomstig was en of het watermonster was genomen bij de bron of bij het drinkpunt. Deze gegevens zijn wel belangrijk omdat er dan vastgesteld kan worden of het water vanuit de bron al geschikt/ ongeschikt is, of dat het water in het distributiesysteem nog veranderingen ondervindt. Zonder deze gegevens kunnen er geen goede aanpassingen doorgevoerd worden, maar kan men ook overtuigd zijn dat het drinkwater geschikt is terwijl bij het drinkpunt het water misschien wel ongeschikt is. Na contact met de GD bleken er geen uitgebreidere gegevens en geen recentere onderzoeksgegevens beschikbaar te zijn.

Ten slotte kan er nog verandering plaats vinden in de waterbak zelfs, waar het water vervuild kan raken door mest, voerresten, algen en biofilmvorming en vies water is een gastheer voor pathogenen. Over waterbakken in combinatie met waterkwaliteit werden geen uitgebreide onderzoeksresultaten gevonden en meningen zijn hierover verdeeld. Het belangrijkste genoemde punt hierin is de hygiëne, waarbij Beede (2006) als vuistregel stelt: "Based on appearance of water in the trough, would you be willing to cup your hands and take a drink? If not, the water is not clean enough for your cows". Het regelmatig reinigen van de waterbakken, zodat de wateropname niet belemmerd wordt, is erg belangrijk. Echter ontstaat dan de vraag, wat is regelmatig reinigen en wanneer is de bak te vies? Als in diepe bakken de voerresten naar de bodem zakken is het bovenste water nog schoon, een kleine bak kan na het soppen van hooi al vol voerresten zitten en de wateropname belemmeren. Zorgen dat de wateropname niet wordt belemmerd is in elk geval een belangrijk punt. Kijkend naar de nadelige effecten van biofilmvorming is het verwijderen van biofilm een ander belangrijk punt. Ook al ontbreken hier wetenschappelijke gegevens, deze punten samengevoegd kan er gesteld worden dat het verwijderen van biofilm en belemmering van de wateropname het uitgangspunt van hygiëne is.

Samengevat kan er dus gesteld worden dat de waterkwaliteit afhankelijk is van de samenstelling van het water, de vorming van biofilm en de hygiëne in de waterbak. Maar water aanbieden betekent nog niet dat een paard voldoende water drinkt. Nyman & Dahlborn (2001) onderzochten het drinkgedrag bij verschillende soorten waterbakken en hieruit bleek dat de dagelijkse nettowinst aan water afhankelijk is van het waterdebiet, de manier van aanbieden en de duur van de drinkbeurten. Er kwam gedurende het onderzoek zelfs naar voren dat wanneer het waterdebiet erg laag is, paarden gedurende de dag minder water opnemen wat kan resulteren in een nettoverlies. Dit maakt dat het waterdebiet een erg belangrijk aandachtspunt is. Een punt dat niet werd gevonden in makkelijk beschikbare gegevens en daardoor hoogst waarschijnlijk een onbekend aandachtspunt. Hoeveel paardenhouders staan hier überhaupt bij stil als het niet te vinden is in makkelijk beschikbare informatie. Dit voert dan ook weer terug op de vanzelfsprekendheid van water.

Tot slot

Het verzamelen, verduidelijken en bundelen van de beschikbare gegevens om zo wetenschappelijke informatie toegankelijk te maken is wat dit werkstuk weergeeft. Doordat er geen onderzoeksresultaten zijn die een directe link leggen tussen concentraties van elementen en de eventuele gevolgen van waterbronnen en drinkpunten is dit voornamelijk een informatief naslagwerk. Bij de uitwerking van deelvraag 3 werden veelal nieuwsartikelen en meningen aangetroffen welke niet zijn meegenomen in de resultaten, dit maakt dat de wetenschappelijke informatie daar beperkter is gebleven dan bij deelvraag 1 en 2.

Het onderzoek van Nyman & Dahlborn (2001) over het effect van het soort watervoorziening op het drinkgedrag van paarden en met betrekking tot de wateropname is misschien wel een van de meest belangrijkste punten van het gehele werkstuk. Zelfs bij een lage wateropname bleef de vochtafvoer via ontlasting en urine gelijk waardoor de nettowinst aan water kleiner was, wat in combinatie met de verdampingsverliezen zelfs kan veranderen in een nettoverlies. Wanneer water van een slechte kwaliteit en niet smakelijk is, drinken paarden ook minder. Dit zou kunnen betekenen dat de waterkwaliteit een nettoverlies aan water kan veroorzaken, en dan geeft het water niet zozeer gezondheidsproblemen maar ontstaan deze door een verminderde wateropname. Water verdient dus echt meer aandacht in het totaalplaatje, het staat in verhouding met veel verschillende variabelen waardoor er zeker niet één lijn getrokken kan worden.



4.2. Conclusie

Water is iets vanzelfsprekends en krijgt vaak niet meer aandacht dan vermeldingen als: ‘voldoende schoon drinkwater’ en ‘helder en smakelijk’. Op zich niet vreemd, menig boek en op het internet wordt er niet dieper ingegaan op samenstelling maar blijft het slechts bij zintuigelijke kenmerken. En dat terwijl water een eerste levensbehoefte is. Het bundelen en toegankelijk maken van diepgaande informatie was dan ook het doel van dit werkstuk, om zo meer inzicht te verschaffen over het vergeten voedermiddel en aan te tonen dat drinkwater voor paarden meer aandacht verdient dan termen als helder en smakelijk.

Water is een eerste levensbehoefte en heeft diverse functies in het lichaam. Het is een bouwstof, een oplosmiddel en een transportmiddel voor zowel opgenomen stoffen als uit te scheiden stoffen. Wanneer het watergehalte in het lichaam met 10% afneemt, zijn de eerste ziekteverschijnselen al waarneembaar. Een daling van 15% betekent al acuut levensgevaar. Paarden hebben, afhankelijk van het type paard en de weersomstandigheden tussen de 20 en 76 liter water per dag nodig.

Of het paard deze hoeveelheden opneemt is afhankelijk van de beschikbaarheid en de waterkwaliteit. Wanneer het wateraanbod te laag is, het waterdebiet te laag of de beschikbare drinktijd onvoldoende is kan het paard niet voldoende water opnemen. Als de waterkwaliteit niet goed is zal het paard ook minder drinken. Over het algemeen drinken paarden minder als het water niet goed voor ze is, maar als er niets anders beschikbaar is drinken de paarden het toch. Het drinken van water van slechte kwaliteit kan negatieve gevolgen hebben. Deze gevolgen zijn niet altijd goed te herkennen, vaak resulteert het in vage klachten van algemene aard.

Wat is er bekend over het effect van de in water aanwezige scheikundige elementen op de gezondheid van het paard?

Kijkend naar het effect van de scheikundige elementen op de gezondheid blijkt dat de concentraties aan mineralen die normaliter worden aangetroffen in water niet giftig zijn voor paarden. Vaak beïnvloedt het wel de smakelijkheid van het water en daarmee dus de wateropname. Van mangaan, de hardheid en de pH waarden zijn geen nadelige effecten gevonden, enkel dat deze de smaak beïnvloeden. Ook het effect van ammonium is niet bekend. Natrium, chloride en sulfaat dragen bij aan het zoutgehalte van het water. Doordat deze elementen makkelijk binden met elkaar en andere elementen is er moeilijk te zeggen welk effect elk element specifiek heeft. IJzervergiftiging is bij ijzerhoudend water een risico, vooral wanneer het rechtstreeks uit de bron wordt opgenomen. Omdat deze vergiftiging nog maar recentelijk bekend is zijn de exacte concentraties van vergiftiging nog niet duidelijk, evenals de stapeling van langdurige opname van lage concentraties. Ook voor het giftige nitraat en nitriet zijn exacte concentraties niet duidelijk gekoppeld aan effecten op de gezondheid. IJzer, nitraat en nitriet hebben bij hoge concentraties dodelijke gevolgen. Voor alle elementen geldt dat er niet bekend is wat langdurige opname van specifieke concentratie voor een effect heeft op de gezondheid van het paard.

Wat is er bekend over het effect van de in water aanwezige bacteriologische elementen op de gezondheid van het paard?

In het vooronderzoek zijn een aantal bacteriën naar voren gekomen die in verband worden gebracht met water. Deze bacteriën horen, op de cyanobacterie na, echter niet in het water thuis. Over het effect van *E. coli* en *Enterococci* is niets gevonden, deze bacteriën zijn enkel van belang om een fecale besmetting van het water aan te tonen. De ziektes salmonellose, clostridiose en botulisme kunnen door de bacteriën *Salmonella* en *Clostridium* via het water verspreid worden. Blauwalg, cyanobacterie, kan bij hoge temperaturen en stilstaand water een probleem vormen en dodelijke gevolgen hebben. Bij welke concentratie vergiftiging optreedt is echter niet bekend, evenals het effect van langdurige opname.

Waar moet de paardenhouder zich bewust van zijn omtrent de beschikbare waterbronnen en de gebruikte drinkpunten?

Met betrekking tot waterbronnen is het kennen van de samenstelling belangrijk, zo kan vastgesteld worden of het water geschikt is als drinkwater. IJzer en de hardheid zijn aandachtspunten bij het gebruik van grondwater en stikstofverbindingen en bacteriën bij het gebruik van oppervlaktewater. Maar zelfs wanneer het water bij de bron van goede kwaliteit is, kan de vorming van biofilm ervoor zorgen dat het bij het drinkpunt van onvoldoende kwaliteit is. Ook vervuiling van mest, voerresten en algen kunnen in de waterbak de kwaliteit doen verminderen. Met betrekking tot de drinkpunten is dus de hygiëne belangrijk, maar vooral ook het waterdebiet. Een te laag waterdebiet heeft invloed op de nettowinst aan water.



Wat moet de paardenhouder weten over water als invloedfactor op de gezondheid van het paard?

De paardenhouder moet zich ervan bewust zijn dat de wateropname en de kwaliteit van het water een grote invloed hebben op het paard. Water is een eerste levensbehoefte en een nettoverlies kan diverse gevolgen hebben. De wateropname wordt bepaald door het wateraanbod, het waterdebiet en de waterkwaliteit. Van de scheikundige elementen is niet bekend wat langdurige opname voor een gevolgen heeft voor het paard, maar de samenstelling beïnvloedt de waterkwaliteit, de smakelijkheid, het waterdistributiesysteem en wordt beïnvloed door het distributiesysteem. Deze scheikundige elementen hebben dus zowel direct als indirect invloed op de gezondheid van het paard. Want als deze elementen zorgen voor een slechte smakelijkheid en het waterdebiet verminderen, kan dit resulteren in een verminderde wateropname.

De invloed van water op de gezondheid van het paard is dus zowel de invloed van de elementen zelf op de gezondheid als de invloed die deze elementen hebben op de smakelijkheid van het water en daarmee op de wateropname en de uiteindelijke nettowinst aan water.

4.3. Aanbeveling

Water wordt genoemd als het ‘vergeten voedermiddel’ en dat blijkt uit dit literatuuronderzoek. De diepere informatie is verspreid en niet makkelijk vindbaar, de oppervlakkige informatie gaat niet verder dan ‘schoon, helder en smakelijk drinkwater’ en giftige elementen. Water is van levensbelang en zou dezelfde aandacht moeten krijgen als ruw- en krachtvoer.

Er zou meer aandacht moeten zijn voor de volgende punten:

- De samenstelling van het water en de gevolgen die deze hebben op het paard en het waterdistributiesysteem.
- Dat ook in de waterleidingen het water zodanig kan veranderen dat het van slechte kwaliteit wordt. Waarmee leidingwater dus niet garant staat voor een goede drinkwaterkwaliteit en dus hiermee ook de effecten van biofilm benadrukt moet worden.
- Dat het waterdebiet invloed heeft op de wateropname en zelfs een nettoverlies kan veroorzaken.

Dit komt er op neer dat makkelijk beschikbare informatie meer diepgang moet hebben welke ook begrijpelijk is voor de gemiddelde paardenhouder.

Op wetenschappelijk gebied zou onderzoek naar het effect van langdurig opnemen van elementen wenselijk zijn. IJzer was tot voor kort ook niet aangemerkt als giftig, dus wellicht zijn er meer elementen aangemerkt als niet giftig die dit wel zijn. Daarbij zijn de ziekteverschijnselen wel bekend maar niet wat de gevolgen zijn van langdurige opname van een bepaalde lage concentratie.

Er zou wetenschappelijke aandacht moeten zijn voor de volgende punten:

- Het koppelen van effecten en gevolgen aan concentraties.
- Het effect van het langdurige opnemen van lage concentraties.
- Het effect/ langdurige effect van mest in het water, met onder andere betrekking tot stikstofverbindingen.
- Het effect op langere termijn van de cyanobacterie.
- De invloed van het waterdistributiesysteem op de waterkwaliteit.

Dit alles om ook een duidelijker beeld richting dierenartsen en specialisten te geven zodat deze ook aan de kwaliteit van het drinkwater denken bij eventuele vage klachten of mindere prestatie. En zodat waterdistributiesystemen uitgevoerd kunnen worden in de vorm die het meest geschikt is om de waterkwaliteit te kunnen bewaren.



Bibliografie

[Watermicrobiologie]. (z.d.). Opgehaald van http://www.herbies.nl/getfile.asp?FILE_ID=892

- Agri-Facts. (2005, Mei). Water Requirements for Livestock. (*Agdex 400/716-1*). Alberta: Alberta Agriculture and Rural Development.
- Bagley, C., Amacher, J., & Poe, K. (1997). Analysis of Water Quality for Livestock.
- Beede, D. (2006). *Evaluation of Water Quality and Nutrition for Dairy Cattle*. Michigan State University, Department of Animal Science, East Lansing.
- Berende, P. L. (1986, April 4). *Tolereerbare Nitraat en Nitriet Opname door Landbouwhuisdieren*. Rapport 86.37, Afdeling Toxicologie.
- Bocque, C. (2014). *Clostridium Difficile Infecties bij Paarden*. Universiteit Gent, Faculteit Diergeneeskunde.
- Bos, C., & Counotte, G. (2006, augustus). Kwaliteit veedrinkwater blijft punt van zorg. *V-focus*(augustus 2006), p. 40-41.
- Broux, B. (2010). *Een uitbraak van Botulisme in een kleine paardenpopulatie*. Faculteit Diergeneeskunde. Gent: Universiteit Gent.
- Brugess, B., Lohmann, K., & Blakley, B. (2010, maart). Excessive Sulfate and Poor Water Quality as a Cause of Sudden Deaths and an Outbreak of Diarrhea in Horse. *The Canadian Veterinary Journal*(51), p. 277-282.
- Camargo, F., Coleman, B., & Lawrence, L. (2008). *Botulism: A deadly disease that can affect your horse*. University of Kentucky, College of Agriculture. UK Cooperative extensions Service.
- Carp-van Dijken, S. (2019, maart 20). *Veel veehouders kunnen vooruitgang boeken in de productie als het drinkwater optimaal is*. Opgeroepen op januari 20, 2020, van Melkvee: <https://www.melkvee.nl/artikel/188411-veel-veehouders-kunnen-vooruitgang-boeken-in-de-productie-als-het-drinkwater-optimaal-is/>
- Catalano, D., Heins, B., Missaghi, S., Hathaway, M., & Martinson, K. (2019). The Effect of Goldfish (*Carassius auratus*) on Water Quality in Horse Stock Tanks. *Journal of Equine Veterinary Science*(79), p. 73-78.
- CBS. (2021, maart 19). *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente*. Opgeroepen op juli 27, 2021, van CBS: https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/80781ned?q=paarden#PaardenEnPonySTotaal_118
- Chastine, M. (2009). *You Can Lead a Horse to Water*. The University of Montana, Western Equine Studies Program.
- Corley, K., & Marr, C. (1998). Pathophysiology, assessment and treatment of acid-base disturbances in the horse. *Equine Veterinary Education*(10), p. 255-265.
- Counotte, G. (2009). Drinkwaterkwaliteit blijft aandachtspunt, zeker in de winter. *GD paard*(2009-5), p. 12-13.
- Counotte, G. (2012, juni 6). *Slootwater als drinkwater*. Opgeroepen op april 26, 2020, van horses: <https://www.horses.nl/articles/slootwater-als-drinkwater/>
- Counotte, G. (2013). GD Paard: Drinkwater voor paarden niet altijd van de beste kwaliteit. *De Hippische Ondernemer*(2), p. 38-39.
- Counotte, G. (2015). Drinkwater: zekerheid over de kwaliteit. *Hippisch Ondernemer*(5), p. 4-5.
- Counotte, G., & Ritskes, A. (2012, juni). Drinkwater: waar moet je op letten? *GD Paard*(juni 2012), p. 6-7.
- Counotte, G., & Mars, J. (2008). Veterinaire toxicologie bij landbouwhuisdieren. *Diergeneeskundig memorandum*, 55(1).
- Crandell, K. (2016, augustus 30). *Electrolyte Oversupplementation: A Real Risk for Horses?* Opgeroepen op 30 augustus 2020, van Kentucky Equine Research: <https://ker.com/equine/electrolyte-oversupplementation-real-risk-horses/>
- Deprez, P. (z.d.). *Botulisme: een veelal fatale voedselvergiftiging*. Opgeroepen op januari 6, 2021, van Paardenpunt Vlaanderen: <https://paarden.vlaanderen/print.php?typ=dossier&pi=723&ssi=256>
- Dewanckele, L. (2015). *Effect van de drinkwaterkwaliteit op productieparameters bij melkvee*. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen. Gent: Universiteit Gent.
- Diab, S., Songer, G., & Uzal, F. (2013). Clostridium difficile infection in horses: A review. *Veterinary Microbiology*(167), p. 42-49.
- Dufour, F. (1998). *Grondwater in Nederland*. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Delft.



- El Mahdy, C., Boaru, A., Popescu, S., & Borda, C. (2016). Water Quality, Essential Condition Sustaining the Health, Production and Reproduction in Cattle. A Review. *Animal Science and Biotechnologies*, 73(2), p. 113-125.
- Eurofins Agro. (2018, februari 23). *Goede kwaliteit drinkwater belangrijk voor melkgift*. Opgeroepen op augustus 1, 2019, van Melkveebedrijf: <https://www.melkveebedrijf.nl/veevoer-melkvee/grasland/goed-kwaliteit-drinkwater-belangrijk-voor-melkgift/>
- Frape, D. (2004). *Equine Nutrition and Feeding*. Oxford: Uitgeverij Blackwell Publishing Ltd.
- GD. (2013). De Gezondheidsdienst voor Dieren. *Hippisch Ondernemer*(3), p.35-40.
- GD. (2013). GD Paard: Ruwvoerwinning en botulisme. *De Hippische Ondernemer*(3), p. 35.
- GD. (2014). Oog voor drinkwaterkwaliteit. p. 12-13.
- GD. (z.d.). *Grenswaarden veedrinkwater*. Opgeroepen op september 23, 2019, van GD Diergezondheid: <https://www.gddiergezondheid.nl/grenswaardenveedrinkwater>
- GD. (z.d.). *Nieuw: Salmonellakweek veedrinkwater*. Opgeroepen op december 9, 2020, van GD Diergezondheid: <https://www.gddiergezondheid.nl/salmonella-water>
- GD. (z.d.). *Schoon, smakelijk en goed beschikbaar drinkwater*. Opgeroepen op september 23, 2019, van GD Diergezondheid: <https://www.gddiergezondheid.nl/diergezondheid/management/drinkwater/schoon%20smakelijk%20drinkwater>
- Geor, R., Coenen, M., & Harris, P. (2013). *Equine Applied and Clinical Nutrition. Health, Welfare and Performance*. Elsevier.
- Hallebeek, A. (z.d.). *Keuzestress! Welk voer geef ik mijn paard?* Opgeroepen op augustus 26, 2019, van paardenarts: <https://www.paardenarts.nl/kennisbank/keuzestress-welk-voer-geef-ik-mijn-paard/>
- Hartog, P., Offereins, E., & Stolk, P. (2010). *EHBO - Paard* (3e ed.). Ermelo: KNHS.
- Hietkamp, D. (2014, april 4). Water als probleemveroorzaker. *De Molenaar*(5), p. 10-11.
- Hindle, V., Workel, L., & Lambooi, E. (2010, maart). Drinkwatervoorziening van Runderen, Varkens, Paarden, Schapen en Geiten bij Wegtransport. (*Rapport 307*).
- Hinton, M. (1978). On the Watering of Horses: a review. *Equine Veterinary Journal*(10), p. 27-31.
- Hoffman, C., Costa, L., & Freeman, L. (2009, oktober). Survey of Feeding Practices, Supplement Use, and Knowledge of Equine Nutrition among a Subpopulation of Horse Owners in New England. *Journal of Equine Veterinary Science*, 29(10), p. 719-726.
- HORSES.nl. (2015, april 28). *Theo Timmerman: Mysterie gedrag paarden in Horst opgelost*. Opgeroepen op augustus 12, 2019, van HORSES.nl: <http://www.horses.nl/algemeen/theo-timmerman-mysterie-gedrag-paarden-in-horst-opgelost/>
- Huisman, T., Spit, L., Polet, J., & Kuperus, S. (2011, juli). Dierentuinvoeding.
- Hylkema, I. (2019, april). Botulisme-uitbraak heeft grote impact. *Veehouder & Veearts*, p. 14-15.
- Jacobs, M. (2012, februari). *Water, het vergeten voedermiddel*. Opgeroepen op augustus 12, 2019, van Voervergelijk: <http://www.voervergelijk.nl/column/59/water-het-vergeten-voedermiddel>
- Kay, G., & Knottenbelt, D. (2007, maart). Tetanus in equids: A report of 56 cases. *Equine Veterinary Education*, p. 107-112.
- Kentucky Equine Research. (2018, september 20). *WEG 2018: Strange Waters*. Opgeroepen op november 4, 2019, van Kentucky Equine Research: <https://ker.com/equinews/weg-2018-strange-waters/?highlight=WEG%202018%3A%20Strange%20Waters>
- Kim, M., & Han, M. (2014). Characteristics of biofilm development in an operating rainwater storage tank. *Environmental Earth Sciences*, p. 1633-1642.
- Konopka, A., & Brock, T. (1978). Effect of Temperature on Blue-Green Algae (Cyanobacteria) in Lake Mendota. *Applied and Environmental Microbiology*, p. 572-576.
- Lardy, G., Stoltenow, C., & Johnson, R. (2008). *Livestock and Water*. North Dakota State University, Fargo, North Dakota.
- Lenntech. (z.d.). *Lenntech Water Treatment Solutions*. Opgehaald van <http://www.lenntech.nl/>
- Lewis, L. (2005). *Feeding and Care of the Horse* (Second edition ed.). Blackwell Publishing.



- Linn, J. (2008). Impact of Minerals in Water on Dairy Cows. *Dairy star*.
- Long, S., & Tauscher, T. (2006). Watershed issues associated with Clostridium botulinum: A literature review. *Journal of Water and Health*, p. 277-288.
- Looper, M., & Waldner, D. (2007). *Water of Dairy Cattle*. New Mexico State University, College of Agriculture and Home Economics.
- Marshall, D. (2004). *Horse Health Depends on Water*. University of Delaware, Cooperative Extension Equine Veterinarian Extension Bulletin.
- McDonnell, S., & Kristula, M. (1996). No effect of drinking water temperature (ambient vs. chilled) on consumption of water during hot summer weather in ponies. *Applied Animal Behaviour Science*(49), p. 159-163.
- McFarland, M., & Dozier, M. (2001). *Drinking Water Problems: Iron and Manganese*. Texas A&M University System, Texas A&M AgriLife Extension Service.
- McKenzie, E. (2007). Polyuria and Polydipsia in Horses. *Vet Clin Equine*(23), p. 614-653.
- Meehan, M., & Mostrom, M. (2015). *Cyanobacteria (Blue-green Algae) Poisoning*. NDSU Extension Service, Agriculture and Natural Resources.
- Merkies, K., & Carson, J. (2011). Discrimination of Water Acidity by Mature Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*(31), p. 269.
- Micropia. (z.d.). Opgeroepen op december 8, 2020, van Micropia: www.micropia.nl
- Moelands, M. (2013). *Preventie van mineraaldeficiënties bij paarden door supplementatie*. Universiteit Gent, Faculteit Diergeneeskunde.
- Natuur & Milieu. (2019). *Onderzoek waterkwaliteit & biodiversiteit*. Utrecht: Natuur & Milieu.
- NEN. (z.d.). *NEN 1006 - Leidingwaterinstallaties*. Opgeroepen op april 14, 2020, van NEN: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/NEN-1006-Leidingwaterinstallaties.htm>
- Nijenhuis, M. (2017, september 1). *Salmonella-infectie bij het volwassen paard*. Opgeroepen op november 17, 2020, van KNMVD: <https://www.knmvd.nl/salmonella-infectie-volwassen-paard/#:~:text=Infectie>
- Novak, S., & Shoveller, A. (2008). *Nutrition and Feeding Management for Horse Owners*. Alberta: Alberta Agriculture and Rural Development.
- Nyman, S., & Dahlborn, K. (2001). Effect of water supply method and flow rate on drinking behavior and fluid balance in horses. *Physiology & Behavior*(73), p. 1 - 8.
- Olkowski, A. (2009). *Livestock Water Quality - a field guide for cattle, horses, poultry and swine*. University of Saskatchewan.
- Oruc, H., Akkoc, A., Uzunoglu, I., & Kennerman, E. (2010). Nitrate Poisoning in Horses Associated with Ingestion of Forage and Alfalfa. *Journal of Equine Veterinary Science*(30), p. 159-162.
- Ouweltjes, W., & Schils, R. (2002). Zwavel en selenium: ook overdaad schaadt. *PraktijkKompas Rundvee*(16), p. 30-31.
- Paulissen, M., Nijboer, R., & Verdonchot, P. (2007). Grondwater in perspectief - Een overzicht van hydrochemische watertypen in Nederland. (*Alterra-rapport 1447*).
- Picavet, T., Butler, C., Daha, T., Doorn, D., Duijkeren, E., Goehring, L., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. (2008, februari 1). Leidraad III - Infectieuze aandoeningen - digestie (deel I). *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*(Deel 133, aflevering 3), p. 110-114.
- Pijpers, A. (2014). *Inspanningsfysiologie bij renpaarden, Endogene stressfactoren en EIPH*. Universiteit Gent, Faculteit Diergeneeskunde.
- Rijksuniversiteit Groningen. (2019). *Systematisch literatuur zoeken*. Opgeroepen op maart 17, 2020, van rug: <https://www.rug.nl/language-centre/communication-training/academic/hacv/handboek/schriftelijk/student/bronnen-literatuur/systematisch-zoeken>
- Robson, S. (2007). Nitrate and nitrite poisoning in livestock. *Primefacts*(415), p. 1-4.



- Roest, H., de Bruijn, C., Picavet, M., Prins, B., Parmentier, D., de Zwart, G., van Zijderveld, F. (2009, oktober 1). Twee paarden met neurologische verschijnselen: is botulisme in het spel? *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*, p. 790-795.
- Schils, R. (2016). 30 vragen en antwoorden over zwavel. Alterra, Wageningen UR.
- Schothorst Feed Research. (2006, augustus 7). Wateropname en Drinkgedrag van Melkkoeien. (SFR-2006-22). Lelystad.
- Sectorraad Paarde. (2019). *Gids voor Goede Praktijken - Richtlijnen voor het houden van en de omgang met paarden*.
- Slijkman, N. (2013, februari). *De onzin van supplementen*. Opgeroepen op augustus 26, 2019, van Voervergelijk: <http://www.voervergelijk.nl/column/18/de-onzin-van-supplementen>
- Sloet, M. (2013, november). Tetanus of Klem bestaat dat nog? *Paard&Sport*, pp. p.22-23.
- Stewart, A. (2013, september). *Clostridia-associated Enterocolitis in Horses*. Opgeroepen op januari 22, 2021, van Merck Manual Veterinary Manual: <https://www.merckvetmanual.com/digestive-system/intestinal-diseases-in-horses-and-foals/clostridia-associated-enterocolitis-in-horses>
- Stewart, A. (2013, september). *Colitis-X in Horses*. Opgeroepen op januari 22, 2021, van Merck Manual Veterinary Manual: <https://www.merckvetmanual.com/digestive-system/intestinal-diseases-in-horses-and-foals/colitis-x-in-horses>
- Stewart, A. (2013, september). *Salmonellosis in Horses*. Opgeroepen op december 2, 2020, van Merck Manual Veterinary Manual: <https://www.merckvetmanual.com/digestive-system/intestinal-diseases-in-horses-and-foals/salmonellosis-in-horses>
- Suttle, N. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock* (4e ed.). Oxfordshire: CABI.
- Swanenburg, A., Vos, C., Visser, K., & Nodelijk, G. (2014). *Inventarisatie zoönosen bij het paard in Nederland*. Wageningen, Lelystad: Central Veterinary Institute - Wageningen UR.
- Theelen, M., Beukers, M., Grinwis, G., & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. (2019). Chronic iron overload causing haemochromatosis and hepatopathy in 21 horses and one donkey. *Equine Veterinary Journal*(51), p. 304-309.
- Universiteit Utrecht. (2015, november 30). *Chronische ijzervergiftiging door drinken van slootwater wordt paarden fataal*. Opgeroepen op juni 16, 2020, van Universiteit Utrecht: <https://www.uu.nl/nieuws/chronische-ijzervergiftiging-door-drinken-van-slootwater-wordt-paarden-fataal>
- Universiteit van Amsterdam. (z.d.). *Wetenschappelijk Onderzoek*. Opgeroepen op maart 17, 2020, van uva: <http://cf.hum.uva.nl/nhl/academische%20vaardigheden/wetenschappelijkonderzoek.htm#Beoordelen%20van%20informatie>
- van Bemmelen, J. (2020, mei 14). De stikstofkringloop. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=yFYTLdSXXHQ>
- van Campen, H. (2015, mei 6). *Bit duikt in ... Drinkwater voor paarden*. Opgeroepen op augustus 12, 2019, van Bitmagazine: <https://www.bitmagazine.nl/verzorging/bit-duikt-in-drinkwater/38064/>
- van der Grift, B., & Stuyfzand, P. (2019). *Uitloging geochemische buffervermogen ondergrond*. BTO.
- van Eenige, M., Counotte, G., & Noordhuizen, J. (2013, maart 1). Drinking water for dairy cattle: always a benefit or a microbiological risk? *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*(Deel 138, aflevering 2), p. 86 - 95.
- van Gulik, I. (z.d.). *Diarree bij paarden*. Opgeroepen op januari 29, 2020, van Paardenarts: paardenarts.nl/kennisbank/diarree-bij-paarden/
- van Gulik, I. (z.d.). *Droes*. Opgeroepen op januari 22, 2021, van paardenarts: <https://www.paardenarts.nl/kennisbank/droes/#besmetting>
- van Ham, J., Neijenhuis, F., & Ellen, H. (2014). *Vleeskuikenhouders: controleer regelmatig uw drinkwaterkwaliteit!* Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- van Loon, A., Pronk, T., Raterman, B., Ros, S., & van Gelderen, J. (2020, Oktober 7). Grondwaterkwaliteit uniform in beeld met landelijke dataset. *H2O*.
- van Looveren, L. (2019). *Drinkwater op een melkveebedrijf*. KU Leuven, Faculteit industriële ingenieurswetenschappen, Leuven.
- van Maanen, C., van den Wollenberg, L., Siegers, E., & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. (2018, november 2). Review droes 2 november 2018.



- Veearts.nl. (2020). *Tetanus*. Opgeroepen op januari 18, 2021, van Veearts.nl Alles over diergezondheid:
<https://www.veearts.nl/dierziekten/tetanus/>
- Verstraeten, C. (2016). *Leptospirose bij het paard*. Universiteit Gent, Faculteit Diergeneeskunde.
- Vewin. (2019). *Kerngegevens drinkwater 2019*.
- Voervergelijk. (2010, juni 15). *Botulisme treft ook paarden en runderen*. Opgeroepen op november 17, 2020, van Voervergelijk.nl: <http://www.voervergelijk.nl/nieuws/40/botulisme-treft-ook-paarden-en-runderen>
- Voervergelijk. (2013, juli 11). *Vraag: Hoe te zorgen voor gezond water in weiland?* Opgeroepen op augustus 12, 2019, van Horses.nl: <http://www.horses.nl/articles/vraag-hoe-te-zorgen-voor-gezond-water-in-weiland/>
- Voervergelijk. (z.d.). Opgehaald van <http://www.voervergelijk.nl/>
- Whitlock, R., & McAdams, S. (2006). Equine Botulism. *Clinical Techniques in Equine Practice*, p. 37-42.
- WUR. (z.d.). *Botulisme*. Opgeroepen op januari 4, 2021, van Wageningen Universiteit & Research:
<https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Biovetinary-Research/Dierziekten/Bacteriele-ziekten/Botulisme-1.htm>
- WUR. (z.d.). *Dossier: Blauwalg*. Opgeroepen op april 26, 2020, van Wageningen University & Research:
<https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Blauwalg.htm>



Bijlage I: Afkapwaarde drinkwaterkwaliteit GD

Toelichting: De waarden 'goed' kan als veilig worden beschouwd. De waarden 'slecht' wordt beschouwd als (ernstig) risicovol (GD, z.d.).

	rund		kalf		paard		varken		pluimvee	
parameter	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht
pH	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9
ammonium (mg/L)	< 2	> 10	< 0,5	> 2	< 1	> 2	< 1	> 2	< 1	> 2
nitriet (mg/L)	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0
nitraat (mg/L)	< 100	> 200	< 100	> 200	< 100	> 200	< 100	> 200	< 100	> 200
chloride (mg/L)	< 250	> 2000	< 250	> 2000	< 250	> 2000	< 250	> 2000	< 200	> 300
natrium (Na) (mg/L)	< 800	> 1500	< 400	> 800	< 400	> 800	< 400	> 800	< 100	> 200 (y) > 400 (o)
ijzer (mg/L)	< 0,5	> 10	< 0,2	> 0,5	< 0,5	> 10	< 0,5	> 10	< 0,5	> 2,5
mangaan (mg/L)	< 1	> 2	< 0,5	> 1,0	< 1	> 2	< 1	> 2	< 0,5	> 1,0
sulfaat (mg/L)	< 100	> 250	< 100	> 250	< 100	> 250	< 100	> 250	< 100	> 250
hardheid (* D)	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 20
gisten en schimmels		> 10.000		> 10.000		> 10.000		> 10.000		> 10.000
E. coli (kve/mL)	< 10	> 100	< 1	> 10	< 10	> 100	< 10	> 100	< 1	> 100
totaal kiemgetal (kve/mL)	< 10.000	> 100.000	< 1.000	> 10.000	< 10.000	> 100.000	< 10.000	> 100.000	max 10.000	> 10.000



Bijlage II: Overzicht tabel drinkwaterkwaliteit

Parameter	1		2	3	4	5	6	7
	<i>Veilig</i>	<i>Risicovol</i>	<i>Advies</i>	<i>Maximaal</i>	<i>Veilig</i>		<i>Veilig</i>	<i>Maximaal</i>
Scheikundige elementen								
pH	5 tot 8	< 4 & > 9	5 tot 8	6 tot 9		6 tot 8		
Hardheid (°D)	> 4 & < 15	> 25						
Ammonium (mg/L)	< 1	> 2	< 3					
Nitriet (mg/L)	< 0,1	> 1,0	< 30		100			
Nitraat (mg/L)	< 100	> 200	< 200		500		400	
Chloride (mg/L)	< 250	> 2000	< 500				3000	
Natrium (mg/L)	< 400	> 800	< 500				2500	
IJzer (mg/L)	< 0,5	> 10	< 3	< 0,3				< 0,3
Mangaan (mg/L)	< 1	> 2	< 4					
Sulfaat (mg/L)	< 100	> 250	< 500		1000		2500	
Bacteriologische elementen								
E. coli (kve/ml)	< 10	> 100						
Totaal kiemgetal (kve/ml)	< 10.000	> 100.000		< 10.000		< 5		
Fecale coliformen (kve/ml)				< 0,10		< 0,10		

- 1 GD referentiewaarden
- 2 Geor et al. (2013)
- 3 Beede (2006)
- 4 Lardy et al. (2008)
- 5 Looper & Waldner (2007)
- 6 Olkowksi (2009)
- 7 Theelen et al. (2019)
- 8 Bagley et al. (1997)

Paard specifieke bron



Bijlage III: Resultaten drinkwateronderzoek GD

Toelichting: Resultaten van door de GD uitgevoerde drinkwateronderzoek van watermonsters bestemd voor paarden (Counotte, 2013).

