



Ammoniakemissie in de paardenhouderij

Mogelijke bronnen en reductiemaatregelen

Iris Huisman en Emma van Boxmeer

OPENBAAR
RAPPORT 1500



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ammoniakemissie in de paardenhouderij

Mogelijke bronnen en reductiemaatregelen

Iris Huisman en Emma van Boxmeer

Wageningen Livestock Research

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juli 2023

Rapport 1500

Samenvatting NL Er is weinig bekend over ammoniakemissie in de paardenhouderij. De paardenhouderij kent verschillende huisvestingsvormen en voor dit onderzoek lag de focus op individuele huisvesting. Aan de hand van drie bedrijfsbezoeken en gesprekken met experts zijn mogelijke bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij geïnventariseerd. Daarnaast zijn mogelijke maatregelen beschouwd, echter is er meer onderzoek nodig met betrekking tot emissies in de paardenhouderij en de effecten van maatregelen.

Summary UK Little is known about ammonia emissions in horse husbandry. The equine sector has various forms of housing and for this study the focus was on individual housing. Based on three company visits and interviews with experts, possible sources of ammonia emission in horse keeping were inventoried. In addition, possible measures were considered, but more research is needed on emissions in horse keeping and the effects of measures.

- 1) Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/671960> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2023

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Doel	10
2 Achtergrond	11
2.1 Ammoniak	11
2.2 Emissiefactor bij paarden	11
3 Materiaal en methode	13
3.1 Literatuuronderzoek huisvestingsvormen paarden	13
3.2 Selectie bedrijven	13
3.3 Bedrijfsbezoeken	13
3.4 Gesprekken experts	13
4 Resultaten	14
4.1 Huisvestingsvormen bij paarden	14
4.2 Bevindingen bedrijfsbezoeken	15
4.3 Uitkomsten gesprekken experts	17
4.3.1 Bronnen ammoniakemissies	17
4.3.2 Mestmanagement	17
4.3.3 Ideeën/mogelijkheden/optimalisatie	17
5 Discussie	19
5.1 Representatie paardensector	19
5.2 Type bedrijf en huisvestingsvorm	19
5.3 Emissiefactor (Rav) paarden	19
5.4 Eiwitgehalte in het rantsoen	20
5.5 Invloed van strooisel en mestmanagement op emissies	20
5.6 Maatregelen toepasbaar voor de paardenhouderij	21
6 Conclusies en aanbevelingen	23
Literatuur	24
Bijlage 1 Vragenlijst bedrijfsbezoeken	27
Bijlage 2 Stroverbruik	29
Bijlage 3 Eiwitgehalte rantsoenen	30

Woord vooraf

In de paardenhouderij is nog maar weinig bekend over de bronnen van ammoniakemissies. In dit onderzoek is getracht een eerste aanzet te geven om de bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij en daarbij behorende potentiële maatregelen in beeld te brengen. De paardenhouderij kenmerkt zich als een diverse sector met verschillende type bedrijfsvormen, disciplines en variatie in het hobbymatig als professioneel beoefenen van de sport.

Dit onderzoek is oriënterend van aard en er kunnen daardoor geen uitspraken worden gedaan over de hoeveelheid emissie die plaats zal vinden op het paardenbedrijf. Om dit te kunnen bepalen zijn metingen nodig. Hiervoor is het ook van belang dat er meer inzichten worden gegenereerd in welke huisvestingsvormen het meest voorkomend zijn. Er liggen zeer waarschijnlijk nog veel kansen voor de paardensector om emissies te reduceren.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de provincie Zuid-Holland en in samenwerking met een sectorvertegenwoordiger van de KNHS. Wij danken jullie voor je betrokkenheid en constructieve feedback. Daarnaast willen wij de drie bezochte bedrijven bedanken voor hun tijd, het delen van informatie en ons rondleiden op de bedrijven. Tot slot willen wij de experts bedanken voor het delen van hun inzichten en expertise.

Iris Huisman en Emma van Boxmeer

Samenvatting

Een groot deel van de ammoniakemissie in Nederland is afkomstig vanuit de veehouderij. Dit is voornamelijk afkomstig uit de grotere productiesectoren (melkveehouderij, pluimveehouderij en varkenshouderij). Kleinere sectoren zijn doorgaans minder belicht. Er is dan ook niet veel bekend over ammoniakemissies in de paardenhouderij. Het doel van dit onderzoek is om te inventariseren wat de mogelijke bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij zijn, en welke potentiële maatregelen voor ammoniakemissie reducties mogelijk zijn aan de hand van de vooraf vastgestelde stereotyperende bedrijven.

De paardenhouderij is een diverse sector en kent verschillende type bedrijven en huisvestingsvormen. Vaak is het type bedrijf van invloed op de huisvestingsvorm. Voorbeelden van type bedrijven zijn maneges, pensionstallen, handelsstallen, sportstallen of opfokstallen. Paarden worden op deze bedrijven individueel of in groepsverband gehouden. Aan de hand van een literatuuronderzoek naar huisvestingsvormen in de paardenhouderij en in consultatie met een vertegenwoordiger van de sector is gekozen om in dit onderzoek te focussen op individuele huisvesting, oftewel paardenboxen.

Op basis hiervan zijn drie bedrijven geselecteerd en vervolgens bezocht. Tijdens het bezoek vond een rondleiding plaats en werd een interview afgenomen. De bevindingen zijn vervolgens besproken met twee experts op het gebied van ammoniakemissie. Aan de hand van de uitkomsten van de bevindingen en gesprekken zijn vervolgens inschattingen gemaakt wat de voornaamste emissiebronnen zijn. Vervolgens is dit doormiddel van literatuur nader beschouwd in de discussie.

De drie bedrijven verschilden aanzienlijk, met name in inrichting en bedrijfsvoering. Twee van de drie bedrijven hadden als kernactiviteit manege met daarnaast pension en een van de bedrijven had als kernactiviteit pension met daarnaast manege. Paarden stonden doorgaans op stal en kwamen op twee van de bedrijven maximaal twee uur per dag buiten op de paddock. Op het grootste bedrijf stonden de paarden tijdens de zomerperiode het grootste dagdeel op de weide. Gemiddeld liepen de paarden tussen de twee en drie uur mee in de manegelessen. Op twee van de drie bedrijven werd wekelijks uitgemest en bij een tweewekelijks. De mest werd minimaal één dag opgeslagen en maximaal zeven dagen. De mest werd buiten de stal opgeslagen in een open mestopslag of open mestput. Alle bedrijven gebruikten stro als strooisel in de boxen en er werd maar bij één bedrijf tussen het uitmesten opgestrooid.

Mogelijke bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij in Zuid-Holland voor individuele huisvesting zijn ten eerste de paardenboxen, gevolgd door de opslag en paddocks. Mestmanagement heeft een grote invloed op ammoniakemissies en dagelijks schoon stro toevoegen kan de emissies verlagen. Daarnaast is het dagelijks verwijderen van het bevuilde stro met mest uit de stal en in sommige situaties het afdekken van de mestopslag ook van belang. Ook het verlagen van het eiwitgehalte van het rantsoen kan voor minder ammoniakemissies zorgen, doordat de stikstofexcretie hierdoor verlaagd wordt. Daarnaast kunnen maatregelen zoals drainage van de boxen of nieuwe ontwerpen zoals een "paardentoilet" helpen in de reductie van ammoniak. Om deze systemen toe te passen is echter eerst meer onderzoek nodig om te testen of dit werkt in de praktijk. Verder worden emissiemetingen en het beter inzichtelijk krijgen van voer- en mestmanagement aanbevolen voor vervolgstudies.

1 Inleiding

De Nederlandse landbouw draagt voor 40% bij aan de neerslag van stikstof (N-depositie) op stikstofgevoelige Natura-2000 gebieden. De overige 20% is afkomstig van stikstofoxiden van verkeer en industrie en 35% is afkomstig uit het buitenland (RIVM, 2022). De ammoniak (NH_3) emissie uit de landbouw is voornamelijk afkomstig uit de veehouderij en leidt tot ongewenste effecten op de natuur en afname van biodiversiteit. Het overgrote deel van de ammoniakemissie is afkomstig van de grotere dierlijke productiesectoren zoals melkvee, pluimvee en varkens (RIVM/Emissieregistratie, 2023). De bijdrage van kleinere sectoren is doorgaans lastiger te duiden, zo ook de paardensector. De jaarlijkse emissies van alle relevante Nederlandse bronnen worden vastgesteld op basis van uitgebreide modellen, die jaarlijks worden aangepast aan de nieuwste wetenschappelijke inzichten (Van der Zee et al., 2023). De modellen maken gebruik van het aantal dieren per diercategorie en de bijbehorende emissiefactoren voor verschillende stalsystemen en mestopslagen. Het is echter niet bekend wat het exacte aantal paarden en pony's in Nederland is. Ook is niet bekend hoe vaak bepaalde huisvestingsystemen voorkomen en daarnaast ontbreekt informatie over mestopslagen. De landbouwtelling registreert alleen paarden en pony's op landbouwbedrijven en niet de particulier gehouden paarden en pony's (maneges, handelsstallen, sportstallen). Volgens het Centraal Bureau voor Statistiek zijn er op basis van de landbouwtelling momenteel 97.600 paarden en pony's in Nederland (CBS, 2022), maar de Koninklijke Nederlandse Hippische Sportfederatie (KNHS) schat in dat er in het totaal 450.000 paarden in Nederland zijn (KNHS, 2017). Het is verplicht om paarden en pony's te registreren en sinds 2021 is het ook verplicht om de locatie van het paard te registreren (RVO, 2023), echter geven deze gegevens op dit moment nog niet voldoende informatie over het totaal aantal paarden en pony's in Nederland (Bruggen et al., 2022).

Tabel 1 Emissie van ammoniak (NH_3) door land- en tuinbouw per diercategorie in kton NH_3 en percentage van totaal (RIVM/Emissieregistratie, 2023).

Jaartal	Rundvee		Schapen		Geiten		Varkens		Pluimvee		Paarden, pony's en ezels		Konijnen en pelsdieren		Overig	
	kton (%)		kton (%)		kton (%)		kton (%)		kton (%)		kton (%)		kton (%)		kton (%)	
1990	166	50%	3	1%	0	0%	100	30%	32	10%	5	1%	2	1%	26	8%
1995	88	43%	3	1%	0	0%	65	32%	22	11%	5	2%	1	0%	22	11%
2000	61	38%	2	1%	1	1%	49	30%	24	15%	5	3%	1	1%	18	11%
2005	56	39%	1	1%	1	1%	38	27%	20	14%	5	4%	1	1%	20	14%
2010	53	43%	1	1%	1	1%	33	27%	15	12%	4	3%	0	0%	15	12%
2015	58	50%	0	0%	1	1%	23	20%	13	11%	4	3%	0	0%	18	15%
2019	58	50%	1	1%	3	3%	19	17%	12	10%	5	4%	0	0%	17	15%
2020	58	52%	0	0%	3	3%	17	15%	12	11%	5	5%	0	0%	16	14%
2021	56	51%	0	0%	3	3%	17	15%	13	12%	5	5%	0	0%	16	15%

Uit de Emissieregistratie blijkt dat tussen de jaren 1990 en 2000 de ammoniakemissie met name uit de melkvee-, varkens- en pluimveehouderij met circa 65% is afgenomen (RIVM/Emissieregistratie, 2023). Dit is voornamelijk het gevolg van het injecteren van mest in de grond, minder kunstmestgebruik, een kleinere veestapel en emissiearme stalsystemen. De ammoniakemissie uit de paardenhouderij is vanaf 1990 redelijk constant, namelijk 5 kton NH_3 per jaar (Tabel 1). Het aantal paarden waarop de emissies in Tabel 1 zijn gebaseerd is bepaald aan de hand van de Landbouwtelling, aangevuld met een bijtelling voor de particulier gehouden paarden. Dit was 370.000 in 1990, groeide naar 433.000 in 2010 om vervolgens weer af te nemen tot 417.000 in 2021 (Bruggen et al., 2022). Vervolgens is het aantal paarden vermenigvuldigd met een emissiefactor om tot de totale emissies uit de paardenhouderij te komen.

Doordat de totale ammoniakemissie uit de veehouderij daalt, maar de ammoniakemissie uit de paardenhouderij gelijk blijft, stijgt het aandeel van de paardenhouderij ten opzichte van de totale veehouderij. In 1990 was het aandeel ammoniakemissie uit de paardenhouderij 1% ten opzichte van de totale ammoniakemissie uit de veehouderij en in 2021 is dit gestegen tot circa 5%.

Er is weinig bekend over de bronnen van de emissies uit de paardensector. Leenstra & Vellinga (2011) geven aan dat de stromest een bron van ammoniakemissie kan zijn in de paardenhouderij. Daarnaast geven zij een schatting dat 10% van de aanwezige stikstof verliezen zal plaatsvinden in de vorm van lachgas (N₂O), wat een sterk broeikasgas is (Leenstra & Vellinga, 2011). Verder zijn er in 1998 voor emissiemetingen uitgevoerd in een paardenstal, wat resulteerde in een ammoniakemissie van 4,9 kg NH₃ per dierplaats (Bruin & Groenestein, 1998) en deze emissiefactor is opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) (zie verdere toelichting in paragraaf 2.2).

Er zijn 6.600 hippische bedrijven in Nederland (Hippische Monitor, 2017) en de paardensector kenmerkt zich door zijn diversiteit. Zo zijn er veel verschillende type bedrijven met vaak verschillende functies (Häggblom et al., 2012). Daarnaast komen ook gemengde bedrijven voor, bijvoorbeeld een pensionstal gecombineerd met manege, of een handelsstal gecombineerd met het trainen van sportpaarden. Dit resulteert in een verscheidenheid aan huisvestingsvormen, die per bedrijf kunnen verschillen. Deze diversiteit kan het bemoeilijken om daadwerkelijk de emissies uit de paardenhouderij goed in beeld te brengen en maakt het lastig om met één emissiefactor de emissies van de gehele sector te kwantificeren. Echter is er wel behoefte om meer te weten over de bronnen van emissies uit de paardensector.

Om een eerste indruk van de bronnen van ammoniakemissie uit de paardenhouderij te kunnen genereren is gekozen voor een oriënterende aanpak. Emissies van broeikasgassen, fijnstof en geur zijn in dit onderzoek niet specifiek onderzocht, maar zijn wel vermeld wanneer dit ter sprake kwam. Dit onderzoek betreft kennis van experts en een literatuurstudie gericht op de Nederlandse paardenhouderij. Hierbij wordt ook inzicht gegeven hoe de emissiefactor zoals opgenomen in Rav voor paarden is bepaald. In dit onderzoek zijn geen emissies gemeten. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de provincie Zuid-Holland.

1.1 Doel

Het doel van dit onderzoek is om te inventariseren wat de mogelijke bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij zijn. Daarnaast welke potentiële maatregelen voor reductie van ammoniakemissie mogelijk zijn aan de hand van de vooraf vastgestelde stereotyperende bedrijven.

Om deze studie uit te voeren wordt er op voorhand van uitgegaan dat een bezoek aan drie bedrijven noodzakelijk is om een beeld te krijgen van wat gangbaar is in de paardenhouderij in Zuid-Holland. Daarbij zijn opfokbedrijven van jonge dieren niet meegenomen. Ook zijn de effecten op de natuur door ruitieren, mennen of natuurlijk begrazen uitgesloten.

2 Achtergrond

2.1 Ammoniak

Stikstof bevattende voedingscomponenten (voornamelijk in de vorm van eiwitten) worden gedeeltelijk verteerd in het maag-darmstelsel. De verteerde eiwitten worden gebruikt voor lichaamsonderhoud en eventuele productie van dierlijke producten (melk, eieren, vlees). De niet benutte verteerde eiwitten worden voornamelijk uitgescheiden via de urine, in de vorm van ureum. De onverteerde eiwitten worden via de feces uitgescheiden. Het overige deel van de niet benutte stikstof wordt samen met de onverteerde eiwitten uitgescheiden via de feces. Bij paarden is aangetoond dat, afhankelijk van de samenstelling en het eiwitgehalte van het rantsoen, meer dan 80% van de stikstof uit het rantsoen wordt uitgescheiden (Martin et al., 1996; Ragnarsson & Lindberg, 2010). Ook bij rundvee en varkens is bekend dat het merendeel van de stikstof uit de verteerde eiwitten (> 70%) niet wordt benut en dit wordt uitgescheiden als ureum via urine (Tamminga, 1992; Aarnink et al., 1995).

Ureum in de urine wordt omgezet in ammoniak (NH_3), waarbij het enzym urease fungeert als katalysator (vergelijking 1). Urease komt voor in feces en daardoor ook op stalvloeren en andere met mest bevulde oppervlakken. De omzetting van ureum naar ammoniak duurt meestal maar enkele uren (Olesen & Sommer, 1993; Béline et al., 1998). Het gevormde ammoniak vormt in de mest een evenwicht met ammonium (NH_4) (vergelijking 2). Ammonium is niet vluchtig, maar ammoniak wel. Op de plek waar mest in contact staat met de lucht, kan ammoniak overgaan naar gasvormige toestand en vervluchtigen. Het evenwicht tussen ammonium en ammoniak wordt beïnvloed door de pH en de temperatuur van de mest. Bij een constante temperatuur, leidt een lagere pH tot verschuiving van het evenwicht in de richting van ammonium en daarbij wordt ammoniakvervluchtiging vermindert (Sommer et al., 2006). Hetzelfde geldt bij een constante pH en een lagere temperatuur (Montes et al., 2009). De omzetting van ureum in ammoniak zorgt verreweg voor het grootste deel van de ammoniakemissie uit mest. Daarnaast wordt een kleine hoeveelheid ammoniak geproduceerd door omzetting van organisch gebonden stikstof in de feces (circa 10% van organische N).



2.2 Emissiefactor bij paarden

De regulering van ammoniakemissie uit stallen in de veehouderij is gebaseerd op de landelijke Wet ammoniak en veehouderij en de hieraan verbonden Regeling ammoniak en veehouderij (Rav). Bovendien hebben veehouderijbedrijven in de buurt van Natura-2000 gebieden een vergunning volgens de Wet natuurbescherming nodig, welke door de provincies worden verleend. In beide regelingen wordt gebruikt gemaakt van emissiefactoren voor huisvestingssystemen die in de Rav zijn vastgesteld of een bijzondere emissiefactor gebaseerd op de proefstalregeling. Deze emissiefactoren worden in de Rav uitgedrukt als de hoeveelheid uitgestoten NH_3 (kg) per dierplaats per jaar. De emissie per stal wordt vervolgens berekend aan de hand van de emissiefactor van het stalsysteem en het aantal dierplaatsen in de stal.

Momenteel zijn er voor stalsystemen in de paardenhouderij in de Rav geen specifieke emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijnstof vastgesteld. In Hoofdcategorie K is voor volwassen paarden, paarden in opfok (jonger dan 3 jaar), volwassen pony's (stokmaat tot 156 cm) en pony's in opfok (jonger dan 3 jaar) alleen een emissiefactor voor ammoniak voor 'overige huisvestingssystemen' opgenomen. Deze emissiefactor is in 1998 verlaagd naar 5 kg NH_3 naar aanleiding van emissiemetingen aan traditionele paardenstallen met boxen en stro (Bruin & Groenestein, 1998). Inmiddels zijn in de paardenhouderij verschillende stalsystemen ontwikkeld en in gebruik genomen (Neijenhuis et al., 2012), maar emissies uit deze stalsystemen zijn niet gemeten.

De emissiemetingen door Bruin & Groenestein (1998) zijn uitgevoerd in een kunstmatig geventileerde stal met 6 KWPN rijpaarden (merries). De paarden waren gehuisvest in boxen van 2,70 bij 3,20 meter (8,6 m² per paard). De bodem van de boxen was een klinkervloer, waardoor geringe hoeveelheid stikstof naar de grond kon uitspoelen (het effect op ammoniakemissie was echter nihil). De boxen werden één keer per week uitgemest en dagelijks werd vers tarwestro ingestrooid. De paarden waren 4 tot 16 jaar oud en hadden een gemiddeld gewicht van 585 kg. Het rantsoen had een voor die tijd gebruikelijk eiwitniveau van 803 – 922 gram ruw eiwit (150% van de eiwitnorm) en bestond uit hooi met krachtvoer. Het voer werd twee keer per dag verstrekt en daarnaast hadden de paarden onbeperkt water beschikbaar (circa 47 liter per paard per dag). Gedurende 6 dagen per week waren de paarden ongeveer 2,5 uur per dag buiten de stal in een paddock of werd er met de paarden getraind. Het ventilatiedebiet was 0,61 m³ per kg lichaamsgewicht per uur. Van juli tot en met februari is elke 3 minuten de ammoniakconcentratie van binnenkomende en uitgaande lucht, het ventilatiedebiet, de relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur gemeten en per uur zijn de waarden gemiddeld.

Uit de metingen van Bruin & Groenestein (1998) is gebleken dat bij jaarronde stalling in traditionele boxen 9,3 kg NH₃ per dierplaats per jaar wordt uitgestoten en bij 6 maanden begrazing zou dit 4,6 kg zijn. Gemiddeld wordt 4,9 kg NH₃ per dierplaats per jaar uitgestoten en hier is de emissiefactor in de Rav op gebaseerd. Aan de hand van deze emissiefactoren zijn ook de emissiefactoren voor pony's bepaald. Dit betekent dat alle paarden en pony's, onafhankelijk van het stalsysteem waarin zij gehuisvest zijn, dezelfde emissiefactor toegerekend krijgen.

Om een emissiefactor van een nieuw huisvestingssysteem te kunnen meten, moeten eerst minimaal vier praktijkstallen met dit systeem beschikbaar zijn. Hiervoor kent de Rav een proefstalregeling. De vier veehouders vragen een bijzondere emissiefactor aan bij de Staatssecretaris van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om het nieuwe stalsysteem aan te kunnen leggen. De Technische Advies Pool (TAP) van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) beoordeelt het emissie reducerend perspectief van het nieuwe stalsysteem en bij voldoende perspectief wordt een bijzondere emissiefactor bepaald op basis van modelberekeningen en/of expertinschattingen. Bij bepaling van deze bijzondere emissiefactor wordt een veiligheidsmarge aangehouden om de ammoniakreductie niet te laag in te schatten. Tijdens de metingen op de vier praktijkstallen kan in aanvulling op de bijzondere emissiefactor een voorlopige emissiefactor opgenomen worden in de Rav voor maximaal drie jaar. Hierbij wordt een veiligheidsmarge van 15% aangehouden, omdat de variatiecoëfficiënt van een emissiefactor gebaseerd op vier bedrijven al gauw 15% of meer bedraagt (Ogink et al., 2014, Mosquera et al., 2021). Andere veehouders mogen met deze voorlopige emissiefactor ook het nieuwe stalsysteem aanleggen. Wanneer de metingen zijn afgerond, worden de meetrapporten beoordeeld door de TAP op juistheid van uitvoering. Na goedkeuring van de resultaten wordt een advies voor een definitieve emissiefactor en bijbehorende stalbeschrijving gegeven. De staatssecretaris stelt vervolgens de definitieve emissiefactor en bijbehorende stalbeschrijving vast en deze wordt opgenomen in de Rav.

3 Materiaal en methode

Voor dit onderzoek zijn een aantal verschillende stappen ondernomen. Eerst is een literatuuronderzoek uitgevoerd over huisvestingsvormen bij paarden. Aan de hand van de resultaten van het literatuuronderzoek is bepaald welk type huisvestingsstelsel het meest gangbaar is in de huidige paardenhouderij. Vervolgens zijn bedrijfsbezoeken uitgevoerd om een indruk te krijgen van de geselecteerde bedrijven en een vragenlijst af te nemen over onder andere bedrijfsvoering en mestmanagement. De bevindingen hiervan zijn vervolgens voorgelegd aan twee experts. Met deze experts zijn onder andere mitigatiemogelijkheden besproken. Ter onderbouwing is verdere literatuur over de besproken onderwerpen gezocht. Daarnaast zijn de besproken onderwerpen ook beschouwd in de discussie (Hoofdstuk 5). Als hieronder wordt gesproken over paarden dan worden daarmee paarden en pony's bedoeld, tenzij anders vermeld.

3.1 Literatuuronderzoek huisvestingsvormen paarden

Om mede te kunnen bepalen wat de meest gangbare type huisvesting is bij paarden is eerst een literatuuronderzoek uitgevoerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van Google Scholar. Verschillende zoektermen zijn gebruikt, waaronder: "huisvesting paard"; "stallen paard"; "paardenhouderij en huisvesting" etc. De focus lag op gangbare huisvesting, dus innovatieve systemen of systemen waar weinig tot geen informatie over te vinden was, zijn buiten beschouwing gelaten. Daarnaast zijn huisvestingsvormen die niet meer zijn toegestaan, zoals stands, ook niet behandeld.

3.2 Selectie bedrijven

Voorafgaand aan de selectie van de bedrijven zijn de bevindingen van het literatuuronderzoek naar huisvestingsvormen voorgelegd en besproken met een vertegenwoordiger van de sector. In samenspraak met deze vertegenwoordiger en de opdrachtgever zijn criteria opgesteld voor de selectie van drie bedrijven voor bedrijfsbezoek. De selectie criteria waren als volgt: bedrijven zijn aangesloten bij de Federatie van Nederlandse Ruitersportcentra (FNRS) en bedrijven zijn verschillend gesitueerd. Hieruit volgde één bedrijf nabij het platteland, één bedrijf nabij de stad en één bedrijf dichtbij een natuurgebied. De sectorvertegenwoordiger heeft drie bedrijven die voldoen aan de selectiecriteria benaderd, waarna telefonische afspraken zijn gemaakt met de eigenaren van de bedrijven. Van te voren is de vragenlijst met de deelnemers gedeeld.

3.3 Bedrijfsbezoeken

De bedrijfsbezoeken zijn uitgevoerd door de twee auteurs van dit rapport in maart 2023. Tijdens de bezoeken werden de onderzoekers rondgeleid over het bedrijf en is er een vragenlijst afgenomen (Bijlage 1). De vragenlijst ging over de bedrijfsvoering, aantal paarden, stalling, weidegang, voeding en mestmanagement. Aan de hand van de verzamelde gegevens zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd om een inschatting te maken van voer en stro verbruik (zie Bijlage 2 en 3).

3.4 Gesprekken experts

De bevindingen die opgehaald/opgedaan zijn tijdens de bedrijfsbezoeken zijn vervolgens voorgelegd aan twee experts van Wageningen Livestock Research (WLR), één met expertise in mest en mestverwaarding en één met expertise in ammoniakemissies. De gesprekken hebben apart plaatsgevonden, dus per expert. Tijdens de gesprekken werd eerst het onderzoek toegelicht en vervolgens werden de bedrijven en bevindingen besproken. Daarnaast werden mitigatiemogelijkheden besproken en mogelijke aanbevelingen.

4 Resultaten

4.1 Huisvestingsvormen bij paarden

In de paardenhouderij worden verschillende type huisvesting voor paarden oftewel huisvestingsvormen gebruikt. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen individuele- en groepshuisvesting (Neijenhuis et al., 2012; Vereniging eigen paard, z.d.). Naast het onderscheid in huisvestingsvormen, zijn er ook verschillen in bedrijfsvormen. De welzijnsmonitor Paardenhouderij maakt onderscheid tussen de volgende type bedrijven: particulier/privé stal, manege, pension stal, africhtings-sport-/handelsstal, stoeterij/opfokbedrijf/merriehouderij/melkerij, combinatie manege en pension en combinatie pension stal en africhting-/sport-/handelsstal (Livestock Research, 2012). Van de naar schatting 6.600 hippische bedrijven in Nederland is het grootste deel daarvan pensionstal (30%), gevolgd door opfokstallen (23%) en vervolgens maneges (15%). De overige 32% is te verdelen over de andere bedrijfsvormen die hierboven benoemd zijn (Hippische Monitor, 2017).

Een vorm van individuele huisvesting is een zo genoemde paardenbox of box, waar het dier alleen in staat. De box bestaat uit vier wanden en beslaat een oppervlak van meestal rond de 3 bij 3 meter. De boxen zijn vaak in rijen opgesteld (soms in rijen tegenover elkaar) en kunnen zowel binnen als buiten staan. Wanneer de boxen binnen staan is dit vaak in een stal of hal, waarin soms ook de rijbaan is gesitueerd (Vereniging Eigen Paard, z.d.). Verder hebben de meeste boxen tegenwoordig openingen in de tussenwanden, al dan niet afgescheiden door middel van tralies, om enig contact tussen de paarden mogelijk te maken. De voorkant van de box is ook uitgevoerd met tralies en kan een opening bevatten waardoor het paard buiten de box kan kijken. Dit is vanuit welzijnsoogpunt wenselijk (Vereniging Eigen Paard, z.d.). Daarnaast komen paardenboxen ook in andere varianten voor, zoals ingebouwd in een zeecontainer met plat dak of met vrije uitloop naar buiten. Paardenboxen in een zeecontainer met plat dak hebben echter een minder goede luchtstroom en dit is niet bevorderlijk voor de ventilatie (Neijenhuis et al., 2012). De boxen met uitloop hebben in de box een doorgang naar een (zand)paddock aan de stal. Deze is dan ook enkel toegankelijk voor het individuele paard dat in de box staat. De breedte van de paddock is meestal hetzelfde als die van de box. De lengte kan verschillen per bedrijf/situatie. De toegang tot de uitloop is afhankelijk van het management van het bedrijf, dit kan variëren van de gehele dag tot een dagdeel (Neijenhuis et al., 2012).

Bij groepshuisvesting bestaat meer variatie en de verschillende vormen zijn: loopstallen/groepstallen; HIT actiefstal en paddockparadijs (Neijenhuis et al., 2012). Loop- en groepstallen zijn veel voorkomend in de paardenopfok en deze huisvestingsvormen kunnen ook, zoals eerder beschreven bij individuele huisvesting, voorkomen met een uitloop (Vereniging Eigen Paard, n.d.). Deze stallen worden vaak minder frequent uitgemest dan bij individuele huisvesting en door het dagelijks op-strooien ontstaat een dikkere strooisellaag met mest (Neijenhuis et al., 2012).

De HIT actiefstal is een combinatie van een binnen en buiten verblijf, waarbij verschillende functionele plekken (zoals rust-, eet-, en drinkplekken) aanwezig zijn om in de behoefte van het dier te voorzien (Vereniging Eigen Paard, Z.D.; Aktivstall, 2023). De binnenruimte is vaak voorzien van zand of een ingestrooide bodem en de ruimte biedt schuilmogelijkheid voor weersomstandigheden en een rustplaats. Het paddockparadijs is een vorm van groepshuisvesting die enkel buiten is gesitueerd. Het is een systeem waarbij verschillende paden zijn aangelegd rondom percelen of weides, waarbij beweging en sociaal contact wordt gestimuleerd. Langs het pad zijn verschillende schuil-, eet- en drinkplekken aanwezig. In de praktijk kan een paddockparadijs ook worden gecombineerd met individuele boxen, waar de paarden een paar uur per dag in staan en onder andere krachvoer krijgen. De weides die tussen de paden liggen kunnen afwisselend worden gebruikt (Neijenhuis et al., 2012).

Op basis van de selectiecriteria, zoals beschreven in Hoofdstuk 2, is gekozen om voor dit onderzoek de focus te leggen op individuele huisvesting zonder uitloop naar een paddock. Dit lijkt doorgaans de meest voorkomende huisvestingsvorm in de paardenhouderij in Zuid-Holland.

Individuele huisvesting komt vaak voor op manegebedrijven en mestmanagement is vaak constanter doordat er door personeel wordt uitgemest. Daarom is uitgegaan van manege als stereotyperende bedrijfsvorm, eventueel gecombineerd met een andere bedrijfsvorm.

4.2 Bevindingen bedrijfsbezoeken

Drie bedrijven in de provincie Zuid-Holland zijn bezocht voor het afnemen van de vragenlijst en om een indruk te krijgen van de bedrijven. De drie bedrijven verschillen onder andere in grootte en locatie (zie Tabel 2). De oppervlakte van de bedrijven ligt tussen 0,3 en 7,5 ha en het aantal paarden ligt tussen de 50 en 91. De bedrijven liggen op drie verschillende locaties, namelijk een bedrijf in de buurt van de stad (hierna te noemen bedrijf A), een bedrijf dicht bij de kust (bedrijf B) en een bedrijf op het platteland (Bedrijf C). Daarnaast zijn twee van de drie bedrijven gesitueerd in de buurt van Natura 2000-gebieden (op een paar honderd meter afstand) en één bedrijf op een grotere afstand van een Natura 2000-gebied (circa 2 km). De provincie Zuid-Holland telt in totaal 21 Natura 2000-gebieden (Natura 2000, n.d.). Een overzicht van de bedrijfskenmerken is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 *Overzicht bedrijfskenmerken van de bezochte bedrijven.*

	Eenheid	Bedrijf A	Bedrijf B	Bedrijf C
Oppervlakte (incl. bebouwing)	Hectare	0,3	0,9	7,5
Leeftijd gebouwen	Jaartal	1997	1974	1975
Jaartal laatste aanpassing	Jaartal	Renovatie: 2010	Renovatie: 2002 Aanbouw: 2003	Aanbouw: 1994, 1996, 1998, 2000
Oppervlakte weide	Hectare	n.v.t	n.v.t	5
Aantal paarden	aantal	52	55	91
Afmetingen boxen	m x m	3 x 3	2,7 x 3 en 3 x 3	3 x 3
Type boxen	-	Open voorkant en tussenwanden	Tralies voorkant en tussenwanden	Tralies voorkant en dichte tussenwanden
Tijd in box	Uren/dag	20	20	Zomer: 9 uur Winter: 17 uur
Mestopslag	-	Open sleufsilo met afvoerput	Open mestput	Open sleufsilo met gecoat asfalt
Frequentie uitmesten	Aantal keer/week	1	2	1
Opslagduur mest in mestopslag	Dagen	1	0,5 - 4	0,5
Type strooisel	-	Stro	Stro	Stro
Stro verbruik bedrijf	Ton/jaar	13	15	100
Rantsoen	-	Kuilgras + basisbrok	Kuilgras + basisbrok	Hooi + sportbrok

Alle drie de bedrijven zijn een combinatie van manege en pensionstalling. Bedrijven A en C hebben als kernactiviteit manege en bedrijf B heeft als kernactiviteit pensionstalling. De faciliteiten op de bedrijven variëren, maar alle bedrijven hebben tenminste één rijbaan, kantine, individuele paardenboxen en een mestopslag.

De box afmetingen variëren, maar zijn gemiddeld 3 bij 3 meter op alle drie de bedrijven. Qua inrichting zit er wel wat verschil tussen de bedrijven.

Bedrijf A heeft deels open tussenschotten, bedrijf B heeft tralies tussen de boxen en bij bedrijf C zijn de tussenschotten dicht. De voorkant van de boxen bij bedrijf A hebben een buitenluik wat open staat en bedrijf B en C hebben tralies in de voorkant van de box.

Een van de bedrijven betreft een oude varkensstal, die is omgebouwd naar paardenstallen. Alle boxen van bedrijf A en een aantal boxen bij bedrijf B staan buiten onder een schuin dak, terwijl de rest van de boxen op bedrijf B en de boxen op bedrijf C binnen in een schuur/hal staan. De stallen van alle drie de bedrijven zijn gedateerd, maar wel tussentijds gerenoveerd.

Daarnaast is de ondergrond van de stallen overal van beton en wordt er stro in de boxen gebruikt. Geen van de bedrijven had een mechanisch ventilatiesysteem. De stallen waren dus allemaal natuurlijk geventileerd.

Paddock- en weidegang verschilde het meest tussen de bedrijven, waarschijnlijk veroorzaakt door het verschil in bedrijfsgrootte en locatie. Bedrijven A en B beschikken enkel over zandpaddocks, waar de paarden gemiddeld 1 tot 2 uur per dag in staan. Een van deze bedrijven huurt in de zomerperiode voor drie maanden een stuk weiland in de buurt, waar ongeveer één derde van de paarden gedurende die periode 24 uur per dag in staan. Het grootste bedrijf (C) biedt het meeste aantal uren weidegang en heeft hier ook de meeste ruimte voor. In de winter staan de paarden gemiddeld 4 uur per dag in een paddock en in de zomer maanden staan ze ongeveer 12 uur per dag op de wei. De mest in de wei wordt enkele keren per seizoen gesleept om te verspreiden. In het voorjaar wordt met rundveemest bemest en in het najaar nog eens met kunstmest. Daarnaast wordt onkruid bespoten. Op alle drie de bedrijven lopen de manegepaarden gemiddeld 2 tot 3 uur per dag mee in de lessen. Bedrijf A en B verzorgt naast lessen op de manege ook buitenritten. De locatie van bedrijf C biedt minder mogelijkheden voor buitenritten en deze vinden daarom bijna nooit plaats. Paarden op bedrijf A en B staan gemiddeld 20 uur per dag op stal (in de box), met als uitzondering de paarden van bedrijf B die in de zomer in de wei staan. Bij bedrijf C staan de manegepaarden gemiddeld 18 uur op stal tijdens de winterperiode en gemiddeld 10 uur per dag in de zomer. De pensionpaarden van dit bedrijf staan doorgaans wat meer uren op stal.

Bij de bedrijven A en C wordt één keer per week uitgemest. Dit houdt in dat alles uit de boxen (stro en mest) wordt verwijderd en vervolgens opgeslagen in een open mestopslag. Bij bedrijf B wordt twee keer per week uitgemest en dit wordt vervolgens opgeslagen in een open mestput. Bij alle drie de bedrijven worden alle stallen, zowel van de manege als de pensionstallen, uitgemest door een vast aantal personen. Het totale strogebruik varieert per bedrijf: 13 ton op bedrijf A, 15 ton op bedrijf B en 100 ton op bedrijf C, wat neerkomt op respectievelijk 58, 63 en 21 kg stro per paard. Bedrijf B was het enige bedrijf dat tussentijds op-strooit. Bij alle drie de bedrijven wordt de mest wekelijks opgehaald en afgevoerd om Champost van te maken voor de champignonteelt. Op bedrijf A wordt de mest één dag na het uitmesten opgehaald, op bedrijf B wordt het opgehaald op één van de uitmestdagen en op bedrijf C wordt het op dezelfde dag opgehaald. De uitvoering van de mestopslag varieert ook per bedrijf. Op bedrijf A heeft de mestopslag betonnen wanden en is de ondergrond ook van beton, echter is hier na controle van de Omgevingsdienst een afvoer aangebracht die is aangesloten op de riolering. Bij bedrijf B is de mestput gemaakt van stenen wanden met een betonnen ondergrond, al is deze wel verouderd en zijn voornamelijk in de wanden lekken en scheuren zichtbaar. De ondergrond van de mestopslag op bedrijf C is van asfalt, welke na controle van de Omgevingsdienst behandeld is met Epoxy om het vloeistofdicht te maken. De mestopslagen op de drie bedrijven zijn allemaal open, dus niet afgedekt.

Het gevoerde rantsoen wordt op geen van de bedrijven exact bijgehouden. Op basis van een inschatting van de geïnterviewden krijgen de paarden gemiddeld 10 tot 21 kg paardenkuil of (voordroog) hooi per paard per dag. Ook de krachtvoergift wordt niet exact bijgehouden. De geïnterviewden geven aan dat dit verschilt tussen de paarden van 0,5 tot 4 kg per dag. Geen van de bedrijven kon aangeven wat het eiwitgehalte van het voer was of was bekend met voeranalyses. Op alle drie de bedrijven wordt gevoerd op het oog en op gevoel en worden alle paarden door dezelfde personen gevoerd.

Op de vraag of eigenaren wensen hebben voor verbeteringen of herinrichting van het bedrijf werden vooral wensen met betrekking tot het verbeteren van dierenwelzijn genoemd, zoals grotere boxen of het realiseren van een uitloop. Geen van de geïnterviewde is bewust bezig met het bedrijf toekomstbestendig maken met betrekking tot milieu en emissies. Allen gaven aan dit wel te willen doen, maar alleen als het verplicht wordt. Ondanks dat zijn er wel zorgen over de toekomst van bedrijven met betrekking tot milieu voorschriften, maar zijn ze er geen van alle actief mee bezig.

4.3 Uitkomsten gesprekken experts

4.3.1 Bronnen ammoniakemissies

Beide experts verwachten dat de meeste emissies zullen plaatsvinden in de stal, omdat de meeste ammoniakemissies uit de urine komt en de paarden zich veruit het grootste deel van de tijd in de stal bevinden. Ook gaven beide experts de voor- en nadelen van stro in de boxen aan. Aan de ene kant neemt stro vocht op en kan de urine door het stro zakken. Hierdoor wordt de urine afgedekt, waardoor minder emissies kunnen ontsnappen. Aan de andere kant, als er te weinig stro aanwezig is en dit snel verzadigd is met urine, kan het stro juist zorgen voor een vergroot emitterend oppervlak. Hierdoor kan juist meer ammoniak emitteren. Een van de experts verwacht dat in één week het stro zo nat wordt dat het emitterende oppervlakte juist wordt vergroot. De andere expert benadrukt ook dat het belangrijk is dat vooral de bovenlaag van het stro droog blijft.

Beide experts verwachten, naast emissies uit de stal, ook emissies uit de mesthoop. Het stro zorgt voor zuurstof in de mesthoop en de mest wordt relatief snel opgehaald, waardoor eventuele methaanemissies uit de opslag nihil zullen zijn. Wel ontstaat er een kans op lachgas en koolstofdioxide emissies door compostering. Lachgas is een sterk broeikasgas, waardoor emissie van een kleine hoeveelheid lachgas al een groot effect op het milieu heeft. Toch verwachten beide experts relatief weinig (ammoniak)emissies uit de mesthoop, omdat het emitterend oppervlak in de mesthoop relatief klein is en het stro wederom de hoop kan afdekken. Het is echter wel van belang dat er dan geen broei ontstaat in de mesthoop, want dan ontstaat er wel emissies.

Daarnaast verwacht één expert ook emissies in de paddocks. Aangezien de zandbodem in de paddocks waarschijnlijk is bevuild met urease bacteriën, zal er ammoniakemissie plaatsvinden wanneer urine op het zand valt. Anderzijds zakt de urine snel door het zand, dus zullen de totale emissies uit de paddocks meevallen. Wel kan het wegzakken van urine leiden tot nitraatuitspoeling naar de omgeving.

4.3.2 Mestmanagement

Een van de experts verwacht dat één keer in de week uitmesten voldoende is, zolang de bovenlaag van het stro droog blijft. De andere expert geeft aan te verwachten dat het stro na één week volledig verzadigd en nat is en dat juist dagelijks verwijderen van de mest (dagontmesting) nodig is om de ammoniakemissie terug te dringen.

Beide experts verwachten relatief weinig emissies uit de mestopslag buiten, waardoor zij vinden dat de mestopslagen op de bedrijven voldoen. Doorgaans hoeven paardenmestopslagen niet worden afgedekt, mits ze op 50 tot 100 meter afstand staan van bijvoorbeeld de bebouwde kom (Infomil, z.d.). Een afvoerput (zoals aanwezig bij bedrijf A) kan er mogelijk voor zorgen dat de mesthoop droger blijft, waardoor het stro zijn afdekkende werking behoudt. Aan de andere kant leert de ervaring dat vocht vaak onder in het stro blijft zitten en minder makkelijk uit het stro komt. Als dit het geval is, dan zal er ook niet veel vocht via de afvoerput weglopen, maar zal onderin de mesthoop blijven zitten. Eventuele lekken in de mestopslag kunnen mogelijk leiden tot nitraatuitspoeling, maar in de praktijk raken deze lekken snel verstopt, waardoor het risico op nitraatuitspoeling uit deze mestopslagen klein is.

4.3.3 Ideeën/mogelijkheden/optimalisatie

Er zijn grofweg vier principes om ammoniakemissies in de stal te verminderen (Mosquera et al., 2017): concentratieverlaging, ureumafbraak reduceren, evenwicht tussen NH_3 en NH_4 veranderen (zie ook vergelijking 2), vervluchtiging van NH_3 beperken (Mosquera et al., 2017). Concentratieverlaging door verdunning met water en verandering van het evenwicht tussen NH_3 en NH_4 door het verlagen van de pH (aanzuren) wordt vaak toegepast op drijfmest (mengsel van mest en urine, zonder stro). Deze maatregelen zijn echter lastig toe te passen op vaste (stro)mest.

Lagere temperaturen verminderen ammoniakvorming en -emissie (Andersson, 1998; Wu et al., 2019), dus ammoniakemissies kunnen worden vertraagd wanneer de stal en de mestopslag worden gekoeld. Daarnaast kan de afbraak van ureum worden gereduceerd door de mest en urine zo frequent mogelijk uit de stal te verwijderen en vervolgens af te dekken.

In het geval van nat stro leidt dit ook tot vermindering van het emitterende oppervlak, omdat de mesthoop van zichzelf een kleiner emitterend oppervlak heeft vergeleken met het oppervlak in alle losse boxen. Ook kan het emitterend oppervlak waarschijnlijk worden verkleind door voldoende droog stro in de paardenboxen. Een andere mogelijkheid om ammoniakemissies te verlagen is door een rantsoen met minder eiwitten aan de paarden te voeren (Weir et al., 2017).

Beide experts geven aan dat het afdekken van de mestopslag altijd helpt om emissies tegen te gaan. Hoeveel ammoniakemissie hiermee kan worden voorkomen verschilt tussen de verschillende manieren en materialen om een mestopslag mee af te deken (Kupper et al., 2020). Wel kunnen deze emissies alsnog vrijkomen bij het open maken van de opslag wanneer de mest wordt opgehaald. Een oplossing hiervoor kan zijn om de mest op te slaan in een gesloten container. Deze container blijft vervolgens gesloten tijdens het ophalen en wordt daarna vervangen door een lege container.

De praktijk laat zien dat sommige paarden mesten in één hoek van de stal, waardoor paarden tot op zeker hoogte zindelijk lijken te zijn. In de literatuur is echter niet bekend of paarden op zindelijkheid getraind kunnen worden. Wanneer paarden wel getraind zouden kunnen worden om op bepaalde plekken te mesten, dan biedt, bijvoorbeeld, een "paardentoilet" mogelijkheden om mest en urine snel af te voeren uit de stal. Een zelfde concept wordt ook in de varkenshouderij uitgewerkt (van Weeghel & van Eijk, 2011; WUR, 2020). Daarnaast kan het in de stal effectief zijn om een drainage systeem aan te leggen, bijvoorbeeld met behulp van matten, om zo urine snel af te voeren en vervolgens afgedekt op te slaan. Deze matten, ook wel drainagematten genoemd, bestaan uit rubber dat vocht doorlatend is, en aan de onderkant van de matten zitten noppen, zodat de urine weg kan lopen. Een andere mogelijkheid is om het stro te vervangen door zand, zodat urine makkelijk en snel weg kan stromen. Dit principe wordt ook in de melkveehouderij gebruikt (Hanskamp, n.d.). Ook bestaat in de varkenshouderij een concept waarbij de dieren het stro zelf naar de achterkant van de stal lopen, waardoor het dagelijks afgevoerd kan worden via een mestkanaal (Houwers et al., 2014). Dit principe zou ook in de paardenhouderij toegepast kunnen worden.

Parvage et al. (2015) hebben met berekeningen laten zien dat paardenpaddocks substantieel bijdragen aan uitspoeling van stikstof en fosfaat (voornamelijk op zandgrond), maar zij concluderen ook dat meer onderzoek nodig is om te bepalen hoe groot de impact van paddocks is vergeleken met de totale verliezen vanuit de landbouw zijn. Beide experts verwachten weinig mogelijkheden om de emissies uit de paddocks te verminderen. Een drainage systeem kan tot snelle afvoer (en opvang) van urine zorgen. Het is echter wel de vraag hoeveel stikstof je hiermee opvangt en of dit niet vooral regenwater is. Daarnaast moeten de kosten voor het drainagesysteem ook opwegen tegen de emissiereductie die behaald kan worden.

5 Discussie

In dit onderzoek is aan de hand van drie bedrijfsbezoeken en twee interviews met experts in kaart gebracht wat de mogelijke bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij zijn en hoe dit eventueel vermeden of vermindert kan worden. In dit hoofdstuk worden de bevindingen beschouwd en in bredere context geplaatst.

5.1 Representatie paardensector

Aan de hand van het literatuuronderzoek naar verschillende huisvestingsvormen (Hoofdstuk 4.1) en in overleg met een vertegenwoordiger van de sector is besloten om te focussen op bedrijven met paardenboxen, omdat dit huisvestingssysteem het meest voorkomend lijkt in de paardenhouderij. De drie bedrijven zijn geselecteerd om zo een algemeen beeld van de paardenhouderij te krijgen. Daarom is gekozen voor drie bedrijven op verschillende locaties en met een verschillende omvang, maar wel alle van het type manegebedrijven. Tijdens de bedrijfsbezoeken is gebleken dat de bedrijven erg van elkaar verschillen qua inrichting, uiterlijk en bedrijfsvoering. Mede hierdoor is het bezoeken van slechts drie bedrijven wellicht te beperkt om de volledige diversiteit van de manegebedrijven in de paardensector te vangen en daarmee een goed representatief beeld te krijgen. Op alle drie de bedrijven werd bijvoorbeeld het uitmesten en voeren door dezelfde personeelsleden uitgevoerd, maar dit hoeft in de praktijk niet altijd gebruikelijk te zijn. Bijvoorbeeld op pensionstallen komt het vaak voor dat de eigenaren van de paarden zelf moeten uitmesten. Hierdoor zal het uitmestregime variëren, en dit kan vervolgens van invloed zijn op emissies.

5.2 Type bedrijf en huisvestingsvorm

Zoals beschreven in Hoofdstuk 4.1 zijn er verschillende type bedrijven en huisvestingsvormen in de paardenhouderij. In dit onderzoek ligt de focus op manegebedrijven met paardenboxen. Vaak heeft het type bedrijf invloed op wat voor huisvestingsvorm wordt toegepast. Daarnaast hebben de verschillen in huisvestingsvormen ook invloed op het (mest)management van een bedrijf. Het is bijvoorbeeld gebruikelijk dat in de opfok van jonge paarden minder vaak wordt uitgemest en hierdoor ontstaat een dikkere strooisellaag met mest (Neijenhuis et al., 2012). Door minder vaak uit te mesten in combinatie met het stro pakket is het mogelijk dat naast ammoniak ook methaan en lachgas worden gevormd (Pijlman et al., 2018). Bij groepshuisvesting die buiten gesitueerd is, is meer kans op nitraat uitspoeling vergeleken met binnenhuisvesting (Parvage et al., 2015). Het ontstaan en de mate van emissies zijn dus mede afhankelijk van de huisvestingsvorm en daarbij horend mestmanagement en het type strooisel dat gebruikt wordt (zie 5.5).

5.3 Emissiefactor (Rav) paarden

Vergeleken met huidige huisvesting in boxen wijkt de situatie waar Bruin & Groenestein (1998) aan gemeten hebben (zoals beschreven in Hoofdstuk 2.2) niet veel af. Tegenwoordig dienen paardenboxen een minimale oppervlakte van 10 m² te hebben voor paarden groter dan 1,56m (SRP, 2019). Dit is groter dan de boxen waarin de paarden tijdens de meting waren gehuisvest (8,6 m²). Daarnaast moet de bodem van de boxen tegenwoordig vloeistofdicht uitgevoerd zijn (Vereniging Eigen Paard, z.d.), waardoor geen uitspoeling plaats kan vinden. Bruin & Groenestein (1998) vonden wel dat er uitspoeling plaatsvond via de klinkers onder het stro, echter was het effect hiervan op de ammoniakemissie nihil. De frequentie van uitmesten en instrooien evenals de tijd dat een paard op stal staat is vergelijkbaar met de situatie op de bezochte bedrijven. De paarden zijn tijdens de emissiemetingen gevoerd op het toentertijd in de praktijk gebruikelijke niveau van 150% van de eiwitnorm.

Daarnaast is de emissiefactor voor paarden gebaseerd op één onderzoek, terwijl nieuwe systemen eerst op vier praktijkbedrijven doorgemeten moeten worden voordat een emissiefactor wordt toegekend. Dit is in de paardensector nog niet gerealiseerd. Daarnaast heeft een verschil in de emissiefactor voor paarden ook invloed op de totaal berekende emissies uit de paardenhouderij, sinds dit is berekend op basis van het aantal paarden en de emissiefactor.

5.4 Eiwitgehalte in het rantsoen

Rantsoenen met een hoger eiwitgehalte leiden tot meer stikstofuitscheiding via urine en feces. Dit is aangetoond bij vleesvarkens, zeugen, biggen, melkkoeien en vleeskoeien (respectievelijk Le Dinh et al., 2022; Aarnink et al., 2012; Misselbrook et al., 2005; Cole et al., 2005). Ook bij paarden zijn enkele onderzoeken gedaan naar het effect van verschillende eiwitgehalten in het rantsoen op de stikstofexcretie en is aangetoond dat verhoogde eiwitgehalten in het rantsoen leiden tot verhoogde stikstofexcretie in mest en urine (Williams et al., 2011). Weir et al. (2017) hebben aangetoond dat een paardenrantsoen met 40% minder ruw eiwit leidt tot 10% minder stikstof in feces en 45% minder stikstof in urine.

Het rantsoen tijdens de emissiemetingen van Bruin & Groenestein (1998) bevatte 803 – 922 gram ruw eiwit per paard per dag. Het Centraal Veevoeder Bureau (CVB) hanteert een norm van 3 gram VREp/LG^{0,75}, wat betekent dat de eiwitbehoefte van een volwassen paard van 600 kg circa 365 gram verteerbaar eiwit per dag is (CVB, 2004). Omgerekend naar ruw eiwit is dit, afhankelijk van de samenstelling van het rantsoen, gemiddeld 496 gram ruw eiwit per dag. Een paardenvoerproducent adviseert echter voor een volwassen (warmbloed) paard van 600 kg 671 gram eiwit per dag bij lichte arbeid tot 1.164 gram eiwit per dag bij zeer zware arbeid (Pavo, 2022), terwijl de eiwitbehoefte van een paard bij arbeid nauwelijks toeneemt (CVB, 2004). Tijdens de bedrijfsbezoeken bleek op basis van inschattingen van de eigenaren over de gevoerde voedingsmiddelen op bedrijfsniveau is berekend dat het rantsoen op de bezochte bedrijven circa 900 – 1.200 gram ruw eiwit per paard per dag bevat (berekening in Bijlage 3), wat hoger is dan wat is gevoerd tijdens de emissiemetingen. Hierdoor zal de ammoniakemissie met het voermanagement van deze tijd waarschijnlijk hoger uitvallen dan is gemeten in het onderzoek van Bruin & Groenestein (1998).

Ook Harper et al. (2009) en Geor & Harris (2013) geven aan dat in de paardenhouderij vaak meer gevoerd wordt dan het paard nodig heeft. Daarnaast kwam tijdens de bedrijfsbezoeken bij alle drie de bedrijven naar voren dat de paarden worden gevoerd op 'het oog' en dat er geen inzicht is in de exacte hoeveelheden die worden gevoerd en de bijbehorende voedingswaarden. In principe neemt de eiwitbehoefte van paarden die arbeid verrichten nauwelijks toe, maar soms zijn gerichte toeslagen mogelijk gewenst vanwege verhoogde voeropname en stofwisselingsactiviteit bij meer arbeid (CVB, 2004). Dit zal per paard verschillend zijn door verschillen in arbeid en individuele verschillen tussen paarden.

5.5 Invloed van strooisel en mestmanagement op emissies

Beide experts gaven de voor- en nadelen aan van het gebruik van stro in de paardenboxen in relatie tot ammoniakemissie. De mate van ammoniakemissie is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid stro die wordt gebruikt en of er tussen het uitmesten stro wordt toegevoegd. Daarnaast kan het type strooisel van invloed zijn op emissies, omdat strooisels verschillen in N-concentraties wanneer deze bevuild zijn, veroorzaakt door een verschil in absorptievermogen (Woodward et al., 2019). Stro heeft bijvoorbeeld een laag absorptievermogen (Woodward et al., 2019), en dit varieert afhankelijk van het soort stro. Zo vonden Garlipp et al. (2011) dat tarwestro bevuild met verse paardenmest een hogere NH₃-concentratie had dan roggestro. Naast stro is het ook gebruikelijk om houtkrullen of houtzaagsel te gebruiken als strooiselmateriaal in paardenboxen. Volgens de studie van Garlipp et al. (2011) had houtzaagsel een lagere NH₃-concentratie in vergelijking met stro. Dit contrasteert met de bevindingen van Fleming et al. (2009) die juist een hogere NH₃ concentratie vonden in mest met houtzaagsel dan mest met stro. Beide studies zijn echter onder verschillende omstandigheden uitgevoerd. De studie van Garlipp et al. (2011) vond onder gecontroleerde (laboratorium) omstandigheden plaats en de studie van Fleming et al. (2009) is uitgevoerd onder praktijkomstandigheden.

De drie bedrijven die bezocht zijn voor dit onderzoek mesten maximaal iedere 7 dagen uit. Het ontstaan van hoeveelheid ammoniakemissies is afhankelijk van onder andere tijd en de omstandigheden zoals temperatuur, luchtvochtigheid, luchtstroom, etc. en dit wordt onder andere beïnvloed door (mest)management (Hadin et al., 2016) en de stallingsduur (Fleming et al., 2009). Wanneer paarden een dagdeel niet op stal zijn, dalen de ammoniakconcentraties in de stal (Fleming et al., 2009). Dit is echter afhankelijk van het uitmestregime, want als er niet wordt uitgemest dan is de daling, met name voor stro, minimaal (Fleming et al., 2009). Dagelijks uitmesten kan resulteren in de hoogste piek in ammoniakconcentraties *per dag* bij paarden in vergelijking met niet uitmesten en alleen dagelijks de feces verwijderen (Fleming et al., 2009). Desondanks kan dagelijks uitmesten wel iets lagere ammoniakconcentraties opleveren over een langere periode (gemeten over 14 dagen) wanneer vergeleken met niet uitmesten en dagelijks feces verwijderen (Fleming et al., 2009). Een belangrijk detail is dat er in de betreffende studie dagelijks stro werd toegevoegd bij zowel niet uitmesten, als dagelijks uitmesten als alleen feces verwijderen. Het toevoegen van stro zorgt voor meer absorptie en voorkomt dat er lucht bij de vieze laag stro komt. Een studie bij varkens liet zien dat de vervluchtiging van ammoniak lager was in vergelijking met andere type vloeren, mits het bevuilde stro telkens opnieuw werd bedekt met een nieuwe laag stro (Groenestein et al., 2006). Wanneer uit paardenboxen dagelijks de feces worden verwijderd en er wordt opgestrooid, blijkt uit het onderzoek van Fleming et al. (2009) dat de ammoniakconcentraties het laagst waren. Tijdens voeren is er vaak weer een piek te zien in ammoniakconcentraties, doordat paarden dan meestal actiever zijn op stal (Fleming et al., 2009). De studies van Fleming et al. (2009) en Garlipp et al. (2011) laten beiden zien dat omstandigheden en mestmanagement invloed hebben op ammoniakconcentraties. Beide studies rapporteren ammoniakconcentraties, ondanks dat dit een indicatie kan geven, is het niet mogelijk iets te zeggen over de daadwerkelijke emissies die plaats vonden. Fleming et al. (2009) geeft bijvoorbeeld niet aan wat het staldebiet is en of dit constant is.

5.6 Maatregelen toepasbaar voor de paardenhouderij

Uit dit onderzoek zijn verschillende maatregelen aangedragen voor het reduceren van ammoniakemissie in de paardenhouderij. Veel van de oplossingen die aangedragen zijn worden al toegepast in andere sectoren binnen de veehouderij en zijn gebaseerd op een van de principes om ammoniakemissies te verminderen. Aangedragen werd bijvoorbeeld het koelen van de mest, in zowel de stal als de opslag. Dit vergt echter aanpassingen aan de stallen en opslag en zal daardoor hoge kosten met zich meebrengen. Daarnaast wordt paardenmest relatief kort opgeslagen, omdat het snel wordt afgevoerd. Deze maatregel lijkt dus minder van toepassing voor de mestopslagen in de paardenhouderij. Het (dagelijks) toevoegen van stro en het frequent verwijderen van de mest lijkt makkelijker toepasbaar. Dit zal echter wel het stroverbruik en arbeid verhogen. Daarnaast is het verlagen van het eiwit in het rantsoen ook een simpel toepasbare maatregel. Paarden krijgen vaak meer voer dan dat ze nodig hebben, wat ervoor zorgt dat nutriënten uitgescheiden worden en dit kan ook andere nadelige gevolgen hebben voor de gezondheid en het welzijn van het paard, zoals obesitas en hoefbevangenheid (Rendle et al., 2018).

Een oplossing voor vermindering emissies vanuit de mestopslag is de mest opslaan in een afgesloten container. Deze kan dan op de dag van uitmesten worden gevuld met alle mest en daarna worden afgesloten en opgehaald. Deze oplossing zal echter niet overal werken, aangezien er bedrijven zijn met een ander mestmanagement, zoals dagelijks uitmesten. Bij dagelijks uitmesten zal de container elke dag moeten worden geopend, waardoor er emissies alsnog vrijkomen. Deze oplossing is dus van toepassing voor bedrijven die bijvoorbeeld een keer in de week alle boxen uitmesten. Daarnaast worden feces vaak ook uit de rijbaan en paddocks verwijderd, hiervoor zou dan een aparte (kleinere) opslag voor moeten komen.

Andere oplossingen die werden aangedragen was het creëren van een "paardentoilet", zoals bijvoorbeeld ook bij varkens en koeien is uitgewerkt. Dit zou in de paardenhouderij toegepast kunnen worden, mits paarden zindelijk te trainen zijn. Aangezien paarden ook voor andere doeleinden worden getraind, lijken hier mogelijkheden te liggen, doormiddel van onderzoek zou dit kunnen worden uitgezocht. Verder werden mogelijkheden benoemd zoals drainage systemen in de stal doormiddel van matten, stro vervangen door zand of een systeem waarbij de paarden het stro weglopen, zodat dit op een punt verzameld kan worden. Het aanleggen van een drainage systeem en het centraal verzamelen van het stro vergen beide aanpassingen aan de stal en zullen dus kosten meebrengen.

Drainagematten zijn echter vrij makkelijk in de stal aan te brengen en zijn een eenmalige investering. Stro wordt vaak bewust gekozen in de paardenhouderij, omdat de paarden dit ook (in kleine hoeveelheden) kunnen eten. Het is van belang voor paarden om constant kleine hoeveelheden te eten om hun maag-darmstelsel gezond te houden. Daarnaast kan het zijn dat paardeneigenaren geen voorkeur hebben voor zand, in verband met het ontstaan van zandkoliek. Als zand zou worden gebruikt is het niet geschikt voor elk paard, omdat er paarden zijn die dit oplikken en daarnaast is het niet raadzaam om het ruwvoer op de zandbodem te voeren. Zand als strooisel zou dus aanpassingen vergen aan de box. Een aantal van de maatregelen die benoemt zijn lijken dus in meer of mindere maten geschikt.

Maatregelen die makkelijk toepasbaar lijken te zijn, zijn het frequent toevoegen van stro, het dagelijks verwijderen van feces, snel afvoeren van urine doormiddel van drainage matten en het verlagen van het eiwit in het rantsoen. Het afdekken van de mestopslag kan mogelijk zijn, afhankelijk van het soort bedrijf en management. Het gebruik van zand lijkt minder geschikt. De andere maatregelen zoals een "paardentoilet" en drainage systemen vergen meer inzichten om te kunnen beoordelen of deze geschikt zijn voor de paardenhouderij. Van alle beschreven maatregelen om ammoniakemissie op paardenhouderij bedrijven te verminderen is nog niet in de praktijk onderzocht of deze effect hebben op de ammoniakemissie en hoe groot dit effect zal zijn.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek was om vanuit drie bedrijfsbezoeken en gesprekken met twee experts te inventariseren wat de mogelijke bronnen van ammoniakemissie in de paardenhouderij in de provincie Zuid-Holland zijn, en welke potentiële maatregelen voor de reductie van ammoniakemissie mogelijk zijn aan de hand van de vooraf vastgestelde stereotyperende bedrijven. Ammoniakemissies bij individuele huisvesting zullen waarschijnlijk vooral in de stal plaatsvinden, omdat de paarden daar het grootste deel van de tijd verblijven en dus urine (belangrijkste bron) en feces uitscheiden. Daarnaast zal er ook emissie plaatsvinden vanuit de mestopslag. Bij een korte opslagduur (hooguit enkele dagen), is de verwachting dat dit ten opzichte van de emissies uit de stal relatief meevalt. Bij een langere opslagduur kan echter broei ontstaan, waardoor er meer emissies zullen ontstaan. Afdekken van de buitenopslag bij langere opslagduur vermindert deze emissies. Daarnaast is er kans op nitraatuitspoeling vanuit de paddocks.

Er zijn een aantal maatregelen om ammoniakemissies mogelijk te verminderen die direct toepasbaar zijn in de paardenhouderij, namelijk frequent schoon stro toevoegen in de boxen, dagelijks bevuild stro met mest uit de boxen verwijderen in combinatie met dagelijks stro toevoegen en verlaging van eiwit in het rantsoen. Om ammoniakemissies in de paardenhouderij inzichtelijk te maken is meer onderzoek nodig. Daarnaast zullen de maatregelen die benoemd zijn ook onderzoek behoeven om te kunnen testen of deze toegepast kunnen worden in de praktijk en te bepalen hoe wat het effect is op emissies. Verder is er behoefte naar inzicht in hoe vaak bepaalde huisvestingsvormen voorkomen, wat voor verschillen er zijn in mestmanagement en wat er exact gevoerd wordt. Hier komen de volgende aanbevelingen voor vervolgonderzoek uit:

- Meten of bepalen van emissies van verschillende type huisvestingsvormen in de paardenhouderij
- Meten van emissies voor verschillende emissiearme maatregelen die in de paardenhouderij kunnen worden toegepast (bijvoorbeeld uitvoeringen van mestopslagen; paardentoilet ;drainage etc.)
- Inzicht genereren in wat en hoeveel er wordt gevoerd en hoe het beste eiwit te verlagen in het rantsoen
- Het effect van het toevoegen van meer stro in de boxen onderzoeken
- Mestmanagement in de paardenhouderij op bedrijven in kaart brengen door middel van bijvoorbeeld een survey onder paardeneigenaren/paardenhouderijen
- Bepalen hoeveel urine in de paddocks terecht komt en of maatregelen als drainage toepasbare maatregelen zijn ter voorkoming van nitraatuitspoeling

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., A. Keen, J.H.M. Metz, L. Speelman, M.W.A. Verstegen (1995) Ammonia Emission Patterns during the Growing Periods of Pigs Housed on Partially Slatted Floors. *Journal of Agricultural Engineering Research* 62(2), pp105-116. <https://doi.org/10.1006/jaer.1995.1069>
- Aarnink, A.J.A., P. Bikker, J.T.M. van Diepen (2012) Voermaatregelen voor ammoniakreductie in stallen voor zeugen en biggen, Wageningen UR Livestock Research rapport 591
- Aktivstall (2023) HIT Active stable- concept. <https://aktivstall.de/en/concept/> Geraadpleegd op: 3-5-2023
- Andersson, M. (1998) Reducing ammonia emissions by cooling of manure in manure culverts. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, pp 73-79.
- Béline, F., J. Martinez, C. Marol, G. Guiraud (1998) Nitrogen transformations during anaerobically stored 15N-labelled pig slurry. *Bioresource Technology* 64(2), pp83-88. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)84352-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)84352-0)
- Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, G.L. Velthof en T. van der Zee (2022). Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2020. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 224
- Bruin, G., C.M. Groenestein (1998) Ammoniakemissie in een traditionele paardenstal met boxen en stro. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Rapport 169
- CBS, 2023. Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente. Geraadpleegd op 13-4-2023:
- Cole, N.A., R.N. Clark, R.W. Todd, C.R. Richardson, A. Gueye, L.W. Greene, K. McBride (2005) Influence of dietary crude protein concentration and source on potential ammonia emissions from beef cattle manure. *Journal of Animal Science* 83(3), pp 722-731.
- CVB (2004) Het EW-pa en VREp systeem. Centraal Veevoeder Bureau. Documentatierapport nr. 31, Lelystad
- CVB (2022) CVB Veevoedertabel 2022; Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. Centraal Veevoeder Bureau
- Fleming, K., Hessel, E. F., & Van den Weghe, H. F. A. (2009). Gas and particle concentrations in horse stables with individual boxes as a function of the bedding material and the mucking regimen. *Journal of animal science*, 87(11), 3805-3816.
- Garlipp, F., Hessel, E. F., & van den Weghe, H. F. (2011). Characteristics of gas generation (NH₃, CH₄, N₂O, CO₂, H₂O) from horse manure added to different bedding materials used in deep litter bedding systems. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(7), 383-395.
- Geor, R.J., P.A. Harris, 2013. 28 – Obesity, Equine Applied and Clinical Nutrition; Health, Welfare and Performance, pp 487-502. ISBN 9780702034220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-3422-0.00028-6>
- Groenestein, C. M., Den Hartog, L. A., & Metz, J. H. M. (2006). Potential ammonia emissions from straw bedding, slurry pit and concrete floors in a group-housing system for sows. *Biosystems Engineering*, 95(2), 235-243.
- Hadin, Å., Eriksson, O., & Hillman, K. (2016). A review of potential critical factors in horse keeping for anaerobic digestion of horse manure. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 432-442.
- Häggblom, M., Rantamäki-Lahtinen, L., & Vihinen, H. (2012). Equine sector comparison between the Netherlands, Sweden and Finland. *Abgefragt unter: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm*.
- Hanskamp (n.d.) VrijLevenStal, de stal van de toekomst. <https://vrijlevenstal.nl/>. Geraadpleegd op 01-05-2023
- Harper, M., A. Swinker, W. Stanair, A. Welker, 2009. Ration Evaluation of Chesapeake Bay Watershed Horse Farms from a Nutrient Management Perspective. *Journal of Equine Veterinary Science* 29(5), pp 401-402. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.101>
- Hippische Monitor 2017: verschuiven en vooruitzien. HAS Hogeschool. https://issuu.com/hashogeschool/docs/hippische_monitor_2017_lr. Geraadpleegd op 13-04-2023

- Houwer, H.W.J., K.H. de Greef, A.J.A. Aarnink (2014) Ammoniakemissie-arme wroetstal voor vleesvarkens. Wageningen Livestock Rapport 751
- Kenniscentrum Infomil (z.d.) Opslag van vaste mest. Geraadpleegd op 3-07-2023 <https://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/functies/mest/opslag-vast-mest/>
- KNHS (2017) Brochure Nederland Paardenland. Geraadpleegd 16-4-2023: <https://www.knhs.nl/over-knhs/publicaties/brochure-nederland-paardenland/>
- Kupper, T., C. Häni, A. Neftel, C. Kincaid, M. Bühler, B. Amon, A. VanderZaag (2020) Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 300. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106963>
- Le Dinh, P., C.M.C van der Peet-Schwering, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink (2022) Effect of Diet Composition on Excreta Composition and Ammonia Emissions from Growing-Finishing Pigs. *Animals* 2022, 12, 229. <https://doi.org/10.3390/ani12030229><https://doi.org/10.3390/ani12030229>
- Livestock Research (2012). *Welzijnsmonitor paardenhouderij : het meetprotocol*. (Rapport / Wageningen UR Livestock Research; No. 572). Wageningen UR Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/238625>
- Misselbrook, T.H., J.M. Powell, G.A. Broderick, J.H. Grabber (2005) Dietary Manipulation in Dairy Cattle: Laboratory Experiments to Assess the Influence on Ammonia Emissions. *Journal of Dairy Science* 88(5), pp 1765 – 1777. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72851-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72851-4)
- Montes, F., C.A. Rotz, H. Chaoui (2009) Process modeling of ammonia volatilization from ammonium solution and manure surfaces: a review with recommended models. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 52(5).
- Mosquera, J., A.J.A. Aarnink, H. Ellen, H.J.C. van Dooren, R.A. van Emous, J. van Harn, N.W.M. Ogink (2017) Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Wageningen Livestock Research rapport 645
- Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, N.W.M. Ogink, E.A.P. van Well en G.J. Monteny, 2021. Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit melkveestallen: Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-februari 2020. Wageningen Livestock Research rapport 1286.
- Natura2000 (n.d.) Natura2000 gebieden Zuid-Holland. <https://www.natura2000.nl/gebieden/zuid-holland>. <https://www.natura2000.nl/gebieden/zuid-holland>. Geraadpleegd op 12-04-2023
- Neijenhuis, F., Westra, J., Verhoeven, M. T. W., van Wijhe-Kiezebrink, M. C., Visser, E. K., & Hallebeek, A. (2012). *Paardenhouderijen vergeleken: out of the box*. Wageningen UR Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/191940><https://edepot.wur.nl/191940>
- Oenema, O., S. Tamminga (2005) Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency. *Science in China Series C-Life Sciences* 48, pp871-887.
- Oenema, O., S. Tamminga (2005) Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency. *Science in China Series C-Life Sciences* 48, pp871-887.
- Ogink, N.W.M., Groenestein, C.M. en J. Mosquera, 2014. Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassingen in de Regeling ammoniak en veehouderij. Wageningen Livestock Research rapport 744.
- Olesen, J.E., S.G. Sommer, 1993. Modelling effects of wind speed and surface cover on ammonia volatilization from stored pig slurry. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics* 27(16), pp2567-2574. [https://doi.org/10.1016/0960-1686\(93\)90030-3](https://doi.org/10.1016/0960-1686(93)90030-3)
- Parvage, M.M., B. Ulén, H. Kirchmann, 2015. Are horse paddocks threatening water quality through excess loading of nutrients? *Journal of Environmental Management* 147, pp 306-313. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.019>
- Pavo, 2022. Eiwit in paardenvoeding. <https://www.pavo.nl/advies/eiwit-in-paardenvoeding/>. <https://www.pavo.nl/advies/eiwit-in-paardenvoeding/>. Geraadpleegd op 12-04-2023.
- Pavo, n.d. a. Pavo BasicPlus, Dé basisbrok voor alle paarden en pony's. <https://www.pavo.nl/paardenvoer/>. <https://www.pavo.nl/paardenvoer/>. Geraadpleegd op 03-05-2023
- Pavo, n.d. b. Pavo AllSports, Allround sportbrok voor alle disciplines. <https://www.pavo.nl/paardenvoer/>. Geraadpleegd op 03-05-2023
- Pijlman, J., Timmermans, B., Monteny, G. J., & de Wi, J. (2018). Strooiselstalsystemen: ammoniak en andere emissies, dierwelzijn en mestkwaliteit. Louis Bolk Instituut. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/3387.pdf><https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/3387.pdf>
- Rendle, D., McGregor Argo, C., Bowen, M., Carslake, H., German, A., Harris, P., ... & Morgan, R. (2018). Equine obesity: current perspectives. *UK-Vet Equine*, 2(Sup5), 1-19.
- RIVM, 2022. Stikstof. Geraadpleegd april 2023: <https://www.rivm.nl/stikstof>

-
- RIVM/Emissieregistratie (2023) Definitieve cijfers 1990 – 2021, Rijkinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, referentiecode www.clo.nl/nl0101, geraadpleegd op 24-05-2023
- RVO, 2023. Regels paardenhouder. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/identificatie-en-registratie-dieren/regels-paardenhouder>. Geraadpleegd op 16-4-2023
- SRP (2019) Gids voor Goede Praktijken; richtlijnen voor het houden van en de omgang met paarden. Sectooraad paarden, Den Haag
- Sommer, S.G., G.Q. Zhang, A. Bannink, D. Chadwick, T. Misselbrook, R. Harrison, N.J. Hutchings, H. Menzi, G.J. Monteny, J.Q. Ni, O. Oenema, J. Webb, 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy*. 89
- Tamminga, S., 1992. Nutrition Management of Dairy Cows as a Contribution to Pollution Control. *Journal of Dairy Science* 75(1), pp345-357. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77770-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77770-4)
- Van der Zee, T.C., A. Bleeker, C. van Bruggen, W. Bussink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H. Kros, L.A. Lagerwerf, K. Oltmer, M. Ros, M. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof (2023). Methodology for the calculation of emissions from agriculture; Calculations for methane, ammonia, nitrous oxide, nitrogen oxides, non-methane volatile organic compounds, fine particles and carbon dioxide emissions using the National Emission Model for Agriculture (NEMA). National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), report 2023-0041
- Van Weeghel, H.J.E., O.N.M. van Eijk, 2011. Varkenstoilet lijkt goed haalbaar. *V-focus* 8 (april) 2011, pp 38–39
- Vereniging Eigen Paard (z.d.) Huisvestingsvormen voor paarden- kennisbank <https://verenigingEigenpaard.nl/kennisbank/stalling-en-vervoer/huisvestingsvormen> <https://verenigingEigenpaard.nl/kennisbank/stalling-en-vervoer/huisvestingsvormen/>
- Weir, J., H. Li, K. Warren, E. Macon, C. Wickens, 2017. Characterizing ammonia emissions from horses fed different crude protein concentrations. *Journal of Animal Science* 95(8), pp 3598-3608. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1648>
- Weir, J., H. Li, L.K. Warren, E. Macon, C. Wickens (2017) Characterizing ammonia emissions from horses fed different crude protein concentrations. *Journal of Animal Science* 95(8), pp 3598-3608. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1648>
- Woodward, A. D., Nielsen, B. D., Pritchard, A., & O'Connor-Robison, C. I. (2019). Determination of phosphorus and nitrogen environmental load from six different bedding types used in an equine facility. *Journal of Equine Veterinary Science*, 73, 10-14.
- Wu, W., Z. Tong, G. Zhang, A. Malkawi, X. Wang, J. Benner, 2019. An energy efficient hydraulic system to cool manure and reduce ammonia emissions from livestock buildings. *Journal of Cleaner Production* 235, pp 920-929. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.036>
- WUR, 2020. Natuurlijke behoefte varken staat centraal in nieuwe stal, <https://www.wur.nl/nl/nieuws/>. Geraadpleegd op 02-05-2023
- Ragnarsson, S., J.E. Lindberg (2010) Nutritional value of mixed grass haylage in Icelandic horses. *Livestock Science* 131(1), pp83-78. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.03.003>
- Martin, R.G., N.P. McMeniman, B.W. Norton, K.F. Dowsett (1996) Utilization of endogenous and dietary urea in the large intestine of the mature horse. *British Journal of Nutrition* 76, pp373-386. <https://doi.org/10.1079/bjn19960043>

Bijlage 1 Vragenlijst bedrijfsbezoeken

Tabel B1.1 Vragenlijst met vragen die gesteld zijn tijdens de bedrijfsbezoeken.

Vragenlijst		
Type	eenheid	vraag
Algemeen		
Bedrijfstype	n.v.t.	Wat voor type bedrijf is het?
Totale land	ha	Hoeveel ha is het totale perceel incl. bebouwing?
Opdeling land	ha	Hoeveel ha is daarvan bebouwd en hoeveel daarvan (gras)land?
faciliteiten	n.v.t.	Welke faciliteiten zijn aanwezig op het bedrijf?
Ouderdom gebouwen/stallen	jaartal	Uit welk jaartal dateren de gebouwen en stallen?
Renovaties	jaartal	Hebben er renovaties plaatsgevonden? Zo ja wanneer?
Paarden/pony's	aantallen	Hoeveel paarden zijn er op het bedrijf?
Paarden/pony's	aantallen	Wat is de verdeling merrie, ruïn, hengst?
N2000	km	Wat is de afstand tussen het bedrijf en het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied?
Huisvesting		
Afmeting	m	Wat zijn de afmetingen van de boxen?
Wanden	n.v.t.	Zijn de wanden open of dicht? Of deels open?
Wanden	n.v.t.	Hebben de boxen binnen- en/of buitenluiken?
Ondergrond	materiaal	Wat is de ondergrond van de stal? Is dit beton
Ondergrond	materiaal	Is er nog een ander vloer/materiaal dat op het beton ligt?
Afvoerput	n.v.t.	Is er een afvoerput aanwezig? Waar?
Strooisel	type	Wat voor strooisel wordt er in de boxen gebruikt?
Strooisel	kg of ton/jaar	Hoeveel stro etc. word jaarlijks verbruikt?
Locatie boxen	n.v.t.	Staan de boxen binnen of buiten?
Ventilatie	n.v.t.	Is er een ventilatiesysteem aanwezig?
Duur stalling	uren per dag	Hoeveel uur per dag staan de paarden op stal?
Duur weidegang	uren per dag	Hoeveel uur per dag staan de paarden in de wei of paddock?
Dieren per weide	aantal	Hoeveel paarden/pony's per hectare weide?
Dieren per paddock	aantal	Hoeveel paarden/pony's per paddock?
Beweging	uren per dag	Hoeveel uur per dag krijgen de paarden beweging? (stapmolen, training, longeren etc.)
Beweging buitenrijden	uren per week	Hoeveel uur per week wordt er buitengereden op de hei of in het bos etc?

Mestmanagement

Uitmesten stallen	frequentie	Hoe vaak wordt er per week uitgemest?
Uitmesten stallen	n.v.t.	Hoe wordt dit gedaan? Wordt alles verwijderd? Of bijvoorbeeld alleen mest en natte plekken?
Uitmesten stallen	frequentie	Als niet alles elke keer wordt verwijderd, hoe vaak wordt dit dan wel gedaan per maand/jaar?
Uitmesten stallen	n.v.t.	Hoe wordt er uitgemest? Machinaal? Of met de hand?
Opslag	type	Hoe en waar wordt de mest opgeslagen?
Opslag	aantal	Zijn er meerdere opslagen? Zo ja hoeveel?
Opslag	n.v.t.	Is de mestopslag vloeistof dicht? Wat voor materiaal is de mestopslag van gemaakt?
Afvoer	frequentie	Hoe vaak wordt de mest afgevoerd?
Afvoer	n.v.t.	Waar wordt de mest naar afgevoerd? Wordt dit verder bewerkt?
Uitmesten paddocks	n.v.t.	Worden de paddocks (indien aanwezig) uitgemest?
Uitmesten paddocks	frequentie	Zo ja, hoe vaak worden de paddocks uitgemest?
Mest wei	n.v.t.	Wordt mest uit de wei verwijderd?
Mest wei	n.v.t.	Zo ja, hoe vaak wordt mest uit de wei verwijderd?
Onderhoud wei	n.v.t.	Wat wordt er verder aan weideonderhoud gedaan?

Voeding

Voerbeurten	aantal	Hoeveel keer per dag worden de paarden gevoerd?
Ruwvoer	type	Wat voor soort ruwvoer wordt er gevoerd?
Ruwvoer	n.v.t.	Is er verschil in type ruwvoer voor de paarden?
Ruwvoer	hoeveelheid	Hoeveel ruwvoer krijgen de paarden per dag in kg?
Ruwvoer	n.v.t.	Is er een analyse van het ruwvoer gemaakt?
Brok	type	Wat voor type brok krijgen de paarden? Weet je hiervan de samenstelling?
Brok	hoeveelheid	Hoeveel brok krijgen de paarden per dag in kg
eiwit voer	-	Is er iets bekend over het eiwit gehalte van het voer?
Overig	-	Worden er nog andere dingen gevoerd? Zo ja wat en hoeveel?

Overige vragen

Inrichting bedrijf	n.v.t.	Waarom/met welke overwegingen is het bedrijf ingericht zoals het nu is?
Inrichting bedrijf	n.v.t.	Zijn er dingen die je in de toekomst zou willen veranderen?
Inrichting bedrijf	n.v.t.	Zo ja, wat zou je willen veranderen?

Bijlage 2 Stroverbruik

Tijdens de bedrijfsbezoeken is gevraagd naar het stroverbruik, wat gegevens is op bedrijfsniveau. Aan de hand van de opgegeven hoeveelheden en het aantal paarden is het stroverbruik per paard berekend (Tabel B2.1).

Tabel B2.1 Stroverbruik op bedrijfsniveau op bedrijf A, B en C en omgerekend per paard per bedrijf.

	Bedrijf A	Bedrijf B	Bedrijf C
Aantal paarden	52	55	91
Stroverbruik			
Bedrijfsniveau (ton/jaar)	13	15	100
Per paard (kg/jaar)	250	273	1.099
Per paard (kg/week)	4,8	5,2	21,1

Bijlage 3 Eiwitgehalte rantsoenen

Tijdens de bedrijfsbezoeken is gevraagd naar het gevoerde rantsoen. Aan de hand van de opgegeven voedingsmiddelen, hoeveelheden (Tabel B3.1) en de voederwaarde per voedingsmiddel (Tabel B3.2) is uitgerekend wat het eiwitgehalte van het rantsoen per paard per dag is (Tabel B3.3).

Tabel B3.1 Gevoerde voedingsmiddelen en hoeveelheden (kg product) op bedrijven A, B en C per paard.

	Bedrijf A	Bedrijf B	Bedrijf C	
			Zomer	Winter
Graskuil	11	8,2	-	-
Grashooi	-	-	6 ¹	11
Vers gras	-	-	29 ¹	-
Basisbrok	2	2,4	-	-
Sportbrok	-	-	2,5	2,5

1 Gemiddeld 10 – 12 uur weidegang per dag. Er is uitgegaan van 50% droge stof uit paardenhooi en 50% droge stof uit weidegras op basis van het ruwvoer in winterrantsoen.

Tabel B3.2 Voederwaarden van verschillende voedingsmiddelen. Voederwaarden van graskuil, grashooi en vers gras zijn weergegeven in gr/kg droge stof (CVB, 2022) en de voederwaarden van basisbrok en sportbrok zijn weergegeven in gr/kg product (PAVO, n.d. a,b). VCRE weergegeven in percentage (%).

	Graskuil (paard, middel)	Grashooi (paard, middel)	Vers gras (paard, standweide)	Basisbrok	Sportbrok
Droge stof	605	835	161		
Ruw as	106	75	102	90	85
Ruw eiwit	134	95	221	120	135
Ruw vet	40	28	41	45	70
Ruwe celstof	284	308	232	140	120
Suiker	95	120	95	70	70
EWpa	0,731	0,631	0,811	0,820	0,910
VREp	91	44	145		
VCRE	64%	48%	75%		

EWpa = energiewaarde paard, de EWpa waarde van 1 kg DS haver wordt gelijkgesteld aan 1,00 (CVB, 2004).

VREp = verteerbaar ruw eiwit paarden

VCRE = verteringscoëfficiënt ruw eiwit

Tabel B3.3 Eiwitgehalte (gram ruw eiwit) van het rantsoen per paard per dag op bedrijven A, B en C op basis van de gevoerde voedingsmiddelen (Tabel B3.1) en de voederwaarden per voedingsmiddel (Tabel B3.2).

	Bedrijf A	Bedrijf B	Bedrijf C	
			Zomer	Winter
Graskuil	892	663	-	-
Grashooi	-	-	436	873
Vers gras	-	-	1015	-
Basisbrok	240	291	-	-
Sportbrok	-	-	338	338
Totaal	1132	954	1789	1210

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

