



Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit melkveestallen

Praktijkmetingen in de periode oktober 2018 - februari 2020

J. Mosquera, H.J.C. van Dooren, N.W.M. Ogink, E.A.P. van Well en G.J. Monteny

Rapport 1286



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit melkveestallen

Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-februari 2020

J. Mosquera¹, H.J.C. van Dooren¹, N.W.M. Ogink¹, E.A.P. van Well², G.J. Monteny³

¹ Wageningen Livestock Research

² CLM Onderzoek en Advies

³ Monteny Milieu Advies

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Klimaat Slim Methaan emissie veehouderij' (BO-53-003-003).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juli 2021

Rapport 1286

Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, N.W.M. Ogink, E.A.P. van Well, G.J. Monteny, 2021; Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit melkveestallen. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1286.

Samenvatting NL Dit rapport beschrijft de resultaten van referentiemetingen die op 18 melkveebedrijven verdeeld over Nederland elke twee maanden zijn uitgevoerd in de periode van oktober 2018 t/m februari 2020. Doel van de metingen was de methaanemissie uit melkveestallen vast te stellen, zicht te krijgen op de variatie binnen en tussen bedrijven en de invloed van bedrijfstype te onderzoeken. Deze bedrijfstypen hadden betrekking op ras (HF of MRIJ), type bedrijfsvoering (Biologisch of gangbaar), vloertype (roosters of dichte vloer) en deelname aan het project Koeien en Kansen. Naast de methaanemissie is ook de emissie van ammoniak en lachgas gemeten. De gemiddelde emissie \pm standaarddeviatie (SD) bedroeg 189 ± 54 kg CH₄ per dierplaats per jaar, $13,4 \text{ kg} \pm 3,2$ kg NH₃ per dierplaats per jaar en $0,59 \pm 0,24$ kg N₂O per dierplaats per jaar. Tussen de verschillende bedrijfstype bestonden geen significante verschillen. Emissieniveaus voor methaan en lachgas uitgedrukt per dierplaats liggen hiermee hoger dan uit eerdere metingen op melkveebedrijven tussen 2008 en 2012 is gebleken. Een verdere analyse van bedrijfs- en omgevingsfactoren vindt plaats in de vervolgrapportage waarbij de gegevens van alle referentiemetingen en continue metingen over de volledige meetperiode van najaar 2018 tot en met najaar 2020 worden betrokken.

Summary UK This report describes the results of emission measurements on 18 Dutch dairy farms between October 2018 and February 2020. Goal of the measurements was to determine the average methane emission (CH₄) from dairy housing and the variation within and between farms and to explore the effect of different farm characteristics on the emission. These farms could be characterized by animal breed (HF vs MRIJ), type of management (organic vs non-organic), floor type (slatted floors vs solid floors) and inclusion in the 'Koeien en Kansen' project. Beside methane emissions also emissions of ammonia (NH₃) and nitrous oxide (N₂O) have been measured. The average emission \pm standard deviation (SD) was 189 ± 54 kg CH₄ per animal place per year, $13,4 \text{ kg} \pm 3,2$ kg NH₃ per animal place per year and $0,59 \pm 0,24$ kg N₂O per animal place per year. None of the emission differences based on farm characteristics was significant. Emission levels of methane and nitrous oxide were higher than measured on dairy farms between 2008 and 2012. Further analyses of all measurements including continuous emission measurements till November 2020 will be available in a next report.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/536752> 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, 2021

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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methode	9
2.1 Stal en bedrijfssituatie	9
2.2 Metingen	13
2.2.1 Meetstrategie	13
2.2.2 Meetapparatuur	14
2.3 Verwerking gegevens	17
2.3.1 Emissieberekening	17
2.3.2 Statistische toetsing	19
3 Resultaten	20
3.1 Meetomstandigheden	20
3.2 Meetresultaten	23
3.2.1 Huisvestingssysteem	24
3.2.2 Koeien en Kansen	25
3.2.3 Ras	25
4 Discussie	28
4.1 Algemeen	28
4.2 Methaan	29
4.3 Ammoniak	30
4.4 Lachgas	31
5 Conclusies	32
Literatuur	33
Bijlage 1 Stalbeschrijving en resultaten per locatie	35
Bijlage 2 Meetapparatuur	204

Samenvatting

De methaanemissie uit de melkveehouderij draagt in belangrijke mate bij aan de Nederlandse broeikasgasemissie. In de klimaat- en energieparagraaf van het regeerakkoord uit 2017 is daarom een reductiedoelstelling voor 2030 opgenomen. Voor de landbouw bedraagt die 3,5 Mton CO₂ - equivalenten waarvan 1 Mton door minder methaanuitstoot. Representatieve metingen van methaanemissie op stalniveau hebben tot dusver nauwelijks plaatsgevonden. Toetsing van de berekende methaanemissie uit de veehouderij is daarom niet mogelijk. In het kader van het onderzoeksprogramma 'Integraal aanpakken' van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV) zijn daarom eind 2018 twee projecten opgestart met als belangrijkste doelen:

- de methaanemissie uit melkvee- en geitenstallen (KE2018-1) en uit varkens- en vleeskalverenstallen (KE2018-2) vast te stellen.
- de variatie in methaanemissie binnen en tussen bedrijven vast te stellen
- de mate van samenhang tussen gemeten methaanemissie en aanwezige bedrijfsfactoren vast te stellen
- demonstratie van directe bedrijfsmonitoring van emissies van methaan en ammoniak en demonstratie van de wijze waarop dit kan bijdragen aan het terugdringen van de methaanemissie via bedrijfsspecifieke maatregelen

Om deze doelen te kunnen realiseren is er gekozen voor een jaarrond meetaanpak gebaseerd op continue monitoring van de emissie van methaan (CH₄) en ammoniak (NH₃) op stalniveau die wordt vergeleken met 24-uurs referentiemetingen. In dit rapport worden de tussenresultaten van de referentiemetingen op melkveebedrijven in het eerste jaar beschreven. In de loop van 2021 volgt een rapportage met alle resultaten van zowel de referentiemetingen als de continue metingen op de melkveebedrijven.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de referentiemetingen die in de periode oktober 2018 – februari 2020 elke twee maanden zijn uitgevoerd op 18 melkveelocaties verdeeld over Nederland. Daarin zijn de emissies van NH₃, CH₄ en N₂O, gemeten volgens de richtlijnen die in de huidige meetprotocollen (Ogink et al., 2017; VERA, 2018) zijn opgenomen. In deze groep melkveebedrijven waren verschillende subgroepen te onderscheiden. Zes bedrijven hadden een (emissiearme) dichte vloer terwijl de rest een roostervloer had. Vijf melkveehouders waren tevens deelnemer aan Koeien en Kansen. Op de meeste bedrijven werden HF-dieren gehouden maar op twee bedrijven waren MRIJ-dieren aanwezig.

De gemiddelde emissies +/- standaarddeviatie van bedrijfsgemiddelden bedroeg:

- Methaan: 189 +/- 54 kg CH₄ per dierplaats per jaar,
- Ammoniak: 13,4 kg +/- 3,2 kg NH₃ per dierplaats per jaar
- Lachgas: 0,59 +/- 0,24 kg N₂O per dierplaats per jaar.

Door het uitvoeren van deze emissiemetingen is verder zicht gekomen op de gemiddelde methaan-, ammoniak- en lachgasemissie op melkveebedrijven en de spreiding daarvan binnen en tussen bedrijven. Emissieniveaus voor methaan en lachgas uitgedrukt per dierplaats liggen hiermee hoger dan uit eerdere metingen op melkveebedrijven tussen 2008 en 2012 is gebleken. Tussen de verschillende subgroepen (vloertype, ras en deelname aan Koeien en Kansen) bestonden geen significante verschillen. Een verdere analyse van bedrijfs- en omgevingsfactoren vindt plaats in de vervolgrapportage waarbij de gegevens van alle referentiemetingen en continue metingen over de volledige meetperiode van najaar 2018 tot en met najaar 2020 worden betrokken.



1 Inleiding

De methaanemissie uit de melkveehouderij draagt in belangrijke mate bij aan de Nederlandse broeikasgasemissie. De totale methaanemissie in Nederland was in 2018 750,7 kton waarvan 483 kton (64%) afkomstig was van de veehouderij. Binnen de veehouderij is de melkveehouderij verantwoordelijk voor ruim de helft (57%) van de methaanuitstoot. (bron: www.emissieregistratie.nl). In de klimaat- en energieparagraaf van het regeerakkoord uit 2017 is daarom een reductiedoelstelling voor 2030 opgenomen. Voor de landbouw bedraagt die 3,5 Mton CO₂-equivalenten waarvan 1 Mton door minder methaanuitstoot¹. Dat komt overeen met een afname van 40 kton methaan oftewel een reductie van ruim 8% ten opzichte de uitstoot van de veehouderij in 2018.

De methaanemissie uit de veehouderij wordt momenteel volgens richtlijnen van het IPCC op een landspecifieke manier (TIER 3) gemodelleerd en gerapporteerd in de zogenaamde National Inventory Reports (NIR) (Ruysenaars et al., 2020). Het gebruikte model en de achterliggende methodiek zijn beschreven in Van Bruggen et al. (2020) en Lagerwerf et al. (2019). Het gaat daarbij om zowel de enterische methaanemissie van de dieren als de methaanemissie uit de mest. Deze modelmatige berekeningen dieraantallen en emissiefactoren per diercategorie en worden gerapporteerd op een hoog aggregatieniveau. In de praktijk zal er sprake zijn van variatie in methaanemissies uit stallen en mestopslagen als gevolg van een groot aantal bedrijfsfactoren die verbonden zijn aan uitvoer van stal en mestopslag, voer- en mestmanagement en omgevingsfactoren (Groenestein et al., 2016). De omvang van deze variatie is niet bekend. Inzicht in deze variatie en de samenhang met aanwezige bedrijfsfactoren is belangrijk om technische maatregelen voor reductie van de methaanemissie uit stallen en mestopslagen effectief in te zetten. Met deze kennis kan maatwerk per bedrijf en regio worden ontwikkeld. Representatieve metingen van methaanemissie op stalniveau hebben tot dusver beperkt plaatsgevonden (Mosquera et al., 2010). Toetsing van de berekende methaanemissie uit de veehouderij is daarom niet mogelijk.

Voor de ammoniakemissie uit de veehouderij ligt de situatie anders. Ook hier worden op nationaal niveau emissies berekend en gerapporteerd (van Bruggen et al., 2020) maar de aanpak is gedetailleerder en er zijn veel meer representatieve metingen van ammoniakemissie op stalniveau beschikbaar bij wisselende huisvestingssystemen (Mosquera et al., 2012a-h).

Wanneer methaan- en ammoniakemissie uit stallen tevens direct inzichtelijk zou zijn voor veehouders kan dat een belangrijke stimulans zijn om de bedrijfsvoering te optimaliseren en/of methaan-reducerende maatregelen in te voeren. Dergelijke bedrijfsmonitoring biedt op termijn ook de mogelijkheid om op afspraken te maken over de uitstoot van methaan- en ammoniakemissies en deze te borgen.

In het kader van het onderzoeksprogramma 'Integraal aanpakken'² dat gefinancierd wordt door het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV), zijn daarom eind 2018 twee projecten opgestart met als belangrijkste doelen:

1. de methaanemissie uit melkvee- en geitenstallen (KE2018-1) en uit varkens- en vleeskalverenstallen (KE2018-2) vast te stellen
2. de variatie in methaanemissie binnen en tussen bedrijven vast te stellen
3. de mate van samenhang tussen gemeten methaanemissie en aanwezige bedrijfsfactoren vast te stellen
4. demonstratie van directe bedrijfsmonitoring van emissies van methaan en ammoniak en demonstratie van de wijze waarop dit kan bijdragen aan het terugdringen van de methaanemissie via bedrijfsspecifieke maatregelen

¹ De overige reductie moet behaald worden door 'Slimmer landgebruik' (1,5 Mton) en 'Kas als energiebron' (1,0 Mton)

² Het onderzoeksprogramma Integraal aanpakken is erop gericht inzichten en werkbare maatregelen te bepalen om daarmee veehouders in Nederland op elke grondsoort keuzes te bieden voor passende oplossingen zodat ze hun bedrijf rendabel en toekomstgericht kunnen aanpassen aan de opgaven voor klimaat en stikstof. Het gaat daarbij om onderzoek in het voer- en dierspoor en stalsystemen die bijdragen aan emissiereductie. Een integrale aanpak staat in het onderzoek voorop.

Om deze doelen te kunnen realiseren is er gekozen voor een jaarrond meetaanpak gebaseerd op een nieuw systeem voor continue monitoring van de emissie van methaan (CH₄) en ammoniak (NH₃) op stalniveau. Een jaarrond aanpak is noodzakelijk omdat invloedfactoren (voeding, klimaat) seizoensgebonden zijn. Deze continue metingen zijn met een frequentie van minimaal een keer per twee maanden gecontroleerd door middel van al lange bestaande en erkende referentiemetingen. Afwijkingen in de sensoren zijn op basis van deze referentiemetingen bijgestuurd (veldkalibratie). In het vervolgproject KE2019-3 zijn deze metingen op alle bedrijven (uitgezonderd één melkveebedrijf) nog een jaar voortgezet zodat uiteindelijk een dataset van twee jaar is ontstaan.

In dit rapport worden de resultaten van de referentiemetingen op melkveebedrijven in het eerste jaar beschreven. In de loop van 2021 volgen de resultaten van de geiten-, kalveren en varkensbedrijven en worden ook alle referentiemetingen en continue metingen voor de melkveebedrijven gerapporteerd.

In hoofdstuk 2 wordt een kort beschrijving gegeven van de gekozen meetlocaties, meetstrategie en berekeningsmethodiek, inclusief statistische analyse. In Hoofdstuk 3 worden de belangrijkste resultaten uit dit onderzoek weergegeven. In hoofdstuk 4 en 5 volgen discussie en conclusies.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en bedrijfssituatie

In de periode oktober 2018 – februari 2020 zijn op 18 melkveelocaties door WLR (13 locaties) en CLM/Monteny advies³ (5 locaties) de emissies van NH₃ en CH₄ continue gemeten (Figuur 2.1). Daarnaast zijn op alle meetlocaties elke twee maanden referentiemetingen uitgevoerd om de emissies van NH₃, CH₄ en N₂O volgens de richtlijnen van de huidige meetprotocollen (Ogink et al., 2017; VERA, 2018) vast te stellen. In dezelfde periode (oktober 2018 – februari 2020) zijn door WLR metingen uitgevoerd op 2 geitenbedrijven, 2 vleeskalverenbedrijven, 2 biggenstallen, 2 vleesvarkensstallen en 2 stallen voor dragende zeugen. De verdeling van al deze bedrijven over het land is weergegeven in Figuur 2.1. De resultaten van de metingen op geiten-, kalveren-, en varkensbedrijven worden later apart gerapporteerd.

Bij de selectie van de melkveebedrijven is rekening gehouden naar een aantal factoren: de spreiding over het land, de verhouding tussen meetlocaties met een traditionele roostervloer en met een emissiearme (dichte) vloer en de verschillende rassen (Holstein vs. MRIJ). Verder zijn zoveel mogelijk Koeien en Kansen bedrijven opgenomen in de selectie. De metingen zijn uitgevoerd op 5 Koeien en Kansen bedrijven en 13 overige melkveebedrijven. Van alle 18 bedrijven was 1 bedrijf biologisch, op 2 bedrijven waren er MRIJ-koeien gehuisvest (16 bedrijven met Holstein koeien), hadden 11 bedrijven een automatisch melksysteem (AMS) en hadden 12 bedrijven een traditioneel roostervloer (6 bedrijven met verschillende emissiearme dichte vloeren). In Tabel 1 worden de belangrijkste kenmerken van alle bemeten melkveestallen in dit onderzoek weergegeven. In Bijlage 1 worden de verschillende locaties verder beschreven, inclusief de belangrijkste resultaten per locatie.



Figuur 2.1 Overzicht meetlocaties melkvee (Bron: Google Maps).

³ CLM Onderzoek en Advies (CLM) en Monteny Milieuvadvis waren beide partner in het project. Vanwege de leesbaarheid worden in de rest van het rapport beide partners aangeduid als CLM en de bedrijven als 'CLM-bedrijven'.

Tabel 1 Selectie van kenmerken van de bemeten melkveestallen. WLR-bedrijven zijn gecodeerd als WLR1 t/m WLR13, CLM-bedrijven als CLM1 t/m CLM5.

Kenmerk	WLR1	WLR2	WLR3	WLR4	WLR5	WLR6
Huisvestingssysteem	Traditioneel	Traditioneel	Traditioneel	Traditioneel	Emissiearm	Traditioneel
Stalindeling	1+3	0-6-0	1+2	1+1	1+2	1+4+1
Dierplaatsen (exclusief separatieruimtes)	271	217	98	103	115	188
Loopoppervlakte [m ² /dierplaats]	2,8	4,2	3,8	3,5	3,5	4,9
Mestcapaciteit [m ³]	3250	3400	600	1100	580	4200
Voeropname [kg ds/dier/dag] ¹⁾	18,2	19,4	17,1	18,9	18,3	19,0
Aandeel vers gras [%] ¹⁾	16,9	8,7	6,2	7,2	11,6	0,0
Aandeel graslandproducten [%] ¹⁾	50,3	46,8	37,7	24,9	28,4	46,3
Aandeel maïsproducten [%] ¹⁾	4,0	13,7	26,1	36,0	26,8	17,6
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten [%] ¹⁾	10,2	0,0	5,4	6,3	8,1	4,8
Aandeel krachtvoer en mineralen [%] ¹⁾	18,6	30,8	24,5	25,6	24,9	31,2
Melkproductie [kg/dier/dag] ¹⁾	21,3	26,2	23,0	27,1	25,2	29,5
Melk [%vet]	4,27	4,44	4,47	4,33	4,7	4,34
Melk [%eiwit]	3,49	3,43	3,5	3,57	3,62	3,31
Melkureumgehalte [mg/100g] ¹⁾	24	22	20	21	19	23
Fosforgehalte [mg/100g] ¹⁾	97	98	100	101	101	95
Vloer (rooster/dicht)	Rooster	Rooster	Rooster	Rooster	Dicht ²⁾	Rooster
Weidegang (dagen x uren)	210 x 8	167 * 7,4	122 x 6	180 x 4	132 x 7,6	---
Biologisch (ja/nee)	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Ras (HF/MRIJ)	HF	HF	HF	HF	HF	HF
Koeien en kansen (ja/nee)	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee
AMS (ja/nee)	Nee	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja

¹⁾ Gebaseerd op gegevens uit de Kringloopwijzer (KLW)

²⁾ Dichte vloer met kelder en met openingen en/of mestafstortplekken in de stal.

Tabel 1 (Vervolg) Selectie van kenmerken van de bemeten melkveestallen (vervolg). WLR-stallen zijn gecodeerd als WLR1 t/m WLR13, CLM-stallen als CLM1 t/m CLM5.

Kenmerk	WLR7	WLR8	WLR9	WLR10	WLR11	WLR12
Huisvestingssysteem	Traditioneel	Traditioneel	Emissiearm	Traditioneel	Traditioneel	Traditioneel
Stalindeling	0-6-0	3+2	0-6-0	2+2	1+2	1+4
Dierplaatsen (exclusief separatieruimtes)	178	190	192	192	88	87
Loopoppervlakte [m ² /dierplaats]	4,3	3,2	5,0	3,5	5,2	3,0
Mestcapaciteit [m ³]	2700	2700	3300	2360	1800	490
Voeropname [kg ds/dier/dag] ¹⁾	18,0	19,5	20,5	23,4	16,6	16,4
Aandeel vers gras [%] ¹⁾	0,0	0,0	5,4	2,0	6,7	11,1
Aandeel graslandproducten [%] ¹⁾	30,9	53,4	37,5	50,0	28,1	25,2
Aandeel maïsproducten [%] ¹⁾	26,9	17,5	18,5	5,0	28,4	24,9
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten [%] ¹⁾	11,8	1,0	3,7	31,0	7,0	5,1
Aandeel krachtvoer en mineralen [%] ¹⁾	30,4	28,1	34,9	12,0	29,8	33,7
Melkproductie [kg/dier/dag] ¹⁾	27,1	28,6	30,4	32,0	21,2	20,9
Melk [%vet]	4,28	4,4	4,29	4,04	4,69	4,48
Melk [%eiwit]	3,54	3,6	3,34	3,62	3,89	3,72
Melkureumgehalte [mg/100g] ¹⁾	22	16	20	21	25	23
Fosforgehalte [mg/100g] ¹⁾	---	101	95	105	113	109
Vloer (rooster/dicht)	Rooster	Rooster	Dicht ²⁾	Rooster	Rooster	Rooster
Weidegang (dagen x uren)	---	---	141 x 5,3	120 x 6	120 x 6	160 x 6
Biologisch (ja/nee)	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee
Ras (HF/MRIJ)	HF	HF	HF	HF	MRIJ	MRIJ
Koeien en kansen (ja/nee)	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
AMS (ja/nee)	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee

¹⁾ Gebaseerd op gegevens uit de Kringloopwijzer (KLW)

²⁾ Dichte vloer met kelder en met openingen en/of mestafstortplekken in de stal.

Tabel 1 (Vervolg) Selectie van kenmerken van de bemeten melkveestallen (vervolg). WLR-stallen zijn gecodeerd als WLR1 t/m WLR13, CLM-stallen als CLM1 t/m CLM5.

Kenmerk	WLR13	CLM1	CLM2	CLM3	CLM4	CLM5
Huisvestingssysteem	Traditioneel	Traditioneel	Emissiearm	Emissiearm	Emissiearm	Emissiearm
Stalindeling	2+2	0+4	0+6+0	2+1	0+6+0	3+3
Dierplaatsen (exclusief separatieruimtes)	160	107	252	208	192	282
Loopoppervlakte [m ² /dierplaats]	3,6	5,0	4,2	3,8	4,8	4,2
Mestcapaciteit [m ³]	1420	870	4000	3000	3700	8800
Voeropname [kg ds/dier/dag] ¹⁾	23,4	20,0	22,9	21,6	20,3	24,6
Aandeel vers gras [%] ¹⁾	0,0	11,9	0,0	0,4	8,1	19,0
Aandeel graslandproducten [%] ¹⁾	52,0	41,5	35,1	30,7	34,1	37,1
Aandeel maïsproducten [%] ¹⁾	5,0	17,5	15,3	25,9	22,8	6,1
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten [%] ¹⁾	31,0	3,7	14,1	15,9	8,6	10,0
Aandeel krachtvoer en mineralen [%] ¹⁾	12,0	25,4	35,5	27,1	26,4	27,7
Melkproductie [kg/dier/dag] ¹⁾	31,2	23,0	29,5	29,4	23,8	29,0
Melk [%vet]	4,13	4,69	4,24	4,27	4,36	4,31
Melk [%eiwit]	3,62	3,63	3,53	3,5	3,51	3,52
Melkureumgehalte [mg/100g] ¹⁾	21	18	18	24	19	22
Fosforgehalte [mg/100g] ¹⁾	106	101	99	97	100	100
Vloer (rooster/dicht)	Rooster	Rooster	Dicht ²⁾	Dicht ³⁾	Dicht ²⁾	Dicht ²⁾
Weidegang (dagen x uren)	---	155 x 8,5	---	---	120 x 6	---
Biologisch (ja/nee)	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Ras (HF/MRIJ)	HF	HF	HF	HF	HF	HF
Koeien en kansen (ja/nee)	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
AMS (ja/nee)	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja

¹⁾ Gebaseerd op gegevens uit de Kringloopwijzer (KLW)

²⁾ Dichte vloer met kelder en met openingen en/of mestafstortplekken in de stal.

³⁾ Dichte vloer met kelder maar zonder openingen en/of mestafstortplekken in de stal.

2.2 Metingen

2.2.1 Meetstrategie

De emissies van NH_3 , CH_4 en N_2O zijn voor zowel de continue- als voor de referentiemetingen volgens de tracergas ratiomethode bepaald met CO_2 als door dier en mest geproduceerde tracergas (zie hoofdstuk 2.3). Deze methode vereist representatieve metingen van de concentraties van zowel de tracer (CO_2) als van het te meten gas (NH_3 , CH_4 , N_2O) in zowel de lucht die de stal verlaat (in de stal) als de binnenkomende lucht (buiten de stal).

Voor de metingen in de stal is op alle meetlocaties in de lengte van de stal, ongeveer in het midden (zowel qua hoogte als stalbreedte) een monsternameleiding (polyethyleen (PE) of Teflon) met een aantal bemonsteringspunten geplaatst. Zo wordt een gemengd luchtmonster met een gemiddelde stalluchtconcentratie genomen (Figuur 2.2). Het aantal bemonsteringspunten in deze leiding is afhankelijk van de lengte van de stal, met als voorwaarde een maximale afstand tussen bemonsteringspunten van 10 meter.

Alle bemonsteringspunten zijn voorzien van kritische openingen en voorzien van een stoffilter (Figuur 2.2) om een constante en gecontroleerde monsternameflow door alle meetpunten mogelijk te maken. Bij de CLM -bedrijven was de aangezogen flow per meetpunt ongeveer 300 ml/min, voor de WLR-bedrijven varieerde dit (tussen bedrijven) tussen 400-500 ml/min. De monsternameleiding is aangesloten op een meetbuis (CLM: buffervat), waarin de meetapparatuur voor continue concentratiemetingen is geplaatst of lucht uit neemt.

Op de meetbuis of buffervat zijn een aantal tappunten aangebracht om bij de referentiemetingen dezelfde lucht te bemonsteren als bij de continue metingen. De stallucht wordt met behulp van een pomp (WLR: LABOPORT® Membraan vacuümpomp model N840.1.2FT.18, KNF Verder BV; CLM: LABOPORT® Membraan vacuümpomp model N816.3 KT.18, KNF Verder BV) via de monsternameleiding en meetbuis aangezogen. Met de gebruikte pomp en kritische openingen wordt altijd een overflow gegarandeerd die voldoende is om, gelijktijdig aan de continue metingen ook de referentiemetingen uit te kunnen voeren. De apparatuur (meetbuis, evenals de CO_2 -, CH_4 - en NH_3 -meetinstrumenten voor stalluchtconcentraties), is op een zolder in de stal, in een schone ruimte (e.g. tanklokaal of kantoor), of in een industriële meetkast in de stal geplaatst.



Figuur 2.2 Meetopstelling met monsternameleiding. Links: voorbeeld monsternameleiding in de stal. Rechts: voorbeeld van monsternamepunt met kritische opening en stoffilter.

De NH_3 -, CH_4 - en CO_2 -concentraties in de buitenlucht zijn op de CLM bedrijven (semi-)continue gemeten door afwisselend stallucht en buitenlucht aan de analyzers (zie 2.2.2.2) aan te bieden. Op de WLR-bedrijven is dat voor wat betreft de NH_3 - en CH_4 -concentraties niet gebeurd. Aangezien de buitenluchtconcentraties nodig zijn voor de bepaling van de emissies op dagbasis (zie hoofdstuk 2.3), is de volgende procedure (gebaseerd op de concentraties die gemeten zijn tijdens de referentiemetingen) toegepast om op dagbasis een waarde voor de buitenluchtconcentraties van NH_3 en CH_4 te bepalen:

- We definiëren een meetperiode als de periode tussen 2 referentiemetingen: aan het begin van een meetperiode is een referentiemeting voor de buitenluchtconcentraties uitgevoerd, aan het einde van de meetperiode is ook een referentiemeting voor de buitenluchtconcentraties uitgevoerd.
- Voor alle meetdagen tussen die twee referentiemetingen wordt de buitenluchtconcentratie gelijk gesteld aan de gemiddelde waarde van die twee referentiemetingen

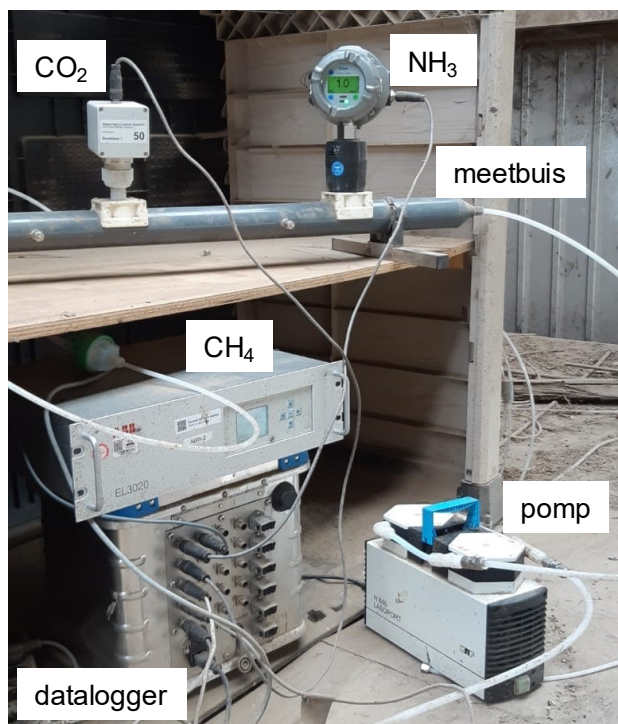
De CO₂-concentraties in de buitenlucht zijn wel continue gemeten met een aparte sensor (zie 2.2.2.1) en worden, na kalibratie (lab- en veldkalibratie; zie hoofdstuk 2.2 Meetapparatuur), gebruikt voor de emissieberekeningen.

2.2.2 Meetapparatuur

2.2.2.1 Meetapparatuur voor continue metingen door WLR

Voor de continue metingen zijn door WLR de volgende instrumenten gebruikt (Figuur 2.3):

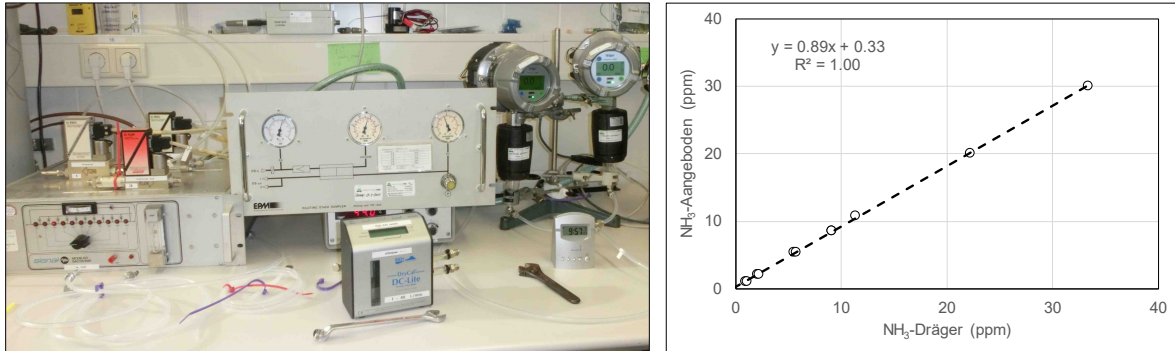
- NH₃: Dräger Polytron® 8000 (Dräger Safety AG & Co. KGaA, Duitsland). Deze elektrochemische sensoren zijn via openingen in het meetbuis geplaatst, zodat ze in de stroom van het gemengde stallucht in de meetbuis de lucht passief kunnen bemonsteren.
- CO₂: Vaisala CARBOCAP® Carbon Dioxide Probe GMP252 (Vaisala GmbH, Duitsland). Deze NDIR (Non-Dispersive Infrared) sensoren zijn via openingen in het meetbuis geplaatst, zodat ze in de stroom van de gemengde stallucht in de meetbuis de lucht passief kunnen bemonsteren.
- CH₄: ABB-Uras26 (ABB, Duitsland). Deze NDIR monitoren zijn via een PE-slang bij een van de tappunten in de meetbuis aangesloten. Via een interne pomp wordt lucht uit het meetbuis met een flow van ca. 1L/min aangezogen en door de meetcel in de monitor geleid om de CH₄-concentratie te bepalen.
- Klimaatgegevens (temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%)) in de stallucht (1 meetpunt midden in de stal) werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Vaisala HMP60; Vaisala GmbH, Duitsland). De klimaatgegevens buiten de stal (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid, windrichting) werden uit de dichtstbijzijnde KNMI-weerstation opgehaald.
- De gemeten concentraties en klimaatgegevens in de stal werden elke 5 minuten in een datalogstelsysteem (CR1000X; Campbell Scientific Inc., Logan, VS) opgeslagen.



Figuur 2.3 Meetopstelling WLR voor continue metingen.

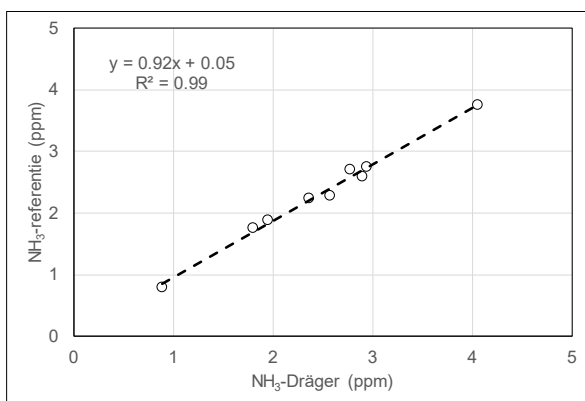
In Bijlage 2 worden deze instrumenten en het bijbehorende meetprincipe kort beschreven. Alle instrumenten zijn op twee verschillende manieren gecontroleerd:

- In het lab (labkalibratie; Figuur 2.4). De instrumenten zijn in het lab tegen standaard kalibratiegassen (gouden standaard) gekalibreerd. Met behulp van een verdunningsapparaat zijn van de standaard kalibratiegassen verschillende concentraties aangemaakt en aan de meetinstrumenten aangeboden. Op basis van het signaal van de meetinstrumenten en de aangeboden concentratie (kalibratiegassen) werd per instrument een lineaire regressieanalyse ($y = a * x + b$) uitgevoerd om de parameters a en b te bepalen.



Figuur 2.4 Links: Meetopstelling voor de kalibratie van NH₃ Dräger-sensoren in het Air Quality Laboratorium (AQL) van Wageningen Livestock Research (WLR). Rechts: regressielijn voor een van de NH₃ Dräger-sensoren.

- In de praktijk (veldkalibratie). De instrumenten zijn in de praktijk tegen referentieapparatuur (zie 2.2.2.3) gekalibreerd. Zoals in hoofdstuk 2.1 is aangegeven, zijn op de meetbuis (waar de apparatuur voor continue metingen zijn aangesloten) een aantal tappunten aangebracht om bij de referentiemetingen dezelfde lucht te bemonsteren als bij de continue metingen. Op basis van het gemeten signaal van de meetinstrumenten, gecorrigeerd voor de labkalibratie en omgezet naar een concentratiewaarde, en de gemeten concentraties bij de referentieapparatuur, is een lineaire regressieanalyse ($y = a * x + b$; Figuur 2.5) uitgevoerd om de parameters a en b te bepalen. Deze regressielijn wordt dan gebruikt om de concentraties bij de continue metingen te corrigeren (kalibreren).



Figuur 2.5 Regressielijn (veldkalibratie) van een van de NH₃ Dräger-sensoren in de praktijk.

2.2.2.2 Meetapparatuur voor continue metingen door CLM

CLM maakt gebruik van meetapparatuur van FarmGasLive (Figuur 2.6 en Bijlage 2):

- NH₃-en CO₂-monitor (LSE). Met deze monitor werden zowel de NH₃- als de CO₂-concentraties gemeten. Voor NH₃ wordt gebruik gemaakt van het foto-akoestische meetprincipe met infrarood laser (LSE-NH₃ 1700). Voor CO₂ wordt gebruik gemaakt van het NDIR-meetprincipe (Vaisala GMP 251, Vaisala GmbH, Duitsland). Deze monitor heeft twee meetingen en switch elk half uur tussen meetingen. Eén van de meetingen werd via een Teflon-slang op het buffervat aangesloten. Op de andere meetingang werd een leiding aangesloten die

rechtstreeks naar buiten de stal loopt, om de buitenlucht te kunnen bemonsteren. Met behulp van een interne pomp werd elke minuut via één van de twee ingangen een monster uit het buffervat of uit de buitenlucht genomen van 30-60 ml dat in de meetkamer van het instrument werd geanalyseerd.

- CH₄-en CO₂-monitor (LSE). Met deze monitor werden zowel de CH₄- als de CO₂-concentraties gemeten. Voor CH₄ wordt gebruik gemaakt van het foto-akoestische meetprincipe met infrarood laser. Verder is deze monitor gelijk aan de NH₃-monitor.



Vooraanzicht meetopstelling

1. aanzuigleiding stallucht
2. pomp aanzuiging stallucht
3. meetbuis/buffervat stallucht
4. achteraanzicht buffervat
5. aftappunten voor referentiemetingen
6. CH₄-analyser
7. NH₃-analyser
8. Scherm met live meetwaarden



Achteraanzicht meetopstelling

Figuur 2.6 Meetopstelling CLM voor continue metingen.

2.2.2.3 Meetapparatuur voor referentiemetingen door WLR

Minimaal zesmaal, verdeeld over een jaar zijn door WLR op alle meetlocaties in zowel de stallucht als in de binnenkomende (buiten)lucht concentratiemetingen met een minimum duur van 24 uur volgens referentiemethoden uitgevoerd. Deze referentiemetingen zijn voor elk meetpunt in duplo uitgevoerd. De volgende referentiemethoden zijn gebruikt:

- NH₃: nat-chemische methode (Figuur 2.7) volgens Mosquera e.a. (2019), met spectrofotometrische bepaling in het laboratorium van Wageningen Livestock Research (WLR).
- CO₂, CH₄ en N₂O: longmethode (Figuur 2.8) volgens Mosquera e.a. (2020) met analyse van de monsterlucht met gaschromatografie in het laboratorium van WLR.



Figuur 2.7 Meetopstelling WLR voor NH₃-referentiemetingen. Links: wasflessen. Midden: Droge gasstroommeter (DryCal® Defender 510-m, Bios Int. Corp, VS). Rechts: pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS), monsternaleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (diameter: 8 mm; lengte: 80 mm), gehuisvest in a roestvrijstaal container voor bescherming).



Figuur 2.8 Meetopstelling WLR voor broeikasgas-referentiemetingen (via longmethode). Gesloten vaten met 40 liter Nalophan monsternazakken voor luchtbemonstering, monsternameleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (binnendiameter: 8 mm; lengte: 80 mm), ondergebracht in een roestvrijstalen container voor bescherming; flow: ~ 20 ml/min). Lucht wordt met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS) uit het vat gezogen, waardoor de lucht in de zakken wordt aangezogen.

2.2.2.4 Management en diergegevens

Gedurende de gehele onderzoeksperiode zijn op alle meetlocaties ook de volgende gegevens geregistreerd:

- Aantal aanwezige dieren per leeftijdscategorie (elke twee weken)
- Gemiddelde gewicht (en wanneer van toepassing groei) van de aanwezige dieren (indien beschikbaar, elke twee weken)
- Wanneer van toepassing, gemiddelde melkproductie per dier en melksamenstelling (elke twee weken)
- Rantsoensamenstelling (op basis van gegevens uit de KringloopWijzer)

Daarnaast zijn voor alle melkveelocaties de KringloopWijzer gebruikt om de jaargemiddelden voor alle locaties te kunnen vergelijken.

2.3 Verwerking gegevens

2.3.1 Emissieberekening

De ammoniakemissies (E_i ; in kg/jaar per dierplaats) werden per meetdag ($i=1, 2, \dots, n$) bepaald op basis van de geschatte CO_2 -productie in de stal (PCO_{2i} ; in $m^3 CO_2/$ uur) en de gemiddelde CO_2 -, NH_3 -, CH_4 - of N_2O -concentratie (24-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C^{stal}_i ; in mg/m^3) en in de ingaande lucht (C^{buiten}_i ; in mg/m^3) volgens:

$$E_i = PCO_{2i} * \frac{C_i^{stal} - C_i^{buiten}}{(CO_2)_i^{stal} - (CO_2)_i^{buiten}} * \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} * \frac{24 \text{ uur}}{1 \text{ dag}} * \frac{365 \text{ dagen}}{1 \text{ jaar}} * \frac{1}{\text{dierplaats}}$$

De CO_2 -productie in de stal werd berekend met behulp van de CIGR rekenregels (Pedersen and Sällvik, 2002; Pedersen e.a., 2008), op basis van het gemiddelde gewicht van de dieren (m ; kg), de gemiddelde drachtijd (p ; dagen in dracht), de melkproductie (Y_1 ; kg melk/dag per dier), en bij jongvee de gewichtstoename (Y_2 ; kg/dag) en energiewaarde van het voer (M ; MJ/kg drogestof). De gebruikte rekenregels zijn:

$$PCO_2 (\text{melkgevende koeien}) = a * (5,6 * m^{0,75} + 22 * Y_1 + 1,6 * 10^{-5} * p^3) / 1000$$

$$PCO_2 (\text{droge koeien}) = a * (5,6 * m^{0,75} + 1,6 * 10^{-5} * p^3) / 1000$$

$$PCO_2 (\text{jongvee, drachtig}) = a * \left(7,64 * m^{0,69} + Y_2 * \left(\frac{23}{M} - 1 \right) * \left(\frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_2} \right) + 1,6 * 10^{-5} * p^3 \right) / 1000$$

$$PCO_2 (\text{jongvee, niet drachtig}) = a * \left(7,64 * m^{0,69} + Y_2 * \left(\frac{23}{M} - 1 \right) * \left(\frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_2} \right) \right) / 1000$$

De parameter a geeft aan wat de verwachte CO₂-productie per hpu⁴ is. Volgens Pedersen et al. (2002) moet bij melkvee voor metingen op stalniveau een waarde van $a = 0,2$ m³ CO₂/uur per hpu aangenomen worden. Melkproductie (en –samenstelling) wordt altijd gemeten en gerapporteerd. De andere benodigde parameters (diergewicht, dagen in dracht en, voor jongvee, de energiewaarde van het voer en de gewichtstoename), worden bij voorkeur op basis van metingen op de meetlocaties vastgesteld. Wanneer deze niet beschikbaar zijn werden de standaardwaarden van Tabel 2 voor het CO₂-productiemodel gebruikt.

Tabel 2 Standaardwaarden voor een aantal productiegegevens voor de CO₂-productiemodel (Ogink et al., 2017).

Diercategorie	Gewicht (kg)	Dagen in dracht (dagen)	Energiewaarde voer (MJ/k ds)	Gewichtstoename (kg/dag)
Melkgevende koeien	650	160	---	---
Droge koeien	650	220	---	---
Jongvee, drachtig	400	140	10	0,6
Jongvee, niet drachtig	250	---	10	0,6

De totale CO₂-productie in de stal (m³ CO₂/uur) bij een standaardtemperatuur van 20 °C wordt bepaald als:

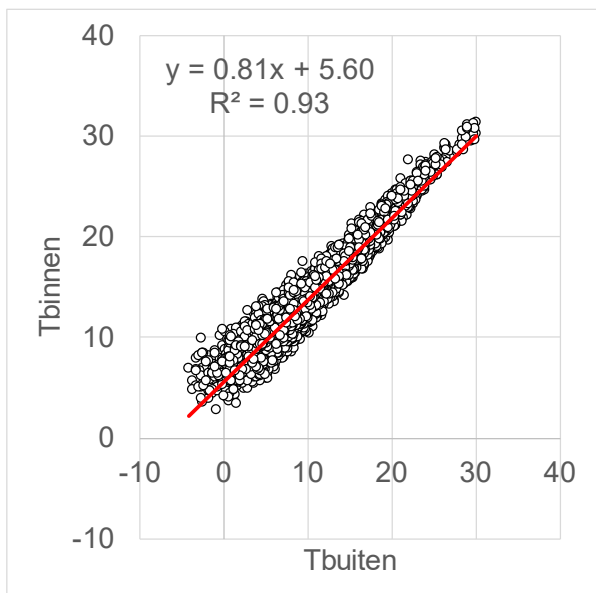
$$PCO_2 = PCO_2 (\text{melkgevende koeien}) * \text{aantal melkgevende koeien} \\ + PCO_2 (\text{droge koeien}) * \text{aantal droge koeien} \\ + PCO_2 (\text{jongvee, drachtig}) * \text{aantal jongvee (drachtig)} \\ + PCO_2 (\text{jongvee, niet drachtig}) * \text{aantal jongvee (niet drachtig)}$$

Aangezien tijdens de metingen de staltemperatuur (t_{stal}) anders is dan 20°C, moet een correctiefactor worden toegepast om de werkelijke CO₂-productie PCO₂ in de stal te bepalen:

$$PCO_2 = PCO_2 * (1000 + 4 * (20 - t_{stal})) / 1000$$

Bij een aantal locaties (WLR5, CLM1 t/m CLM5) is de temperatuur in de stal niet gemeten. Aangezien de staltemperatuur nodig is om de bovengenoemde correctie toe te passen, is voor deze bedrijven de staltemperatuur geschat op basis van de buitentemperatuur bij de dichtstbijzijnde KNMI-weerstation en de relatie tussen de staltemperatuur en de buitentemperatuur op de overige bedrijven (Figuur 2.9).

⁴ hpu (heat producing unit) staat voor 1000 W voelbare, metabolische warmteproductie



Figuur 2.9 Relatie tussen de gemeten staltemperatuur (T_{binnen}) en de temperatuur buiten de stal (T_{buiten}) bij de dichtstbijzijnde KNMI-weerstation.

Aangezien de meetperiode (oktober 2018 – februari 2020) meer dan 12 maanden bevat, en om rekening te houden met meer koude dan warme maanden in de dataset, zijn de gemiddelde waarden per locatie bepaald door:

- De meetdata te verdelen over zes perioden van twee maanden in een jaar (e.g. januari-februari, maart-april,...).
- Vervolgens voor elk van die zes perioden een gemiddelde emissiewaarde (per locatie) te bepalen.
- Tenslotte het gemiddelde van die zes perioden te nemen om de emissie op jaarbasis per locatie te bepalen.

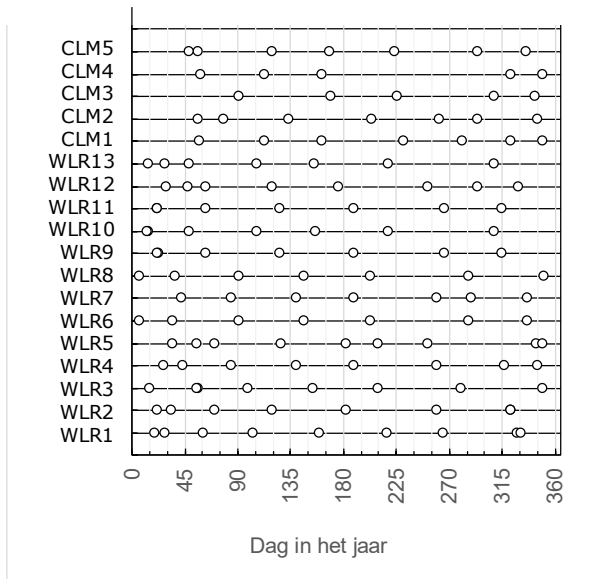
2.3.2 Statistische toetsing

De uitkomsten van de emissieberekeningen per bedrijf zijn getoetst op verschillen tussen de subgroepen vloer (rooster of dicht), ras (HF of MRIJ) en deelname aan Koeien en Kansen met een variantieanalyse op het natuurlijke logaritme van de emissie per meting met bedrijf als 'block'. Daarvoor is gebruik gemaakt van de ANOVA procedure in Genstat 19th edition. Daarnaast is de variatie tussen bedrijven en binnen bedrijven uitgedrukt als variatiecoëfficiënt.

3 Resultaten

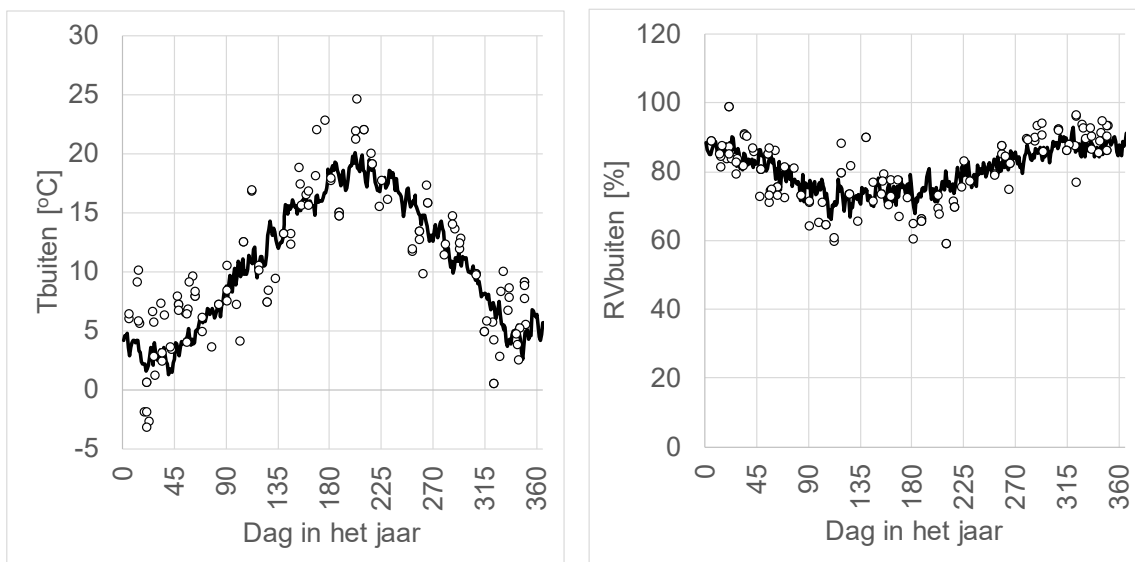
3.1 Meetomstandigheden

In de periode van oktober 2018 – februari 2020 zijn op 18 melkveelocaties 130 referentiemetingen uitgevoerd om de emissies van NH₃, CH₄ en N₂O te bepalen. Bij elke melkveelocatie zijn minimaal 5 en maximaal 9 metingen uitgevoerd. Deze metingen zijn volgens de richtlijnen van huidige meetprotocollen (Ogink et al., 2017; VERA, 2018) per locatie evenredig over het jaar verdeeld (Figuur 3.1). In tabel 6 is in overzicht van de gemiddelde waarden en standaarddeviatie van de totale groep opgenomen.



Figuur 3.1 Verdeling over het jaar van de referentiemetingen per bedrijf, aangeduid met stalcode (zie Tabel 1) op de verticale as.

In figuur 3.2 wordt de gemeten buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid voor alle referentiemetingen vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 2009-2018 bij het KNMI-weerstation De Bilt. In Tabel 3 worden de gemiddelde waarden per locatie weergegeven. Figuur 3.2 laat een grote spreiding zien in de buitentemperatuurwaarnemingen voor de individuele metingen ten opzichte van de meerjarige jaargemiddelden van het KNMI. De gemiddelde buitentemperatuur van alle referentiemetingen over alle meetlocaties (10,0 °C) was iets lager dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,6 °C) en de relatieve luchtvochtigheid (80,4 %) vergelijkbaar met het langjarige gemiddelde in Nederland (80,3%). De windsnelheid over alle referentiemetingen (3,5 m/s) was ook vergelijkbaar met het langjarige gemiddelde in Nederland (3,4 m/s). Tabel 3 laat een grote variatie in buitentemperatuur tussen bedrijven zien (de buitentemperatuur varieert voor de referentiemetingen tussen 6,9 °C en 12,9 °C). Voor de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid zijn de verschillen tussen bedrijven kleiner.



Figuur 3.2 Buitentemperatuur (links) en relatieve luchtvochtigheid (rechts) bij de referentiemetingen op alle meetlocaties vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 2009-2018 bij het KNMI-weerstation De Bilt (www.knmi.nl; als lijn weergegeven).

Tabel 3 Klimaatgegevens tijdens de referentiemetingen voor alle meetlocaties: windsnelheid (WS), temperatuur buiten (T-buiten) en in de stal (T-stal), en relatieve luchtvochtigheid buiten (RV-buiten) en in de stal (RV-stal). WS, T-buiten en RV-buiten zijn afkomstig van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation.

Code	T-stal	RV-stal	T-buiten	RV-buiten	WS
WLR1	13,6	79,2	9,3	79,8	3,7
WLR2	11,2	79,4	7,8	79,3	3,8
WLR3	13,2	75,5	10,9	77,0	3,6
WLR4	13,3	73,4	8,4	83,1	2,4
WLR5	n.g.	n.g.	9,6	79,1	3,6
WLR6	13,9	78,2	10,6	80,8	4,4
WLR7	14,1	84,4	10,6	83,8	2,3
WLR8	14,0	84,8	10,6	83,2	4,9
WLR9	11,6	76,2	6,9	80,7	3,6
WLR10	14,2	78,6	11,3	79,3	3,7
WLR11	11,1	78,3	6,9	80,9	3,6
WLR12	15,0	79,8	10,3	80,4	3,6
WLR13	15,5	74,4	11,3	78,1	3,8
CLM1	n.g.	n.g.	10,8	80,9	2,6
CLM2	n.g.	n.g.	9,9	80,7	2,5
CLM3	n.g.	n.g.	12,9	78,2	3,5
CLM4	n.g.	n.g.	10,4	78,9	2,8
CLM5	n.g.	n.g.	10,8	82,9	4,7

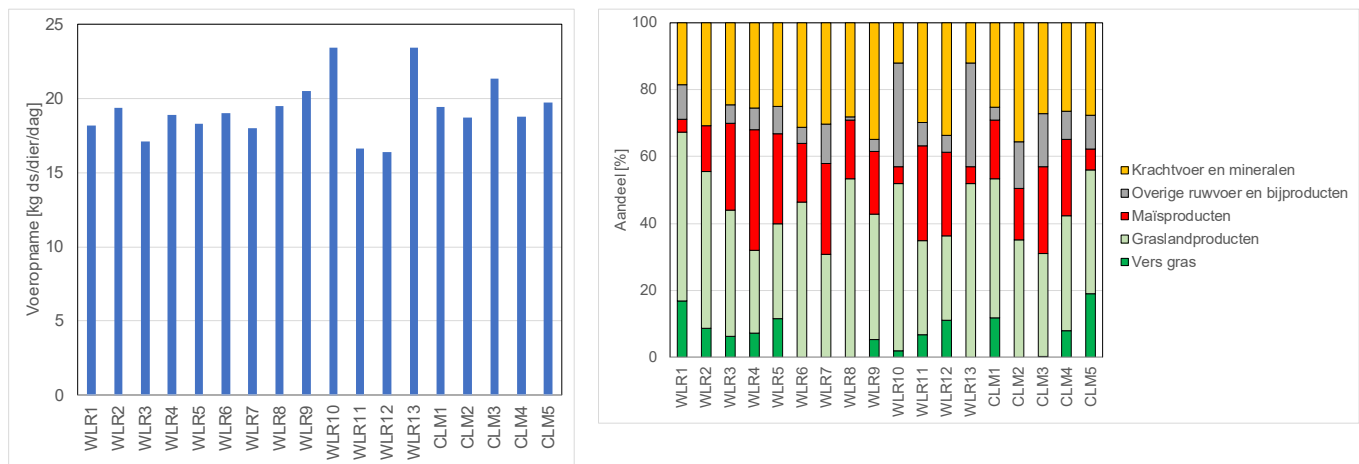
De bezetting in de stal (aantal aanwezige dieren ten opzichte van aantal ligboxen) was gemiddeld 92% (Tabel 4) en varieerde (tussen locaties) tussen 78% (22% onderbezetting) en 122% (22% overbezetting). Er zijn geen ligboxen afgesloten of vloeroppervlak afgedekt tijdens de metingen. Het aantal droogstaande dieren was voor alle meetlocaties gemiddeld lager dan 25% (Tabel 4; gemiddeld: 9%, met een variatie tussen locaties tussen 0% en 17%) en het aantal stuks drachtig jongvee was (met uitzondering van twee locaties) lager dan 30% van het aantal melkkoeien (droogstaand plus melkgevend) (gemiddeld: 9%, variatie tussen 0% en 51% tussen locaties; zie Tabel 4). Het ureumgehalte in de tankmelk tijdens de referentiemetingen was gemiddeld over alle locaties 21 mg/100 g melk, variërend tussen meetlocaties van gemiddeld 15 tot gemiddeld 26 mg/100 g, (zie Tabel 4). De gemiddelde melkgift was tijdens de referentiemetingen altijd hoger dan 20 kg melk/dag

per koe (Tabel 4; gemiddeld: 30 kg melk/dag per koe; variatie tussen meetlocaties tussen 24 en 35 kg melk/dag per koe).

Tabel 4 Dier- en melkgegevens tijdens de referentiemetingen voor alle meetlocaties.

Code	Bezetting (%)	Aandeel jongvee (%)	Aandeel droge koeien (%)	Melkproductie (kg/dier/dag)	Melkureumgehalte (mg/100g)
WLR1	81	16	11	24,3	22,3
WLR2	92	13	17	29,9	24,0
WLR3	78	0	10	30,2	19,5
WLR4	102	5	2	31,3	21,1
WLR5	92	22	15	29,5	18,7
WLR6	89	51	11	34,0	22,1
WLR7	97	0	0	32,4	21,9
WLR8	89	38	9	31,3	15,3
WLR9	84	0	13	34,8	19,1
WLR10	87	0	7	30,9	20,3
WLR11	122	0	5	24,2	25,3
WLR12	92	21	15	23,8	21,3
WLR13	80	0	13	31,4	22,6
CLM1	95	0	10	26,0	17,6
CLM2	89	0	0	32,5	17,9
CLM3	82	1	7	32,6	25,6
CLM4	94	0	1	27,0	18,0
CLM5	104	0	13	34,0	21,6

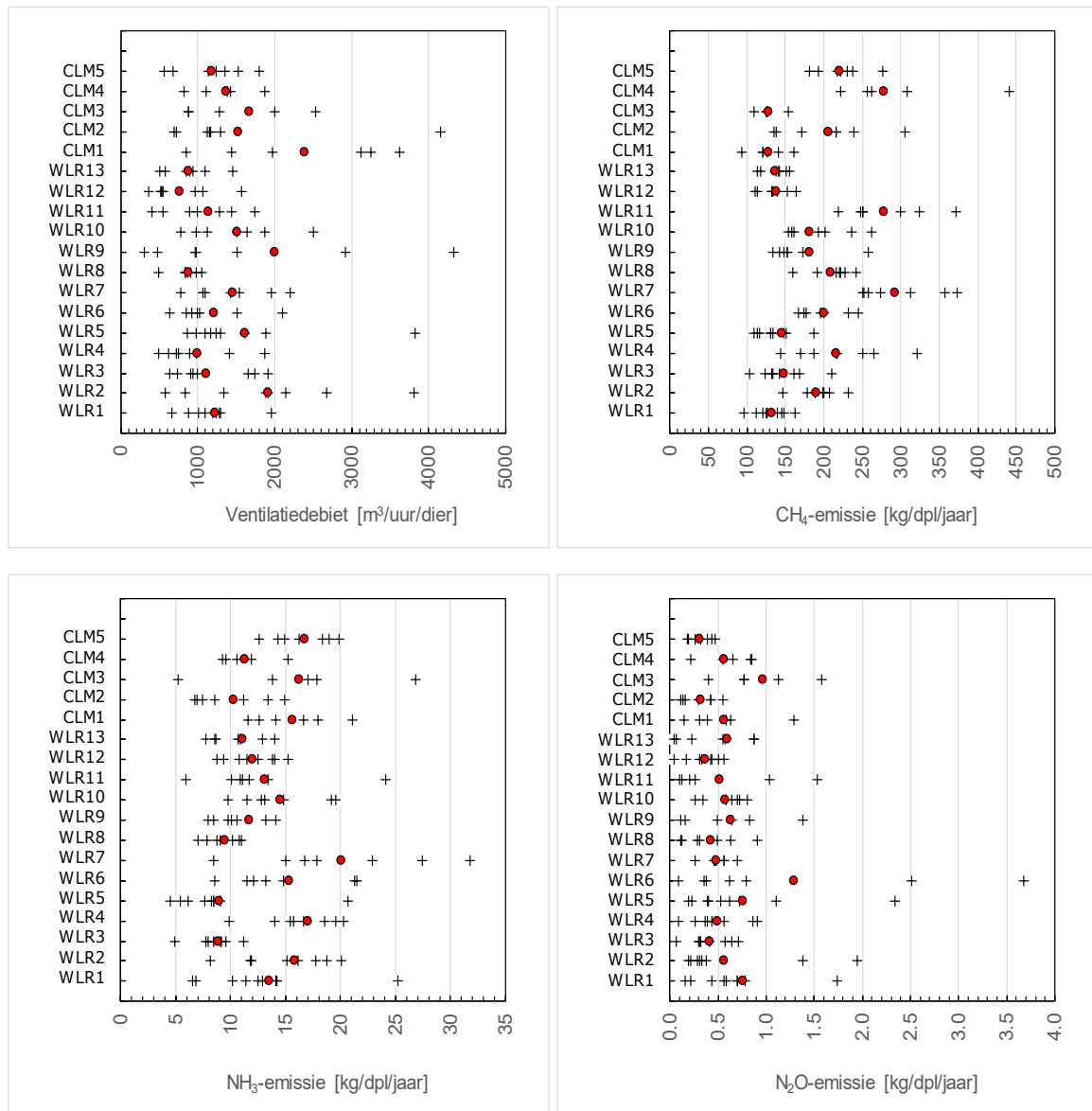
Het rantsoen (Figuur 3.3) bestond volgens gegevens uit de Kringloopwijzer gedurende alle metingen voor meer dan 50% uit ruwvoer. Er is wel een groot verschil in aandeel gras/maïs tussen meetlocaties.



Figuur 3.3 Voeropname (links) en voersamenstelling (rechts; aandeel op ds-basis per jaar) voor alle meetlocaties volgens KringloopWijzer.

3.2 Meetresultaten

In Figuur 3.4 worden (per bedrijf) de gemeten ventilatiedebiet en emissie van CH₄, NH₃ en N₂O weergegeven. De spreiding is zowel binnen als tussen bedrijven groot voor zowel het ventilatiedebiet als voor de emissies. In tabel 6 is in overzicht van de gemiddelde waarden en standaarddeviatie van de totale groep opgenomen.



Figuur 3.4 Ventilatie-debiet en emissies van CH₄, NH₃ en N₂O tijdens de referentiemetingen bij alle meetlocaties. De rode punten zijn de gemiddelde waarde per locatie voor alle op die locatie uitgevoerde referentiemetingen.

De variatie binnen bedrijven en tussen bedrijven is in Tabel 5 weergegeven als variatiecoëfficiënt.

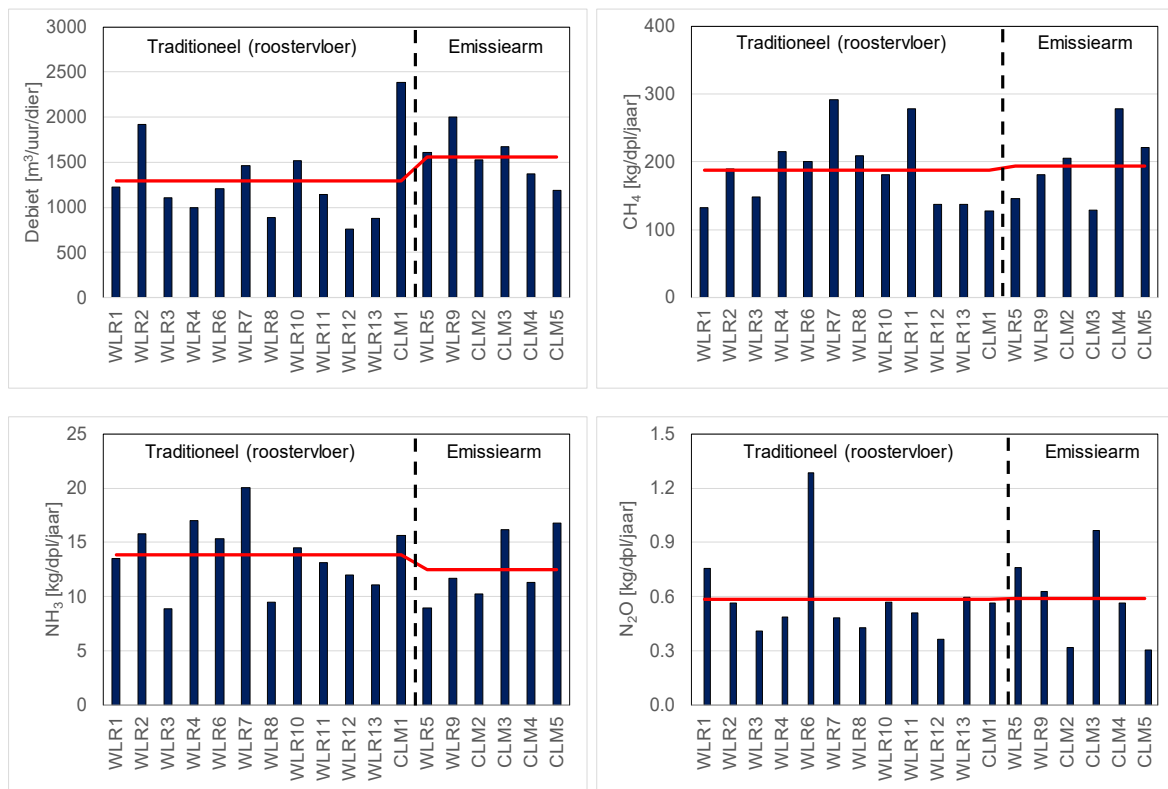
Tabel 5 Variatiecoëfficiënten (CV) per gas tussen en binnen bedrijven (%).

Emissie	CV-tussen	CV-binnen
NH ₃	20,8	32,4
CH ₄	28,1	18,8
N ₂ O	10,4	96,1

Er zijn verschillende variabelen die de emissies van NH₃, CH₄ en N₂O kunnen beïnvloeden of verklaren. Sommige variabelen kunnen van invloed zijn op of verklaren (een deel van) de variatie tussen bedrijven (bv. huisvestingsstelsel, ras of deelname aan Koeien en Kansen). Andere variabelen kunnen ook invloed hebben op of verklaren (een deel van) de variatie binnen bedrijven (bv. klimaat, rantsoensamenstelling en melkproductie of -samenstelling). Bij de selectie van bedrijven is voor een aantal variabelen bewust voor variatie gekozen. Dat zijn het huisvestingsstelsel (traditioneel met roostervloer of met emissiearme vloer), deelname aan het project Koeien en Kansen en ras (HF of MRIJ). In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde emissies en de waarden van deze variabelen en in onderstaande paragrafen worden verschillen in resultaten toegelicht.

3.2.1 Huisvestingsstelsel

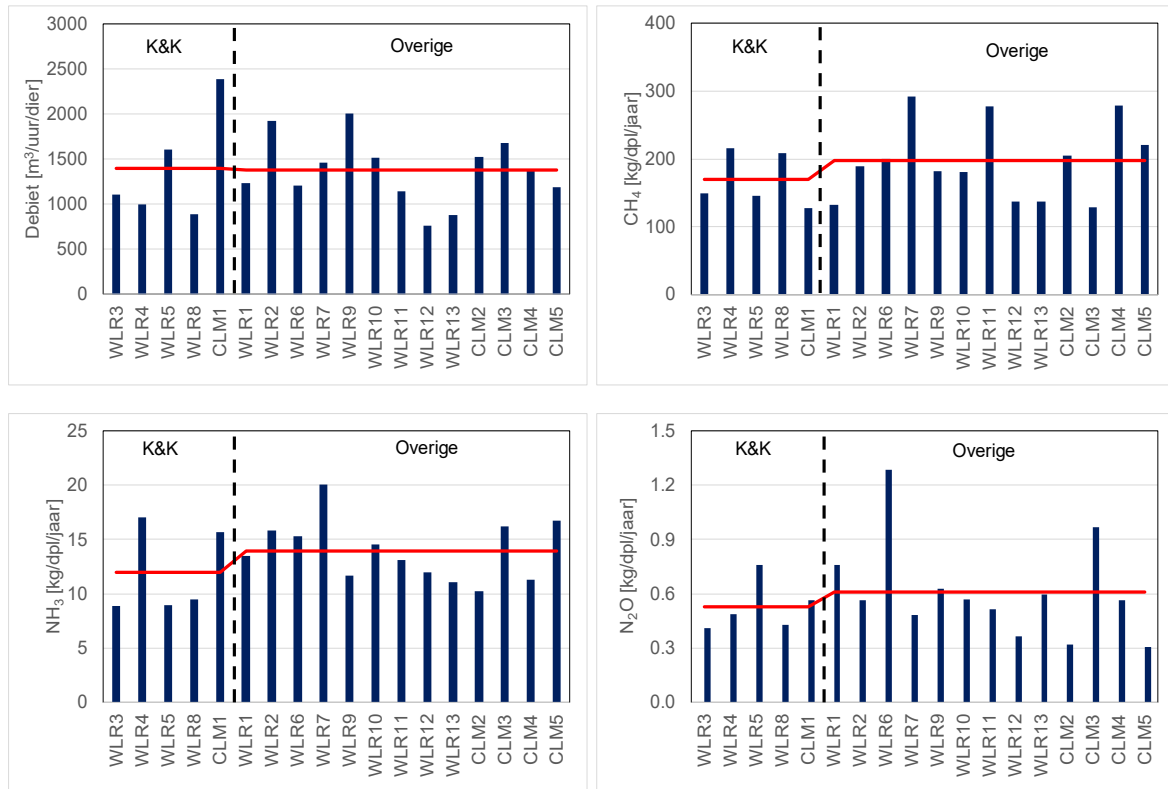
Over het algemeen waren de omstandigheden waaronder de referentiemetingen zijn uitgevoerd, vergelijkbaar voor de 12 locaties met een traditioneel roostervloersysteem en de 6 locaties met een emissiearm dichte vloer (Tabel 6). Alleen de binnentemperatuur was bij locaties met een traditionele roostervloer beduidend hoger (+2 °C) dan bij locaties met een emissiearm dichte vloer. Gemiddeld over alle metingen was de oppervlakte per dier (niet significant) groter bij traditionele locaties dan bij locaties met een dichte vloer, het aandeel droge koeien was juist (niet significant) groter bij locaties met een emissiearm dichte vloer dan bij locaties met een traditionele roostervloer. De emissies van CH₄ en N₂O waren voor traditionele roostervloer en emissiearme (dichte vloer) systemen vergelijkbaar (Tabel 6 en Figuur 3.5). De emissie van NH₃ was bij traditionele roostervloersystemen groter dan bij dichte vloeren, terwijl het ventilatiedebiet juist lager was (Tabel 6 en Figuur 3.5). Door de grote spreiding tussen bedrijven zijn deze verschillen (in ventilatiedebiet en NH₃-emissie) echter niet significant.



Figuur 3.5 Gemiddelde ventilatiedebiet en emissies van CH₄, NH₃ en N₂O tijdens de referentiemetingen bij alle meetlocaties. De rode lijn geeft het gemiddelde waarde per behandeling (traditionele roostervloer vs. emissiearm dichte vloer).

3.2.2 Koeien en Kansen

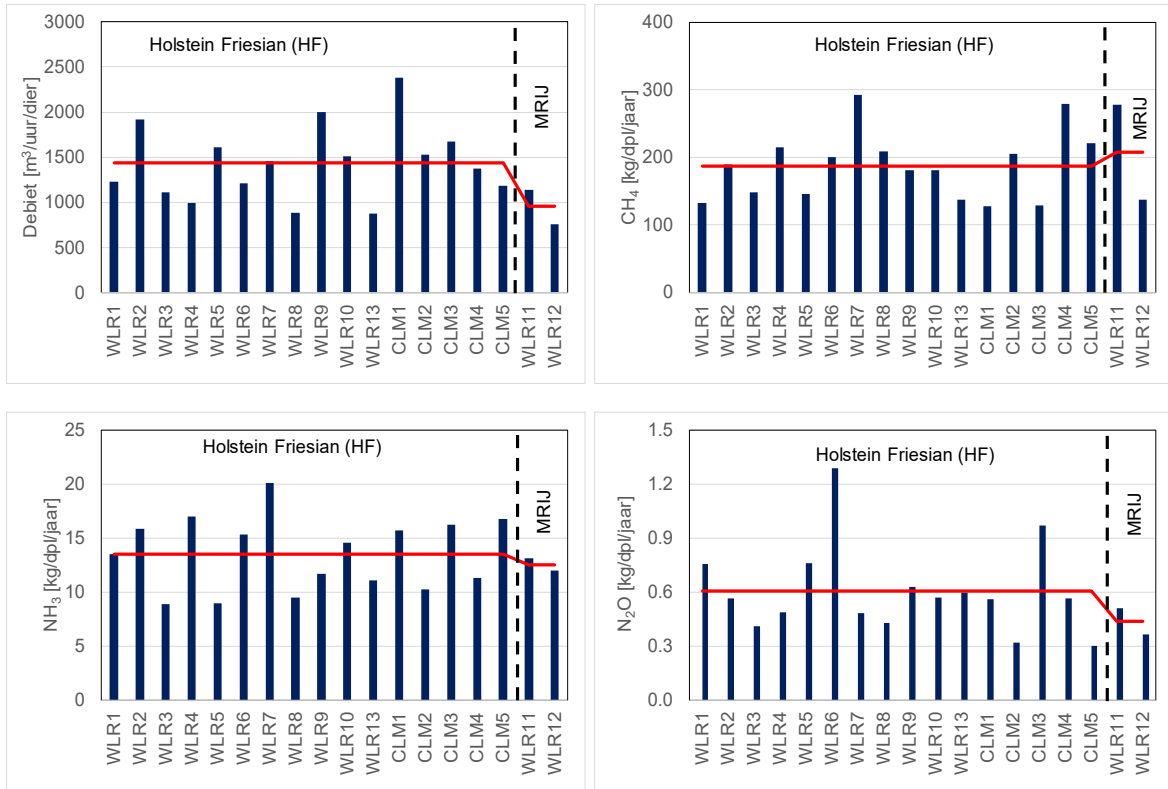
Ook bij de parameter "Koeien en Kansen" waren de omstandigheden tijdens de metingen voor de 5 Koeien en Kansen meetlocaties en de 13 overige locaties vergelijkbaar (Tabel 6). Het aandeel droge koeien voor de Koeien en Kansen meetlocaties was groter, en de oppervlakte per dier en melkureumgehalte lager dan bij de overige meetlocaties, maar de verschillen zijn door de grote spreiding in de meetgegevens niet significant. Het ventilatiedebiet was vergelijkbaar, terwijl de emissies van NH_3 , CH_4 en N_2O bij de overige meetlocaties groter waren dan bij de Koeien en Kansen locaties (Tabel 6 en Figuur 3.6), maar ook hier zijn de verschillen niet significant.



Figuur 3.6 Gemiddelde ventilatiedebiet en emissies van CH_4 , NH_3 en N_2O tijdens de referentiemetingen bij alle meetlocaties. De rode lijn geeft het gemiddelde waarde per behandeling ("Koeien en Kansen (K&K)" meetlocaties vs. overige meetlocaties).

3.2.3 Ras

Bij de parameter ras zijn er meer verschillen te zien tussen de omstandigheden tijdens de metingen voor de 16 locaties met Holstein dieren en de 2 MRIJ-locaties (Tabel 6). Over het algemeen waren bij de twee MRIJ-locaties de dierbezetting, oppervlakte per dier en melkureumgehalte groter dan bij de locaties met Holstein dieren, hoewel de verschillen niet significant zijn. De melkproductie was beduidend hoger bij locaties met Holstein dieren dan bij MRIJ-locaties. Over het algemeen waren bij locaties met Holstein dieren het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en N_2O hoger, en de emissie van CH_4 lager, dan bij de MRIJ-locaties (Tabel 6 en Figuur 3.7). De verschillen zijn ook hier, door de spreiding in de data, niet significant.



Figuur 3.7 Gemiddelde ventilatiedebiet en emissies van CH₄, NH₃ en N₂O tijdens de referentiemetingen bij alle meetlocaties. De rode lijn geeft het gemiddelde waarde per behandeling (Holstein vs. MRIJ).

Tabel 6 Gemiddelde waarden (+/- standaarddeviatie tussen bedrijven) van een aantal gegevens over (binnen)klimaat, dierbezetting, melkproductie en -samenstelling en emissies gedurende de referentiemetingen.

	Huisvestingssysteem			Koeien en Kansen		Ras	
	Totaal	Traditioneel	Emissiearm	Ja	Nee	HF	MRIJ
Buitenklimaat (KNMI)							
Temperatuur [°C]	11,0 +/- 1,7	11,1 +/- 1,5	10,8 +/- 2,2	10,9 +/- 1,4	11,1 +/- 1,9	11,2 +/- 1,6	9,8 +/- 2,2
Relatieve luchtvochtigheid [%]	79,1 +/- 2,5	79,2 +/- 2,2	78,9 +/- 3,2	79,5 +/- 2,7	79,0 +/- 2,5	79,0 +/- 2,6	79,9 +/- 1,2
Windsnelheid [m/s]	3,4 +/- 0,7	3,4 +/- 0,7	3,5 +/- 0,7	3,3 +/- 0,9	3,5 +/- 0,6	3,4 +/- 0,7	3,7 +/- 0,2
Stalklimaat							
Temperatuur [°C]	14,4 +/- 1,6	14,6 +/- 1,5	12,2 ⁵	14,6 +/- 0,2	14,4 +/- 1,9	14,5 +/- 1,5	13,9 +/- 2,7
Relatieve luchtvochtigheid [%]	77,8 +/- 3,4	78,1 +/- 3,4	75,2	77,5 +/- 5,4	78,0 +/- 2,9	77,7 +/- 3,6	78,7 +/- 2,5
Ventilatie-debiet [m ³ /uur/dier]	1380 +/- 429	1290 +/- 472	1562 +/- 278	1396 +/- 618	1374 +/- 365	1434 +/- 419	949 +/- 269
Management							
Dierbezetting [%]	92 +/- 11	92 +/- 12	91 +/- 8	91 +/- 9	92 +/- 11	90 +/- 8	107 +/- 21
Aandeel droge koeien [%]	9 +/- 15	12,1 +/- 17,2	3,8 +/- 9,1	13,1 +/- 16,8	7,8 +/- 15,0	9,2 +/- 15,7	10,5 +/- 14,8
Aandeel jongvee [%]	9 +/- 5	9 +/- 5	8 +/- 6	9 +/- 5	9 +/- 6	9 +/- 5	10 +/- 8
Oppervlakte per dier [m ²]	4,0 +/- 0,8	3,9 +/- 0,8	4,2 +/- 0,6	3,8 +/- 0,7	4,1 +/- 0,8	4,0 +/- 0,7	4,3 +/- 1,8
Voer							
Voeropname [kg ds/dier/dag]	19,3 +/- 2,0	19,1 +/- 2,3	19,6 +/- 1,2	18,6 +/- 1,0	19,5 +/- 2,2	19,6 +/- 1,8	16,5 +/- 0,1
Aandeel vers gras [%]	6,4 +/- 6,0	5,9 +/- 5,6	7,4 +/- 7,2	7,4 +/- 4,9	6,0 +/- 6,6	6,1 +/- 6,3	8,9 +/- 3,1
Aandeel grasproducten [%]	38,3 +/- 9,5	40,6 +/- 10,8	33,8 +/- 3,6	37,2 +/- 11,3	38,8 +/- 9,2	39,8 +/- 9,0	26,7 +/- 2,1
Aandeel maïsproducten [%]	18,8 +/- 9,3	18,6 +/- 10,3	19,2 +/- 7,8	24,8 +/- 7,7	16,5 +/- 9,1	17,8 +/- 9,4	26,7 +/- 2,5
Melkproductie en -samenstelling							
Melkproductie [kg/dier/dag]	30,0 +/- 3,5	29,1 +/- 3,6	31,7 +/- 3,0	29,7 +/- 2,2	30,1 +/- 4,0	30,8 +/- 2,9	24,0 +/- 0,2
Melkureumgehalte [mg/100g]	20,8 +/- 2,7	21,1 +/- 2,7	20,2 +/- 3,0	18,4 +/- 2,2	21,7 +/- 2,4	20,5 +/- 2,7	23,3 +/- 2,9
Emissies							
NH ₃ -emissie [kg/dpl/jaar]	13,4 +/- 3,2	13,9 +/- 3,2	12,5 +/- 3,2	12,0 +/- 4,0	14,0 +/- 2,8	13,5 +/- 3,4	12,6 +/- 0,8
CH ₄ -emissie [kg/dpl/jaar]	189 +/- 54	187 +/- 55	193 +/- 54	169 +/- 40	197 +/- 57	187 +/- 50	208 +/- 99
N ₂ O-emissie [kg/dpl/jaar]	0,59 +/- 0,24	0,58 +/- 0,24	0,59 +/- 0,26	0,53 +/- 0,14	0,61 +/- 0,27	0,61 +/- 0,25	0,44 +/- 0,10

⁵ Op CLM-bedrijven is geen temperatuur en relatieve vochtigheid in de stal gemeten. De waarde gemiddelde in deze subgroep van bedrijven is daarom gebaseerd op één locatie.

4 Discussie

4.1 Algemeen

Tussen geen van de subgroepen binnen de 18 bedrijven zijn significante verschillen in emissies gevonden. Bij deze aantallen bedrijven in de verschillende subgroepen en de geconstateerde spreiding in de gemeten emissies tussen bedrijven binnen dezelfde groep is het onderscheidingsvermogen te klein om een verschil in emissie tussen de groepen met zekerheid vast te stellen. Een verdere analyse van de totale dataset van referentiemetingen en continue metingen en de bedrijfs- en omgevingsfactoren vindt in een volgende fase plaats.

Bij emissieonderzoek in melkveestallen is het gebruikelijk de emissieniveaus uit te drukken per dierplaats. Deze conventie is afkomstig uit de Rav. Emissiefactoren in de Rav zijn gedefinieerd vanuit de behoefte ze in regelgeving te gebruiken zijn, waar bij handhaven van milieuvergunningen het aantal dierplaatsen op bedrijven eenvoudig vastgesteld kan worden. Voor onderzoeksdoeleinden zijn er een aantal nadelen verbonden aan het uitdrukken van emissies per dierplaats. Bedrijven met hetzelfde aantal dierplaatsen kunnen verschillen in samenstelling van de aanwezige diergroep (jongvee/drachtig/lacterend), en kunnen ook verschillen in bezettingspercentages. Bovendien kan de hoeveelheid beschikbaar loopoppervlak per dierplaats variëren tussen bedrijven. Deze verschillen kunnen leiden tot variatie in emissie per dierplaats. Zo is bekend dat meer vierkante meters loopoppervlak per dier meestal leidt tot meer ammoniakemissie. In de meetprotocollen voor het vaststellen van emissiefactoren worden bij de meetvoorwaarden daarom restricties aan de stallen opgelegd in de variatie die hierbij is toegestaan om de impact op de emissie per dierplaats in te perken. In dit onderzoek met monitoring van een groot aantal bedrijven over een lange periode, wordt de normale praktijk weerspiegeld waarbij regelmatig ook afwijkingen optreden buiten de bandbreedtes die in het meetprotocol worden aangegeven.

Voor onderzoek naar het effect van factoren als stalrichting en voermanagement op de bedrijfsemissies is het ongewenst om te werken met een emissie-eenheid waarmee extra spreiding wordt gecreëerd door variabele samenstelling in loopruimte en variabel bezettingsniveau. Een oplossing hiervoor zou kunnen bestaan uit het standaardiseren van de gemeten emissies per dierplaats naar gelijke loopruimte en een vaste samenstelling van de diergroep. Dat zou kunnen door in de verkregen datasets de effecten van loopruimte en samenstelling op te nemen in de statistische analyse waardoor de effecten van onderzoekfactoren hiervoor worden gecorrigeerd. De opbouw van de dataset in dit type onderzoek is echter niet geschikt om deze effecten goed te corrigeren. De reden hiervoor is dat deze variabelen binnen een bedrijf weinig tot niet variëren waardoor verbanden uit de variatie tussen bedrijven moeten worden afgeleid. Op dit variatieniveau treedt er echter verstrengeling op met andere bedrijfsspecifieke factoren zoals bv. voer- en ventilatiemanagement waardoor effecten niet meer kunnen worden toegewezen naar een specifieke factor.

Een andere benadering is de eenheid dierplaats te vervangen door een uitdrukking die niet gevoelig is voor de samenstelling van de diergroep in de stal. Zo drukt bv. Eurostat het aantal runderen uit in Livestock units (LSU) waarbij 1 LSU de graas-equivalent is van een melkkoe die 3000 kg melk zonder aanvullend krachtvoer produceert. Daarnaast is bv. 1 LSU gelijk aan 2.5 stuks kalveren onder de 1 jaar. De gedachte hierachter is dat een maat voor metabolisme-niveau als eenheid voor opname- en productie-variabelen gaat fungeren. Daardoor kan de productieomvang in een stal naar één noemer worden gebracht, ongeacht de samenstelling van de diergroep. Metabolisme-niveau gerelateerde emissies van ammoniak en broeikasgassen kunnen dan op basis van een dergelijke noemer worden gestandaardiseerd. Voor Nederlandse productieomstandigheden is de LSU als kengetal niet praktisch. In de context van emissie-onderzoek aan natuurlijk geventileerde runderstallen ligt het veel meer voor de hand om de voor de emissie-bepaling berekende CO₂-productie (CIGR-model) in de stal te gebruiken als

maat voor metabolisme. Daarmee zou bv. de methaan- en ammoniakemissie op basis van 1 kg CO₂-productie kunnen worden uitgedrukt. Desgewenst kan een melkvee-equivalent worden gedefinieerd gebaseerd op de CO₂-productie van een rund met een gemiddelde melkgift. Een verdere uitwerking van deze aanpak vindt bij de analyse van alle referentiemetingen en continue metingen plaats.

4.2 Methaan

De broeikasgasemissies uit de melkvee­veehouderij worden door Nederland jaarlijks gerapporteerd aan 'United Nations Framework Convention on Climate Change' (UNFCCC) in de 'National Inventory Reports'. De getallen daarin zijn gebaseerd op berekeningen met NEMA, het 'National Emission Model Agriculture'. De meest recente berekeningen zijn opgenomen in van Bruggen et al. (2020). In Lagerwerf et al. (2019) wordt een beschrijving gegeven van de gevolgde methoden bij deze berekeningen. Bij de berekening van de methaanemissie uit de melkveehouderij wordt onderscheid gemaakt tussen de enterische (pens)bijdrage en bijdrage uit mest. Voor de bijdrage uit mest wordt nog onderscheid gemaakt tussen dunne mest en vaste mest en tussen mest in opslag en weidemest. Beide bronnen (enterisch en mest) worden berekend voor verschillende leeftijdscategorieën en uitgedrukt in kg CH₄ per dier per jaar. Op basis van tabellen B26.1 en B28.1 uit Van Bruggen et al. (2020) is onderstaande tabel samengesteld. Daarbij is alleen de bijdrage van dunne mest in de stal meegenomen. Andere bronnen zijn voor de vergelijking met de uitgevoerde emissiemeting op de 18 melkveebedrijven niet relevant.

Tabel 7 Emissiefactoren CH₄ voor 2018 in kg CH₄ per dier per jaar (van Bruggen et al, 2020).

Diercategorie	Enterische bijdrage	Mestbijdrage	Totaal
Vrouwelijk jongvee < 1 jaar	30,1	8,0	38,1
Vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	58,9	14,0	72,9
Vrouwelijk jongvee > 2 jaar	58,9	14,0	72,9
Melk- en kalfkoeien	134,7	38,8	173,5

Deze berekende emissiewaarden zijn echter nog niet direct vergelijkbaar met de resultaten van de metingen op de 18 melkveebedrijven. In de eerste plaats worden in de NEMA-berekeningen de emissiefactoren uitgedrukt per dier per jaar en niet zoals in Tabel 6 in dierplaats per jaar. Verder hebben de berekende emissiefactoren betrekking op een specifieke diercategorie terwijl tijdens de emissiemetingen in de stal verschillende diercategorieën tegelijk aanwezig waren. Als de emissiefactoren in Van Bruggen et al. (2020) (Tabel 7) gecombineerd worden met de bedrijfsgegevens van dieraantallen tijdens de referentiemetingen op de 18 melkveebedrijven kan van elk bedrijf een gemiddelde methaanemissie per dierplaats worden uitgerekend die aansluit bij gevolgde berekeningsmethode in NEMA. In Tabel 8 worden deze resultaten volgens 'NEMA-systematiek' vergeleken met eerder in dit rapport gepresenteerde resultaten van de emissiemetingen.

Tabel 8 Gemiddelde methaanemissie en standaarddeviatie (SD) tussen bedrijven (n=18) in kg CH₄ per dierplaats per jaar volgens metingen in dit onderzoek en berekening volgens 'NEMA-systematiek'.

Diercategorie	Gemiddelde	SD
Metingen	189	54
NEMA systematiek	153	20

Uit een gepaarde T-test blijkt dat beide gemiddelden significant van elkaar verschillen (p=0,013). Er kunnen verschillende mogelijk oorzaken benoemd worden voor het gevonden verschil tussen de berekende en gemeten methaanemissie. Gebruikte emissiefactoren zijn gebaseerd op gemiddelde gegevens van de Nederlandse melkveestapel uit 2018 terwijl de metingen grotendeels in 2019 hebben plaatsgevonden. Uit verdere analyse moet duidelijk worden of het groepsgemiddelde van de gemeten melkveebedrijven afwijkt van de voor de NEMA-berekening gebruikte nationale gemiddelden. Dat geldt ook voor andere factoren zoals (duur van) beweiding of aandeel in de stal opgeslagen met waarin de

groep gemeten bedrijven mogelijk verschilt van nationale gemiddelden. Ook de wisselende dierbezetting in de stal tijdens de metingen speelt een rol. Omdat de methaanproductie grotendeels aan het dier gerelateerd is speelt dierbezetting waarschijnlijk een grotere rol dan bij de emissie van ammoniak dat vooral een oppervlak gerelateerd proces is. Tenslotte moet ook rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat de berekening van de CO₂ productie in de stal die gebruikt wordt voor bepaling van het ventilatiedebiet een systematische afwijking heeft. Met name de bijdrage van de mest wordt in het huidige gebruikte CO₂-productiemodel summier ingeschat (10% van de dierproductie) en vraagt meer onderbouwing en praktijkvalidatie.

Ook in Groenestein et al (2012) wordt een vergelijking gemaakt tussen berekende methaanemissie volgens NIR/NEMA en gemeten methaanemissies. De gemeten methaanemissies zijn daar gebaseerd op metingen door Mosquera et al. (2010) uitgevoerd tussen 2008 en 2010. Het betrof hier vier melkveestallen met een roostervloer (Rav categorie A1.100). De gemiddelde methaanemissie bij bedrijven zonder weidegang bedroeg toen 141,7 kg CH₄ per dierplaats per jaar (met een standaarddeviatie tussen bedrijven van 39,8 kg CH₄ per dierplaats per jaar) en de emissie op bij bedrijven met weidegang was gemiddeld 126,9 kg CH₄ per dierplaats per jaar (met een standaarddeviatie tussen bedrijven van 36,0 kg CH₄ per dierplaats per jaar). Daarnaast zijn tussen 2010 en 2012 in het kader van het Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen (MIDS) emissiemetingen uitgevoerd op acht melkveebedrijven met vier verschillende typen emissie reducerende huisvestingssystemen (Mosquera et al., 2012a-h). De gemiddelde methaanemissie was op deze bedrijven 109,3 kg CH₄ per dierplaats per jaar (met een standaarddeviatie tussen bedrijven van 14,9 kg CH₄ per dierplaats per jaar). Ten opzichte van deze eerdere metingen ligt de huidige gemeten methaanemissie dus beduidend hoger. Dat komt wel overeen met de ontwikkeling van de emissie per dier in NEMA die ook een stijgende trend laat zien.

4.3 Ammoniak

De ammoniakemissie van alle gemeten bedrijven was gemiddeld 13,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Voor een vergelijking met de emissiefactoren zoals opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij moet onderscheid gemaakt worden tussen de roostervloeren (A1.100) en de dichte vloeren. De ammoniakemissie van de groep van 12 bedrijven met een roostervloer was gemiddeld 13,9 kg NH₃ per dierplaats per jaar met een standaardfout van 0,93 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Dit gemiddelde wijkt niet significant af ($p=0,585$) van de emissiefactor van 13 kg NH₃ per dierplaats per jaar die is opgenomen in de Rav ($n=12$). Van deze 12 bedrijven met een roostervloer had één bedrijf een significant hogere ammoniakemissie en drie bedrijven een significant lagere ammoniakemissie dan deze Rav-waarde.

De overige bedrijven waren uitgerust met verschillende typen dichte vloeren voorzien van een (voorlopige) emissiefactor. De gemiddeld Rav-emissiefactor over deze zes bedrijven was 9,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De gemiddelde gemeten ammoniakemissie bij deze bedrijven was 12,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar met een standaardfout van 1,32 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Daarmee wijkt de gemiddelde gemeten ammoniakemissie significant af ($p=0,035$) van de gemiddelde emissiefactor op basis van de Rav waarden en is ook niet significant lager ($p=0,365$) dan de emissiefactor voor roostervloeren (13 kg NH₃ per dierplaats per jaar) ($n=6$).

Van de zes bedrijven met een dichte (emissiearme) vloer hadden drie bedrijven een gemiddelde ammoniakemissie die significant hoger lag dan de bijbehorende emissiefactor. Op één daarvan lag de emissie zelfs significant hoger dan de emissiewaarde behorende bij een roostervloer, de andere twee hadden een emissie die niet significant afweek van die van een roostervloer. Bij de overige drie bedrijven week de gemeten emissie niet significant af van de bijbehorende emissiefactor. Op één daarvan lag de ammoniakemissie significant lager dan de waarde die hoort bij een roostervloer. Een duidelijke verklaring naast de eerder genoemde beperkte onderscheidingsvermogen tussen groepen is niet te geven.

4.4 Lachgas

Ook de lachgasemissie (N₂O) uit de melkveehouderij die in de 'National Inventory Reports' (NIR) worden weergegeven zijn gebaseerd op de berekeningen met NEMA. Daarin wordt op basis van de N-excretie per diercategorie in de stal (van Bruggen et al., 2020) en de N₂O emissiefactor per kg N-excretie (Lagerwerf et al, 2019) de lachgasemissie per dier per jaar uitgerekend. Ook deze emissie is niet direct vergelijkbaar met de gemeten waarden op de 18 melkveebedrijven om dezelfde redenen als aangegeven is bij de methaanemissie. Als de emissiefactor zoals gebruikt in NEMA wordt gecombineerd met de gegevens tijdens de referentiemetingen op de 18 melkveebedrijven kan van elk bedrijf een gemiddelde lachgasemissies volgens 'NEMA-systematiek' uitgerekend worden (zie Tabel 9).

Tabel 9 Lachgasemissie en standaarddeviatie (SD) tussen bedrijven (n=18) in kg N₂O per dierplaats per jaar.

Diercategorie	Gemiddelde	SD
Metingen	0,59	0,24
NEMA systematiek	0,36	0,05

Uit een gepaarde T-test blijkt dat beide gemiddelden significant van elkaar verschillen ($p < 0,001$). De eerder gemeten lachgasemissie op melkveebedrijven met en zonder weidegang was gemiddeld 0,23 kg N₂O per dierplaats per jaar (met een standaarddeviatie tussen bedrijven van 0,25 kg N₂O per dierplaats per jaar) (Groenestein et al, 2012; Mosquera et al, 2010) en 0,38 kg N₂O per dierplaats per jaar (met een standaarddeviatie tussen bedrijven van 0,16 kg N₂O per dierplaats per jaar) (Mosquera et al., 2012a-h). Ook hier, net als voor de methaanemissie, ligt de gemiddelde lachgasemissie bij de huidige metingen hoger maar kan een duidelijke verklaring hiervoor niet gegeven worden. De lachgasemissie uit drijfmest blijft echter laag.

5 Conclusies

- In een onderzoek tussen oktober 2018 en februari 2019 op 18 melkveebedrijven waarbij in totaal 130 24-uurs referentiemetingen zijn uitgevoerd is verder zicht gekomen op de gemiddelde stalemissie van methaan, ammoniak en lachgas en de spreiding daarvan binnen en tussen bedrijven.
- De gemiddelde stalemissie +/- standaarddeviatie bedroeg:
 - Methaan: 189 +/- 54 kg CH₄ per dierplaats per jaar,
 - Ammoniak: 13,4 kg +/- 3,2 kg NH₃ per dierplaats per jaar en
 - Lachgas: 0,59 +/- 0,24 kg N₂O per dierplaats per jaar.
- Tussen de verschillende subgroepen (vloertype, ras en deelname aan Koeien en Kansen) bestonden geen significante verschillen.
- Emissieniveaus voor methaan en lachgas liggen hiermee uitgedrukt per dierplaats per jaar hoger dan uit eerdere metingen op melkveebedrijven tussen 2008 en 2012 is gebleken.

Literatuur

- Groenestein, C.M. en A. J. A. Aarnink. 2008. Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal. Intern rapport 200808, Animal Science Group van Wageningen UR.
- Groenestein Karin, Julio Mosquera & Sietske Van der Sluis (2012) Emission factors for methane and nitrous oxide from manure management and mitigation options, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9:sup1, 139-146, DOI: 10.1080/1943815X.2012.698990
- Groenestein, C.M., J. Mosquera en R.W. Melse,(2016) Methaanemissie uit mest. Schatters voor biochemisch methaan potentieel (BMP) en methaanconversiefactor (MCF). Wageningen Livestock Research, rapport 961.
- Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-technical report 148. 215 p.
- Melse, R.W., J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink. 2016. Laboratory tests of Draeger Polytron 8000 with FL-6813260 sensor for NH₃ measurement. Wageningen Livestock Research Report 972.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, A. Winkel, J.W.H. Huis in 't Veld, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink (2010) Fijnstofemissie uit stallen: melkvee Rapport 296 – herziene versie, Wageningen Livestock Research. Rapport 296
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012a) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 598
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012b) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 610
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012c) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 612
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012d) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 614
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012e) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 615
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012f) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 616
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012g) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 617
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2012h) Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen Livestock Research. Rapport 653
- Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, R.W. Melse, en N.W.M. Ogink. 2017. Onderzoek naar de nauwkeurigheid van een nieuw type sensor voor ammoniakconcentraties in stallucht.

-
- Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, en G.C.C. Kupers. 2019. Determination of ammonia concentrations in air from livestock housing systems. Reference method using gas washing as applied by Wageningen Livestock Research. Wageningen Livestock Research Rapport 1187.
- Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, en G.C.C. Kupers. 2020. Determination of carbon dioxide concentrations in air from livestock housing systems. Reference method using the lung method as applied by Wageningen Livestock Research. Wageningen Livestock Research Rapport (in preparation).
- Ogink, N.W.M., Mosquera, J., Hol, J.M.G., (2017). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Wageningen Livestock Research, WLR Rapport 1032.
- Pedersen, S., en K. Sällvik. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, en A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR E journal*. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- Ruysenaars, P.G., P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, L.A. Lagerwerf, R.M. te Molder, J.A. Montfoort, J. Vonk, M.C. van Zanten, (2020) Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2018. National Inventory Report 2020. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Report-2020-0031.
- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk (2020). Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 178. 224 p.
- VERA, (2018), Vera-Testprotocol for Livestock Housing and Management Systems, Version 3:2018-09. Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production. (https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Testprotocol_Housing_v3_2018.pdf)

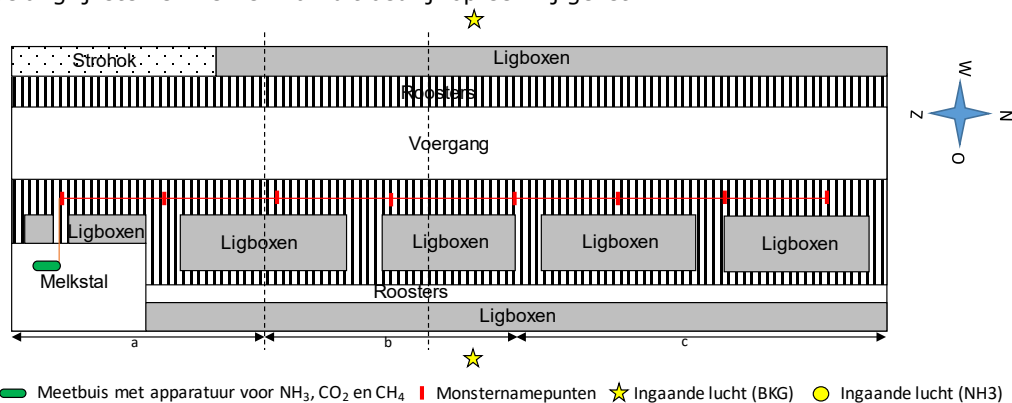
Bijlage 1 Stalbeschrijving en resultaten per locatie

1.1 WLR1

1.1.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een biologische ligboxenstal voor melkvee (HF) met ligboxen met rubber foam mat en strooisel van gemalen natuurhooi en perliet. In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 271 ligboxen, 2 separatieboxen en 1 strohok. In de stal (Figuur WLR1.1) worden zowel melkvee, als droge koeien en het oudste jongvee in een 1+3 rijige ligboxenstal¹ gehuisvest. De dieren worden in een melkput gemolken. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast, de melkkoeien gaan allemaal tegelijk naar buiten en komen ook allemaal tegelijk weer binnen. Het jongvee loopt van ongeveer mei tot eind oktober onbeperkt buiten. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende huisvestingsgroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Door middel van een rooster (-touw)schuif wordt de vloer geschoven. De gehele stal is onderkelderd. De mestkelder bij deel a en b van de stal is 1,75m diep, bij deel c is de mestkelder 2m diep. De totale mestcapaciteit van de stal is 3250 m³. Op dit bedrijf wordt in vergelijking met gangbare praktijk veel gemixt (per 14 dagen, 4 uur per dag of meer). Voor het dagelijks gebruik is 2,8 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen. De stal wordt natuurlijk geventileerd. Aan de westelijke kant van de stal wordt bij de openingen vogelgaas en/of afsluitdoek bevestigd. Bij deel a is de opening 0,4m (vogelgaas+afsluitdoek), bij deel b 1,2m (vogelgaas+afsluitdoek, weersafhankelijk gebruik), en bij deel c 1,5m (alleen afsluitdoek, weersafhankelijk gebruik). De oostelijke kant van de stal is bij deel a de eerste 13m dicht door de melkstal en tanklokaal, dan een opening van 1,2m met alleen afsluitdoek (weersafhankelijk gebruik). Bij deel c is de opening 1,5m (met afsluitdoek, en weersafhankelijk gebruik). Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak aan de westelijke kant 93 m², en aan de oostelijke kant 98 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Het krachtvoer wordt verstrekt in 4 krachtvoerboxen en als lokbrok in de melkput. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via grote drinkbakken. Het voer wordt overdag verstrekt. In de stalperiode gebeurt dit op onregelmatige tijden, in de weideperiode wordt in de namiddag onder het melken gevoerd. In Tabel WLR1.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR1.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

¹ Met een x+y-rijige ligboxenstal wordt een ligboxenstal met x+y rijen ligboxen bedoeld waarvan x aan de ene kant van de voergang en y aan de andere kant van de voergang. Bij een 0+x+0-rijige ligboxenstal zijn er twee voergangen waartussen zich x rijen ligboxen bevinden.

Tabel WLR1.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	86,5x23,55
Goot- en nokhoogte (m)	Nokhoogte: deel a is 6,3 m, deel b+ c is 6,8 m Goothoogte: 2,6 m
Oriëntatie van de stal	noord-zuid
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	271 (178 voor melkgevende koeien, 93 voor jongvee en droge koeien)
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,1x2,4 melkvee en droge koeien, jongvee in kleinere boxen afhankelijk van de leeftijd
Loopoppervlak (m ² per dier)	2,8
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	2
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	47,64 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	8,1 m ²
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Deel a+b: 1,75m diep. Deel c: 2,0m diep. Totale mestcapaciteit: 3250 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Rooster (-touw) schuif
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijkanten, met vogelgaas en/of afsluitdoek
Voersysteem en voertijden	Blokken wagen gras met < 5% mais, 2% soya pulp bieten met voerbak. Voertijden overdag, onregelmatig.
Drinkwatersysteem en drinktijden	Grote drinkbakken, rondgaand watersysteem onbeperkt, drinken vooral 1 uur na het voeren
Lichtregime	Dagritme met 2x nachtlamp
² Weidegang	210 dagen per jaar; 8 uren per dag all out/all in
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	21,3 kg/dier/dag; 4,27% vet; 3,49% eiwit; 24 mg/100g; 97 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	18,2
Aandeel vers gras (%)	16,9
Aandeel graslandproducten (%)	50,3
Aandeel maïsproducten (%)	4,0
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	10,2
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	18,6

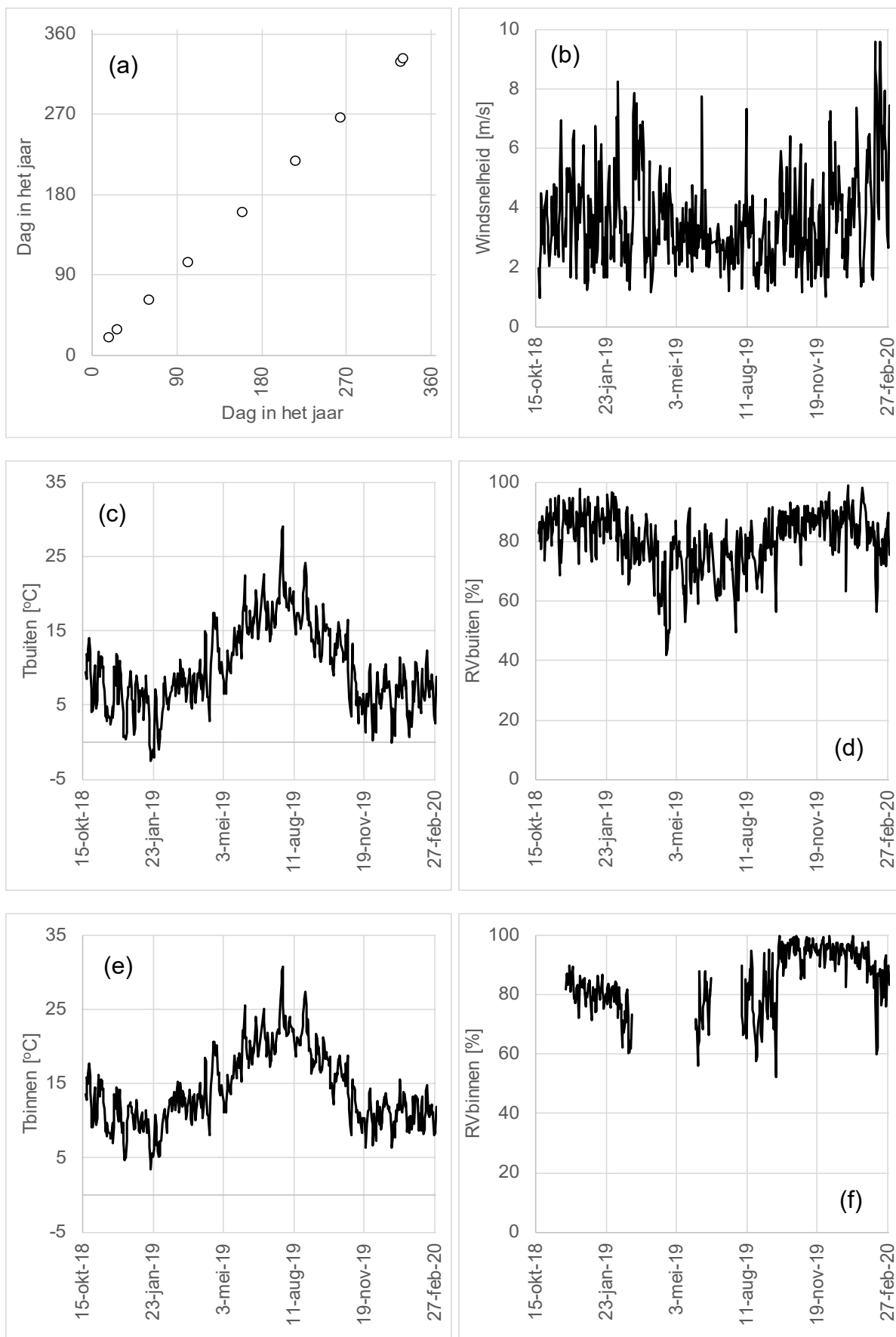
¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.1.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 19/10/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er negen referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR1.2a). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 9,3 °C; Tabel WLR1.2) was lager dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 80%; Tabel WLR1.2) en windsnelheid (WS: 3,7 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (De Bilt; T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,4 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 9,9 °C; Tabel WLR1.2) lager dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR1.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR1.3 en Tabel WLR1.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

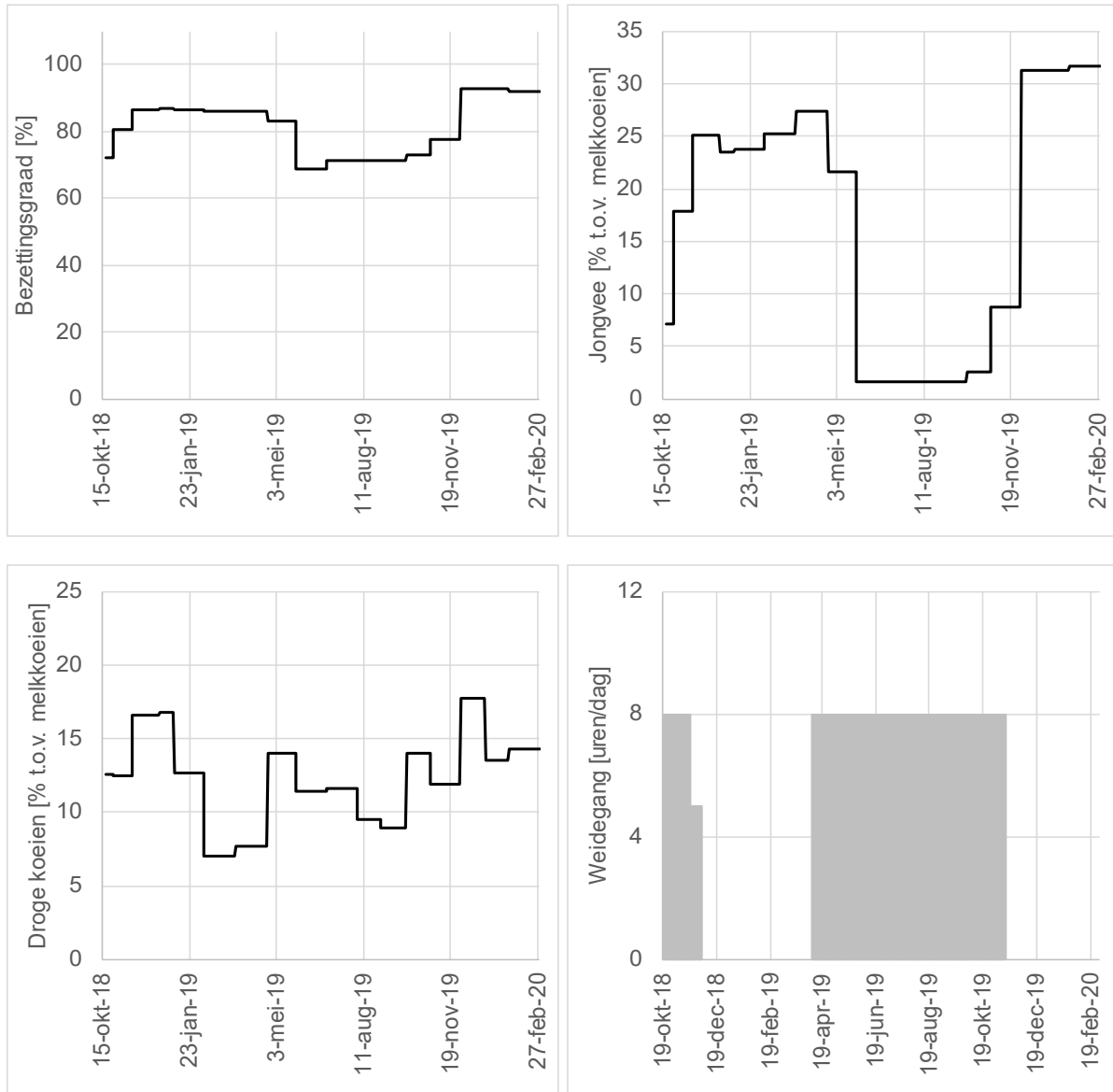
Tabel WLR1.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	82 (69 : 93)	81 (69 : 92)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	17 (2 : 32)	16 (2 : 32)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	12 (7 : 18)	11 (7 : 17)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	24 (21 : 26)	24 (21 : 26)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,3 : 3,7)	3,5 (3,3 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,3 (3,9 : 4,6)	4,3 (3,9 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	22 (16 : 30)	22 (18 : 30)
Klimaat	T-binnen (°C)	14,1 (3,5 : 30,7)	13,6 (4,0 : 23,5)
	RV-binnen (%)	85 (52 : 100)	79 (68 : 99)
	T-buiten (°C)	9,9 (-2,5 : 29,0)	9,3 (-1,9 : 20,0)
	RV-buiten (%)	80 (42 : 99)	80 (70 : 93)
	Windrichting	196 (36 : 345)	158 (55 : 242)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,5 (1,0 : 9,6)	3,7 (2,3 : 5,5)
Resultaten	Aantal meetdagen	490	9
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1108 (363 : 3404)	1177 (661 : 1954)
	CO ₂ stal (ppm)	757 (545 : 1147)	712 (621 : 864)
	CO ₂ buiten (ppm)	515 (452 : 622)	494 (447 : 562)
	Aantal meetdagen	490	9
	NH ₃ stal (ppm)	2,6 (1,1 : 4,7)	2,4 (1,7 : 3,4)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,30 (0,15 : 0,60)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	12,5 (6,1 : 34,4)	12,6 (6,5 : 25,2)
	Aantal meetdagen	400	9
	CH ₄ stal (ppm)	31,9 (13,6 : 76,3)	28,7 (20,4 : 44,3)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,0 (2,2 : 6,8)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	140 (83 : 333)	131 (96 : 162)
	Aantal meetdagen	---	9
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,41 (0,29 : 0,70)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,37 (0,27 : 0,64)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,65 (0,16 : 1,73)



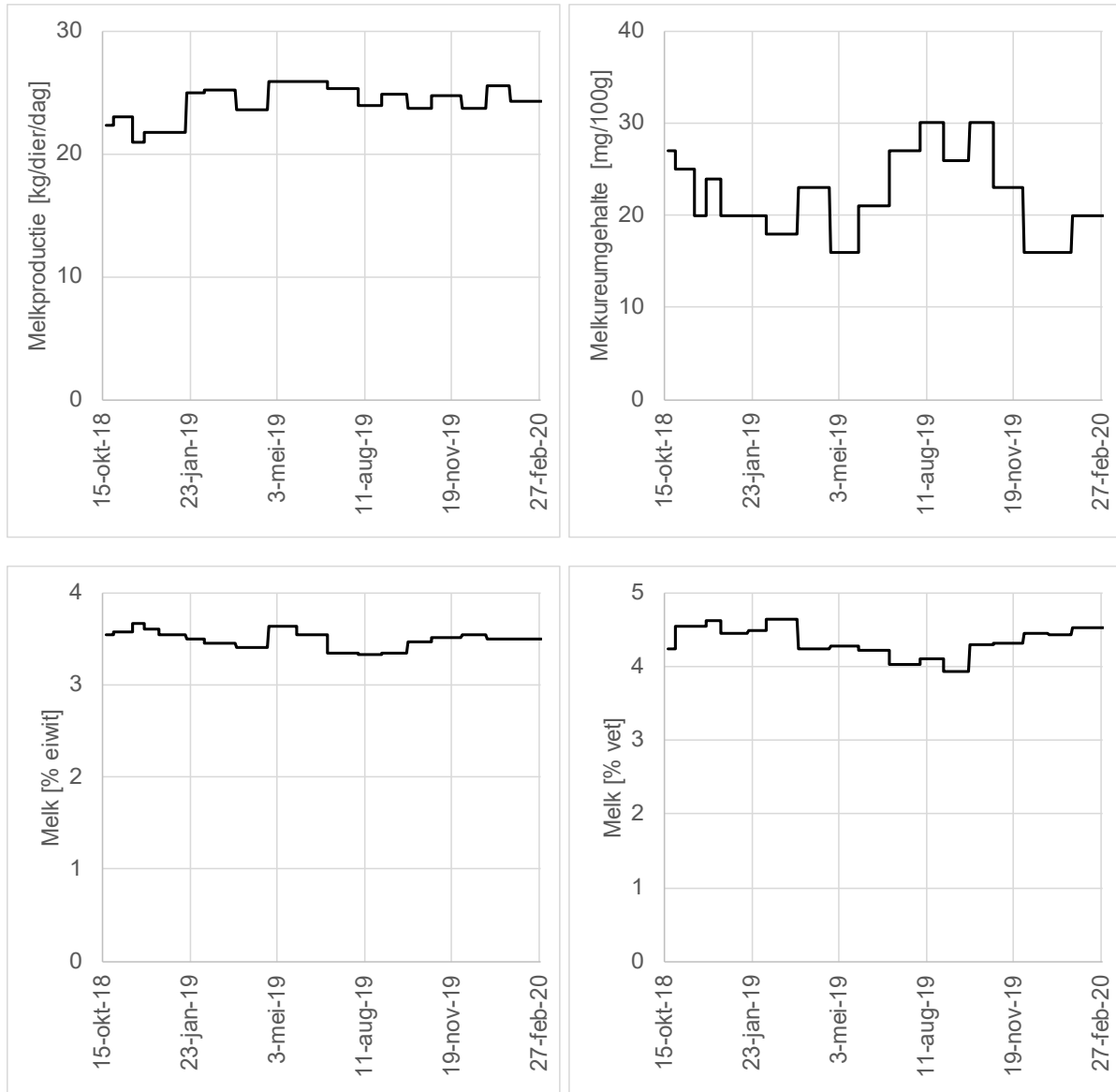
Figuur WLR1.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR1.3 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 69% en 93% (gemiddeld 82%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 2% en 32% (gemiddeld 17%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 7% en 18% (gemiddeld 12%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast, van mei tot november loopt het jongvee buiten.



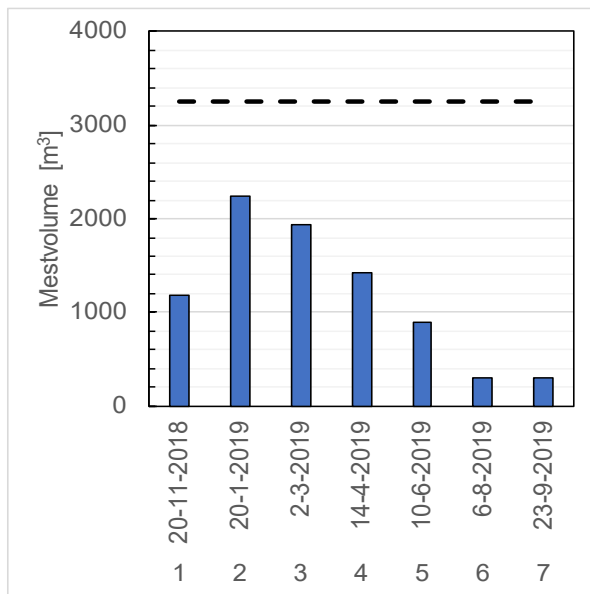
Figuur WLR1.3 Managementparameters (2-weken tot maandbasis) over de gehele meetperiode.
a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR1.4 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 21 en 26 kg/dier/dag (gemiddeld 24 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 16 en 30 mg/100g (gemiddeld 22 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,3 en 3,7) en 4,3% vet (tussen 3,9 en 4,6).



Figuur WLR1.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

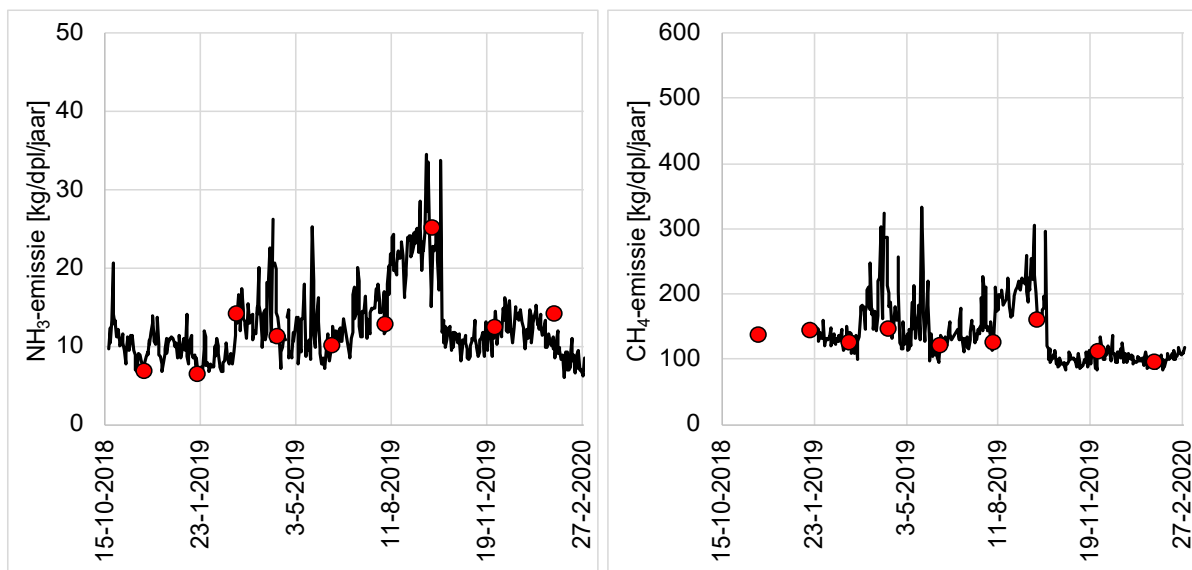
In Figuur WLR1.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond begin augustus leeg.



Figuur WLR1.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR1.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $12,5 \pm 4,8$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $12,6 \pm 5,5$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 140 ± 45 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 131 ± 20 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR1.6 a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); **b)** CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR1.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Datum	24-11-2018	19-1-2019	2-3-2019	13-4-2019	9-6-2019	5-8-2019	22-9-2019	27-11-2019	28-1-2020	
Dag in het jaar	328	19	61	103	160	217	265	331	28	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	7,9	4,0	13,8	9,0	19,9	23,5	20,8	13,7	9,6
	RV-binnen (%)	0,0	76,6	0,0	0,0	71,9	67,9	73,1	99,2	86,6
	T-buiten (°C)	2,8	-1,9	9,5	4,1	16,5	20,0	17,3	9,9	5,7
	RV-buiten (%)	93,5	83,5	85,9	70,9	70,1	71,2	74,6	89,4	79,2
	Windrichting	54,8	120,2	202,1	60,4	145,2	207,5	176,0	211,9	242,1
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,8	2,3	5,5	3,7	2,9	3,1	3,1	5,0	5,4
Managementgegevens	Dierplaatsen	271	271	271	271	271	271	271	271	271
	Melkkoeien	187	189	186	183	184	190	190	193	189
	waarvan melkgevende koeien	156	165	173	169	163	172	173	170	162
	waarvan droge koeien	31	24	13	14	21	18	17	23	27
	Jongvee, drachtig	25	27	28	29	0	0	0	0	31
	Jongvee, niet drachtig	22	18	19	21	3	3	3	17	29
	Weide (aantal uren)	5	0	0	8	8	8	8	0	0
	Bezettingsgraad	86	86	86	86	69	71	71	77	92
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	25	24	25	27	2	2	2	9	32
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	17	13	7	8	11	9	9	12	14
	Melkproductie (kg/dier/dag)	21	25	25	24	26	24	25	25	24
	Melk (% eiwit)	3,7	3,5	3,5	3,4	3,6	3,3	3,4	3,5	3,5
	Melk (% vet)	4,5	4,5	4,6	4,2	4,2	4,1	3,9	4,3	4,5
	Ureumgehalte (mg/100g)	20	20	18	23	21	30	26	23	20

Tabel WLR1.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datum	24-11-2018	19-1-2019	2-3-2019	13-4-2019	9-6-2019	5-8-2019	22-9-2019	27-11-2019	28-1-2020
Dag in het jaar	328	19	61	103	160	217	265	331	28
CO ₂ stal (ppm)	695	864	655	678	706	737	690	761	621
CO ₂ buiten (ppm)	495	503	474	491	496	496	562	484	447
Debiet (m ³ /dier/uur)	1092	661	1294	1232	1198	1007	1954	877	1276
NH ₃ stal (ppm)	1,7	2,0	2,2	1,8	2,3	3,4	3,1	3,1	2,0
NH ₃ buiten (ppm)	0,60	0,28	0,20	0,23	0,39	0,48	0,16	0,20	0,15
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	6,8	6,5	14,2	11,3	10,1	12,9	25,2	12,4	14,1
CH ₄ stal (ppm)	27,3	44,3	22,0	25,3	29,7	32,3	24,6	32,6	20,4
CH ₄ buiten (ppm)	3,3	3,6	3,2	2,9	5,0	2,2	4,7	4,5	6,8
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	138,8	145,6	125,8	147,8	120,9	125,3	162,0	112,3	96,5
N ₂ O stal (ppm)	0,39	0,29	0,30	0,35	0,35	0,39	0,52	0,70	0,38
N ₂ O buiten (ppm)	0,38	0,27	0,27	0,32	0,29	0,33	0,45	0,64	0,35
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,22	0,16	0,58	0,56	0,70	0,78	1,73	0,71	0,44

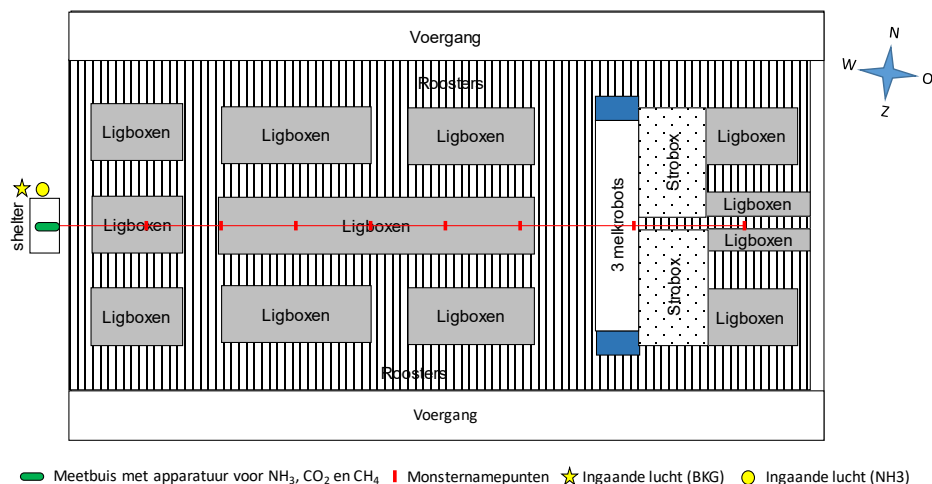
1.2 WLR2

1.2.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 217 ligboxen, 6 separatieboxen en 2 strohokken. De stal (Figuur WLR2.1) heeft twee voergangen (aan beide buitenkanten van de stal) en in het midden drie dubbele rijen ligboxen (0+6+0). Aan één van de kopeinden van de stal zijn 45 ligboxen beschikbaar voor de huisvesting van jongvee (leeftijd tussen ongeveer 10 maanden en 2 jaar). Aan het andere kant van de stal worden de droge koeien en afkalvende en zieke dieren gehuisvest. Hiervoor zijn 34 ligboxen en 2 strohokken beschikbaar. De overige 138 ligboxen zijn beschikbaar voor de melkgevende koeien die worden gemolken door 3 melkrobots. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast, vrije in- en uitloop van de dieren. Het looppedeelte van de stal is op te delen in vier lange gangen en doorsteken om van de ene looppgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende huisvestingsgroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Deze vloer wordt iedere drie uur met behulp van een mestrobot geschoven. Zowel roostervloer als ligboxen zijn onderkelderd (2 m diep). De mestkelder heeft een mestcapaciteit van 3400 m³. Voor het dagelijks gebruik is 4,2 m² per dier beloopbaar vloerooppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 1,0 meter vanaf de grond tot aan de dakgoot (4,0 m boven peil) grof vogelgaas (2,5 m hoog) bevestigd, waardoor de inlaat nagenoeg open is. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 66 meter. Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 165 m². Op basis van de instelling van de maatlat duurzame veehouderij (MDV) worden de inlaatopening automatisch geregeld (ACNV). De windsnelheid en temperatuur bepalen hoe de gewenste inlaatopening wordt ingesteld. De inlaatopening wordt beperkt door 100% dicht zeil voor het vogelgaas omhoog te trekken. In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. In de nok hangt een ventilator horizontaal met een diameter van 7,3 m. Deze gaat automatisch aan bij 19 °C op minimum vermogen, en toert op tot maximaal bij 24 °C. Het dak van de stal is volledig geïsoleerd.

In deze stal is er drinkwater beschikbaar via waterbakken die in de doorsteken zijn geplaatst. Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Ruwvoer wordt aan het voerhek en krachtvoer in de melkrobot verstrekt. De hoeveelheid krachtvoer wordt op basis van productieniveau en leeftijd, per dier verstrekt. Het ruwvoer wordt eenmaal per dag, rond 14:00 uur, verstrekt. Het voer wordt regelmatig aangeschoven en voordat er opnieuw wordt gevoerd worden voerresten naar het jongvee in de naastgelegen stal geschoven. In Tabel WLR2.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR2.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR2.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	66x39
Goot- en nokhoogte (m)	4m goot; 11m nok
Oriëntatie van de stal	oost-west
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	217 (172 grootvee; 45 jongvee)
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,15x2,4 (grootvee); 1,0x2,4 (jongvee)
Loopoppervlak (m ² per dier)	4,2
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	6
Aantal strohok(ken)	2
Oppervlak strohok(ken)	95
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	50
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Roostervloer en ligboxen onderkelderd (2 m diep). Totale mestcapaciteit: 3400 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Iedere drie uur met behulp van een mestrobot
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijanten 66x2,5 m open met gordijn
Voersysteem en voertijden	Gemengd, 1 x daags om 14 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	open waterbakken, hoge drukonbeperkt
Lichtregime	Tussen 22 en 6 donker
² Weidegang	167 dagen per jaar; 7,4 uren per dag, vrije keuze
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	26,2 kg/dier/dag; 4,44% vet; 3,43% eiwit; 22 mg/100g; 98 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	19,4
Aandeel vers gras (%)	8,7
Aandeel graslandproducten (%)	46,8
Aandeel maïsproducten (%)	13,7
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	0,0
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	30,8

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

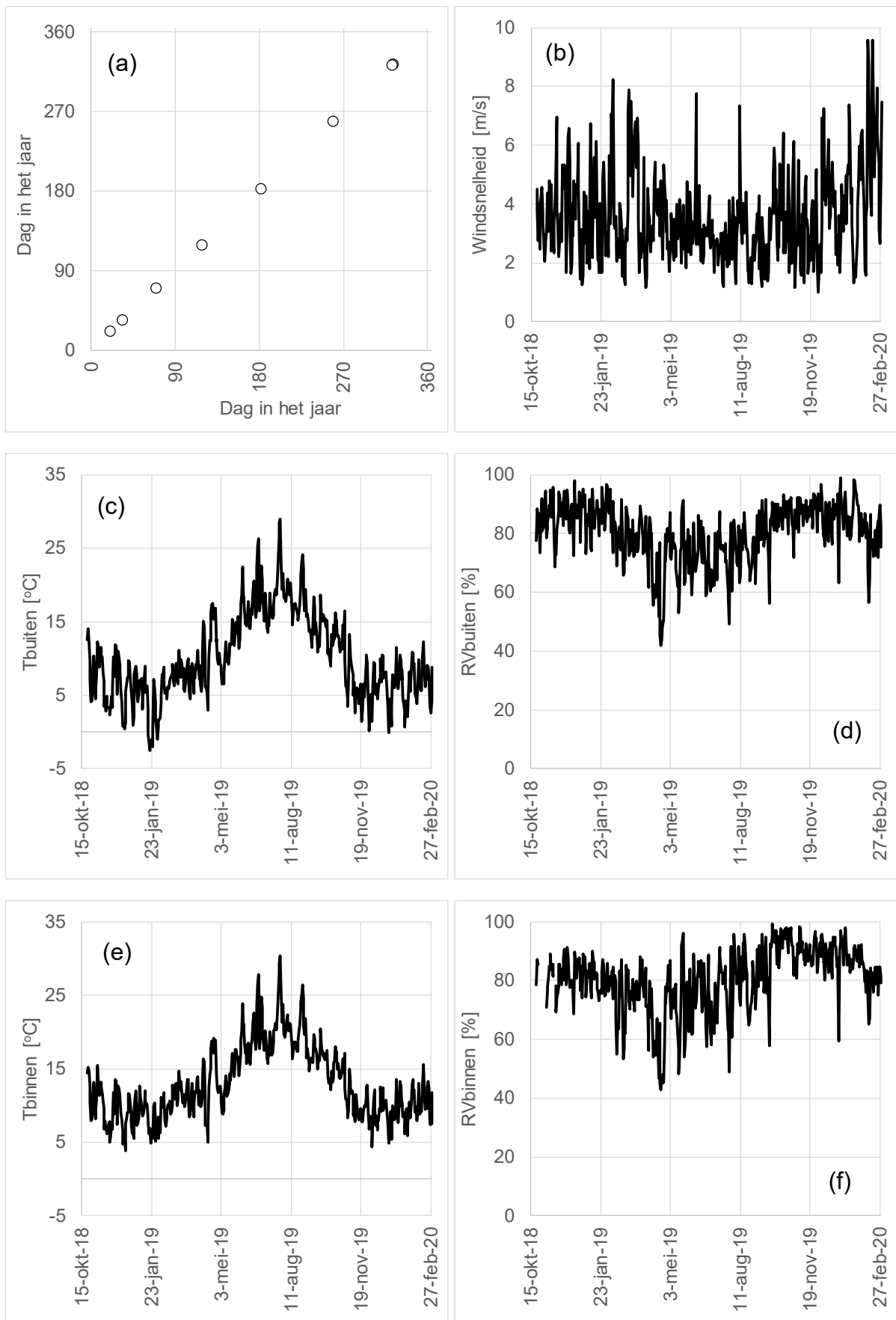
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.2.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 23/10/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er acht referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR2.2a). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 7,8 °C; Tabel WLR2.2) was beduidend lager dan, de relatieve luchtvochtigheid (RV: 79%; Tabel WLR2.2) vergelijkbaar met, en de windsnelheid (WS: 3,8 m/s) iets hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (De Bilt; T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,4 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,0 °C; Tabel WLR2.2) iets hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR2.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR2.3 en Tabel WLR2.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

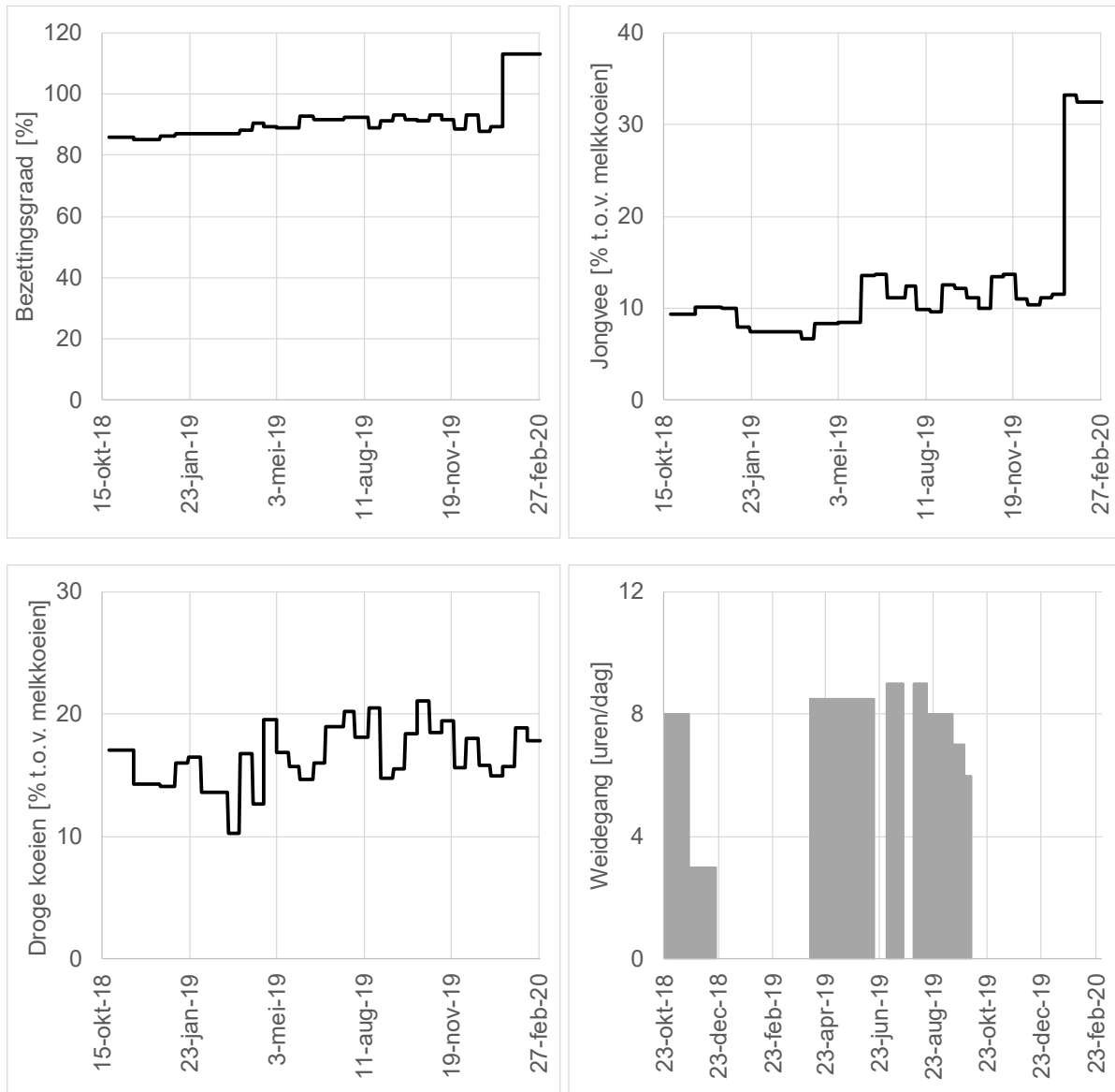
Tabel WLR2.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	91 (85 : 113)	92 (85 : 113)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	12 (7 : 33)	13 (7 : 32)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	17 (10 : 21)	17 (10 : 20)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	30 (28 : 33)	30 (28 : 31)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,4 : 3,6)	3,5 (3,4 : 3,6)
	Melk (% vet)	4,5 (4,2 : 4,7)	4,5 (4,2 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	24 (17 : 33)	24 (18 : 30)
Klimaat	T-binnen (°C)	12,9 (3,9 : 30,4)	11,2 (5,7 : 19,1)
	RV-binnen (%)	80 (43 : 99)	79 (68 : 90)
	T-buiten (°C)	10,0 (-2,5 : 29,0)	7,8 (-1,9 : 17,7)
	RV-buiten (%)	80 (42 : 99)	79 (65 : 87)
	Windrichting	195 (36 : 345)	210 (62 : 280)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,6 (1,0 : 9,6)	3,8 (2,1 : 6,2)
Resultaten	Aantal meetdagen	473	8
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1721 (326 : 4607)	1899 (576 : 3805)
	CO ₂ stal (ppm)	681 (491 : 1363)	667 (529 : 1011)
	CO ₂ buiten (ppm)	474 (425 : 661)	468 (451 : 524)
	Aantal meetdagen	473	8
	NH ₃ stal (ppm)	1,8 (0,3 : 4,8)	1,7 (0,6 : 2,6)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,08 (0,03 : 0,19)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	14,7 (4,7 : 29,9)	14,9 (8,1 : 20,1)
	Aantal meetdagen	400	8
	CH ₄ stal (ppm)	24,7 (10,3 : 106,3)	27,3 (10,9 : 66,9)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	2,2 (1,9 : 2,8)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	179 (79 : 392)	194 (147 : 232)
	Aantal meetdagen	---	8
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,34 (0,27 : 0,46)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,32 (0,27 : 0,40)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,63 (0,19 : 1,94)



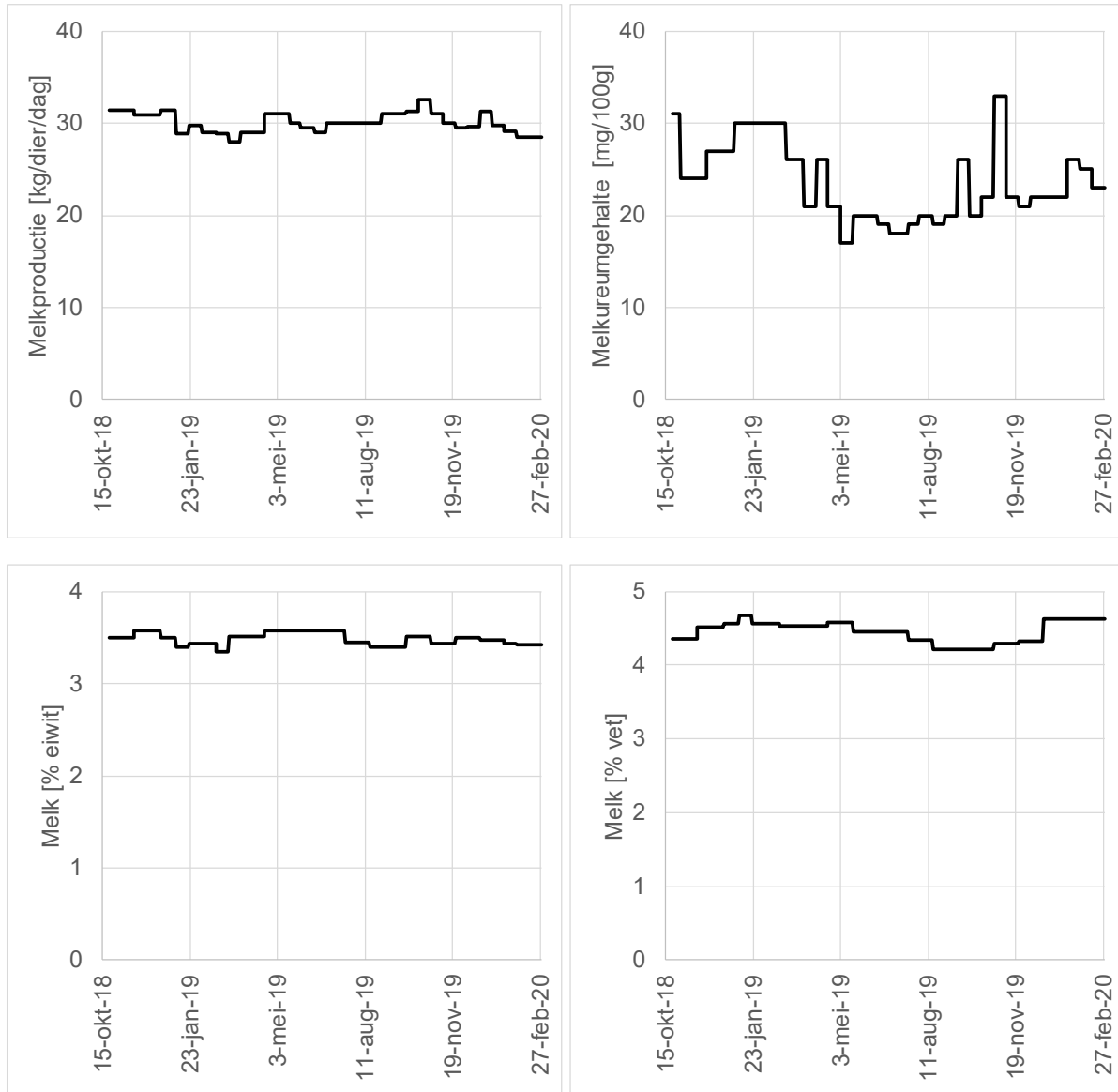
Figuur WLR2.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR2.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 85% en 113% (gemiddeld 91%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 7% en 33% (gemiddeld 12%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 10% en 21% (gemiddeld 17%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



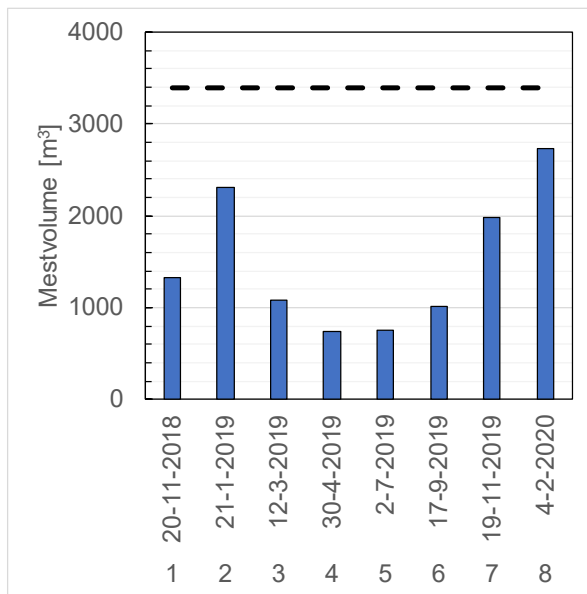
Figuur WLR2.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR2.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 28 en 33 kg/dier/dag (gemiddeld 30 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 17 en 33 mg/100g (gemiddeld 24 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,4 en 3,6) en 4,5% vet (tussen 4,2 en 4,7).



Figuur WLR2.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

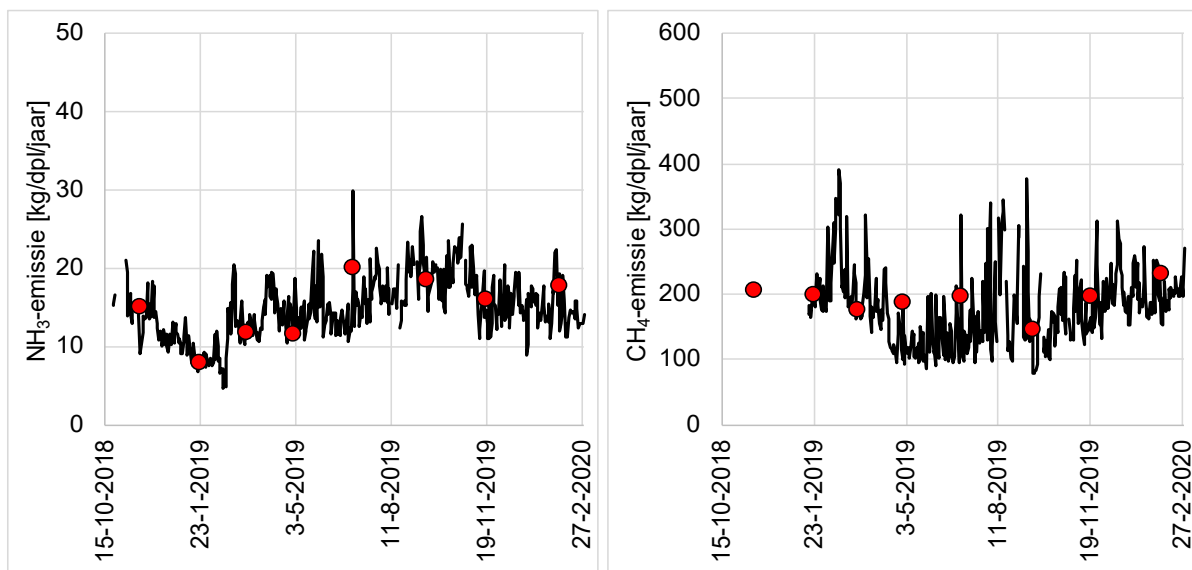
In Figuur WLR2.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond eind augustus leeg.



Figuur WLR2.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR2.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $14,7 \pm 3,9$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $14,9 \pm 4,1$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 179 ± 58 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 194 ± 24 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR2.6 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR2.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
Datum	19-11-2018	21-1-2019	11-3-2019	29-4-2019	1-7-2019	16-9-2019	18-11-2019	3-2-2020	
Dag in het jaar	323	21	70	119	182	259	322	34	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	6,3	5,7	10,2	12,2	19,1	16,0	9,3	10,6
	RV-binnen (%)	73,7	75,9	71,3	81,6	68,1	89,5	90,3	84,8
	T-buiten (°C)	4,2	-1,9	6,1	10,5	17,7	12,7	5,7	7,3
	RV-buiten (%)	76,7	87,1	72,4	79,5	64,7	84,9	87,5	81,4
	Windrichting	62,1	179,8	237,3	159,8	280,4	224,1	273,2	266,5
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	6,1	2,9	6,2	2,7	3,2	2,1	2,6	4,4
Managementgegevens	Dierplaatsen	217	217	217	217	217	217	217	217
	Melkkoeien	169	176	176	179	179	180	175	185
	waarvan melkgevende koeien	143	147	158	144	145	152	141	150
	waarvan droge koeien	27	29	18	35	34	28	34	35
	Jongvee, drachtig	17	14	13	15	20	22	24	20
	Jongvee, niet drachtig	0	0	0	0	0	0	0	40
	Weide (aantal uren)	6	0	0	9	9	7	0	0
	Bezettingsgraad	85	87	87	89	92	93	92	113
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	10	8	7	8	11	12	14	32
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	16	16	10	20	19	16	19	19
	Melkproductie (kg/dier/dag)	31	29	28	31	30	31	30	29
	Melk (% eiwit)	3,5	3,4	3,5	3,6	3,6	3,4	3,4	3,4
	Melk (% vet)	4,4	4,6	4,5	4,6	4,5	4,2	4,3	4,6
	Ureumgehalte (mg/100g)	24	30	26	21	18	26	22	25

Tabel WLR2.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datum	19-11-2018	21-1-2019	11-3-2019	29-4-2019	1-7-2019	16-9-2019	18-11-2019	3-2-2020
Dag in het jaar	323	21	70	119	182	259	322	34
CO ₂ stal (ppm)	598	1011	807	529	557	653	603	576
CO ₂ buiten (ppm)	465	524	475	456	459	451	461	452
Debiet (m ³ /dier/uur)	2143	576	841	3805	2671	1344	1886	1921
NH ₃ stal (ppm)	1,3	2,6	2,5	0,6	1,4	2,5	1,5	1,3
NH ₃ buiten (ppm)	0,08	---	0,06	0,03	0,07	0,19	0,06	0,07
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	15,1	8,1	11,8	11,8	20,1	18,7	16,1	17,8
CH ₄ stal (ppm)	20,8	66,9	42,0	10,9	15,5	21,9	20,7	19,6
CH ₄ buiten (ppm)	2,6	2,8	2,2	1,9	1,9	2,5	2,0	2,1
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	207,8	199,6	178,2	188,0	198,3	147,1	198,3	231,7
N ₂ O stal (ppm)	0,46	0,32	0,31	0,32	0,35	0,32	0,40	0,27
N ₂ O buiten (ppm)	0,40	0,29	0,28	0,30	0,34	0,31	0,39	0,27
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	1,94	0,22	0,38	1,38	0,33	0,28	0,19	0,31

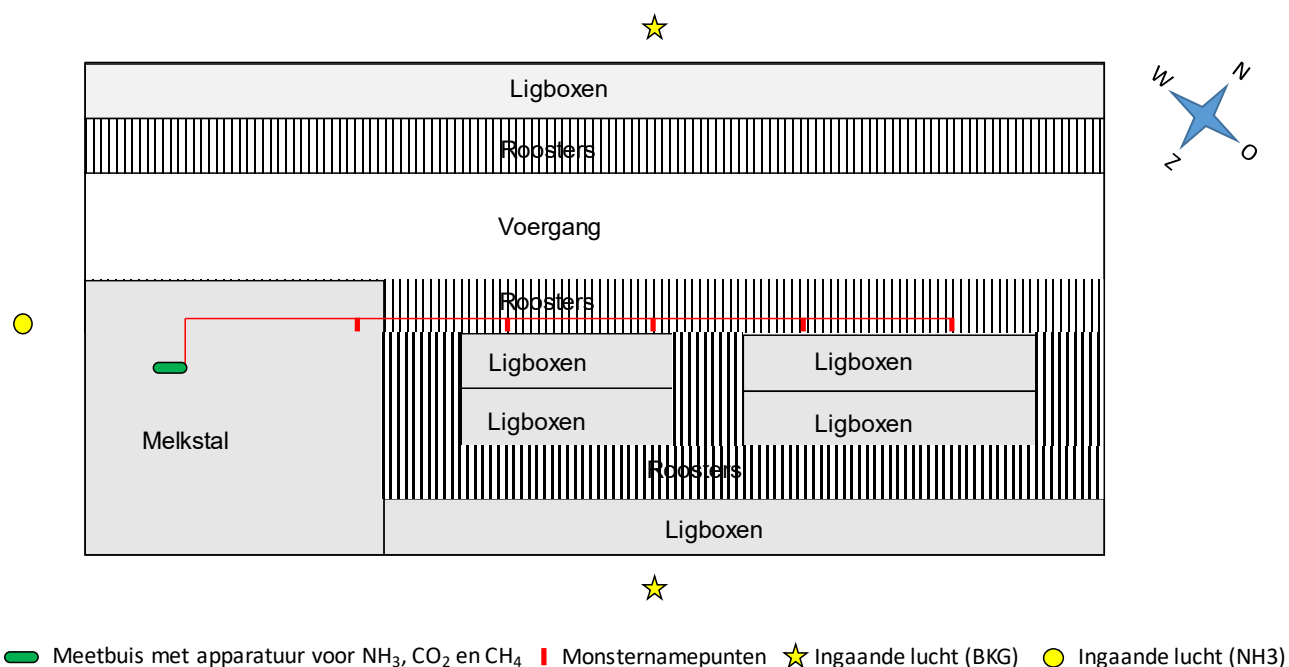
1.3 WLR3

1.3.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een compacte ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 98 ligboxen en 3 separatieboxen. In de stal (Figuur WLR3.1) wordt (melkgevende en droge koeien) in een 1+2 rijige ligboxenstal gehuisvest. De dieren worden gemolken in een melkput. Ten noorden van de stal (op een afstand van ongeveer 5 m) is een stal waar jongvee wordt gehuisvest. Aan de andere zijde van de stal (niet aan de jongveekant) is een looppad voor de koeien om naar de wei te gaan. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast waarbij alle dieren naar buiten gaan en ook alle dieren weer naar binnen komen. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende huisvestingsgroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Door middel van een mestrobot wordt elk uur één gang geschoven. De mestkelder (2m diep) heeft een mestcapaciteit van 600 m³. Voor het dagelijks gebruik is 3,8 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 1,3 meter vanaf de grond tot aan de dakgoot (2,0 m boven peil) grof vogelgaas (0,6 m hoog) bevestigd, waardoor de inlaat nagenoeg open is. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 47,5 meter. Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 28,5 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via communicerende vaten. Twee keer per dag wordt het voer met behulp van een zelfrijdende voermengwagen verstrekt. Krachtvoer wordt verstrekt in 2 krachtvoerboxen en in de melkput. In Tabel WLR3.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR3.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR3.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	47,5x20
Goot- en nokhoogte (m)	2m goot; 6,25m nok
Oriëntatie van de stal	noordoost-zuidwest
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	98
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,1x2,3
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,8
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	3
Aantal strohok(ken)	-
Oppervlak strohok(ken)	-
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	8,25 m ²
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Diepte: 2m. Totale mestcapaciteit: 600 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Iedere uur één gang geschoven door middel van een mestrobot
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijanten 47,5x0,6 m open met vogelgaas+gordijn
Voersysteem en voertijden	2 x daags met zelfrijdende voermengwagen
Drinkwatersysteem en drinktijden	Communicerende vaten
Lichtregime	Dag/nacht
² Weidegang	122 dagen per jaar; 6 uren per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	23,0 kg/dier/dag; 4,47% vet; 3,50% eiwit; 20 mg/100g; 100 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	17,1
Aandeel vers gras (%)	6,2
Aandeel graslandproducten (%)	37,7
Aandeel maïsproducten (%)	26,1
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	5,4
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	24,5

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

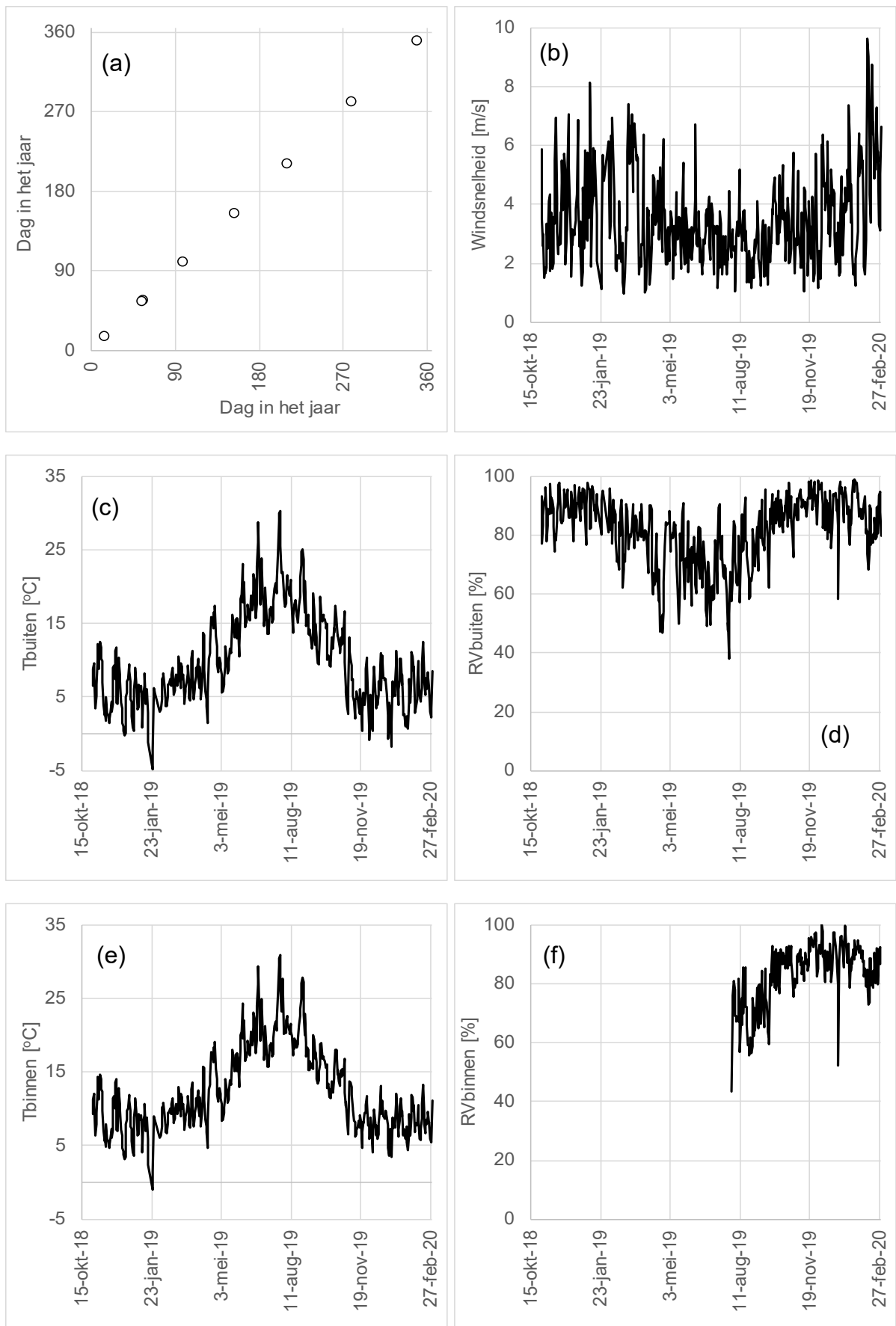
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.3.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 30/10/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er acht referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR3.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,9 °C; Tabel WLR3.2) was tijdens de referentiemetingen hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 77%; Tabel WLR3.2) en windsnelheid (WS: 3,6 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Hupsel; T: 10,2 °C; RV: 81%; WS: 3,3 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,0 °C; Tabel WLR3.2) iets lager dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR3.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR3.3 en Tabel WLR3.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

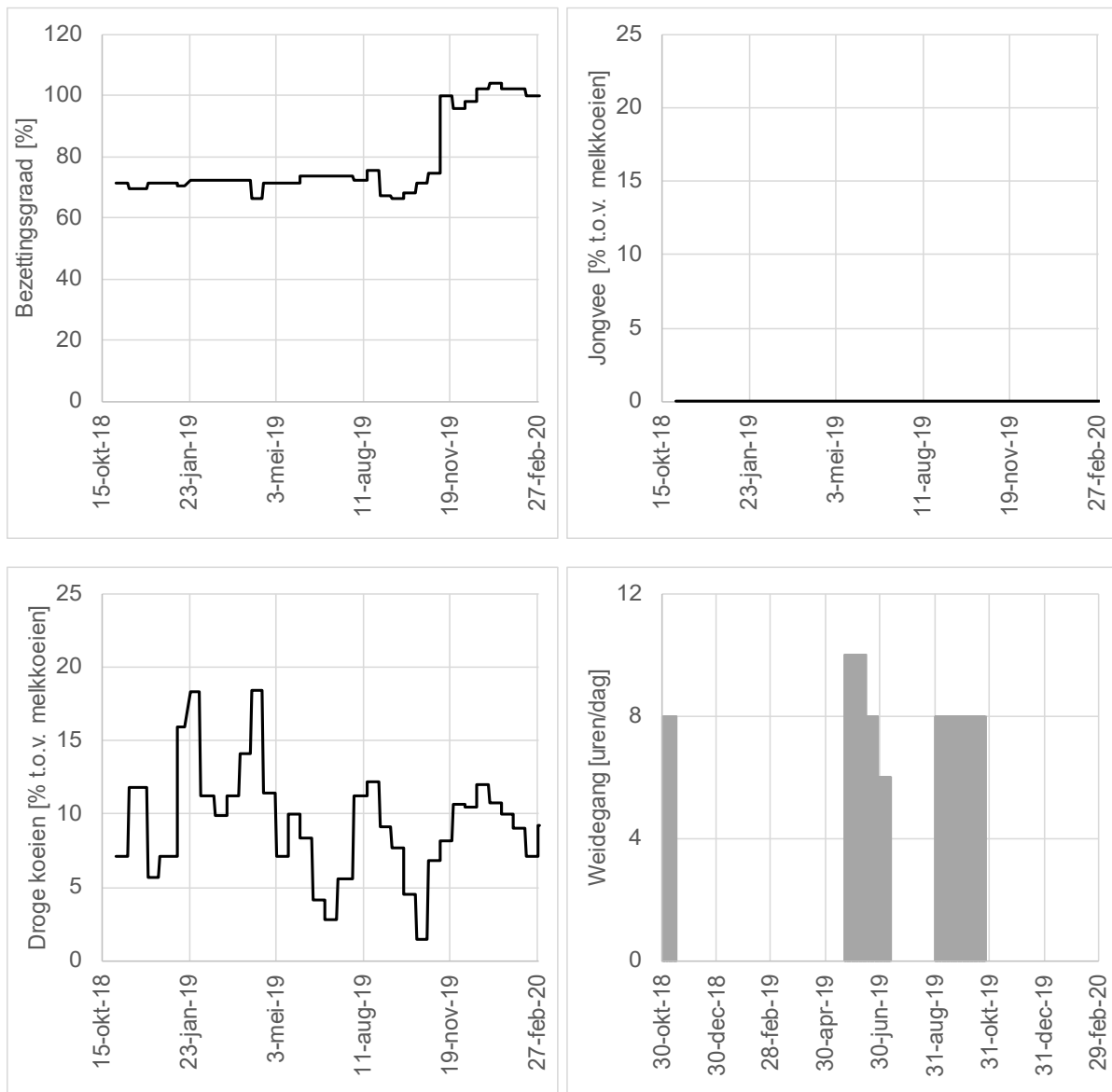
Tabel WLR3.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	78 (66 : 104)	78 (66 : 100)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	9 (1 : 18)	10 (4 : 18)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	30 (27 : 33)	30 (28 : 33)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,3 : 3,7)	3,6 (3,5 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,4 (4,2 : 4,8)	4,5 (4,3 : 4,7)
	Ureumgehalte (mg/100g)	20 (14 : 24)	20 (16 : 23)
Klimaat	T-binnen (°C)	12,4 (-1,0 : 30,9)	13,2 (8,1 : 25,4)
	RV-binnen (%)	83 (43 : 100)	75 (43 : 87)
	T-buiten (°C)	10,0 (-4,8 : 30,4)	10,9 (5,6 : 22,0)
	RV-buiten (%)	81 (38 : 99)	77 (59 : 89)
	Windrichting	192 (39 : 334)	169 (47 : 226)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,5 (1,0 : 9,6)	3,6 (1,0 : 5,6)
Resultaten	Aantal meetdagen	475	8
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1178 (475 : 4345)	1189 (630 : 1915)
	CO ₂ stal (ppm)	731 (511 : 1075)	754 (591 : 939)
	CO ₂ buiten (ppm)	459 (419 : 537)	477 (415 : 544)
	Aantal meetdagen	475	8
	NH ₃ stal (ppm)	1,8 (0,2 : 4,9)	1,9 (0,7 : 3,0)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,15 (0,07 : 0,27)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	8,3 (1,8 : 22,7)	8,5 (4,9 : 11,1)
	Aantal meetdagen	398	8
	CH ₄ stal (ppm)	32,5 (15,4 : 55,2)	35,1 (15,3 : 58,6)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	2,6 (2,0 : 3,1)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	157 (66 : 368)	147 (103 : 210)
	Aantal meetdagen	---	8
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,40 (0,29 : 0,57)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,37 (0,27 : 0,55)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,42 (0,07 : 0,71)



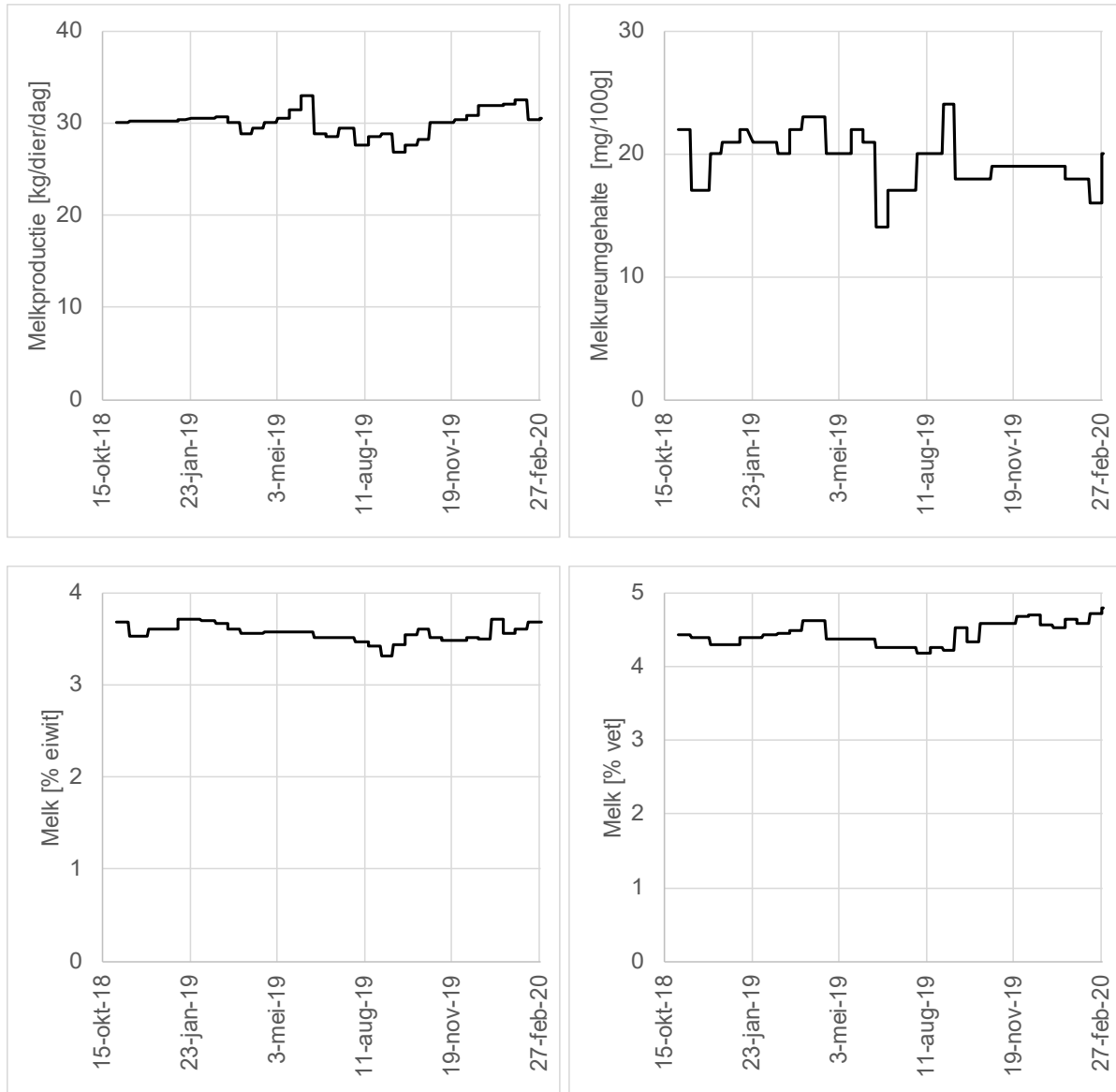
Figuur WLR3.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR3.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 66% en 104% (gemiddeld 78%), het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 1% en 18% (gemiddeld 9%). In de stal wordt geen jongvee gehuisvest. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



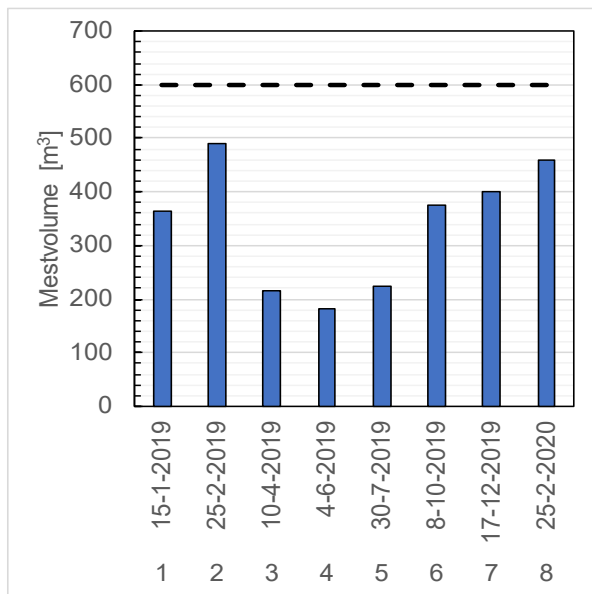
Figuur WLR3.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR3.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 27 en 33 kg/dier/dag (gemiddeld 30 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 14 en 24 mg/100g (gemiddeld 20 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,3 en 3,7) en 4,4% vet (tussen 4,2 en 4,8).



Figuur WLR3.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

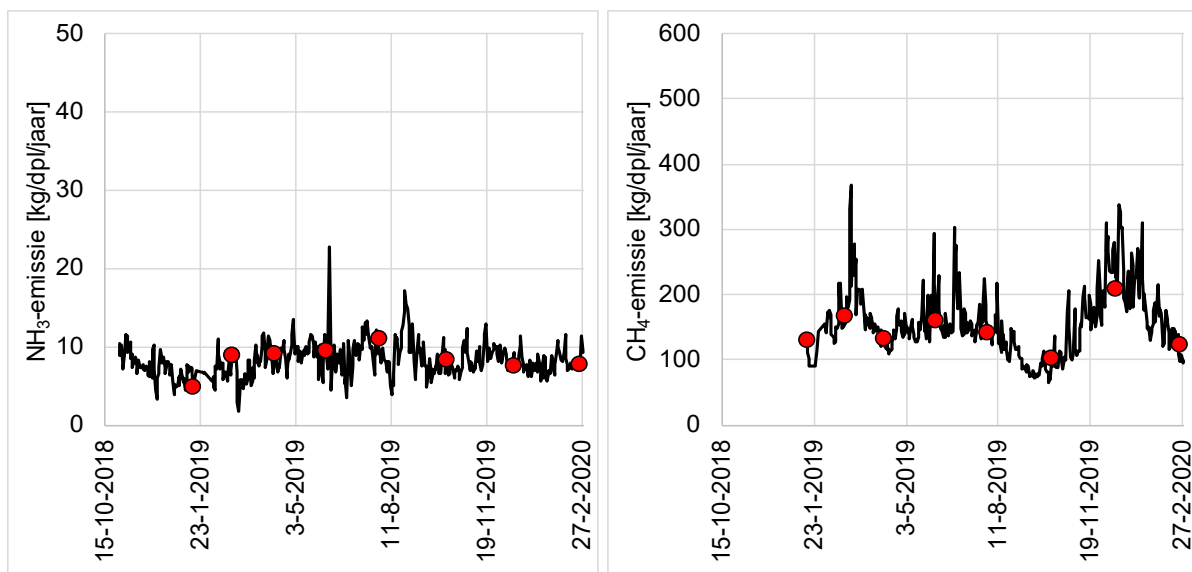
In Figuur WLR3.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond begin augustus leeg.



Figuur WLR3.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR3.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $8,3 \pm 2,1$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $8,5 \pm 1,8$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 157 ± 52 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 147 ± 33 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR3.6 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR3.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
Datum	15-1-2019	25-2-2019	9-4-2019	3-6-2019	29-7-2019	7-10-2019	16-12-2019	24-2-2020	
Dag in het jaar	15	56	99	154	210	280	350	55	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	8,4	9,2	9,9	20,4	25,4	12,6	11,4	8,1
	RV-binnen (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	43,4	85,5	87,3	85,7
	T-buiten (°C)	5,6	6,5	7,2	18,8	22,0	11,4	9,1	6,4
	RV-buiten (%)	87,5	70,9	64,9	73,2	59,0	89,3	86,0	85,1
	Windrichting	225,8	109,8	46,7	206,9	197,1	170,2	175,4	222,3
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	5,3	1,0	4,9	2,4	2,3	3,3	3,6	5,6
	Dierplaatsen	98	98	98	98	98	98	98	98
Melkkoeien	69	71	65	72	72	67	96	98	
waarvan melkgevende koeien	58	64	53	66	68	64	86	91	
waarvan droge koeien	11	7	12	6	4	3	10	7	
Jongvee, drachtig	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jongvee, niet drachtig	0	0	0	0	0	0	0	0	
Weide (aantal uren)	0	0	0	10	0	8	0	0	
Bezettingsgraad	70	72	66	73	73	68	98	100	
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	16	10	18	8	6	4	10	7	
Melkproductie (kg/dier/dag)	30	31	30	33	30	28	31	30	
Melk (% eiwit)	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5	3,6	3,5	3,7	
Melk (% vet)	4,4	4,4	4,6	4,4	4,3	4,3	4,7	4,7	
Ureumgehalte (mg/100g)	22	20	23	21	17	18	19	16	

Tabel WLR3.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datum	15-1-2019	25-2-2019	9-4-2019	3-6-2019	29-7-2019	7-10-2019	16-12-2019	24-2-2020
Dag in het jaar	15	56	99	154	210	280	350	55
CO ₂ stal (ppm)	626	939	795	768	774	609	931	591
CO ₂ buiten (ppm)	479	544	505	477	475	450	476	415
Debiet (m ³ /dier/uur)	1915	730	941	991	904	1746	630	1657
NH ₃ stal (ppm)	0,7	2,7	2,3	2,3	3,0	1,3	2,1	0,8
NH ₃ buiten (ppm)	0,12	0,10	0,07	0,16	0,27	0,19	0,16	0,11
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	4,9	9,0	9,1	9,5	11,1	8,4	7,7	7,9
CH ₄ stal (ppm)	17,9	54,6	37,9	40,2	39,3	17,0	58,6	15,3
CH ₄ buiten (ppm)	2,0	2,6	2,8	2,6	2,5	2,8	2,5	3,1
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	131,8	168,6	134,0	161,3	141,7	103,1	210,4	124,2
N ₂ O stal (ppm)	0,29	0,34	0,30	0,33	0,36	0,57	0,56	0,45
N ₂ O buiten (ppm)	0,27	0,29	0,27	0,32	0,30	0,55	0,49	0,43
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,31	0,41	0,32	0,07	0,71	0,30	0,64	0,57

Meetresultaten

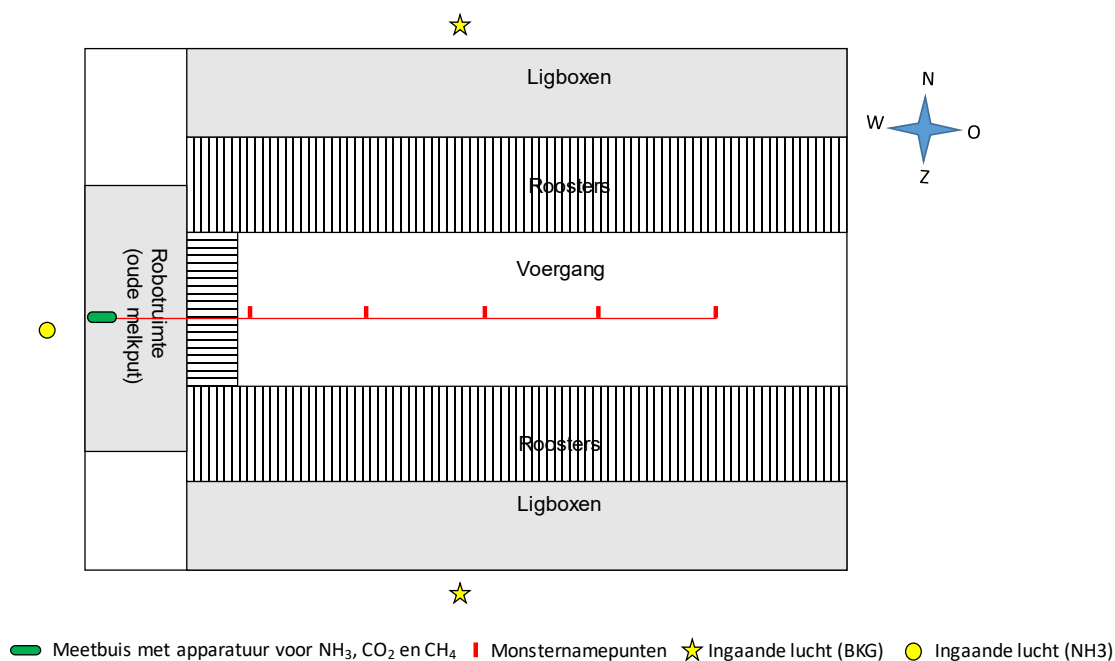
1.4 WLR4

1.4.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF) met rubbermat met gemalen stro. In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 103 ligboxen en 2 separatieboxen (geen strohokken). In de stal (Figuur WLR4.1) worden zowel melkvee, als droge koeien en het oudste jongvee in een 1+1 rijige ligboxenstal gehuisvest. Ten zuiden van de stal, op ongeveer 4m afstand, is een stal aanwezig waar de jongvee wordt gehuisvest. De melkkoeien worden met behulp van een melkrobot gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Deze vloer wordt drie keer per dag met behulp van een roosterschuirobot geschoven. De mestkelder heeft 2 delen (1,5m en 2,0m diep) en heeft een totale mestcapaciteit van 1100 m³. Ongeveer de helft van de kelder is onder de roosters, de rest onder de ligboxen en voergang. De mest in de put wordt regelmatig (minimaal een keer per maand) gemixt. De mest wordt in het voorjaar en in de zomer (en in december als de put vol is) uit de stal afgevoerd. Voor het dagelijks gebruik is 3,5 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 0,8 meter een gordijn (1,5 meter hoog) bevestigd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 60 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 90 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd. In mei 2020 zijn er in de achterwand 2 ventilatoren geplaatst met een diameter van 90 cm. De lucht wordt dan in een plasticfoliebuis geblazen met gaatjes over de hele lengte van de stal. De ventilatoren draaien 24 uur per dag, bij 18 °C op minimum vermogen, oplopend tot maximaal bij 25 °C.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via drinkbakken en sneldrinkers. Twee keer per dag wordt het voer (gemengd) verstrekt. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast. In Tabel WLR4.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR4.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR4.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	60x16
Goot- en nokhoogte (m)	2,4m goot; 5,7m nok
Oriëntatie van de stal	oost-west
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	103 (grootvee)
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,1 x 2,40 (grootvee)
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,5
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	2
Aantal strohok(ken)	-
Oppervlak strohok(ken)	-
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	10 m ²
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	2 delen (1,5m en 2,0m diep). Totale mestcapaciteit: 1100 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Mestrobot, 3 keer per dag. Mest wordt in het voorjaar en in de zomer (ook in december als put vol is) verwijderd
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijanten, 60x1,5 m open met gordijn
Voersysteem en voertijden	Gemengd, 2 x daags
Drinkwatersysteem en drinktijden	Onbeperkt met drinkbakken + sneldrinkers
Lichtregime	Ochtend vanaf 6 uur totdat er voldoende daglicht is (lichtsensor). Avond van schemering tot 10.30.
² Weidegang	180 dagen per jaar; 4 uren per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	27,1 kg/dier/dag; 4,33% vet; 3,57% eiwit; 21 mg/100g; 101 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	18,9
Aandeel vers gras (%)	7,2
Aandeel graslandproducten (%)	24,9
Aandeel maïsproducten (%)	36,0
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	6,3
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	25,6

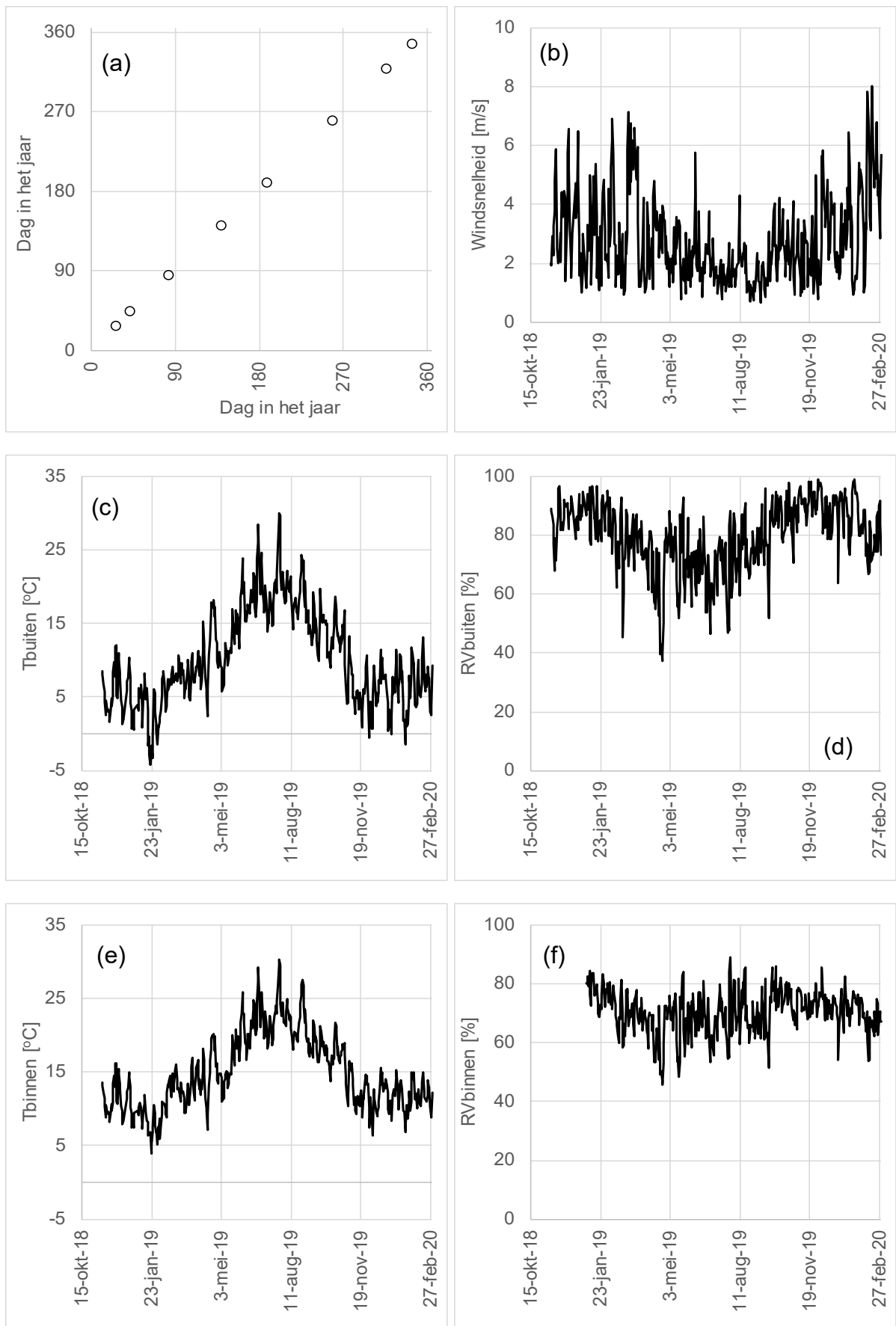
¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.4.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 13/11/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er acht referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR4.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 8,4 °C; Tabel WLR4.2) en windsnelheid (WS: 2,4 m/s) tijdens de referentiemetingen waren beduidend lager dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 83%; Tabel WLR4.2) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Arcen; T: 10,8 °C; RV: 80%; WS: 3,0 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,3 °C; Tabel WLR4.2) iets lager dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR4.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR4.3 en Tabel WLR4.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven

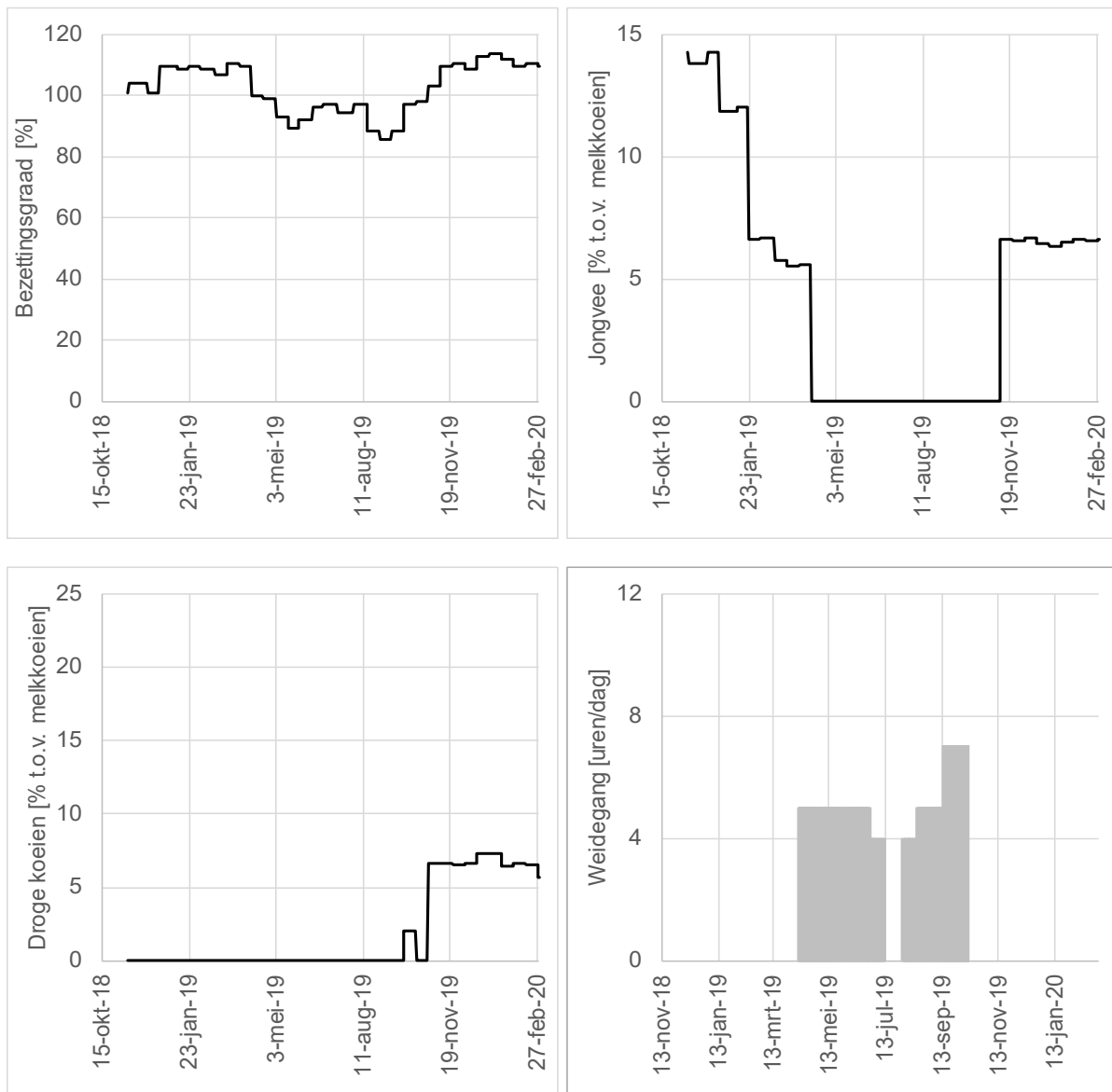
Tabel WLR4.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	102 (85 : 114)	102 (88 : 112)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	4 (0 : 14)	5 (0 : 14)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	2 (0 : 7)	2 (0 : 7)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	31 (28 : 35)	31 (29 : 35)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,3 : 3,7)	3,6 (3,5 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,4 (4,0 : 4,6)	4,4 (4,1 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	22 (16 : 31)	21 (18 : 30)
Klimaat	T-binnen (°C)	14,9 (4,0 : 30,3)	13,3 (8,8 : 18,8)
	RV-binnen (%)	70 (46 : 89)	73 (65 : 83)
	T-buiten (°C)	10,3 (-4,2 : 30,0)	8,4 (2,5 : 14,9)
	RV-buiten (%)	79 (37 : 99)	83 (66 : 91)
	Windrichting	192 (33 : 328)	236 (153 : 297)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,8 (0,7 : 8,0)	2,4 (1,2 : 4,5)
Resultaten	Aantal meetdagen	466	8
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	968 (331 : 4087)	968 (485 : 1875)
	CO ₂ stal (ppm)	880 (564 : 1478)	877 (686 : 1119)
	CO ₂ buiten (ppm)	513 (430 : 704)	520 (480 : 560)
	Aantal meetdagen	466	8
	NH ₃ stal (ppm)	2,5 (0,5 : 8,6)	3,1 (1,4 : 5,4)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,10 (0,04 : 0,16)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	12,7 (6,2 : 37,3)	16,3 (9,9 : 20,3)
	Aantal meetdagen	382	8
	CH ₄ stal (ppm)	52,9 (12,8 : 130,1)	47,3 (30,2 : 67,5)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	6,8 (3,7 : 11,2)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	219 (100 : 429)	221 (144 : 321)
	Aantal meetdagen	---	8
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,37 (0,30 : 0,48)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,34 (0,27 : 0,43)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,48 (0,08 : 0,91)



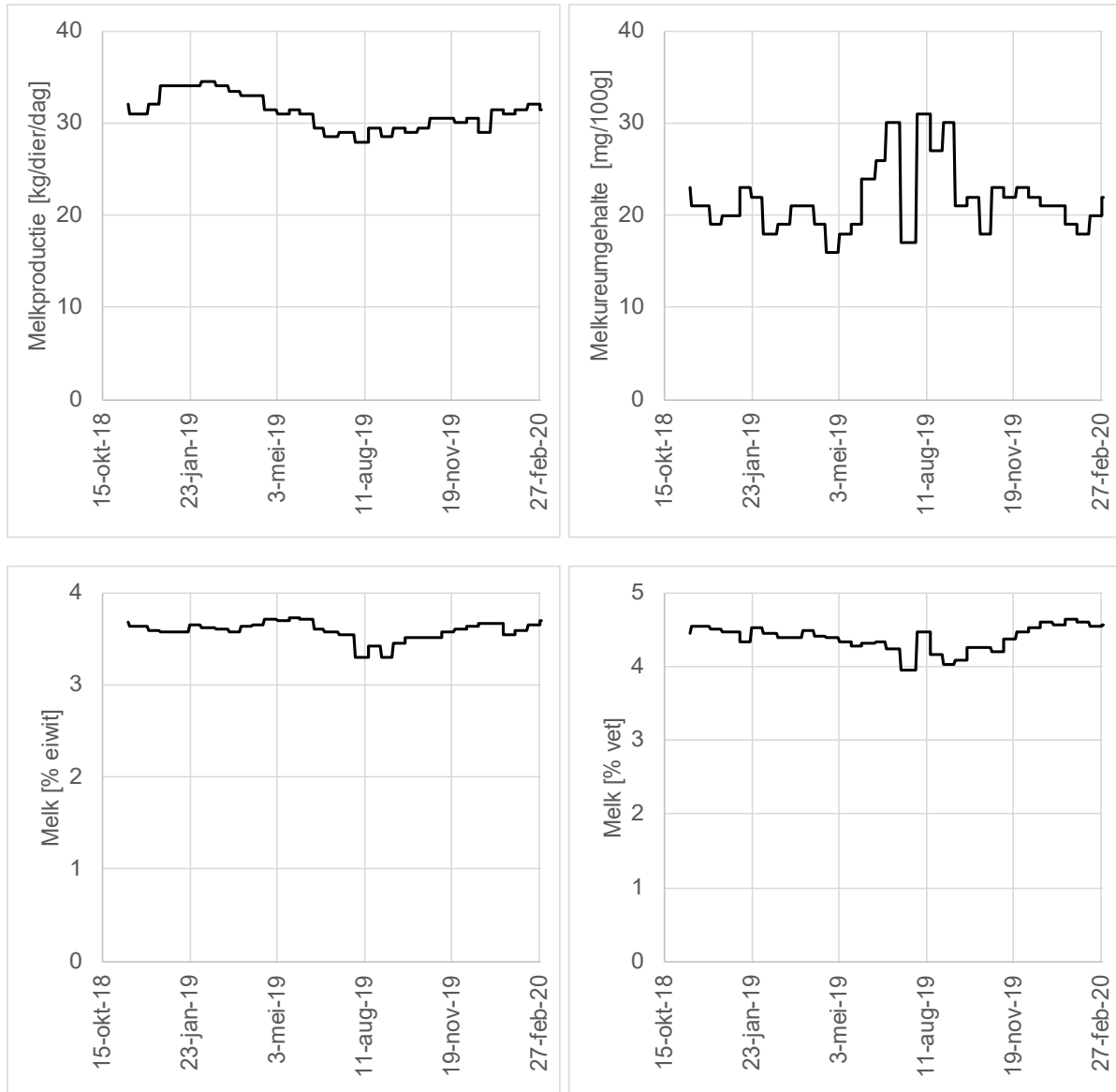
Figuur WLR4.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR4.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 85% en 114% (gemiddeld 102%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 14% (gemiddeld 4%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 7% (gemiddeld 2%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



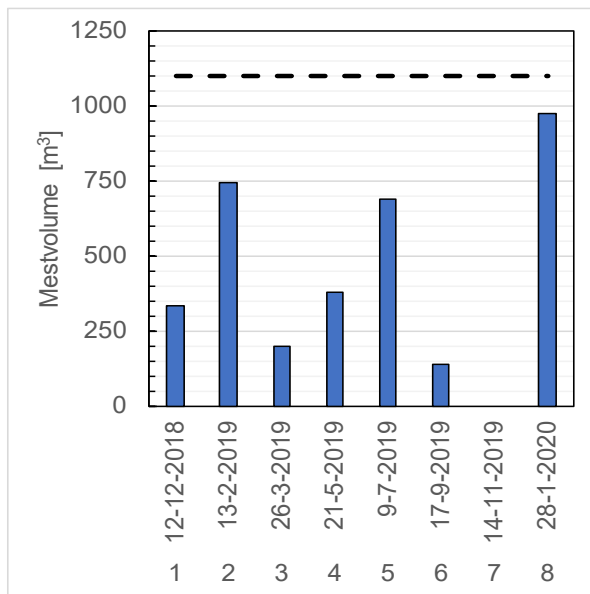
Figuur WLR4.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR4.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 28 en 35 kg/dier/dag (gemiddeld 31 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 16 en 31 mg/100g (gemiddeld 22 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,3 en 3,7) en 4,4% vet (tussen 4,0 en 4,6).



Figuur WLR4.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

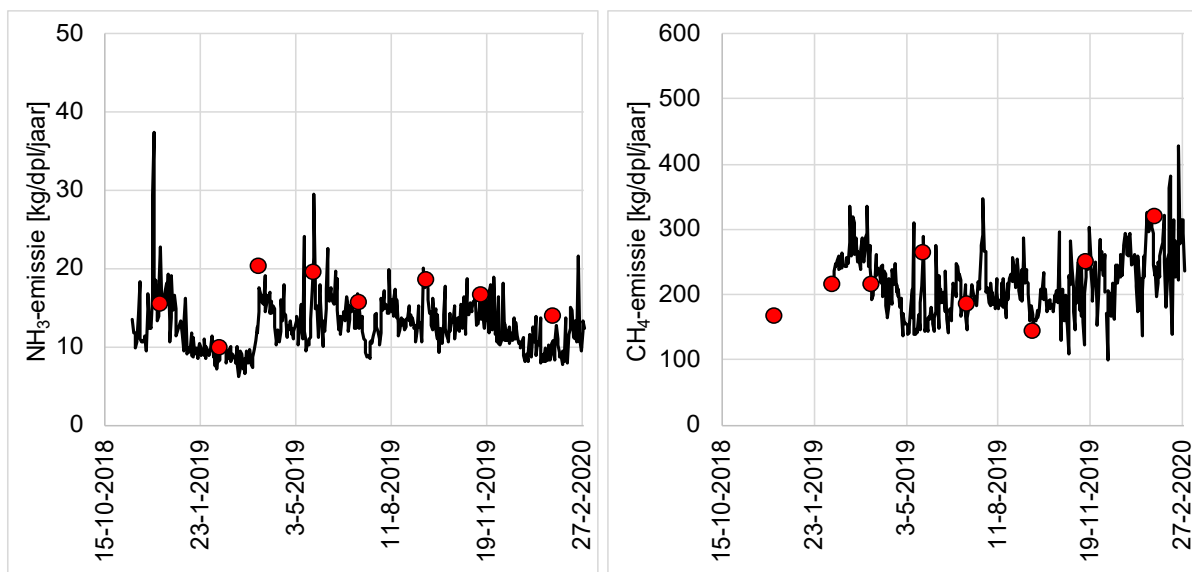
In Figuur WLR4.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond half september leeg.



Figuur WLR4.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR4.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $12,7 \pm 3,4$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $16,3 \pm 3,4$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 219 ± 48 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 221 ± 57 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR4.6 a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR4.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
Datum	11-12-2018	12-2-2019	25-3-2019	20-5-2019	8-7-2019	16-9-2019	13-11-2019	27-1-2020	
Dag in het jaar	345	43	84	140	189	259	317	27	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	8,8	9,0	12,0	16,8	18,6	18,8	11,1	11,0
	RV-binnen (%)	0,0	74,2	68,8	83,5	64,6	75,7	74,0	72,8
	T-buiten (°C)	2,5	3,4	7,2	13,1	14,9	13,4	5,8	6,6
	RV-buiten (%)	91,1	85,8	72,9	89,8	66,1	87,4	87,7	84,0
	Windrichting	170,8	220,1	297,1	289,5	278,7	270,2	152,7	210,6
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	1,7	2,6	3,1	1,9	1,5	1,2	2,7	4,5
Managementgegevens	Dierplaatsen	103	103	103	103	103	103	103	103
	Melkkoeien	91	105	107	92	100	91	106	108
	waarvan melkgevende koeien	91	105	107	92	100	91	99	101
	waarvan droge koeien	0	0	0	0	0	0	7	7
	Jongvee, drachtig	13	7	6	0	0	0	7	7
	Jongvee, niet drachtig	0	0	0	0	0	0	0	0
	Weide (aantal uren)	0	0	0	5	4	7	0	0
	Bezettingsgraad	101	109	110	89	97	88	110	112
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	14	7	6	0	0	0	7	6
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	0	0	0	0	0	0	7	6
	Melkproductie (kg/dier/dag)	32	35	33	32	29	30	31	31
	Melk (% eiwit)	3,6	3,6	3,6	3,7	3,6	3,5	3,6	3,5
	Melk (% vet)	4,5	4,5	4,5	4,3	4,2	4,1	4,4	4,6
	Ureumgehalte (mg/100g)	19	18	21	19	30	21	22	19

Tabel WLR4.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datum	11-12-2018	12-2-2019	25-3-2019	20-5-2019	8-7-2019	16-9-2019	13-11-2019	27-1-2020
Dag in het jaar	345	43	84	140	189	259	317	27
CO ₂ stal (ppm)	1119	963	908	686	854	940	839	708
CO ₂ buiten (ppm)	521	532	505	526	560	480	526	507
Debiet (m ³ /dier/uur)	485	718	747	1875	980	628	901	1415
NH ₃ stal (ppm)	5,0	2,0	3,9	1,9	2,7	5,4	2,7	1,4
NH ₃ buiten (ppm)	0,16	0,10	0,08	0,09	0,09	0,15	0,13	0,04
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	15,4	9,9	20,3	19,5	15,8	18,5	16,6	14,0
CH ₄ stal (ppm)	67,5	51,6	48,5	30,2	44,2	53,2	45,2	37,7
CH ₄ buiten (ppm)	11,2	6,5	4,7	3,7	11,1	9,5	3,7	4,3
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	169,0	216,4	217,4	264,7	186,9	143,8	250,1	321,3
N ₂ O stal (ppm)	0,38	0,36	0,35	0,37	0,30	0,37	0,48	0,38
N ₂ O buiten (ppm)	0,37	0,33	0,32	0,33	0,27	0,34	0,43	0,36
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,08	0,37	0,43	0,91	0,39	0,26	0,87	0,56

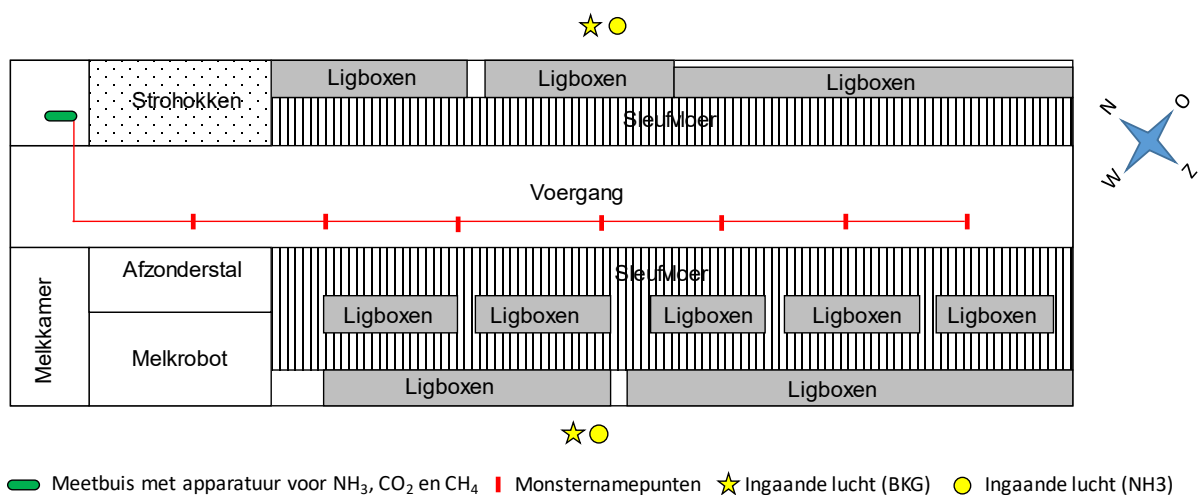
1.5 WLR5

1.5.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 115 ligboxen (88 voor grootvee, 27 voor jongvee), 3 separatieboxen en 2 strohokken. De stal (Figuur WLR5.1) is verdeeld in een zijde met melkkoeien, en een zijde voor droge koeien en ouder jongvee in een 2+1 rijige ligboxenstal. Op minder dan 20 m ten zuidwesten van de stal staat een mestvergister en een mestsilo. De koeien worden gemolken in twee robots. De separatieruimte en uitloopruijnte van de robot is ruim opgezet. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bestaan uit een dichte sleuenvloer. Deze vloer wordt elke uur met behulp van een mestschuif geschoven. De mestkelder (1,5m diep) heeft een totale mestcapaciteit van 580 m³. Mest (tussen 8-12 m³) wordt dagelijks naar de vergister afgevoerd. Voor het dagelijks gebruik is 3,5 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden zijn de ventilatieopeningen met oprolzeil (1,3 meter hoog) afsluitbaar. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 66 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 86 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. Het dak van de stal is niet geïsoleerd. In de stal zijn vier lengte ventilatoren geïnstalleerd, drie bij het gedeelte van de melkkoeien en één bij de droge koeien. De ventilatoren hangen boven de mestgang tussen de voergang en de ligboxen. De ventilatoren hebben een diameter van 1300 mm en een vermogen van 1,3 kW. Ze worden handmatig in- en uitgeschakeld. Ook de draaisnelheid wordt handmatig ingesteld. Boven op de nok van de stal staan drie watersproeiers die bij hoge temperaturen het staldak koelen.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via kantelbakken en sneldrinkers. Een keer per dag wordt het voer (gemengd) verstrekt, en acht keer per dag met een robot aangeschoven. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast. In Tabel WLR5.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR5.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR5.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	66,4x21,8
Goot- en nokhoogte (m)	2,95m goot; 8,45m nok
Oriëntatie van de stal	zuidoost-noordwest
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	89 grootvee + 26 jongvee
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,2x2.4 (grootvee); 0,9*1,9 (jongvee)
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,5
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% dichte sleuenvloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Beton (robotruimte: rubber)
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	3
Aantal strohok(ken)	2
Oppervlak strohok(ken)	32 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Put onder loopruimte (1,5m diep). Totale mestcapaciteit: 580 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Mestschuif, een keer per uur. Dagelijks afvoer van mest naar vergister.
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijkanten, 66x1,3 m afsluitbaar met oprolzeil
Voersysteem en voertijden	Gemengd voeren; 1x daags; aanschuiven met robot 8x per dag
Drinkwatersysteem en drinktijden	Kantelbak en sneldrinkers; Onbepaalde drinktijd
Lichtregime	5 uur lampen aan; 23 uur lampen uit
² Weidegang	132 dagen per jaar; 7,6 uren per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	25,2 kg/dier/dag; 4,70% vet; 3,62% eiwit; 19 mg/100g; 101 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	18,3
Aandeel vers gras (%)	11,6
Aandeel graslandproducten (%)	28,4
Aandeel maïsproducten (%)	26,8
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	8,1
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	24,9

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

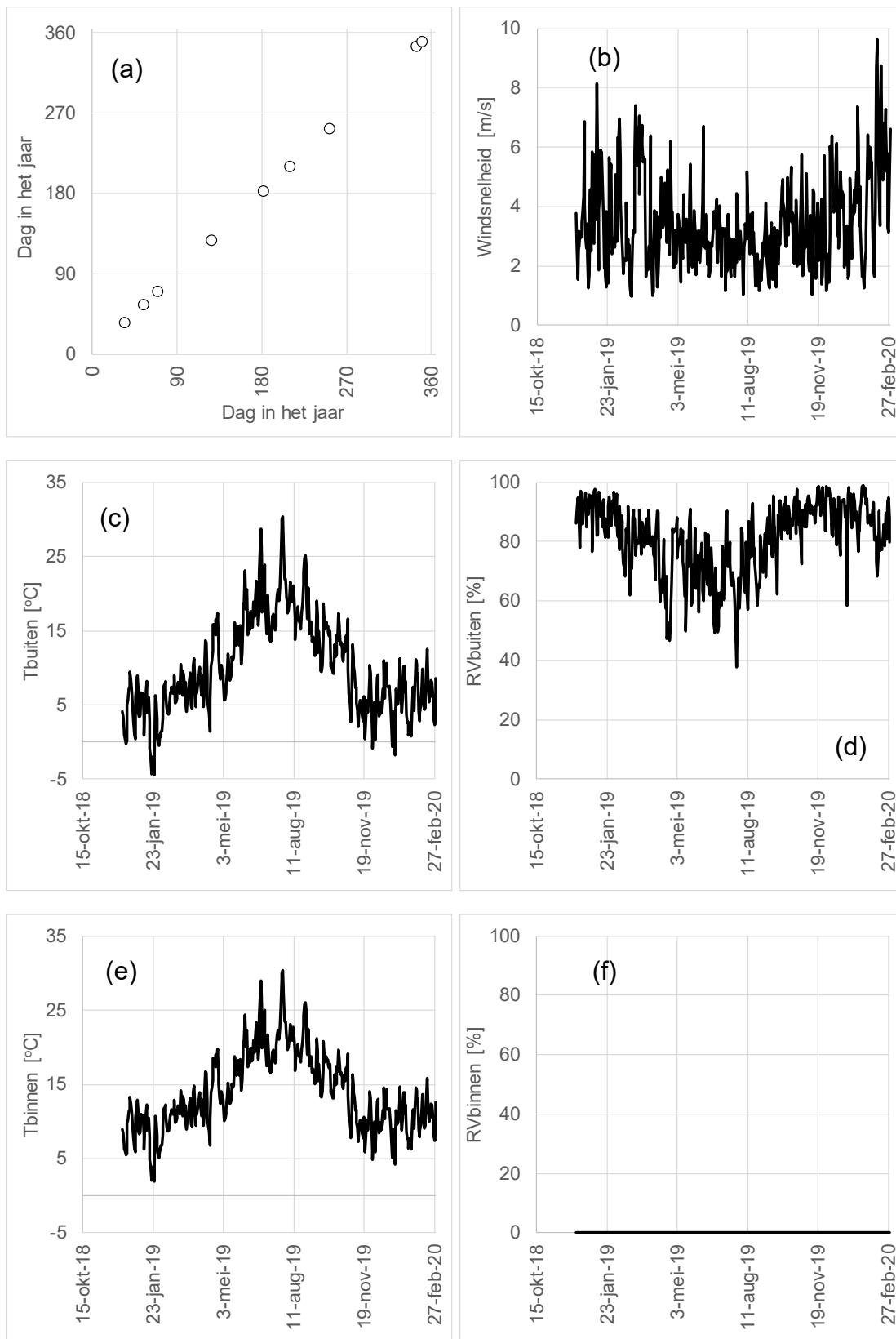
1.5.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 10/12/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er negen referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR5.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 9,6 °C; Tabel WLR5.2) was tijdens de referentiemetingen iets lager dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 79%; Tabel WLR5.2) en windsnelheid (WS: 3,6 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Hupsel; T: 10,2 °C; RV: 81%; WS: 3,3 m/s). Voor de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,0 °C; Tabel WLR5.2) de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden. In Figuur WLR5.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR5.3 en Tabel WLR5.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

Tabel WLR5.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

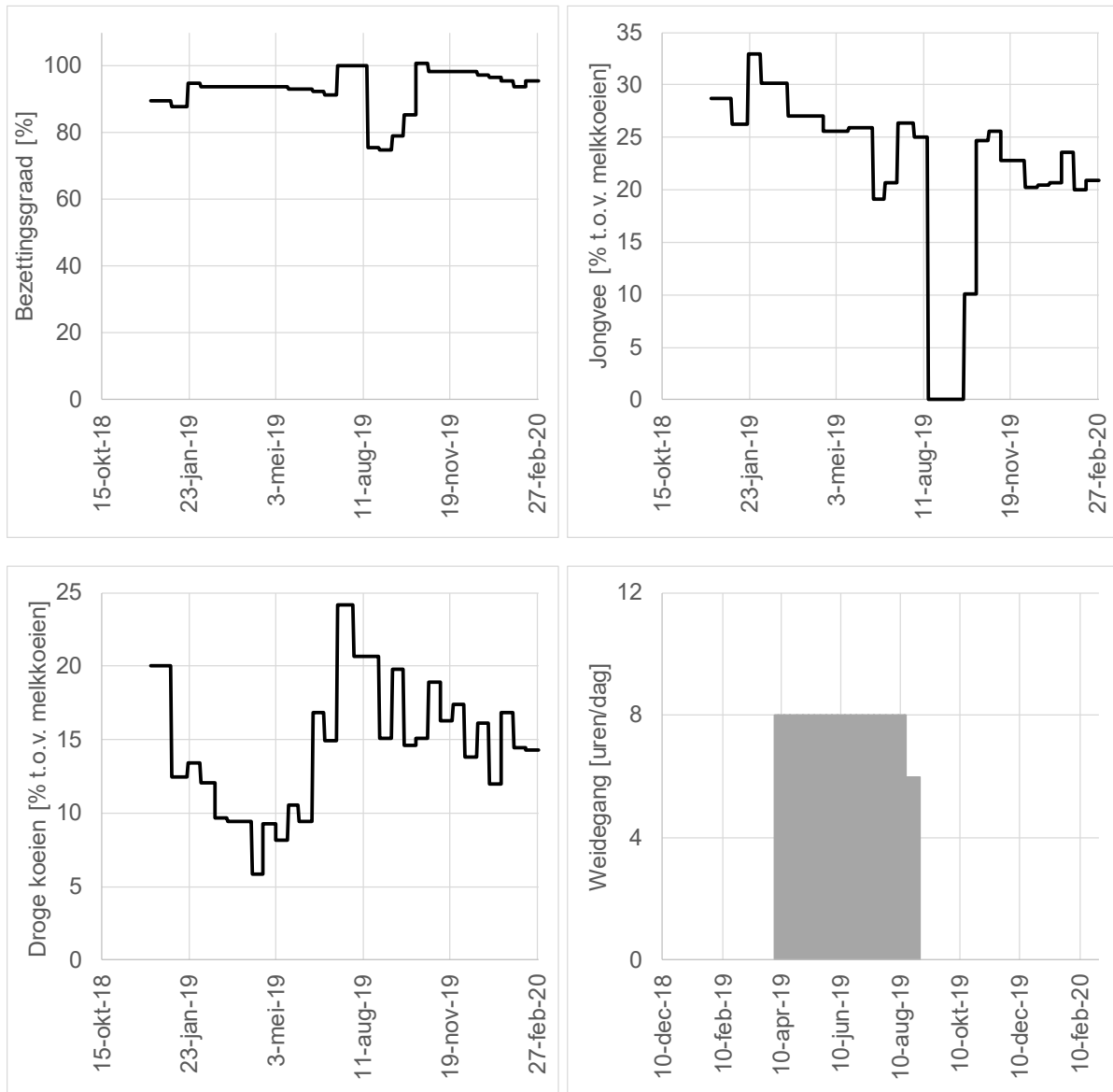
	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	93 (75 : 101)	92 (75 : 100)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	22 (0 : 33)	22 (0 : 32)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	15 (6 : 24)	15 (8 : 24)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	30 (25 : 34)	29 (25 : 34)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,5 : 3,7)	3,6 (3,5 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,7 (4,5 : 4,9)	4,7 (4,5 : 4,9)
	Ureumgehalte (mg/100g)	19 (14 : 24)	19 (15 : 22)
Klimaat	¹ T-binnen (°C)	13,7 (2,0 : 30,3)	13,4 (7,5 : 23,5)
	¹ RV-binnen (%)	---	---
	T-buiten (°C)	10,0 (-4,5 : 30,4)	9,6 (2,4 : 22,0)
	RV-buiten (%)	81 (38 : 99)	79 (59 : 91)
	Windrichting	195 (39 : 334)	222 (163 : 278)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,4 (1,0 : 9,6)	3,6 (1,3 : 6,1)
Resultaten	Aantal meetdagen	441	9
	Ventilatiedebit (m ³ /uur/dier)	1493 (443 : 5153)	1677 (937 : 4138)
	CO ₂ stal (ppm)	674 (530 : 1080)	669 (544 : 752)
	CO ₂ buiten (ppm)	488 (456 : 555)	492 (469 : 531)
	Aantal meetdagen	441	9
	NH ₃ stal (ppm)	1,2 (0,4 : 2,3)	1,2 (1,0 : 1,5)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,24 (0,12 : 0,33)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	7,9 (4,1 : 27,6)	9,5 (4,9 : 22,4)
	Aantal meetdagen	374	9
	CH ₄ stal (ppm)	24,1 (6,8 : 44,7)	22,5 (11,5 : 29,8)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,2 (2,9 : 5,7)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	164 (78 : 294)	146 (117 : 201)
	Aantal meetdagen	---	9
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,39 (0,32 : 0,51)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,36 (0,28 : 0,49)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,78 (0,20 : 2,53)

¹ Door een storing in de meetapparatuur is geen data voor de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal beschikbaar. Voor de binnentemperatuur wordt gebruikt gemaakt van alle beschikbare data uit alle andere melkveelocaties om een relatie tussen binnen- en buitentemperatuur te maken.



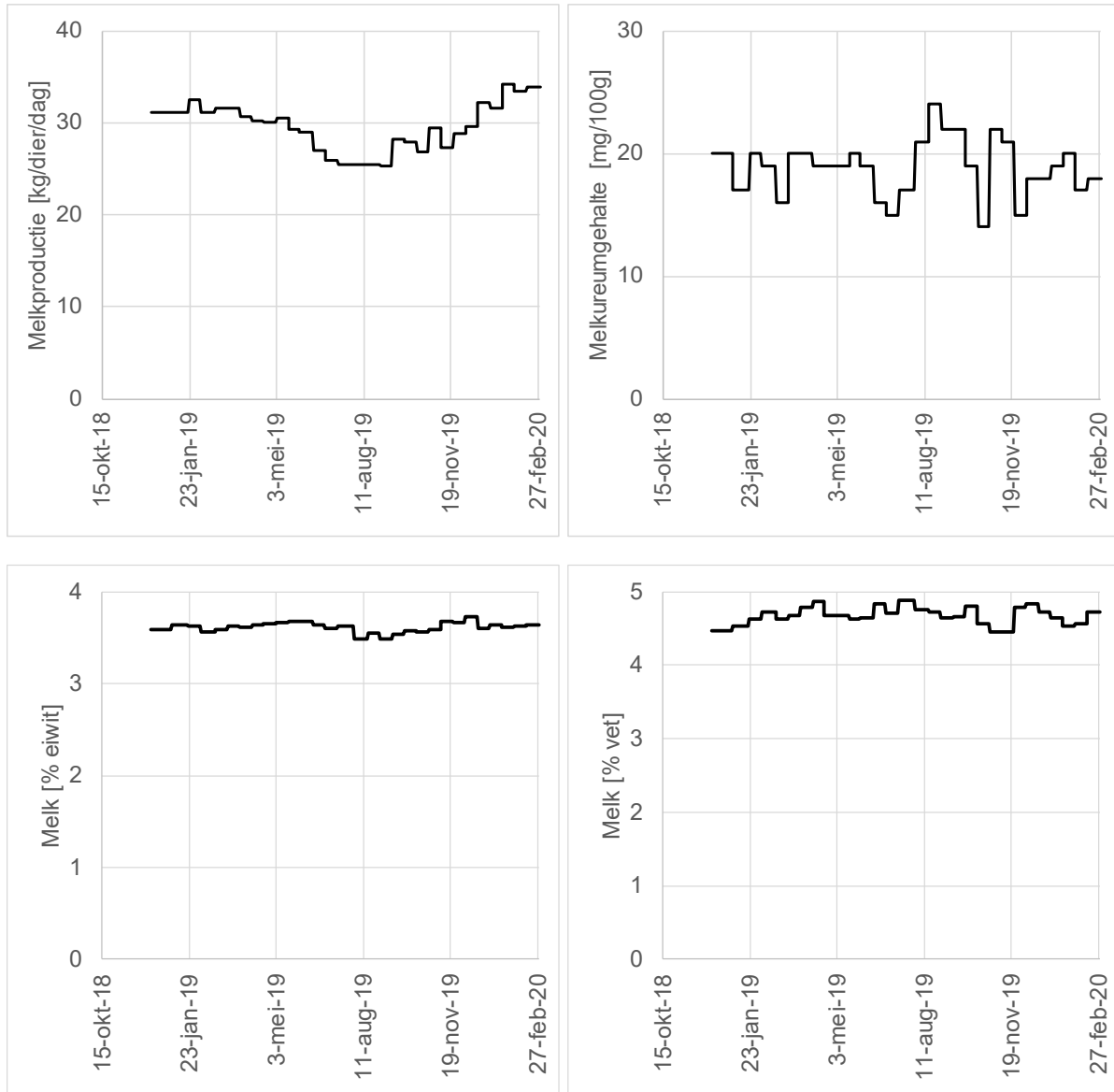
Figuur WLR5.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid. Door een storing in de meetapparatuur is geen data voor de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal beschikbaar. Voor de binnentemperatuur wordt gebruikt gemaakt van alle beschikbare data uit alle andere melkveelocaties om een relatie tussen binnen- en buitentemperatuur te maken (zie hoofdstuk 2.3).

In Figuur WLR5.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 75% en 101% (gemiddeld 93%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 33% (gemiddeld 22%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 6% en 24% (gemiddeld 15%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



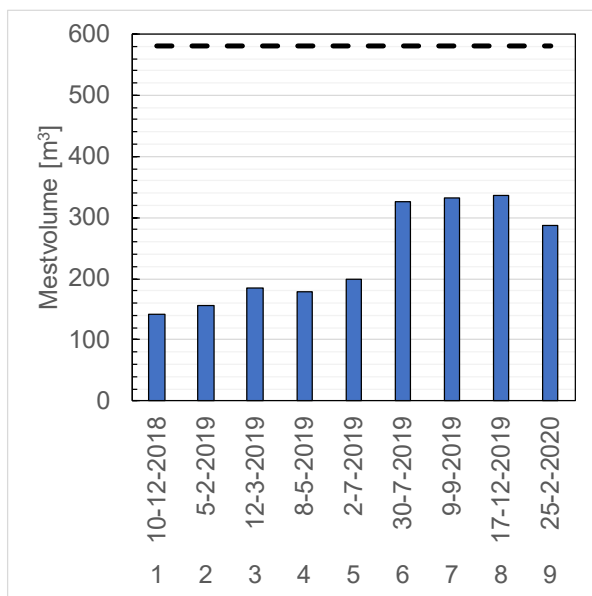
Figuur WLR5.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR5.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 25 en 34 kg/dier/dag (gemiddeld 30 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 14 en 24 mg/100g (gemiddeld 19 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,5 en 3,7) en 4,7% vet (tussen 4,5 en 4,9).



Figuur WLR5.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

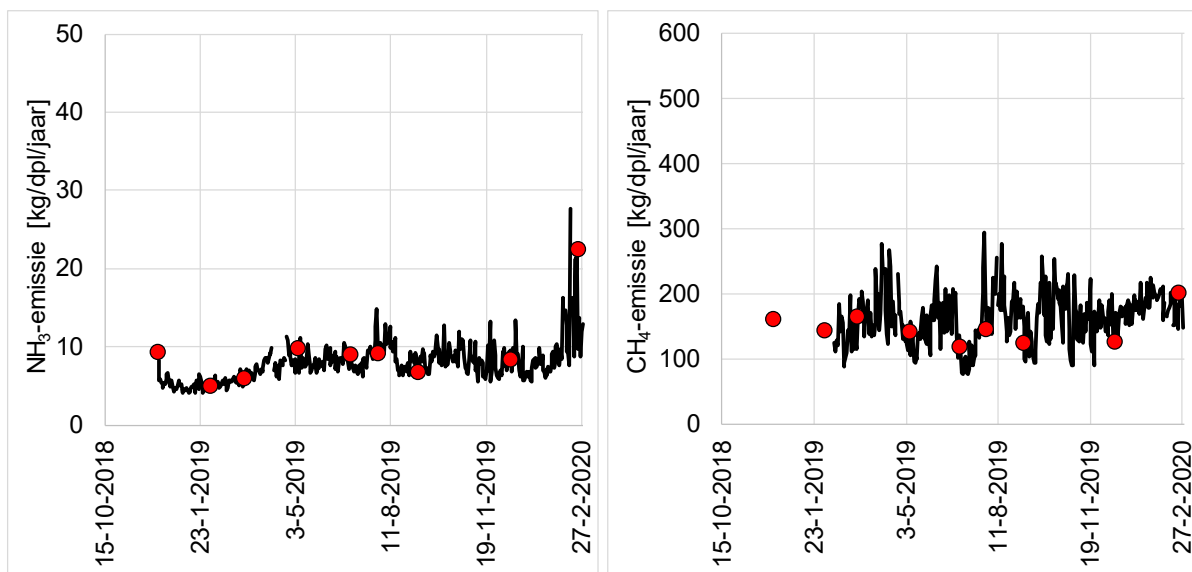
In Figuur WLR5.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. Mest (tussen 8-12 m³) wordt dagelijks naar de vergister afgevoerd.



Figuur WLR5.5 Mestvolume (m³ mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR5.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $7,9 \pm 2,5$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $9,5 \pm 5,1$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 164 ± 39 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 146 ± 26 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR5.6 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR5.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Datum	10-12-2018	4-2-2019	11-3-2019	7-5-2019	1-7-2019	29-7-2019	9-9-2019	16-12-2019	24-2-2020	
Dag in het jaar	344	35	70	127	182	210	252	350	55	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	8,7	7,5	9,6	12,4	20,2	23,5	15,1	13,0	10,8
	RV-binnen (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	T-buiten (°C)	3,8	2,4	4,9	8,4	17,9	22,0	11,7	9,1	6,4
	RV-buiten (%)	88,6	90,7	81,1	81,7	60,3	59,0	79,2	86,0	85,1
	Windrichting	278,4	200,0	230,4	162,7	271,9	197,1	257,7	175,4	222,3
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,1	4,0	6,1	2,4	3,9	2,3	1,3	3,6	5,6
	Managementgegevens	Dierplaatsen	115	115	115	115	115	115	115	115
Melkkoeien		80	83	85	86	87	91	86	94	91
waarvan melkgevende koeien		64	72	77	79	74	69	73	81	78
waarvan droge koeien		16	11	8	7	13	22	13	13	13
Jongvee, drachtig		23	26	23	22	18	24	0	19	19
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	0	0	8	8	8	0	0	0
Bezettingsgraad		90	94	94	94	91	100	75	98	96
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		29	32	27	26	21	26	0	20	21
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		20	13	9	8	15	24	15	14	14
Melkproductie (kg/dier/dag)		31	32	32	31	26	26	25	30	34
Melk (% eiwit)		3,6	3,6	3,6	3,7	3,6	3,6	3,5	3,7	3,6
Melk (% vet)		4,5	4,7	4,7	4,7	4,7	4,9	4,6	4,8	4,7
Ureumgehalte (mg/100g)		20	20	20	19	15	17	22	18	18

Tabel WLR5.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datum	10-12-2018	4-2-2019	11-3-2019	7-5-2019	1-7-2019	29-7-2019	9-9-2019	16-12-2019	24-2-2020
Dag in het jaar	344	35	70	127	182	210	252	350	55
CO ₂ stal (ppm)	715	752	712	615	601	653	694	730	544
CO ₂ buiten (ppm)	531	480	494	469	488	500	492	492	480
Debiet (m ³ /dier/uur)	1335	937	1188	1751	2033	1397	1262	1055	4138
NH ₃ stal (ppm)	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,3	1,3	1,4	1,2
NH ₃ buiten (ppm)	0,33	0,33	0,28	0,12	0,21	0,26	0,21	0,17	0,30
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	9,2	4,9	5,9	9,7	9,0	9,1	6,6	8,3	22,4
CH ₄ stal (ppm)	27,4	29,8	26,8	17,6	14,7	23,5	26,7	24,2	11,5
CH ₄ buiten (ppm)	5,7	3,8	2,9	3,4	4,0	5,7	5,0	4,2	3,1
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	159,3	142,2	163,5	141,3	117,3	145,2	122,7	125,4	201,4
N ₂ O stal (ppm)	0,38	0,36	0,34	0,32	0,39	0,32	0,41	0,51	0,46
N ₂ O buiten (ppm)	0,35	0,30	0,28	0,30	0,36	0,31	0,39	0,49	0,42
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,57	0,78	1,20	0,42	0,67	0,20	0,43	0,24	2,53

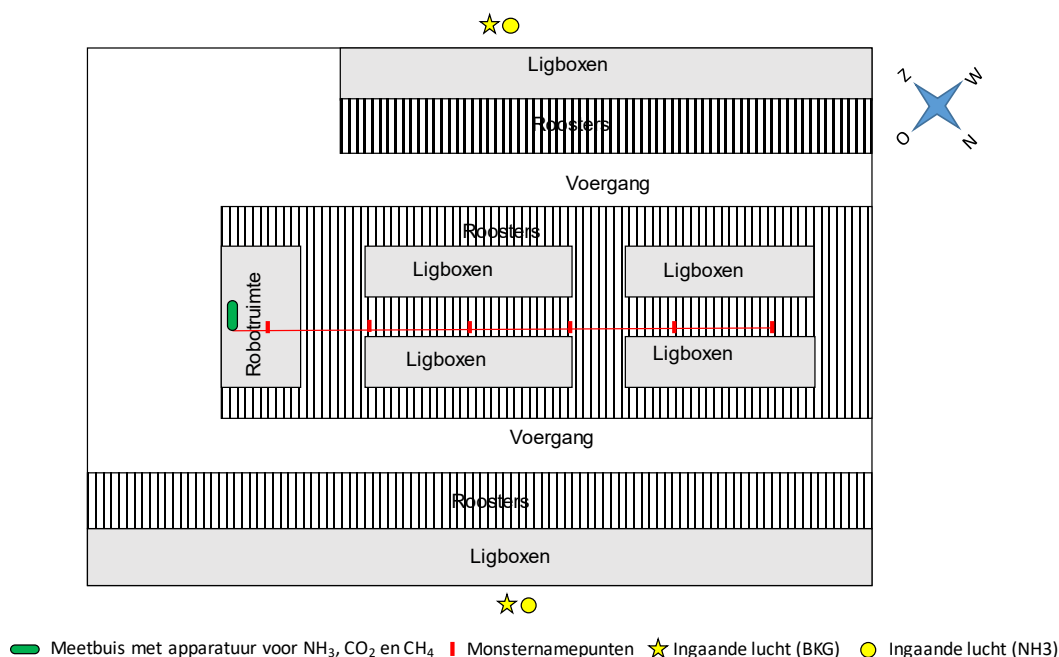
1.6 WLR6

1.6.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 188 ligboxen (130 boxen voor grootvee, 58 voor jongvee; geen separatieboxen), 4 kleine strohokken en 1 grote strohok. In de stal worden zowel melkvee, als droge koeien en het oudste jongvee in een 1+4+1 rijige ligboxenstal gehuisvest. De meetstal (Figuur WLR6.1) heeft twee voergangen, met in het midden de melkkoeien die door 2 AMS van Lely worden gemolken. Aan de zijkanten van de stal worden de jongvee en droge koeien gehuisvest. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Deze vloer wordt iedere uur met behulp van een roosterschuirobot geschoven. De stal is geheel onderkelderd. De mestkelder is 2,1 m diep en heeft een totale mestcapaciteit van 4200 m³. De mest in de put wordt regelmatig (minimaal een keer per maand) gemixt. Voor het dagelijks gebruik is 4,9 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 1,0 meter vogelgaas + gordijn (2 meter hoog) bevestigd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 58 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 116 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd. In de stal hangen twee ventilatoren in de nok met een diameter van 7 m. De ventilatoren draaien vol automatisch en beginnen te draaien vanaf 18 °C op lage toeren.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is beschikbaar via vlotterbakken en sneldrinkers die in de doorsteken zijn geplaatst. Op dit bedrijf werd tijdens de metingen geen weidegang toegepast en werd het voer (gemengd) eenmaal per dag (in de middag) verstrekt. Vanaf 7 april 2020 wordt beperkte weidegang toegepast en wordt twee keer per dag ('s ochtends rond 8:00 en 's middags rond 18:30) gevoerd. In Tabel WLR6.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR6.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR6.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	42,2x58,8
Goot- en nokhoogte (m)	3,3m goot; 12m nok
Oriëntatie van de stal	zuidoost-noordwest
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	188 (130 grootvee; 58 jongvee)
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,2 x 2,40 (grootvee); 1,20x2,60 (jongvee)
Loopoppervlak (m ² per dier)	4,9
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	-
Aantal strohok(ken)	4 kleine hokken en 1 grote hok
Oppervlak strohok(ken)	108 + 120 = 228 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Geheel onderkelderd (2,1 m diep). Totale mestcapaciteit: 4200 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Roosterschuifrobot, elk uur een route
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijkanten 58x2,0 m open met gordijn
Voersysteem en voertijden	Gemengd, 1 x daags in de middag
Drinkwatersysteem en drinktijden	Vlotterbak + sneldrinkers
Lichtregime	Tussen 8:00 en 16:00
² Weidegang	Geen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	29,5 kg/dier/dag; 4,34% vet; 3,31% eiwit; 23 mg/100g; 95 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	19,0
Aandeel vers gras (%)	0,0
Aandeel graslandproducten (%)	46,3
Aandeel maïsproducten (%)	17,6
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	4,8
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	31,2

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

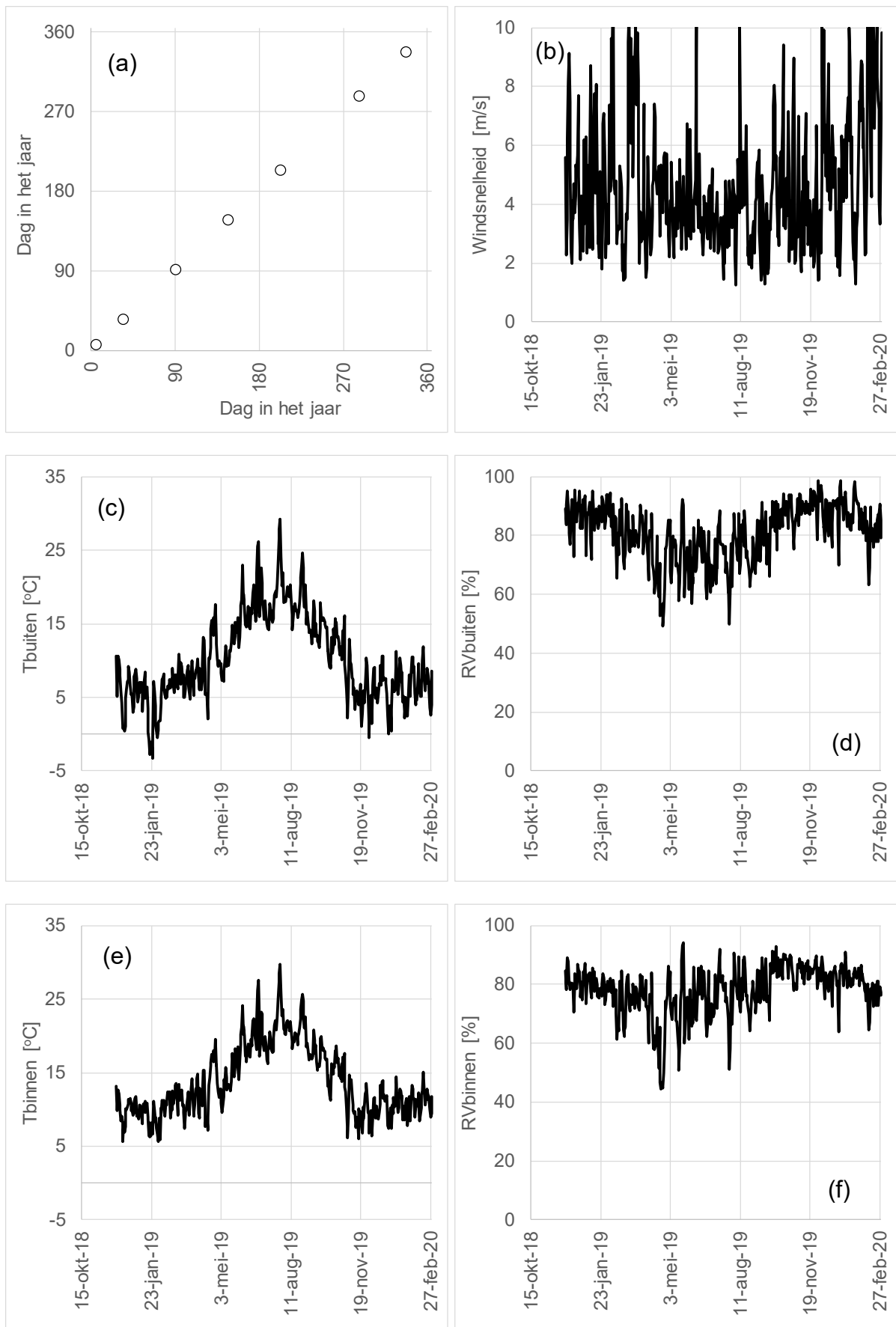
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.6.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 03/12/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR6.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,6 °C; Tabel WLR6.2), relatieve luchtvochtigheid (RV: 81%; Tabel WLR6.2) en windsnelheid (WS: 3,6 m/s) waren tijdens de referentiemetingen vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Lelystad; T: 10,4 °C; RV: 82%; WS: 4,3 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,1 °C; Tabel WLR6.2) iets lager dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR6.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR6.3 en Tabel WLR6.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

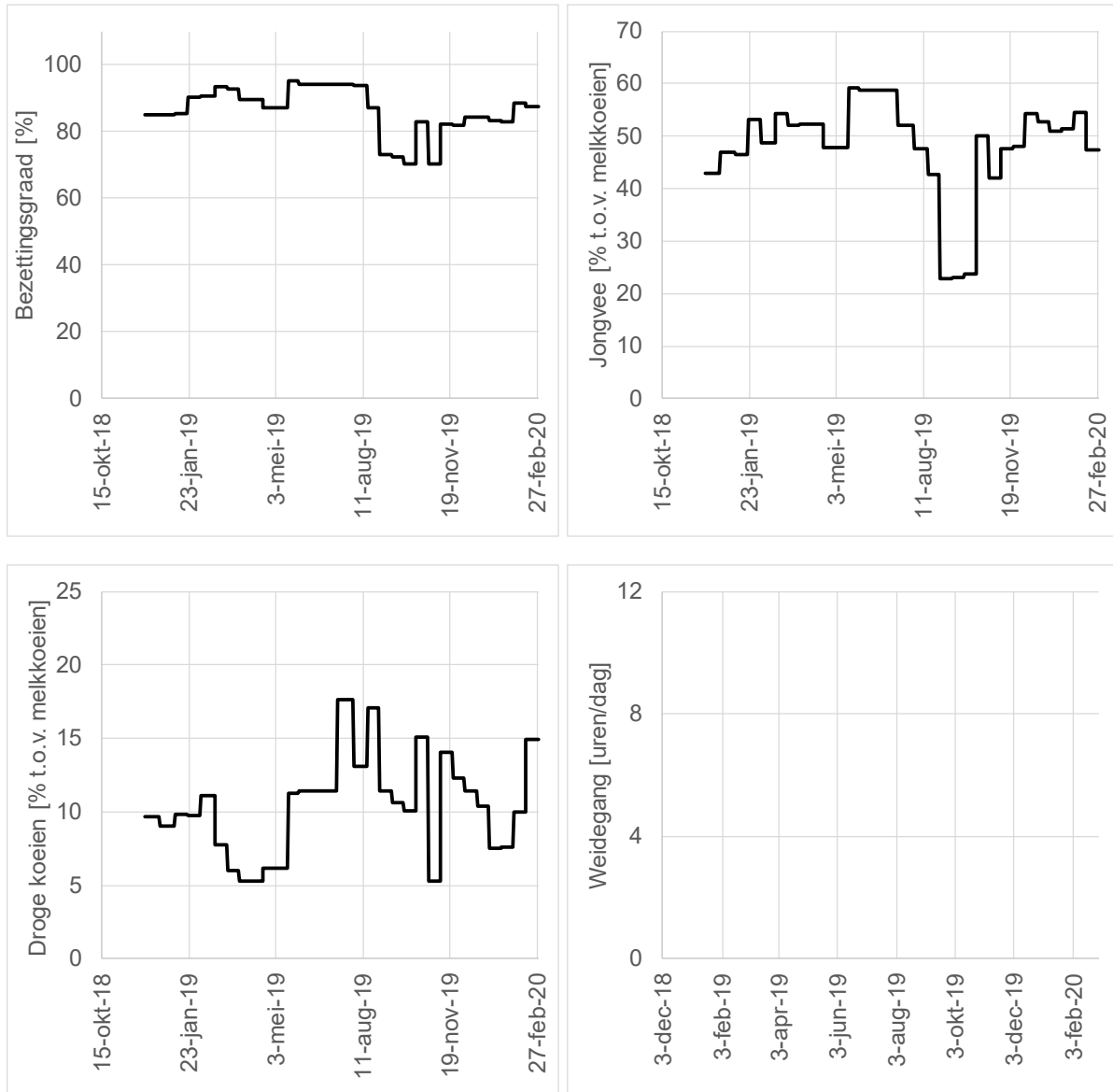
Tabel WLR6.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	86 (70 : 95)	89 (83 : 95)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	48 (23 : 59)	51 (43 : 59)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	10 (5 : 18)	11 (5 : 18)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	34 (32 : 38)	34 (33 : 35)
	Melk (% eiwit)	3,3 (3,2 : 3,5)	3,3 (3,2 : 3,4)
	Melk (% vet)	4,3 (4,0 : 4,6)	4,3 (4,1 : 4,5)
	Ureumgehalte (mg/100g)	22 (15 : 30)	22 (18 : 25)
Klimaat	T-binnen (°C)	13,7 (5,6 : 29,7)	13,9 (8,1 : 23,9)
	RV-binnen (%)	78 (44 : 94)	78 (65 : 89)
	T-buiten (°C)	10,1 (-3,3 : 29,2)	10,6 (3,1 : 21,9)
	RV-buiten (%)	81 (49 : 99)	81 (69 : 90)
	Windrichting	197 (37 : 337)	184 (117 : 253)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	4,6 (1,3 : 13,6)	4,4 (3,2 : 5,9)
Resultaten	Aantal meetdagen	454	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1154 (301 : 4687)	1149 (641 : 2104)
	CO ₂ stal (ppm)	754 (521 : 1425)	751 (591 : 902)
	CO ₂ buiten (ppm)	481 (433 : 569)	498 (473 : 554)
	Aantal meetdagen	454	7
	NH ₃ stal (ppm)	2,5 (0,3 : 5,3)	2,5 (1,8 : 3,7)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,11 (0,06 : 0,19)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	13,2 (4,1 : 26,1)	14,7 (8,5 : 21,5)
	Aantal meetdagen	402	7
	CH ₄ stal (ppm)	39,0 (13,9 : 84,6)	38,6 (23,2 : 52,3)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	2,8 (2,0 : 3,3)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	197 (96 : 453)	198 (167 : 244)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,42 (0,29 : 0,66)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,34 (0,27 : 0,37)
N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	1,20 (0,09 : 3,68)	



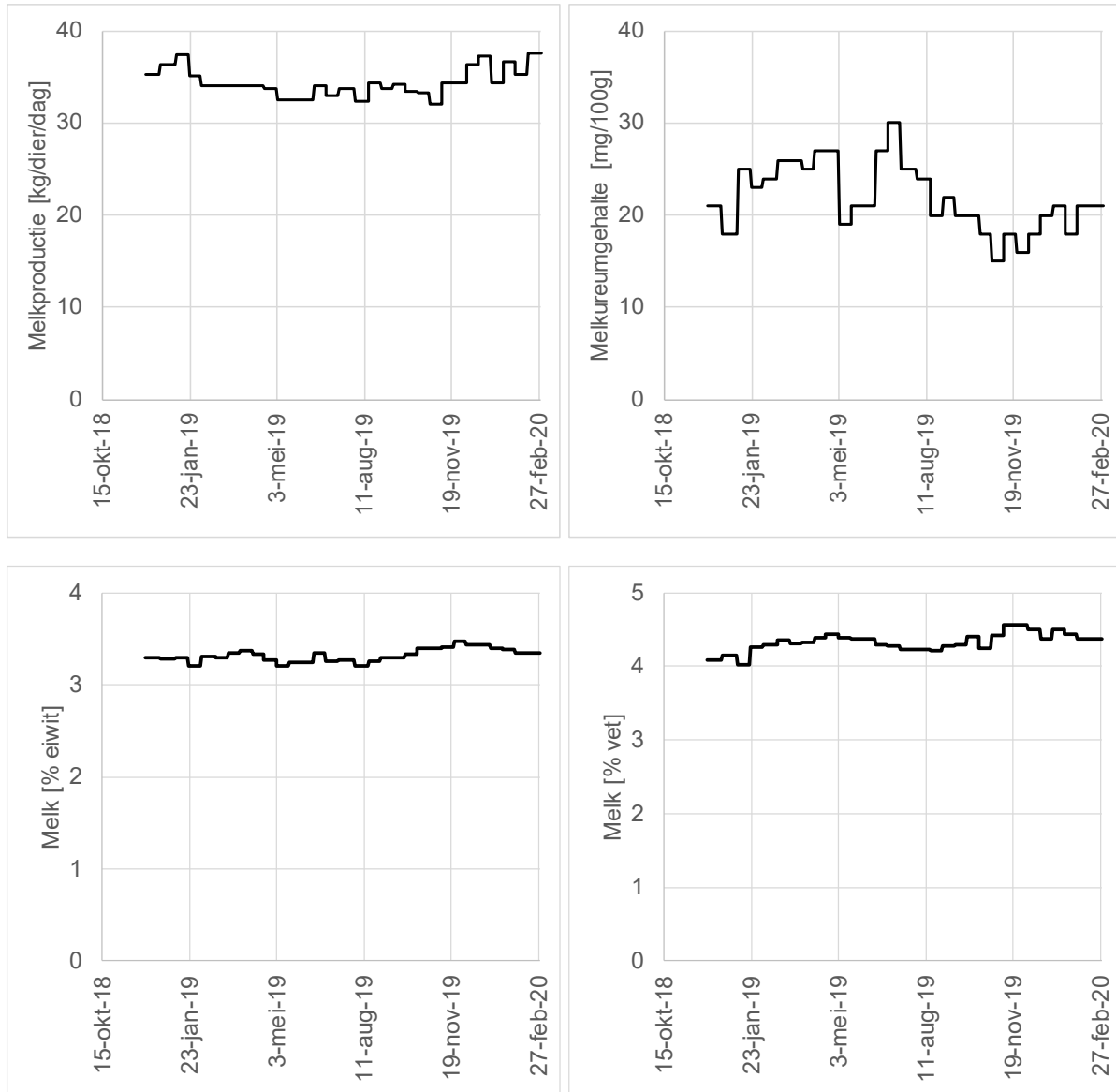
Figuur WLR6.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR6.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 70% en 95% (gemiddeld 86%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 23% en 59% (gemiddeld 48%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 5% en 18% (gemiddeld 10%). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



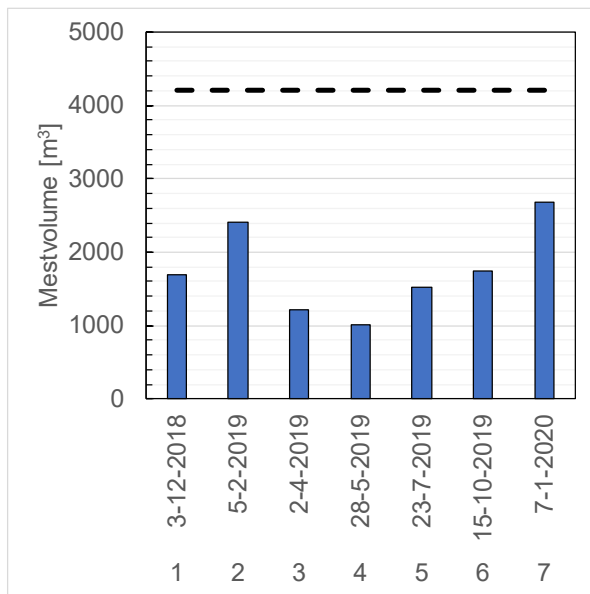
Figuur WLR6.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR6.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 32 en 38 kg/dier/dag (gemiddeld 34 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 15 en 30 mg/100g (gemiddeld 22 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,3% eiwit (tussen 3,2 en 3,5) en 4,3% vet (tussen 4,0 en 4,6).



Figuur WLR6.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

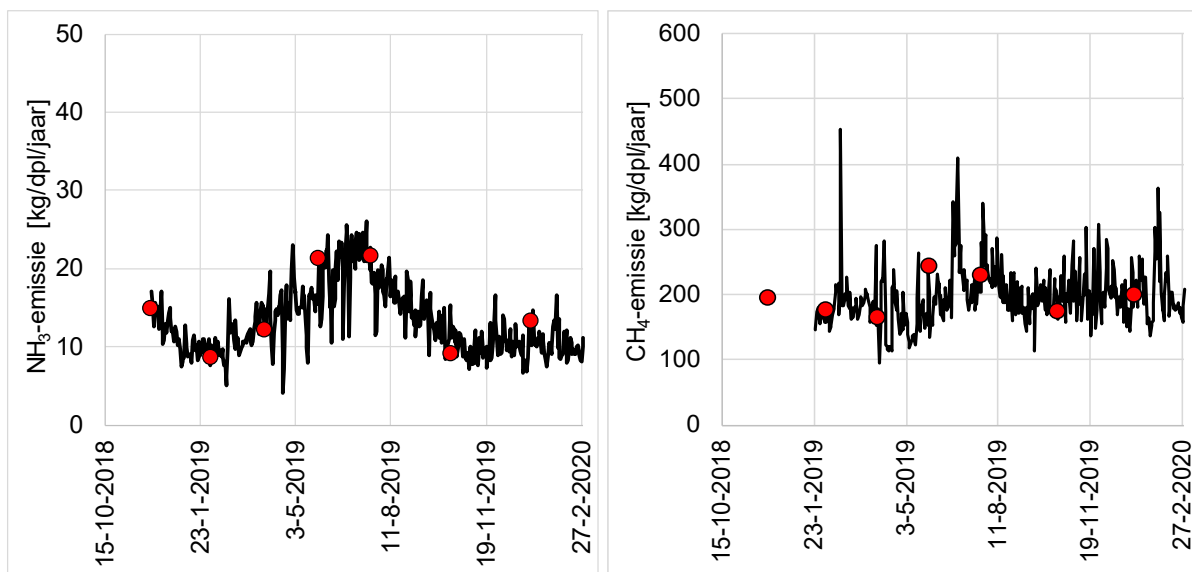
In Figuur WLR6.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond begin augustus leeg.



Figuur WLR6.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR6.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $13,2 \pm 4,3$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $14,7 \pm 5,0$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 197 ± 43 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 198 ± 30 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR6.6 a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR6.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	3-12-2018	4-2-2019	1-4-2019	27-5-2019	22-7-2019	14-10-2019	6-1-2020	
Dag in het jaar	337	35	91	147	203	287	6	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	11,5	8,1	10,9	14,8	23,9	17,9	10,4
	RV-binnen (%)	81,3	80,6	64,7	75,1	74,0	89,2	82,3
	T-buiten (°C)	7,8	3,1	7,5	13,2	21,9	14,6	6,0
	RV-buiten (%)	86,3	90,4	71,0	71,3	69,3	88,7	88,9
	Windrichting	253,1	201,5	117,5	178,3	164,5	164,8	206,0
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,9	5,9	4,0	4,5	3,2	3,6	5,7
Managementgegevens	Dierplaatsen	192	192	192	192	192	192	192
	Melkkoeien	114	115	113	115	119	106	106
	waarvan melkgevende koeien	103	103	107	102	98	90	98
	waarvan droge koeien	11	12	6	13	21	16	8
	Jongvee, drachtig	39	39	37	46	40	31	37
	Jongvee, niet drachtig	10	20	22	22	22	22	17
	Weide (aantal uren)	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad	85	90	90	95	94	83	83
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	43	51	52	59	52	50	51
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	10	10	5	11	18	15	8
	Melkproductie (kg/dier/dag)	35	35	34	33	34	33	34
	Melk (% eiwit)	3,3	3,3	3,4	3,2	3,3	3,4	3,4
	Melk (% vet)	4,1	4,3	4,3	4,4	4,2	4,3	4,5
	Ureumgehalte (mg/100g)	21	24	25	21	25	18	21

Tabel WLR6.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	3-12-2018	4-2-2019	1-4-2019	27-5-2019	22-7-2019	14-10-2019	6-1-2020
Dag in het jaar	337	35	91	147	203	287	6
CO ₂ stal (ppm)	652	902	740	591	793	785	794
CO ₂ buiten (ppm)	473	494	484	474	554	496	510
Debiet (m ³ /dier/uur)	1510	641	1017	2104	993	847	929
NH ₃ stal (ppm)	1,9,	2,3,	2,2,	1,8,	3,7,	2,7,	2,8,
NH ₃ buiten (ppm)	0,10,	0,06,	0,19,	0,09,	0,07,	0,11,	0,14,
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	14,8,	8,5,	12,1,	21,3,	21,5,	11,5,	13,2,
CH ₄ stal (ppm)	27,8,	52,3,	33,0,	23,2,	44,8,	44,9,	44,0,
CH ₄ buiten (ppm)	2,7,	3,3,	2,9,	2,9,	2,8,	2,9,	2,0,
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	195,0,	176,6,	166,7,	244,2,	231,1,	174,2,	200,6,
N ₂ O stal (ppm)	0,49,	0,41,	0,29,	0,33,	0,40,	0,66,	0,39,
N ₂ O buiten (ppm)	0,37,	0,35,	0,27,	0,33,	0,37,	0,34,	0,32,
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	2,51,	0,62,	0,35,	0,09,	0,38,	3,68,	0,79,

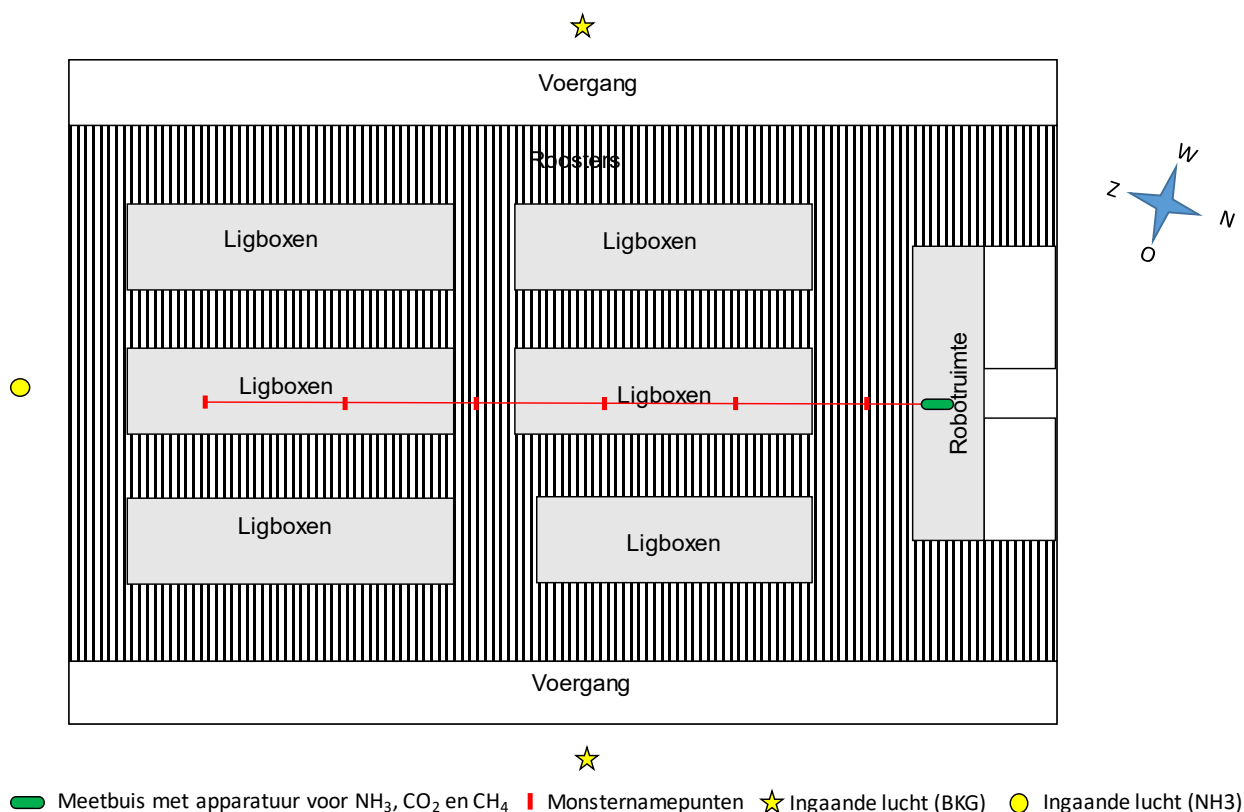
1.7 WLR7

1.7.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 178 ligboxen, 6 separatieboxen en 1 strohok. Ten (noord)oosten van de stal is een mestsilos aanwezig. In de meetstal worden melkgevendende koeien in een 0+6+0 rijige ligboxenstal gehuisvest. De stal (Figuur WLR7.1) heeft twee voergangen (aan beide zijden van de stal), met in het midden drie dubbele rijen ligboxen voor de melkkoeien, die door 3 melkrobots worden gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Deze vloer wordt iedere uur met behulp van een roosterschuirobot geschoven. De stal is onder de roostervloer en ligboxen onderkelderd. De mestkelder is 2,0 m diep en heeft een totale mestcapaciteit van 2700 m³. Voor het dagelijks gebruik is 4,3 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf ongeveer 1,0 meter vogelgaas + gordijn (3 meter hoog) bevestigd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 55 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 165 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok met lichtkoepel geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via open drinkbakken die in de doorsteken zijn geplaatst. De dieren worden automatisch gevoerd (24 uur per dag). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast. In Tabel WLR7.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR7.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR7.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	55x37,5
Goot- en nokhoogte (m)	4m goot; 11,5m nok
Oriëntatie van de stal	zuidoost-noordwest
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	178
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	2,8
Loopoppervlak (m ² per dier)	4,3
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	6
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	60 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	28 m ²
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Mestkelder onder roostervloer en ligboxen. Diepte: 2,1 m. Totale mestcapaciteit: 2700 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Afvoer mest in voorjaar en zomer (vier keer)
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijkanten 55x3,0 m gordijn, met besturing weercomputer
Voersysteem en voertijden	Automatisch voeren, 24 uur per dag
Drinkwatersysteem en drinktijden	Onbeperkt door middel van open drinkbakken
Lichtregime	Tussen 22:30 en 06:00 donker, rest licht
Weidegang ²	Geen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte)	27,1 kg/dier/dag; 4,28% vet; 3,54% eiwit; 22 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	18,0
Aandeel vers gras (%)	0,0
Aandeel graslandproducten (%)	30,9
Aandeel maïsproducten (%)	26,9
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	11,8
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	30,4

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

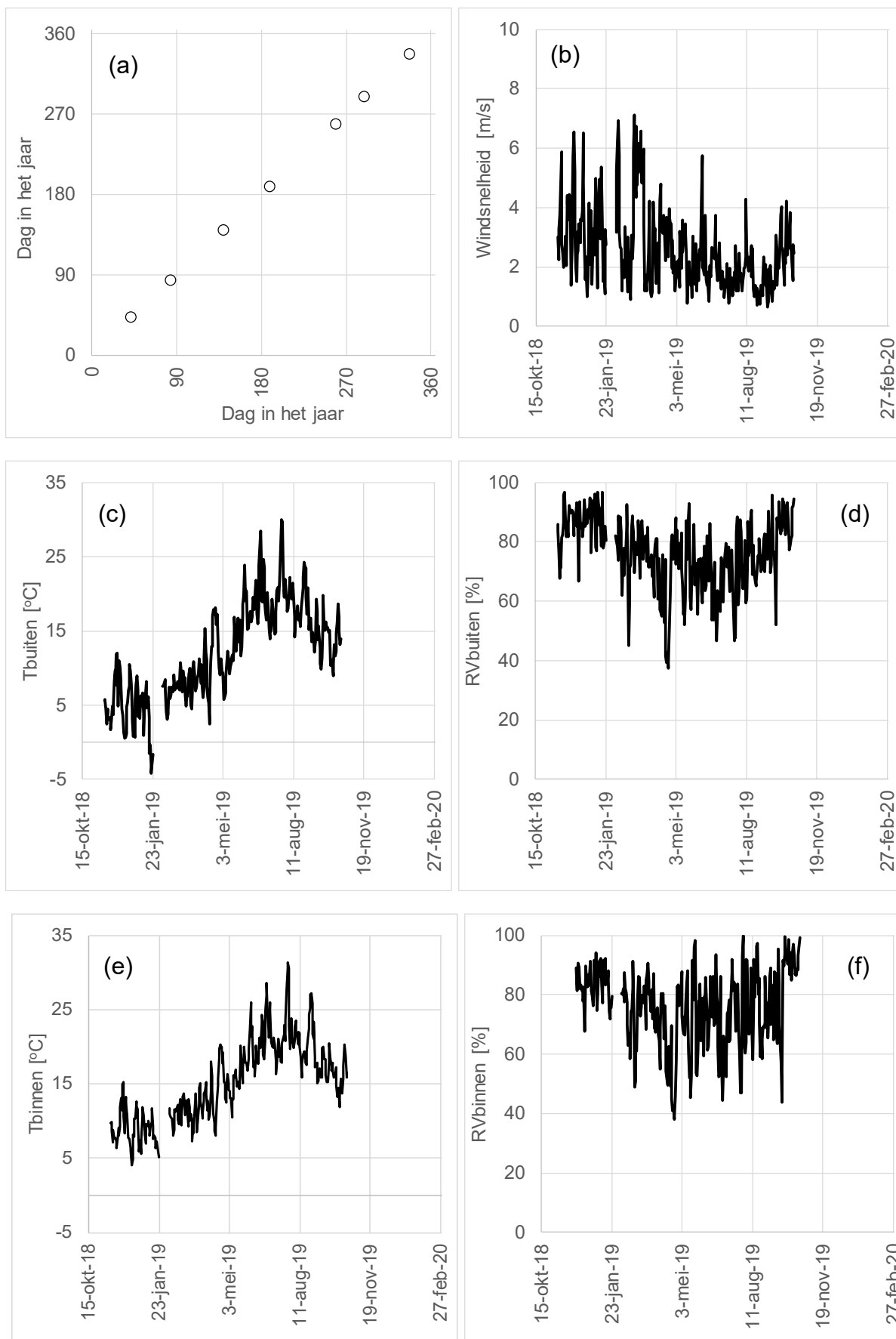
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2018

1.7.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 15/11/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR7.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,6 °C; Tabel WLR7.2) en relatieve luchtvochtigheid (RV: 84%; Tabel WLR7.2) tijdens de referentiemetingen waren vergelijkbaar met, en de windsnelheid (WS: 2,3 m/s) lager dan de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Arcen; T: 10,8 °C; RV: 80%; WS: 3,0 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 12,1 °C; Tabel WLR7.2) hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR7.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR7.3 en Tabel WLR7.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

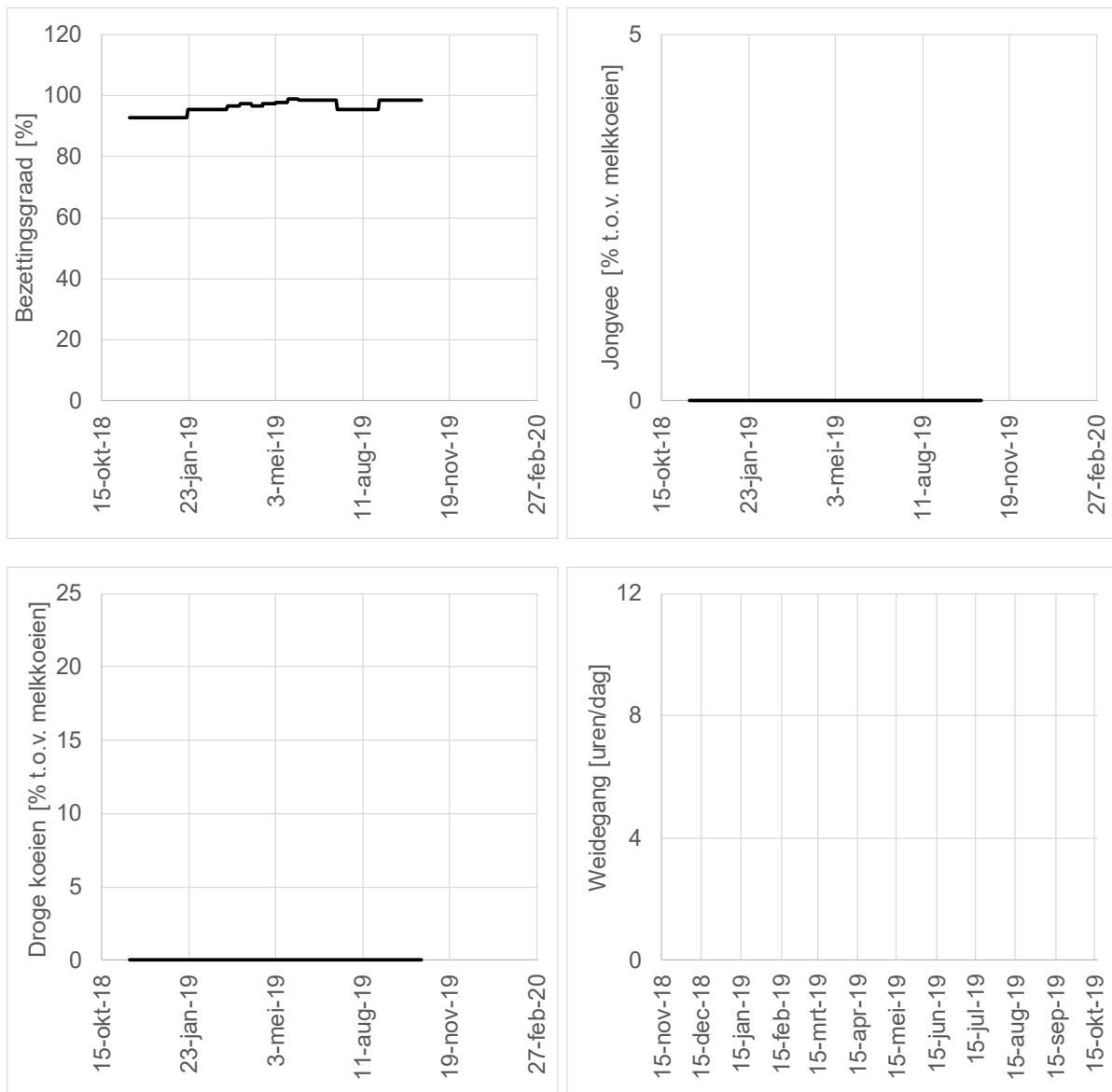
Tabel WLR7.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	96 (93 : 99)	97 (93 : 99)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	32 (30 : 34)	32 (31 : 34)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,5 : 3,7)	3,6 (3,5 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,3 (4,1 : 4,4)	4,3 (4,1 : 4,4)
	Ureumgehalte (mg/100g)	23 (20 : 28)	22 (20 : 23)
Klimaat	T-binnen (°C)	15,2 (4,1 : 31,4)	14,1 (8,3 : 17,3)
	RV-binnen (%)	76 (38 : 100)	84 (69 : 98)
	T-buiten (°C)	12,1 (-4,2 : 30,0)	10,6 (3,6 : 14,9)
	RV-buiten (%)	76 (37 : 97)	84 (66 : 93)
	Windrichting	191 (33 : 328)	264 (212 : 297)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,6 (0,7 : 7,1)	2,3 (1,2 : 3,1)
Resultaten	Aantal meetdagen	324	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1335 (346 : 4018)	1439 (785 : 2198)
	CO ₂ stal (ppm)	724 (496 : 1404)	743 (610 : 944)
	CO ₂ buiten (ppm)	445 (397 : 558)	501 (466 : 569)
	Aantal meetdagen	324	7
	NH ₃ stal (ppm)	2,3 (1,4 : 3,6)	2,3 (1,9 : 2,6)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,14 (0,09 : 0,22)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	17,1 (5,5 : 39,9)	20,0 (8,5 : 31,7)
	Aantal meetdagen	245	7
	CH ₄ stal (ppm)	38,4 (20,7 : 65,3)	40,6 (26,6 : 56,4)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	2,7 (2,2 : 4,4)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	289 (127 : 1094)	297 (250 : 373)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,39 (0,31 : 0,60)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,37 (0,29 : 0,58)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,50 (0,26 : 0,71)



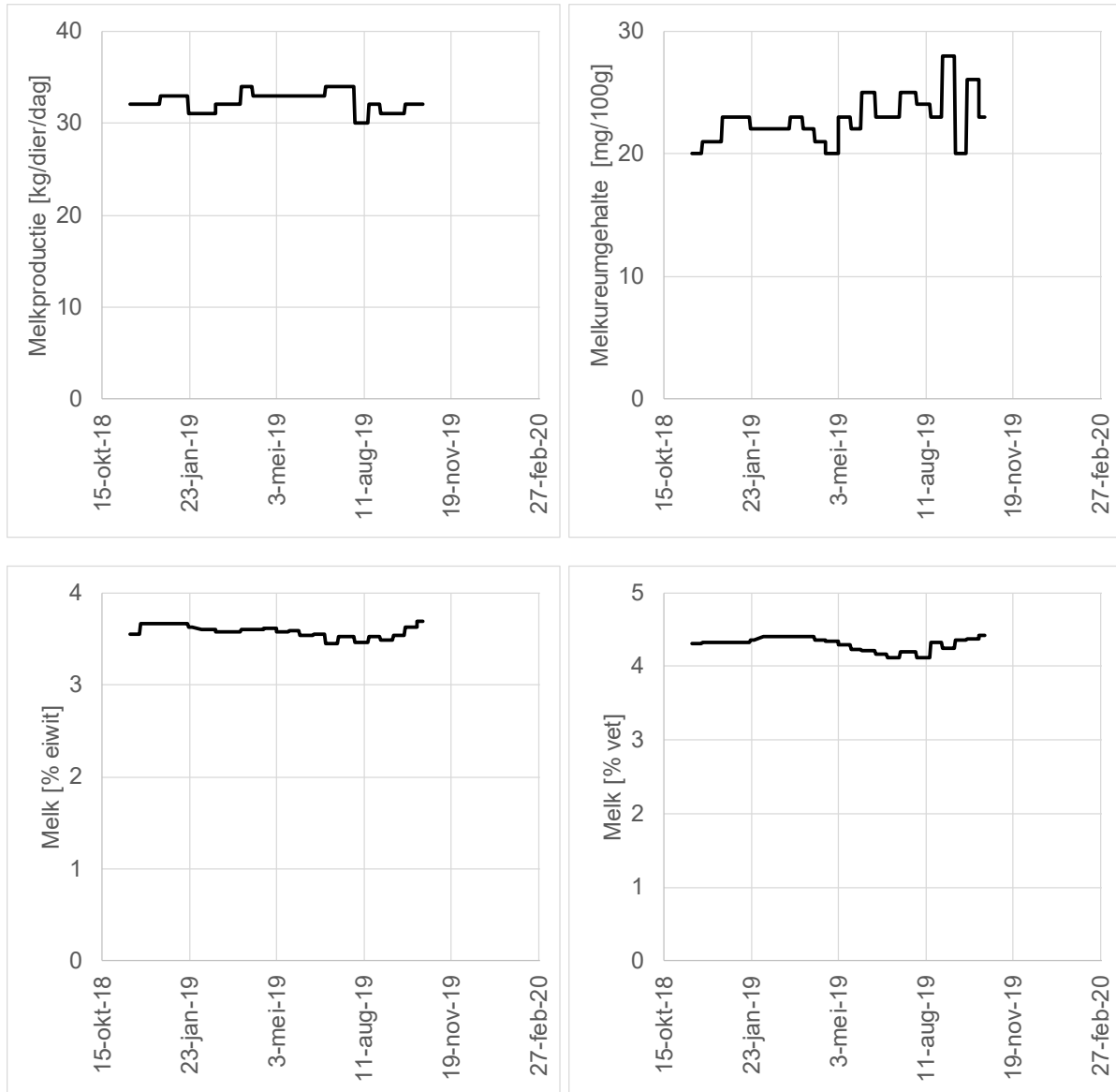
Figuur WLR7.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR7.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 93% en 99% (gemiddeld 96%), en het was volledig bezet met melkgevende koeien (geen jongvee of droge koeien). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



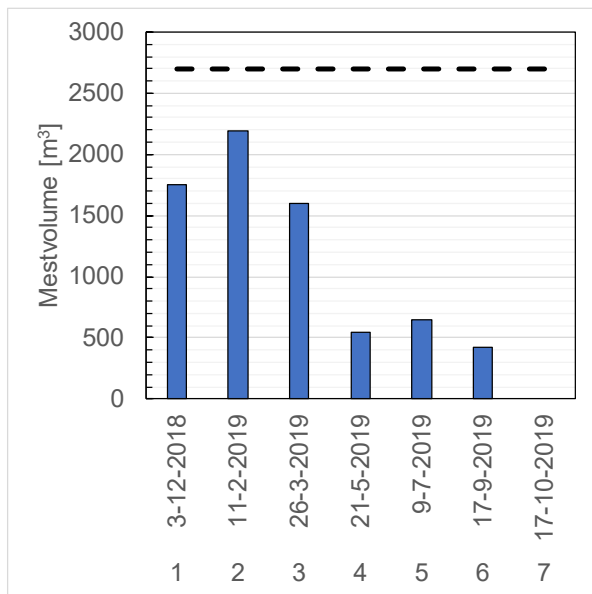
Figuur WLR7.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee (geen jongvee in de stal); c) Aandeel droge koeien (geen droge koeien in de stal); d) aantal weide uren per dag (geen weidegang).

In Figuur WLR7.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 30 en 34 kg/dier/dag (gemiddeld 32 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 20 en 28 mg/100g (gemiddeld 23 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,5 en 3,7) en 4,3% vet (tussen 4,1 en 4,4).



Figuur WLR7.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

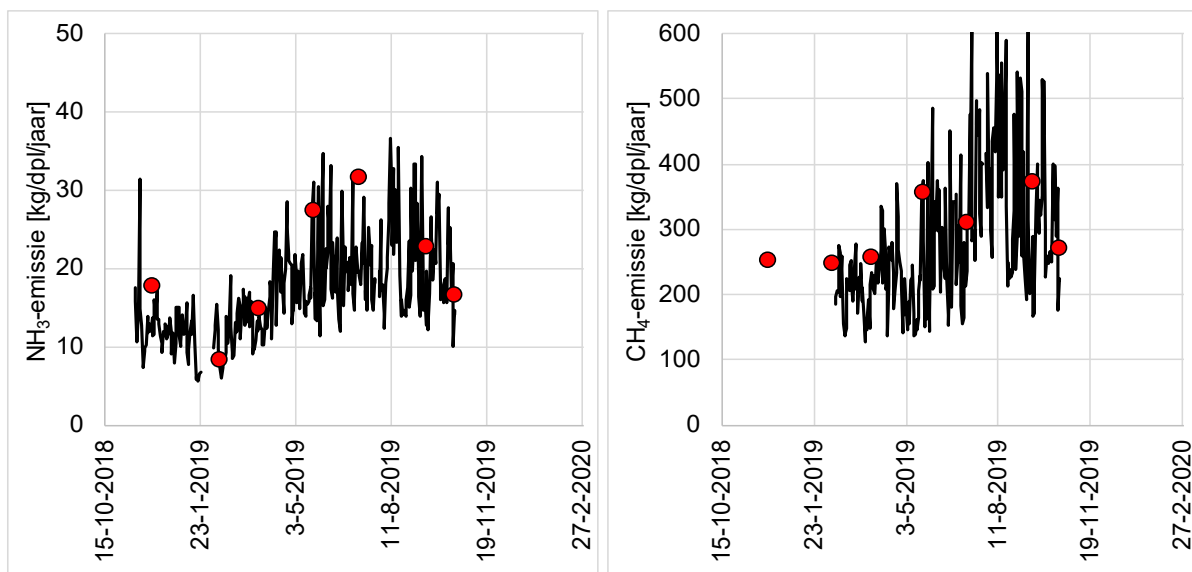
In Figuur WLR7.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond half september leeg.



Figuur WLR7.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR7.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $17,1 \pm 6,4$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $20,0 \pm 7,9$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 289 ± 127 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 297 ± 51 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR7.6 a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR7.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	3-12-2018	11-2-2019	25-3-2019	20-5-2019	8-7-2019	16-9-2019	16-10-2019	
Dag in het jaar	337	42	84	140	189	259	289	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	13,0	8,3	10,8	15,9	17,3	17,2	16,1
	RV-binnen (%)	85,1	81,5	68,7	97,1	71,2	89,5	97,8
	T-buiten (°C)	8,6	3,6	7,2	13,1	14,9	13,4	13,6
	RV-buiten (%)	90,2	86,9	72,9	89,8	66,1	87,4	93,3
	Windrichting	243,7	255,4	297,1	289,5	278,7	270,2	211,9
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,9	2,9	3,1	1,9	1,5	1,2	2,6
	Managementgegevens	Dierplaatsen	178	178	178	178	178	178
Melkkoeien		165	170	173	176	175	175	175
waarvan melkgevende koeien		165	170	173	176	175	175	175
waarvan droge koeien		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	0	0	0	0	0	0
Bezettingsgraad		93	96	97	99	98	98	98
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Melkproductie (kg/dier/dag)		32	31	34	33	34	31	32
Melk (% eiwit)		3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,7
Melk (% vet)		4,3	4,4	4,4	4,2	4,1	4,4	4,4
Ureumgehalte (mg/100g)		21	22	22	22	23	20	23

Tabel WLR7.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	3-12-2018	11-2-2019	25-3-2019	20-5-2019	8-7-2019	16-9-2019	16-10-2019
Dag in het jaar	337	42	84	140	189	259	289
CO ₂ stal (ppm)	690	944	773	625	610	764	792
CO ₂ buiten (ppm)	473	547	470	466	467	569	512
Debiet (m ³ /dier/uur)	1429	785	1064	1960	2198	1542	1097
NH ₃ stal (ppm)	2,2	1,9	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6
NH ₃ buiten (ppm)	0,10	0,22	0,11	0,19	0,09	0,16	0,15
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	17,9	8,5	15,0	27,5	31,7	22,9	16,7
CH ₄ stal (ppm)	34,1	56,4	43,5	33,3	26,6	45,7	44,5
CH ₄ buiten (ppm)	2,6	2,2	2,5	2,5	2,4	4,4	2,2
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	252,5	249,9	258,4	357,1	312,0	372,8	272,9
N ₂ O stal (ppm)	0,39	0,37	0,34	0,39	0,31	0,36	0,60
N ₂ O buiten (ppm)	0,37	0,33	0,31	0,38	0,29	0,33	0,58
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,26	0,47	0,56	0,46	0,57	0,71	0,48

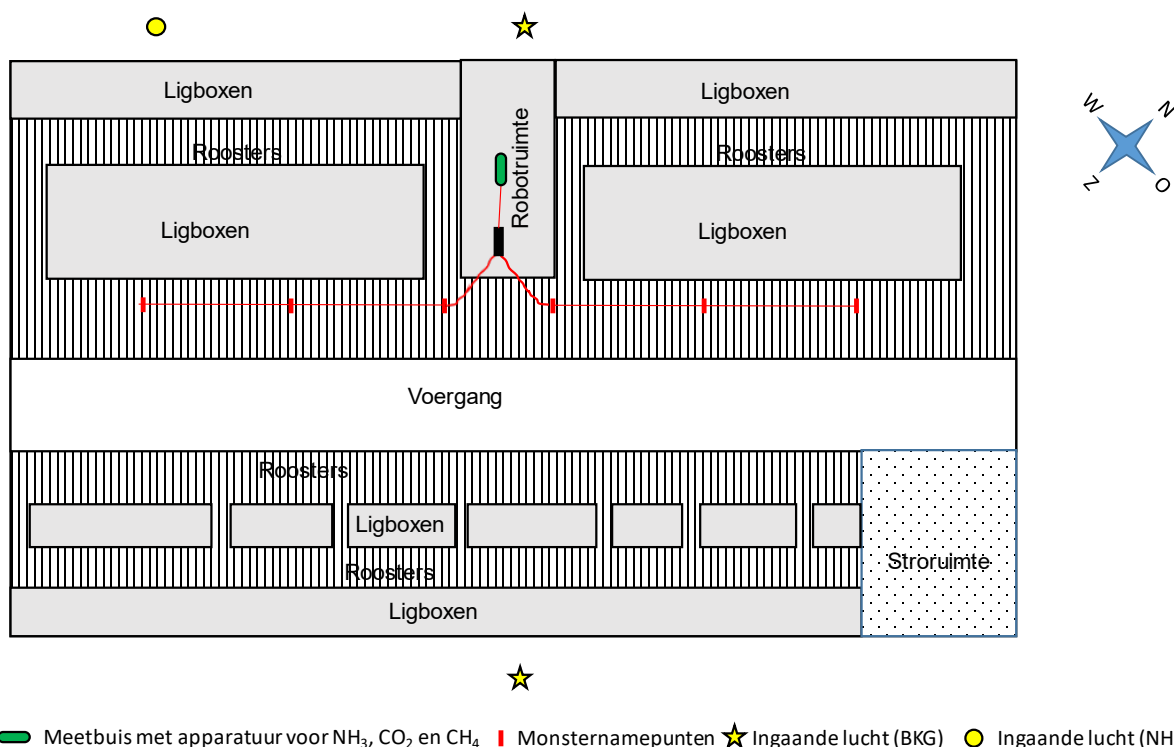
1.8 WLR8

1.8.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF) met ligboxen met gemalen diepstrooisel. In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 190 ligboxen (130 boxen voor grootvee, 60 voor jongvee; geen separatieboxen), en 1 strohok. In de stal worden zowel melkvee, als droge koeien en het jongvee ouder dan 3,5 maand in een 3+2 rijige ligboxenstal gehuisvest. De stal (Figuur WLR8.1) heeft een voergang (in het midden van de stal), met aan in het midden de melkkoeien die door 2 AMS van Lely worden gemolken. Aan de andere kant van de voergang worden de jongvee en droge koeien gehuisvest. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Deze vloer wordt iedere 1,5 uur met behulp van een getrokken schuif geschoven. De stal is geheel onderkelderd. De mestkelder is 2,1 m diep en heeft een totale mestcapaciteit van 2700 m³. De mest wordt in de winter nooit gemixt. De rest van het jaar wordt de mest regelmatig (minimaal een keer per maand) gemixt. Voor het dagelijks gebruik is 3,2 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf ongeveer 1,0 meter windbreekgaas + rolgordijn (2,5 meter hoog) bevestigd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 54 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 137 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is niet geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via open drinkbakken (+sneldrinkers) die in de doorsteken zijn geplaatst. Voer wordt tussen 9:00-10:00 's morgens met behulp van een mengvoerwagen verstrekt. Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast. In Tabel WLR8.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR8.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR8.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	54x29
Goot- en nokhoogte (m)	3m goot; 8m nok
Oriëntatie van de stal	zuidwest-noordoost
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	190 (130 grootvee, 60 jongvee)
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	2,5 m ² (grootvee); 1,4-2,0 m ² (jongvee)
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,2
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	-
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	42 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Diepte: 2,1 m. Totale mestcapaciteit: 2700 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Getrokken schuif
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijanten 54x2,5 m windbreekgaas+rolgordijn
Voersysteem en voertijden	Mengvoerwagen tussen 9-10 uur s` morgens
Drinkwatersysteem en drinktijden	Hoge druk leiding/sneldrinkers
Lichtregime	Tussen 23.00- 7.00 schemer
Weidegang ²	Geen
Melkproductie en -samenstelling ² (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	28,6 kg/dier/dag; 4,4% vet; 3,5% eiwit; 16 mg/100g; 101 mg/100g
Rantsoen ²	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	19,5
Aandeel vers gras (%)	0,0
Aandeel graslandproducten (%)	53,4
Aandeel maïsproducten (%)	17,5
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	1,0
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	28,1

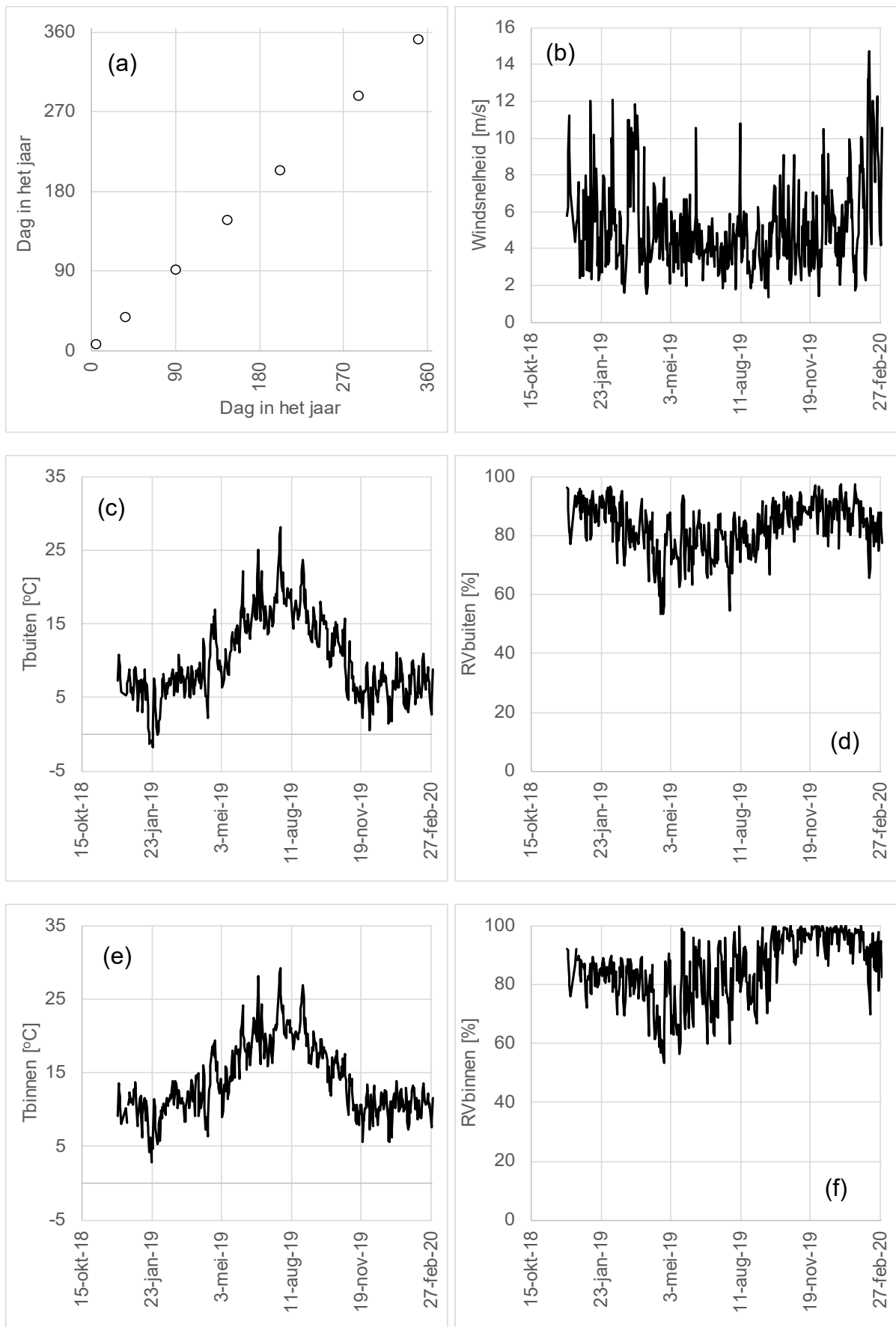
¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.8.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 05/12/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR8.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,6 °C; Tabel WLR8.2) was tijdens de referentiemetingen iets hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 83%; Tabel WLR8.2) en windsnelheid (WS: 4,9 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Berkhout; T: 10,2 °C; RV: 84%; WS: 4,8 m/s). Voor de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,2 °C; Tabel WLR8.2), relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden. In Figuur WLR8.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR8.3 en Tabel WLR8.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

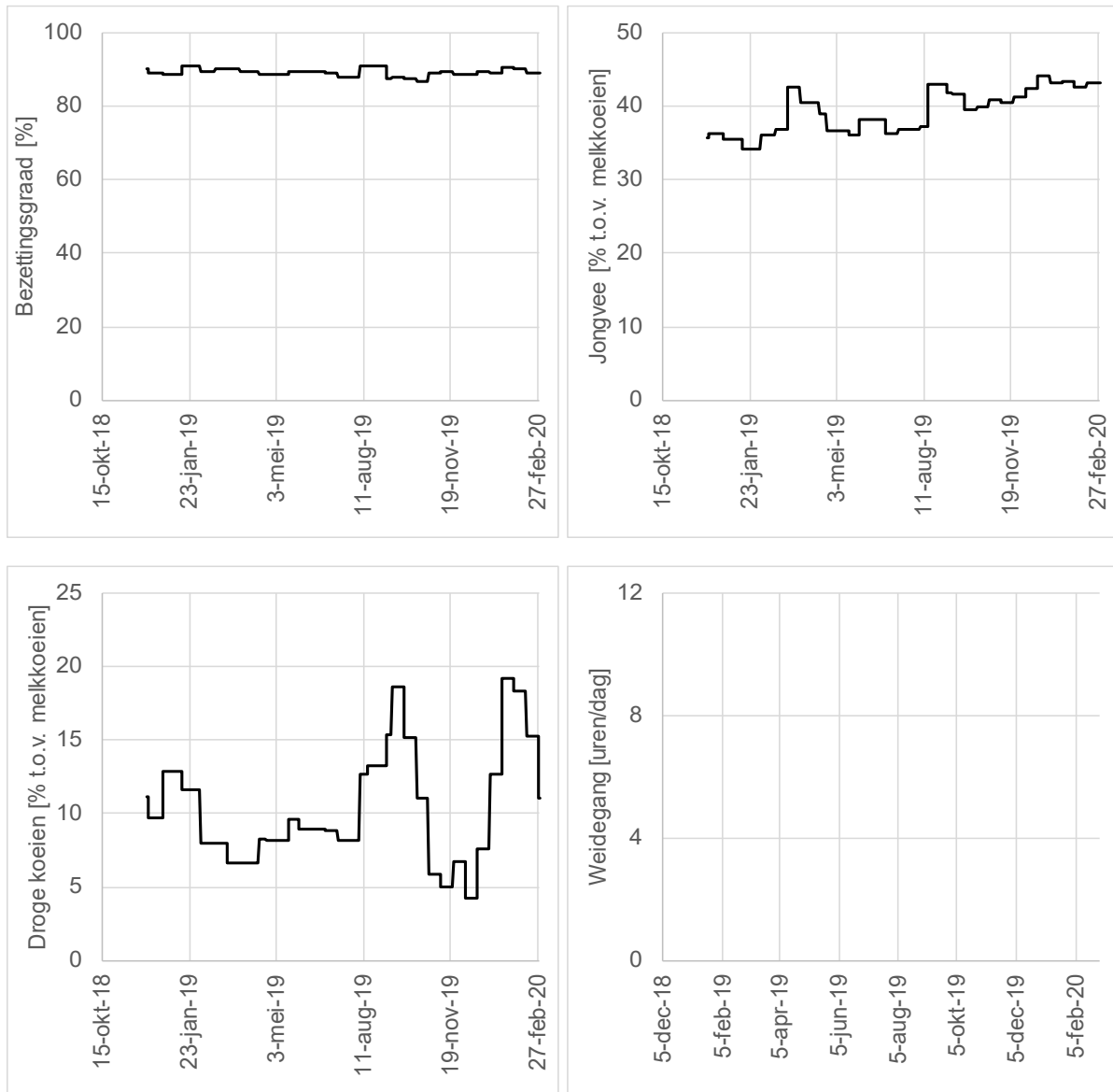
Tabel WLR8.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	89 (87 : 91)	89 (87 : 89)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	39 (34 : 44)	38 (36 : 43)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	10 (4 : 19)	9 (7 : 13)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	31 (28 : 34)	31 (28 : 34)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,3 : 3,7)	3,5 (3,4 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,4 (4,2 : 4,6)	4,4 (4,2 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	16 (12 : 22)	15 (13 : 17)
Klimaat	T-binnen (°C)	13,9 (2,8 : 29,2)	14,0 (9,2 : 23,5)
	RV-binnen (%)	85 (53 : 100)	85 (71 : 99)
	T-buiten (°C)	10,2 (-1,7 : 28,1)	10,6 (5,5 : 21,2)
	RV-buiten (%)	83 (53 : 98)	83 (71 : 93)
	Windrichting	207 (41 : 341)	185 (133 : 210)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	5,1 (1,4 : 14,7)	4,9 (3,7 : 7,4)
Resultaten	Aantal meetdagen	445	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	948 (362 : 4545)	851 (486 : 1052)
	CO ₂ stal (ppm)	804 (544 : 1163)	785 (711 : 941)
	CO ₂ buiten (ppm)	504 (472 : 577)	480 (449 : 502)
	Aantal meetdagen	445	7
	NH ₃ stal (ppm)	2,3 (1,6 : 3,3)	2,2 (1,9 : 2,6)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,22 (0,05 : 0,92)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	10,4 (6,0 : 31,4)	9,2 (7,0 : 11,0)
	Aantal meetdagen	388	7
	CH ₄ stal (ppm)	55,0 (20,6 : 136,3)	53,3 (39,3 : 88,2)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,2 (3,9 : 4,5)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	231 (126 : 478)	211 (159 : 242)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,36 (0,27 : 0,58)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,33 (0,27 : 0,54)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,41 (0,11 : 0,91)



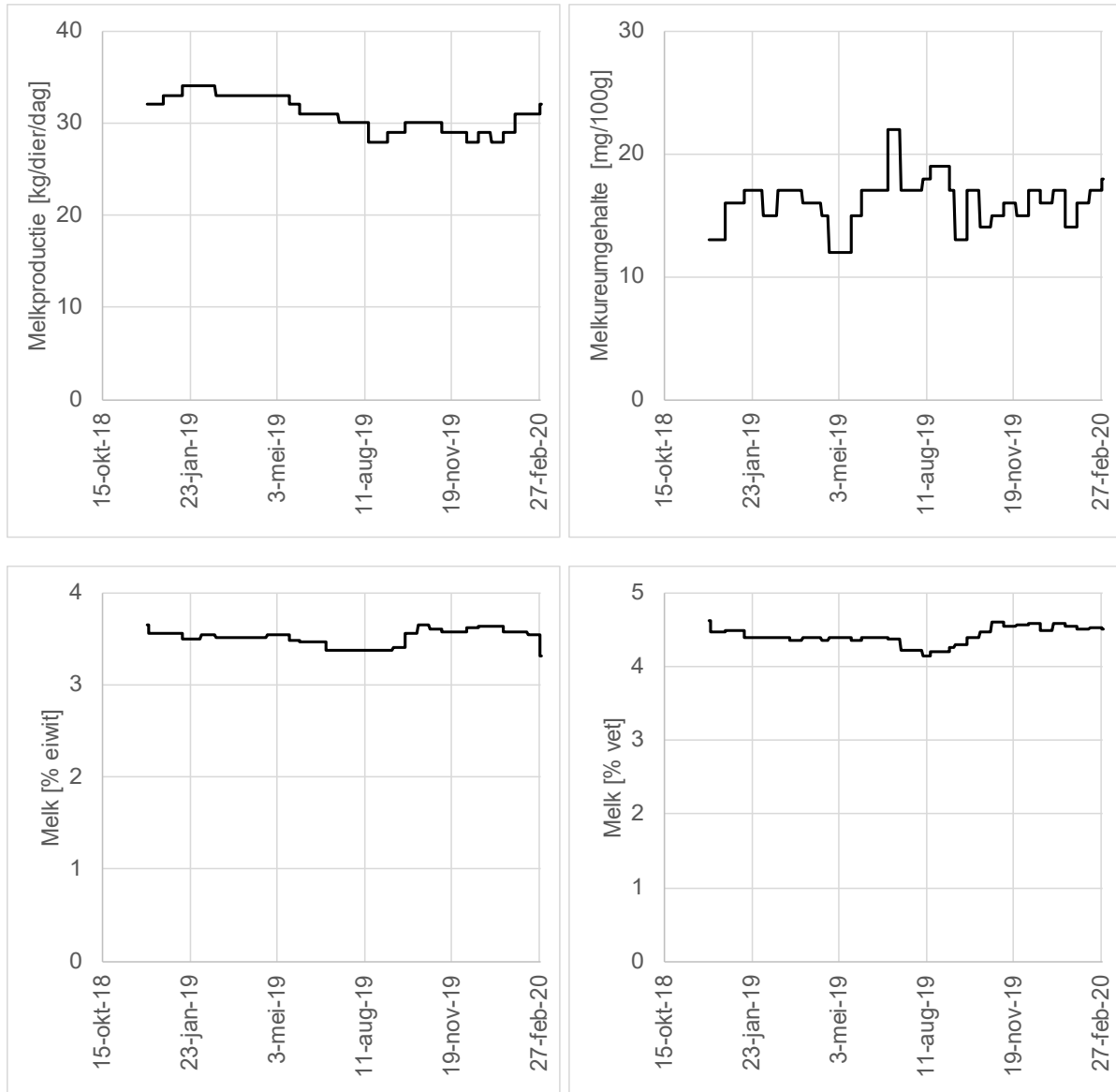
Figuur WLR8.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR8.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 87% en 91% (gemiddeld 89%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 34% en 44% (gemiddeld 39%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 4% en 19% (gemiddeld 10%). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



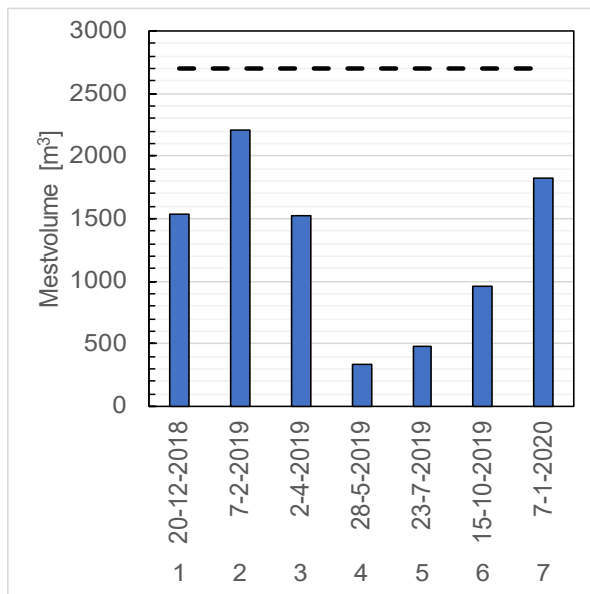
Figuur WLR8.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag (geen weidegang).

In Figuur WLR8.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 28 en 34 kg/dier/dag (gemiddeld 31 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 12 en 22 mg/100g (gemiddeld 16 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,3 en 3,7) en 4,4% vet (tussen 4,2 en 4,6).



Figuur WLR8.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

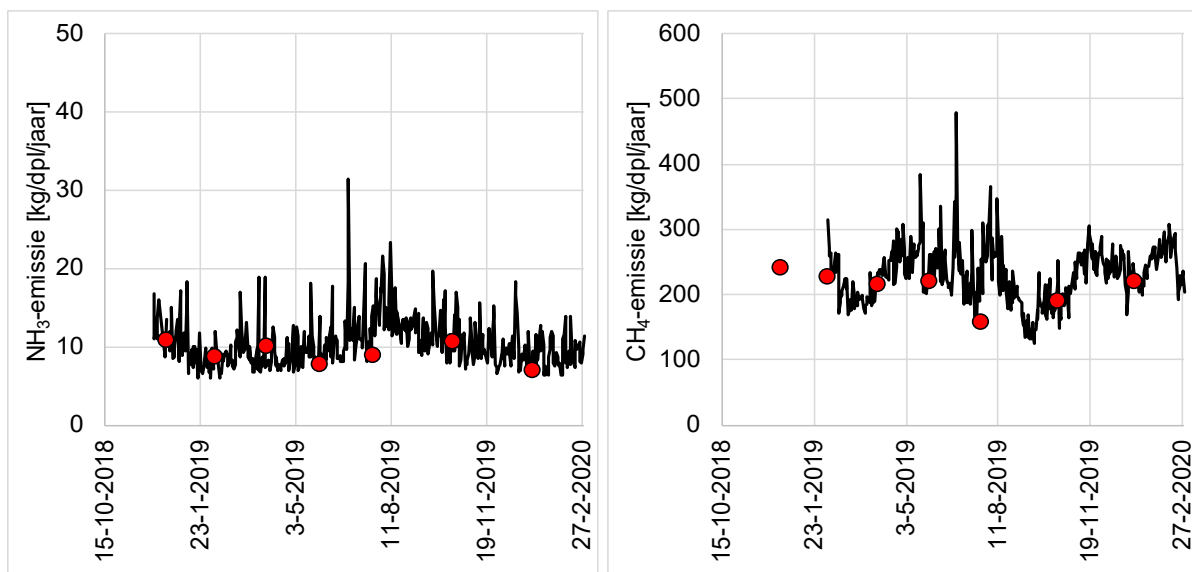
In Figuur WLR8.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond begin september leeg.



Figuur WLR8.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR8.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $10,4 \pm 3,1$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $9,2 \pm 1,5$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 231 ± 43 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 211 ± 27 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR8.6 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR8.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	17-12-2018	6-2-2019	1-4-2019	27-5-2019	22-7-2019	14-10-2019	6-1-2020	
Dag in het jaar	351	37	91	147	203	287	6	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	9,2	9,6	11,4	16,3	23,5	17,2	10,6
	RV-binnen (%)	89,4	86,6	70,7	74,2	76,9	98,8	96,9
	T-buiten (°C)	5,5	6,3	8,4	12,2	21,2	14,0	6,4
	RV-buiten (%)	93,1	90,2	71,2	76,8	72,9	89,8	88,7
	Windrichting	193,6	205,6	133,1	210,0	172,1	170,6	209,2
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	4,9	7,4	4,8	4,7	3,9	3,7	5,3
Managementgegevens	Dierplaatsen	190	190	190	190	190	190	190
	Melkkoeien	124	125	121	125	122	118	118
	waarvan melkgevende koeien	112	115	113	113	112	105	103
	waarvan droge koeien	12	10	8	12	10	13	15
	Jongvee, drachtig	27	26	29	24	28	27	27
	Jongvee, niet drachtig	18	19	20	21	17	20	24
	Weide (aantal uren)	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad	89	89	89	89	88	87	89
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	36	36	40	36	37	40	43
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	10	8	7	10	8	11	13
	Melkproductie (kg/dier/dag)	32	34	33	32	30	30	28
	Melk (% eiwit)	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,7	3,6
	Melk (% vet)	4,5	4,4	4,4	4,4	4,2	4,5	4,6
	Ureumgehalte (mg/100g)	13	15	16	15	17	14	17

Tabel WLR8.4. Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	17-12-2018	6-2-2019	1-4-2019	27-5-2019	22-7-2019	14-10-2019	6-1-2020
Dag in het jaar	351	37	91	147	203	287	6
CO ₂ stal (ppm)	787	801	766	759	734	711	941
CO ₂ buiten (ppm)	492	484	502	485	449	486	462
Debiet (m ³ /dier/uur)	868	831	974	914	835	1052	486
NH ₃ stal (ppm)	2,2	1,9	1,9	2,4	2,1	2,1	2,6
NH ₃ buiten (ppm)	0,05	0,10	0,07	0,92	0,11	0,26	0,07
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	11,0	8,8	10,2	7,9	9,0	10,8	7,0
CH ₄ stal (ppm)	55,1	54,3	45,1	49,6	41,2	39,3	88,2
CH ₄ buiten (ppm)	3,9	4,3	4,3	4,5	4,0	4,1	4,2
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	241,9	227,3	216,3	220,7	158,9	192,1	221,3
N ₂ O stal (ppm)	0,36	0,33	0,27	0,34	0,33	0,58	0,34
N ₂ O buiten (ppm)	0,29	0,30	0,27	0,30	0,32	0,54	0,30
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,91	0,28	0,11	0,63	0,13	0,49	0,31

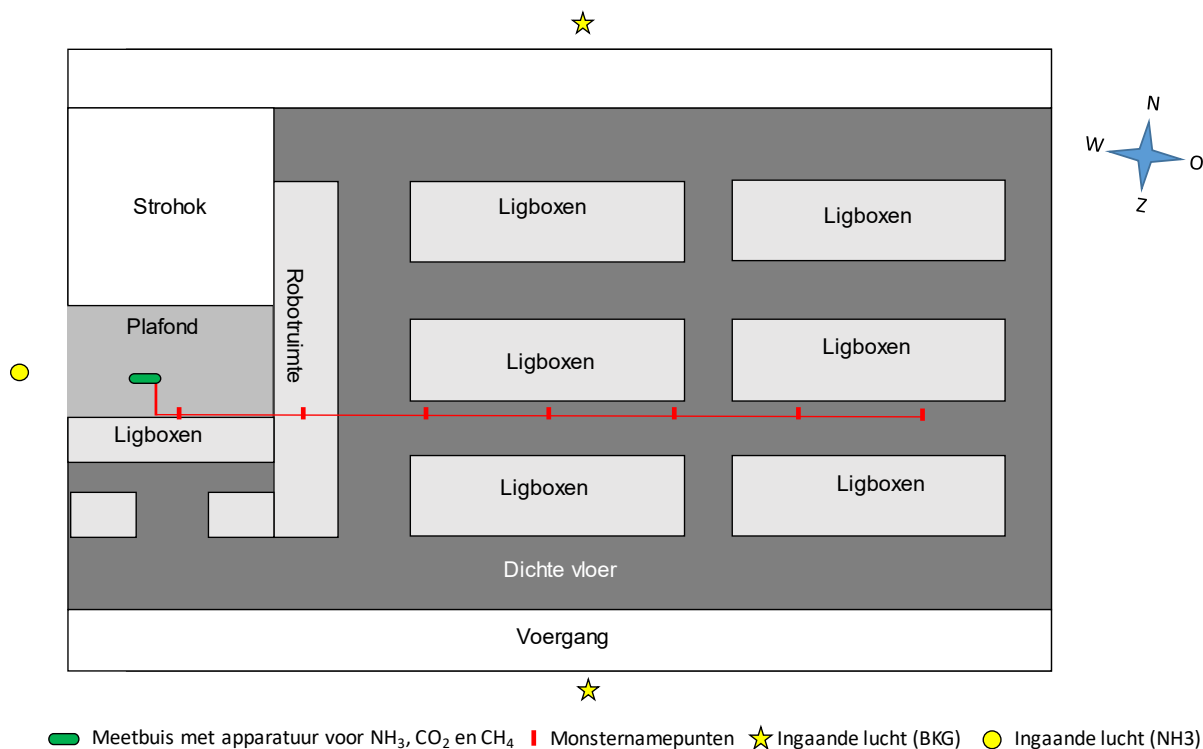
1.9 WLR9

1.9.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een moderne ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 192 ligboxen, 13 separatieboxen en 1 strohok. Ten noorden van de stal is een stal aanwezig waar de overige vee wordt gehuisvest. In de meetstal (Figuur WLR9.1) worden zowel melkvee, als droge koeien en het oudste jongvee in een 0+6+0 rijige ligboxenstal gehuisvest. De melkkoeien worden met behulp van vier melkrobots van Lely gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De lange gangen bestaan uit een HCI Welzijnsvloer W5 dichte vloer, de doorsteken en separatieruimtes uit een HCI Welzijnsvloer W4 dichte vloer. De vloer wordt elke twee uur met behulp van een roosterschuif geschoven. De mestkelder is 2,0m diep en is verdeeld over drie putten, met een totale mestcapaciteit van 3300 m³. De stal is onderkelderd, met uitzondering van de voergang. De mest in de put wordt amper gemixt, omdat hier veel zand in zit. Alleen in het najaar wordt deze af en toe gemixt. De mestput is rond begin september leeg. Voor het dagelijks gebruik is 5,0 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar (ongeveer 4,0 m² per dier HCI W5 en 1,0 m² per dier HCI W4). Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 1,0 meter een vogelgaas (ongeveer 3,5 meter hoog) bevestigd (opening afhankelijk van weersomstandigheden). De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 70 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 245 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via drinkbakken. Een keer per dag (rond 9:00) wordt het voer verstrekt (en verschillende keren per dag aangeschoven). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast. In Tabel WLR9.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR9.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR9.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	70x38
Goot- en nokhoogte (m)	4,5m goot; 11,0m nok
Oriëntatie van de stal	oost-west
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	192
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,2 x 2,50
Loopoppervlak (m ² per dier)	5,0
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% Dichte vloer (bij loopgang: HCI Welzijnsvloer W5; doorsteken en separatieruimte: HCI Welzijnsvloer W4)
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	13
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	198
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	152 m ²
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Geheel onderkelderd (2,0m diep), met uitzondering voergang. Totale mestcapaciteit: 3300 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Elke twee uur met roosterschuif
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijkanten, 70x3,5 m open met vogelgaas
Voersysteem en voertijden	Gemengd, een keer per dag voeren (rond 9:00), verschillende keren aanschuiven
Drinkwatersysteem en drinktijden	Onbeperkt met waterbakken
Lichtregime	Van 11 tot 6 nachtverlichting. In de winter ook 's avond verlichting
² Weidegang	141 dagen per jaar; 5,3 uren per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	30,4 kg/dier/dag; 4,29% vet; 3,34% eiwit; 20 mg/100g; 95 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	20,5
Aandeel vers gras (%)	5,4
Aandeel graslandproducten (%)	37,5
Aandeel maïsproducten (%)	18,5
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	3,7
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	34,9

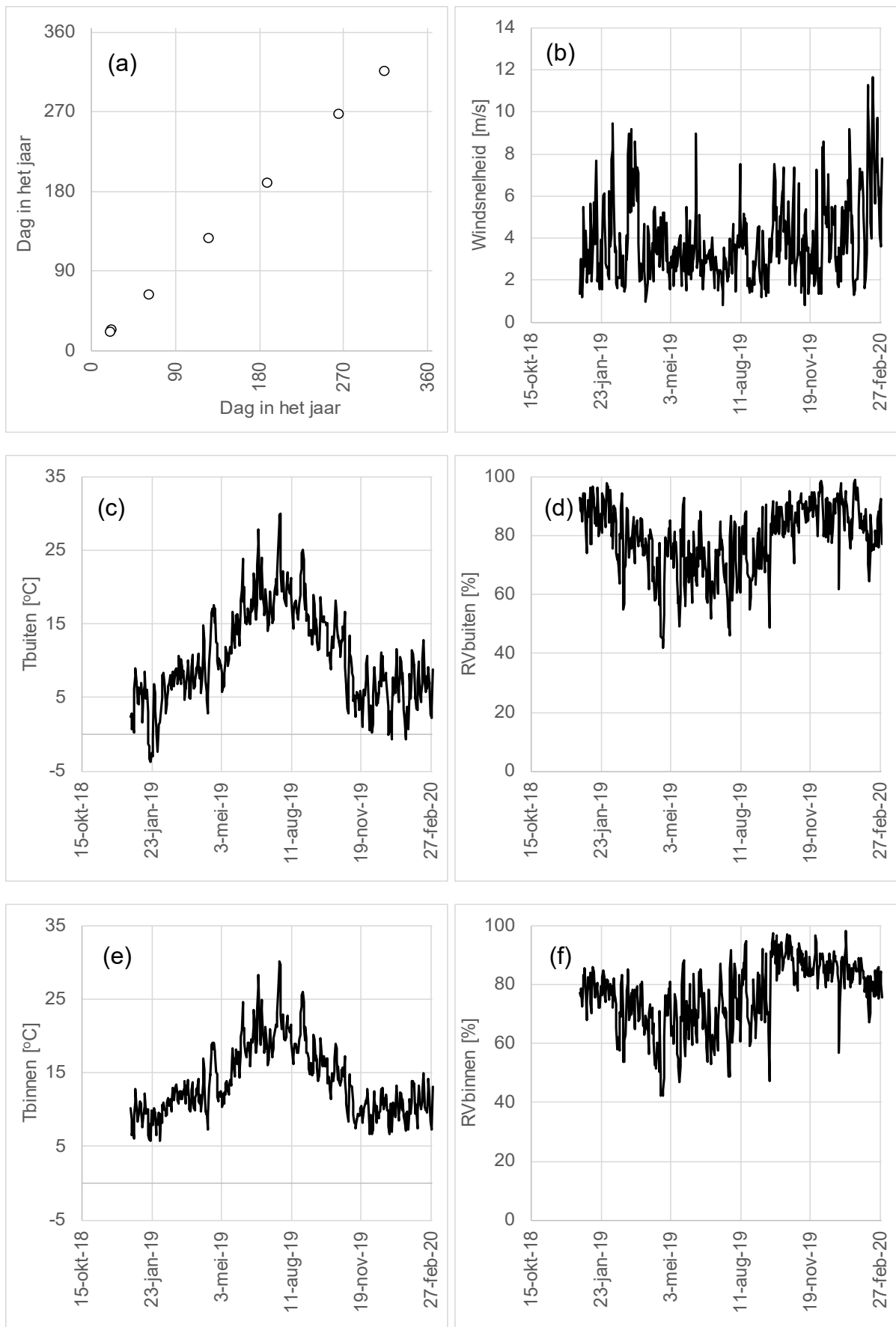
¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.9.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/12/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR9.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 6,9 °C; Tabel WLR9.2) was tijdens de referentiemetingen beduidend lager dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 81%; Tabel WLR9.2) en windsnelheid (WS: 3,6 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Volkel; T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,6 m/s). Voor de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,5 °C; Tabel WLR9.2), de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden. In Figuur WLR9.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR9.3 en Tabel WLR9.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven

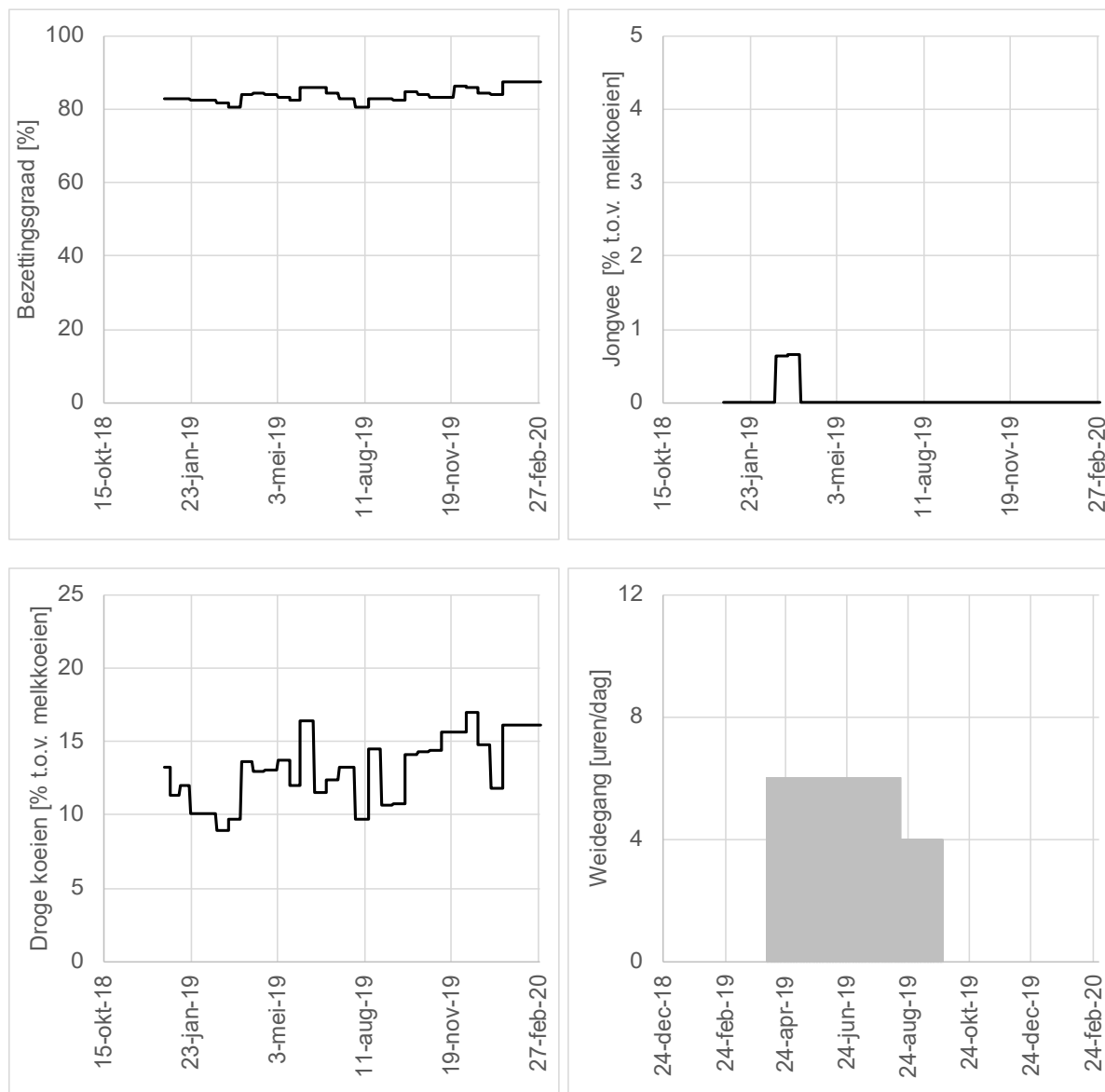
Tabel WLR9.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	84 (81 : 88)	84 (82 : 88)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 1)	0 (0 : 1)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	13 (9 : 17)	13 (9 : 16)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	35 (33 : 38)	35 (33 : 38)
	Melk (% eiwit)	3,3 (3,2 : 3,5)	3,3 (3,2 : 3,5)
	Melk (% vet)	4,3 (4,0 : 4,6)	4,3 (4,0 : 4,5)
	Ureumgehalte (mg/100g)	19 (16 : 24)	19 (18 : 22)
Klimaat	T-binnen (°C)	13,8 (5,7 : 30,1)	11,6 (8,1 : 16,8)
	RV-binnen (%)	76 (42 : 98)	76 (60 : 90)
	T-buiten (°C)	10,5 (-3,7 : 29,9)	6,9 (-2,8 : 15,8)
	RV-buiten (%)	79 (42 : 99)	81 (65 : 99)
	Windrichting	199 (36 : 330)	209 (131 : 307)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,8 (0,8 : 11,7)	3,6 (1,8 : 7,6)
Resultaten	Aantal meetdagen	414	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1645 (241 : 5276)	1776 (335 : 4674)
	CO ₂ stal (ppm)	733 (516 : 1753)	843 (552 : 1467)
	CO ₂ buiten (ppm)	481 (410 : 625)	495 (457 : 537)
	Aantal meetdagen	414	7
	NH ₃ stal (ppm)	1,7 (0,2 : 6,5)	2,2 (0,7 : 5,3)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,09 (0,06 : 0,14)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	10,8 (3,2 : 18,3)	11,5 (8,6 : 15,2)
	Aantal meetdagen	365	7
	CH ₄ stal (ppm)	29,0 (12,4 : 84,4)	40,5 (13,6 : 93,1)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,3 (2,7 : 6,9)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	189 (81 : 575)	179 (145 : 278)
	Aantal meetdagen	---	6
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,37 (0,31 : 0,52)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,33 (0,27 : 0,45)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,65 (0,12 : 1,50)



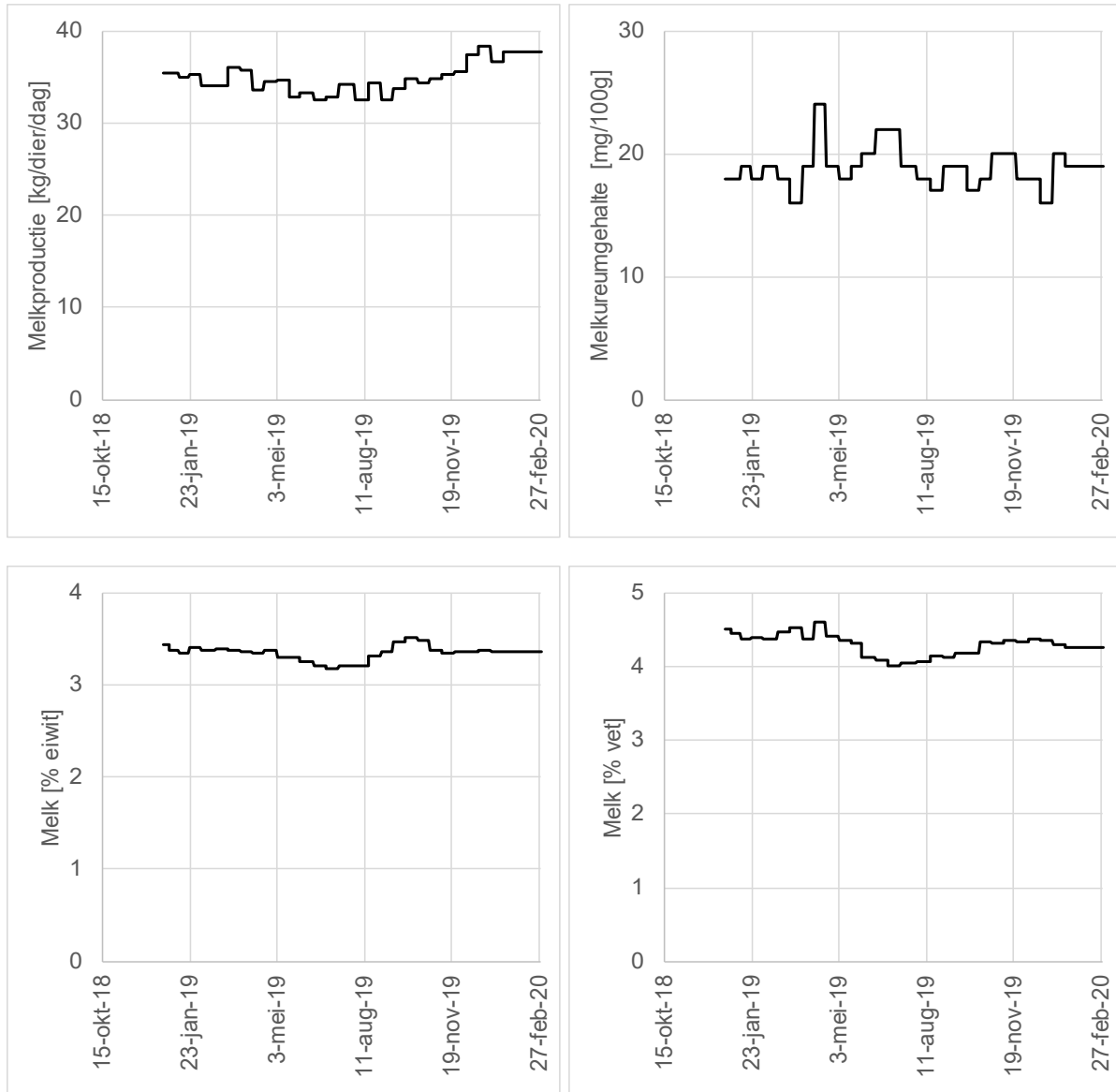
Figuur WLR9.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR9.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 81% en 88% (gemiddeld 84%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 1% (gemiddeld 0%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 9% en 17% (gemiddeld 13%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



Figuur WLR9.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

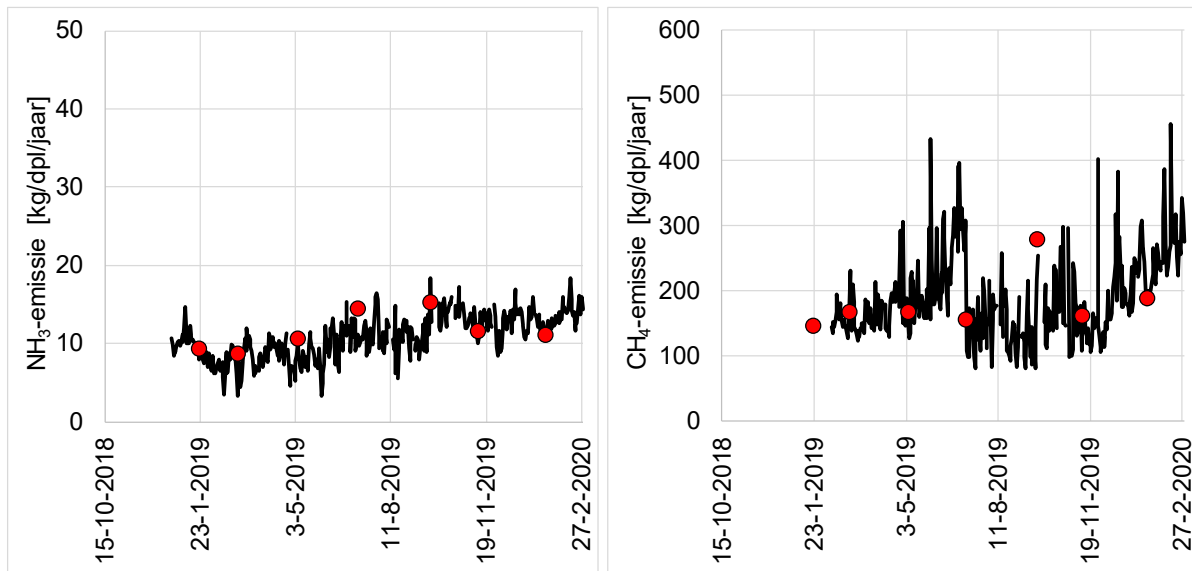
In Figuur WLR9.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 33 en 38 kg/dier/dag (gemiddeld 35 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 16 en 24 mg/100g (gemiddeld 19 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,3% eiwit (tussen 3,2 en 3,5) en 4,3% vet (tussen 4,0 en 4,6).



Figuur WLR9.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

In Figuur WLR9.5 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $10,8 \pm 2,8$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $11,5 \pm 2,5$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 189 ± 67 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 179 ± 45 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR9.5 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR9.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	23-1-2019	4-3-2019	6-5-2019	8-7-2019	23-9-2019	11-11-2019	21-1-2020	
Dag in het jaar	23	63	126	189	266	315	21	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	8,3	11,9	11,6	16,4	16,8	8,1	8,3
	RV-binnen (%)	77,2	68,9	63,0	60,5	90,3	86,1	87,1
	T-buiten (°C)	-2,8	7,9	7,4	14,7	15,8	4,9	0,5
	RV-buiten (%)	83,4	75,5	73,3	65,4	82,1	86,2	98,8
	Windrichting	131,0	228,1	204,3	306,8	182,1	188,5	219,2
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,2	7,6	2,6	2,4	3,2	5,2	1,8
Managementgegevens	Dierplaatsen	192	192	192	192	192	192	192
	Melkkoeien	158	156	160	162	158	160	168
	waarvan melkgevende koeien	142	142	138	142	141	135	141
	waarvan droge koeien	16	14	22	20	17	25	27
	Jongvee, drachtig	0	1	0	0	0	0	0
	Jongvee, niet drachtig	0	0	0	0	0	0	0
	Weide (aantal uren)	0	0	6	6	4	0	0
	Bezettingsgraad	82	82	83	84	82	83	88
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0	1	0	0	0	0	0
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	10	9	14	12	11	16	16
	Melkproductie (kg/dier/dag)	35	34	35	33	34	35	38
	Melk (% eiwit)	3,4	3,4	3,3	3,2	3,5	3,3	3,4
	Melk (% vet)	4,4	4,5	4,4	4,0	4,2	4,4	4,3
Ureumgehalte (mg/100g)	18	18	18	22	19	20	19	

Tabel WLR9.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	23-1-2019	4-3-2019	6-5-2019	8-7-2019	23-9-2019	11-11-2019	21-1-2020
Dag in het jaar	23	63	126	189	266	315	21
CO ₂ stal (ppm)	1467	756	801	576	552	642	1110
CO ₂ buiten (ppm)	537	471	514	485	490	457	511
Debiet (m ³ /dier/uur)	335	1064	1041	3160	4674	1640	520
NH ₃ stal (ppm)	5,3	1,6	2,0	1,0	0,7	1,3	3,6
NH ₃ buiten (ppm)	---	0,07	0,10	0,14	0,10	0,06	0,06
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	9,2	8,6	10,6	14,3	15,2	11,4	10,9
CH ₄ stal (ppm)	93,1	34,5	36,1	13,6	14,7	22,0	69,5
CH ₄ buiten (ppm)	6,9	2,9	5,0	4,1	---	2,7	4,6
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	145,2	165,1	165,2	153,9	278,1	160,6	186,2
N ₂ O stal (ppm)	0,40	0,32	0,33	0,31	---	0,52	0,33
N ₂ O buiten (ppm)	0,38	0,27	0,30	0,29	---	0,45	0,31
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,12	0,69	0,54	0,89	---	1,50	0,17

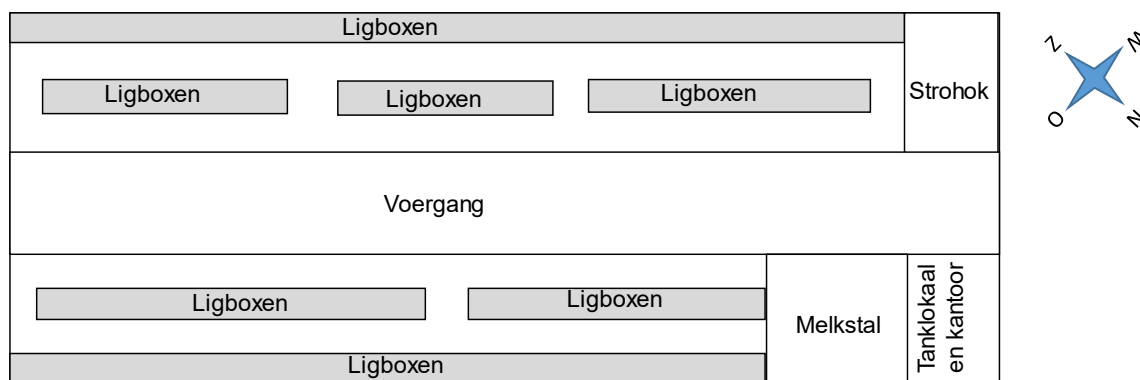
1.10 WLR10

1.10.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een moderne ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 192 ligboxen (geen separatieboxen, wel 1 strohok). In de meetstal (Figuur WLR10.1) worden zowel melkvee als droge koeien in een 2+2 rijige ligboxenstal gehuisvest. De melkkoeien worden in een melkstal gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. In deze stal is geen roosterschuif aanwezig. De mestkelder is 1,8m diep, met een totale mestcapaciteit van 2360 m³. De stal is onderkelderd, met uitzondering van de ruimte onder de melkstal, tanklokaal en kantoor. De mest in de put wordt regelmatig (minimaal een keer per maand) gemixt. De mestput is rond eind augustus leeg. Voor het dagelijks gebruik is 3,5 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 1,0 meter een vogelgaas (ongeveer 1,2 meter hoog) bevestigd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 66 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 79 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via drinkbakken. In de winter wordt een keer per dag (rond 9:00) en in de zomer twee keer per dag (rond 7:00 en 16:00) het voer verstrekt (en verschillende keren per dag aangeschoven). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast. In Tabel WLR10.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



■ Meetbuis met apparatuur voor NH₃, CO₂ en CH₄
■ Monsternamapunten
 ★ Ingaande lucht (BKG)
 ● Ingaande lucht (NH₃)

Figuur WLR10.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR10.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	66x27
Goot- en nokhoogte (m)	2,60 m goot; 7,20 m nok
Oriëntatie van de stal	Noord-west/ zuid-oost
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	192
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,1 x 2,4 (voerhek) en 1,1 x 2,6 (buitenkant)
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,5
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	-
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	28 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Diepte: 1,8m. Totale mestcapaciteit: 2360 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Geen roosterschuiф
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijanten, 66x1,2 m open met vogelgaas
Voersysteem en voertijden	Winter 1 x daags voerwagen 9.00 uur Zomer 2 x daags 7.00 en 16.00 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	Rondpomp systeem
Lichtregime	Tussen 22:00-4:00 alleen 2 nachtlampen in het midden van de stal
² Weidegang	120 dagen per jaar 6 uur per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	32,0 kg/dier/dag; 4,04% vet; 3,62% eiwit; 20,7 mg/100g; 105 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	23,4
Aandeel vers gras (%)	2 (20% in de zomer)
Aandeel graslandproducten (%)	52
Aandeel maïsproducten (%)	5
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	31
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	12

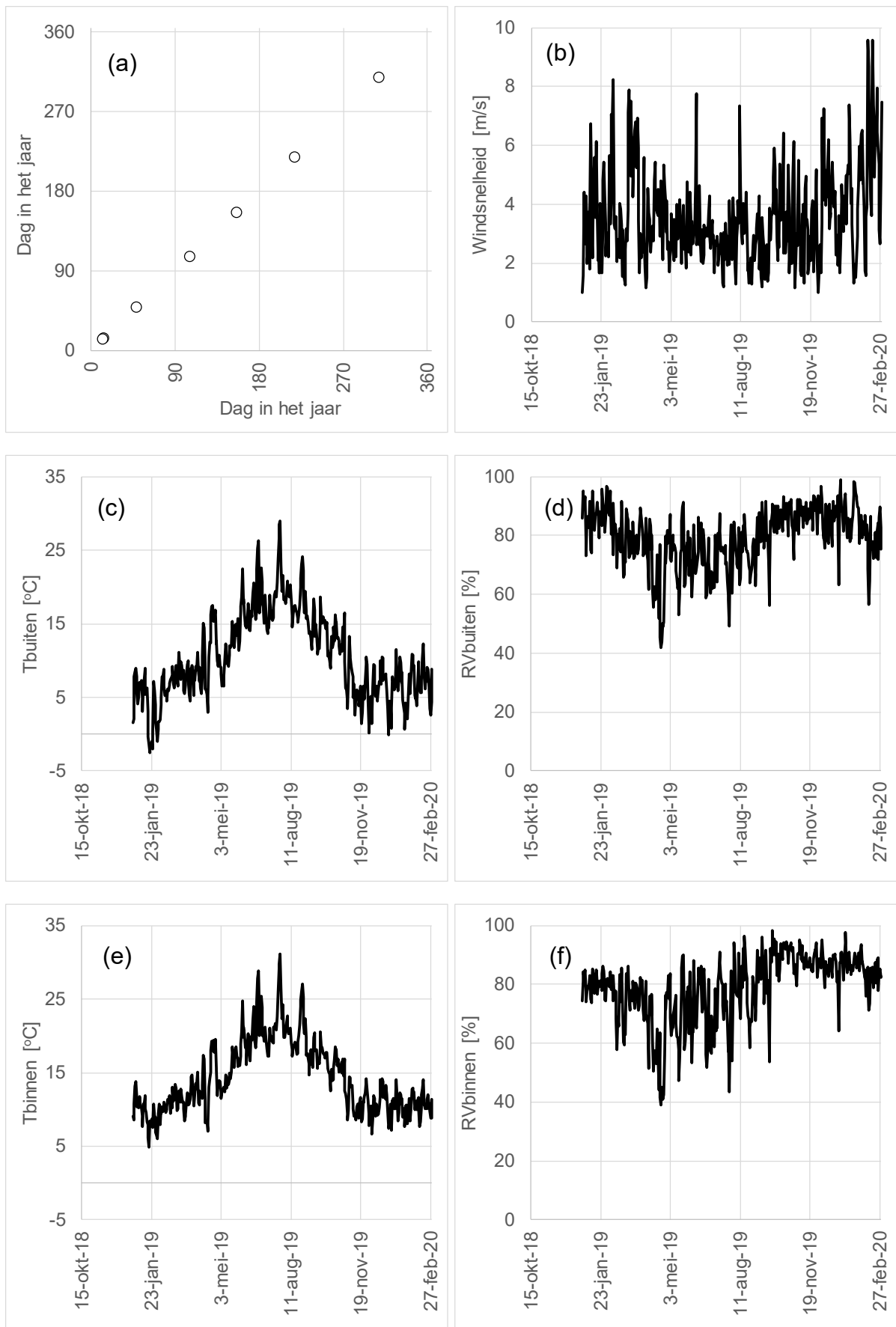
¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.10.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 27/12/2018 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR10.2a). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 11,3 °C; Tabel WLR10.2) was iets hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 79%; Tabel WLR10.2) en windsnelheid (WS: 3,7 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,4 m/s). Voor de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,5 °C; Tabel WLR10.2), de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelde. In Figuur WLR10.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR10.3 en Tabel WLR10.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

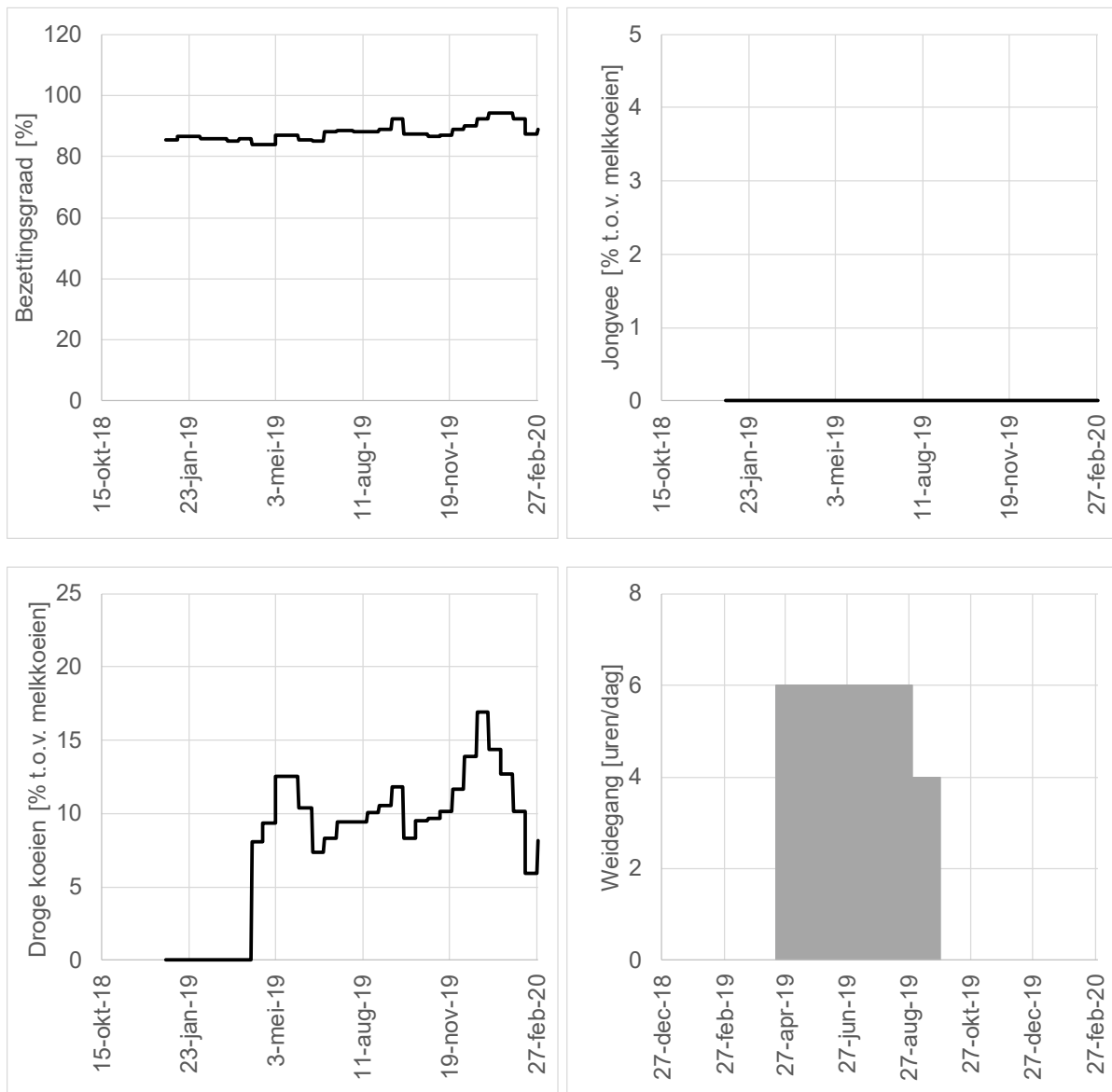
Tabel WLR10.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	88 (84 : 94)	87 (84 : 94)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	8 (0 : 17)	7 (0 : 14)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	31 (30 : 32)	31 (30 : 32)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,4 : 3,7)	3,6 (3,4 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,1 (3,7 : 4,4)	4,1 (3,8 : 4,4)
	Ureumgehalte (mg/100g)	20 (11 : 28)	20 (16 : 24)
Klimaat	T-binnen (°C)	14,2 (4,8 : 31,1)	14,2 (9,8 : 20,7)
	RV-binnen (%)	79 (39 : 98)	79 (54 : 94)
	T-buiten (°C)	10,5 (-2,5 : 29,0)	11,3 (5,8 : 19,1)
	RV-buiten (%)	79 (42 : 99)	79 (64 : 92)
	Windrichting	199 (36 : 345)	204 (103 : 270)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,5 (1,0 : 9,6)	3,7 (2,3 : 6,2)
Resultaten	Aantal meetdagen	430	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1186 (323 : 4109)	1491 (781 : 2510)
	CO ₂ stal (ppm)	779 (525 : 1471)	705 (590 : 890)
	CO ₂ buiten (ppm)	476 (439 : 562)	469 (424 : 500)
	Aantal meetdagen	430	7
	NH ₃ stal (ppm)	2,6 (0,6 : 6,7)	2,3 (1,7 : 2,7)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,50 (0,27 : 1,22)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	12,0 (2,2 : 32,8)	14,4 (9,8 : 19,5)
	Aantal meetdagen	400	7
	CH ₄ stal (ppm)	40,3 (10,9 : 125,6)	31,7 (19,0 : 49,6)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,0 (3,1 : 6,4)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	199 (84 : 409)	195 (154 : 262)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,36 (0,32 : 0,38)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,33 (0,30 : 0,35)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,58 (0,26 : 0,81)



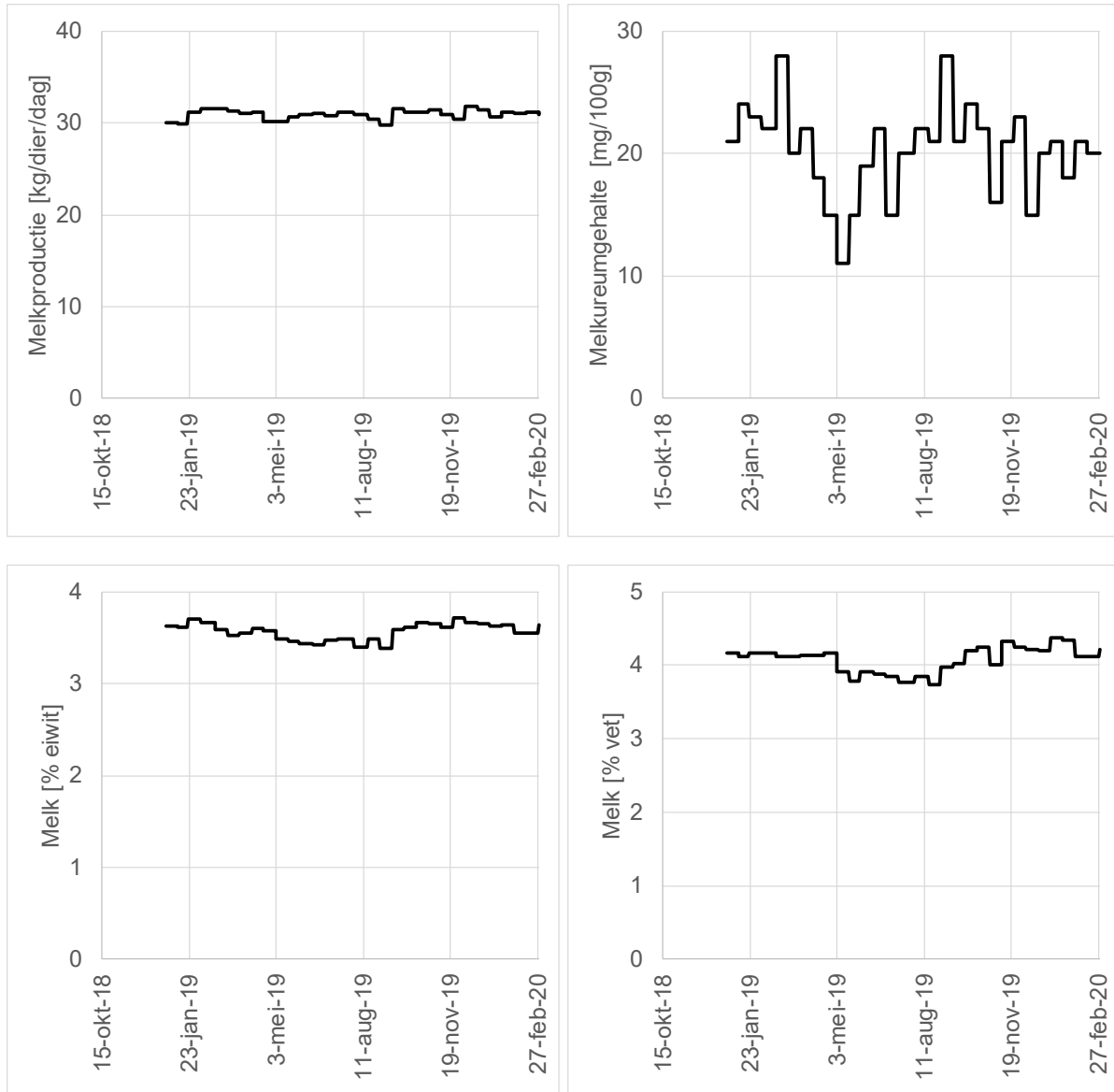
Figuur WLR10.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR10.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 84% en 94% (gemiddeld 88%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 17% (gemiddeld 8%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



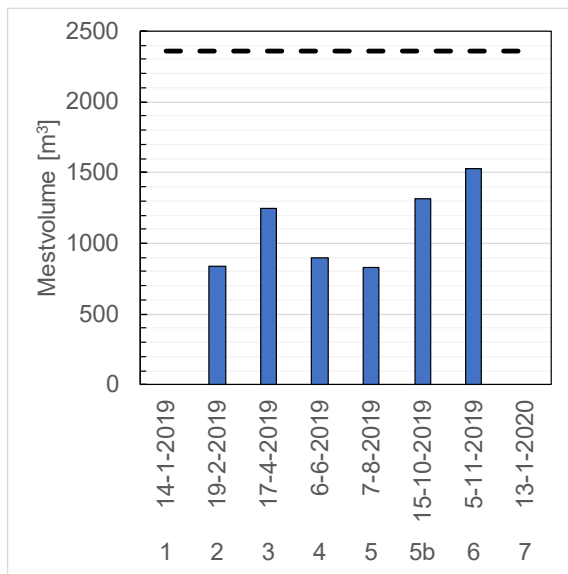
Figuur WLR10.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR10.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 30 en 32 kg/dier/dag (gemiddeld 31 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 11 en 28 mg/100g (gemiddeld 20 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,4 en 3,7) en 4,1% vet (tussen 3,7 en 4,4).



Figuur WLR10.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

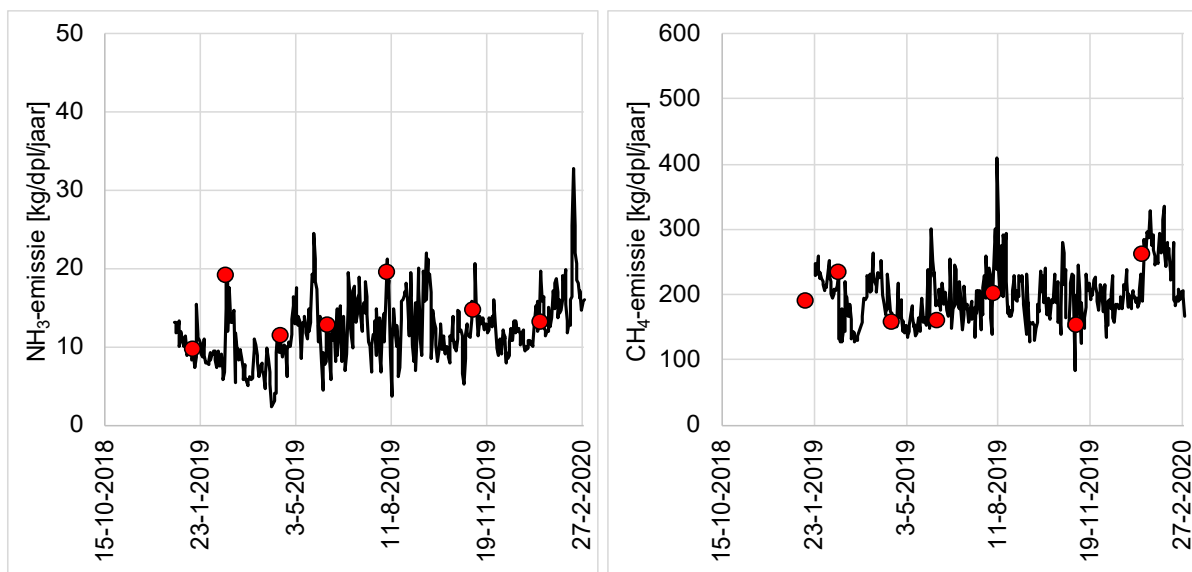
In Figuur WLR10.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond eind augustus leeg.



Figuur WLR10.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR10.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $12,0 \pm 4,0$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $14,4 \pm 3,7$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 199 ± 42 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 195 ± 42 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR10.6 a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR10.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	14-1-2019	18-2-2019	16-4-2019	5-6-2019	6-8-2019	4-11-2019	13-1-2020
Dag in het jaar	14	49	106	156	218	308	13
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	9,8	10,6	14,7	19,3	20,7	11,3
	RV-binnen (%)	78,7	75,5	53,9	82,4	76,2	89,3
	T-buiten (°C)	5,8	7,2	12,5	15,6	19,1	9,1
	RV-buiten (%)	84,4	80,4	64,3	79,1	69,5	85,1
	Windrichting	269,8	214,8	102,7	229,8	225,0	194,6
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	4,0	3,1	3,7	3,1	3,8	2,3
	Dierplaatsen	192	192	192	192	192	192
Melkkoeien	166	165	161	164	169	166	
waarvan melkgevende koeien	166	165	148	147	153	150	
waarvan droge koeien	0	0	13	17	16	16	
Jongvee, drachtig	0	0	0	0	0	0	
Jongvee, niet drachtig	0	0	0	0	0	0	
Weide (aantal uren)	0	0	0	6	6	0	
Bezettingsgraad	86	86	84	85	88	86	
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0	0	0	0	0	0	
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	0	0	8	10	9	10	
Melkproductie (kg/dier/dag)	30	32	31	31	31	31	
Melk (% eiwit)	3,6	3,7	3,6	3,4	3,4	3,7	
Melk (% vet)	4,1	4,2	4,1	3,9	3,8	4,0	
Ureumgehalte (mg/100g)	24	22	18	19	22	16	

Tabel WLR10.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	14-1-2019	18-2-2019	16-4-2019	5-6-2019	6-8-2019	4-11-2019	13-1-2020
Dag in het jaar	14	49	106	156	218	308	13
CO ₂ stal (ppm)	890	666	654	725	590	773	639
CO ₂ buiten (ppm)	483	493	453	424	472	500	458
Debiet (m ³ /dier/uur)	781	1876	1517	983	2510	1120	1647
NH ₃ stal (ppm)	2,4	2,4	1,7	2,7	2,6	2,7	1,7
NH ₃ buiten (ppm)	---	0,58	0,28	0,27	1,22	0,29	0,37
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	9,8	19,1	11,5	12,8	19,5	14,8	13,1
CH ₄ stal (ppm)	49,6	26,9	23,7	38,1	19,0	33,3	31,0
CH ₄ buiten (ppm)	3,1	3,1	3,2	5,6	3,4	6,4	3,2
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	192,2	235,6	158,1	160,4	202,0	153,8	262,1
N ₂ O stal (ppm)	0,36	0,34	0,38	0,38	0,36	0,37	0,32
N ₂ O buiten (ppm)	0,30	0,31	0,34	0,34	0,34	0,35	0,30
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,70	0,81	0,72	0,59	0,65	0,26	0,35

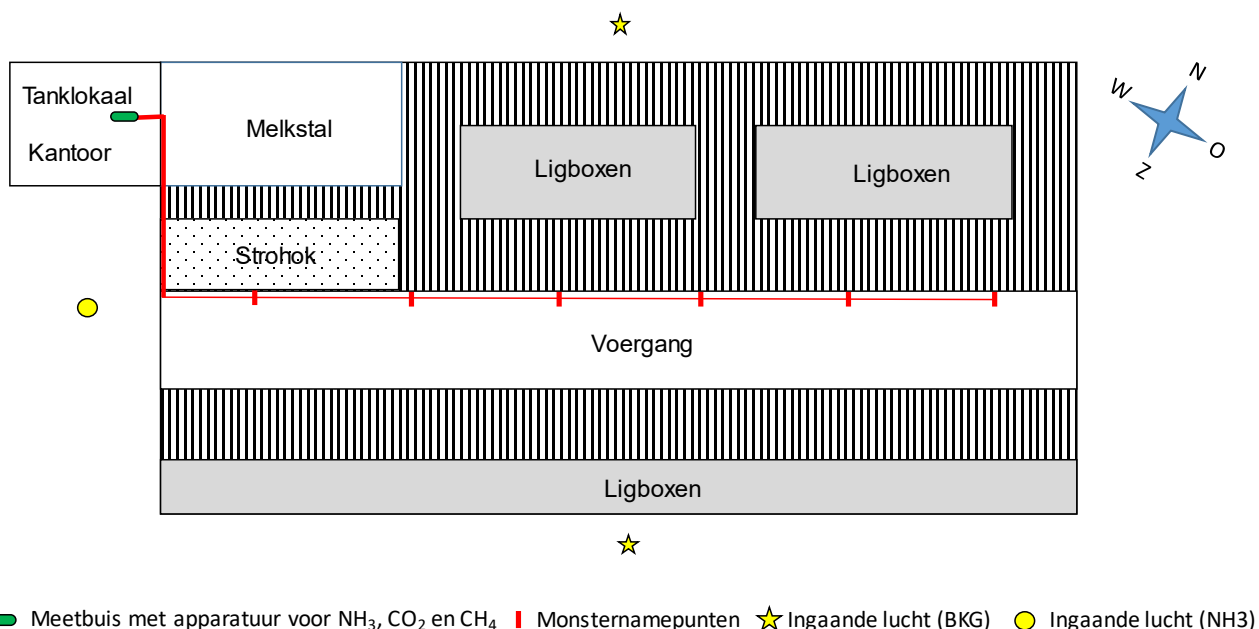
1.11 WLR11

1.11.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (MRIJ). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 88 ligboxen (geen separatieboxen) en 1 strohok. Ten westen van de stal zijn een aantal sleufsilos aanwezig (op een afstand van ongeveer 10 m) en een aantal gebouwen voor het huisvesten van jongvee, vleesstieren en melkkoeien (op een afstand > 20m). In de meetstal (Figuur WLR11.1) wordt melkvee (melkgevende en droge koeien) in een 1+2 rijige ligboxenstal gehuisvest. Alle melkgevende koeien worden in een melkstal gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. Deze vloer wordt twee keer per dag met behulp van een mestschuif geschoven. De mestkelder (met een diepte van 2 m) heeft een mestcapaciteit van 1800 m³. De mest in de put wordt een aantal keer per jaar (rond half februari, begin mei, begin augustus en half december) gemixt. Voor het dagelijks gebruik is 5,2 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan de westelijke kant 35 m en aan de oostelijke kant 46,6 m, afsluitbaar met windbreekgas + rolgordijnen (hoogte van 2 m). Daarmee is het handmatig regelbare ventilatieoppervlak aan de westelijke kant 79 m² en aan de oostelijke kant 92 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via waterbakken die in de doorsteken waren geplaatst. Voer wordt tweemaal per dag (om 8:00 en om 17:00) in voerbakken verstrekt. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast. In Tabel WLR11.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR11.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR11.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	46,6 x 23
Goot- en nokhoogte (m)	3m goot; 8,4m nok
Oriëntatie van de stal	noordoost-zuidwest
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	88
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	2,75
Loopoppervlak (m ² per dier)	5,2
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	-
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	45 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Diepte: 2m. Totale mestcapaciteit: 1800 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Twee keer per dag met mestschuif
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Zijkanten, rolgordijn (2m hoog)
Voersysteem en voertijden	Voerbak; twee keer per dag, om 8:00 en 17:00
Drinkwatersysteem en drinktijden	Drinkbakken, onbeperkt
Lichtregime	Tijd en schemerschakelaar: tot 22.30 lampen aan
² Weidegang	120 dagen per jaar; 6 uren per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	21,2 kg/dier/dag; 4,68% vet; 3,89% eiwit; 25 mg/100g; 113 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	16,6
Aandeel vers gras (%)	6,7
Aandeel graslandproducten (%)	28,1
Aandeel maïsproducten (%)	28,4
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	7,0
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	29,8

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

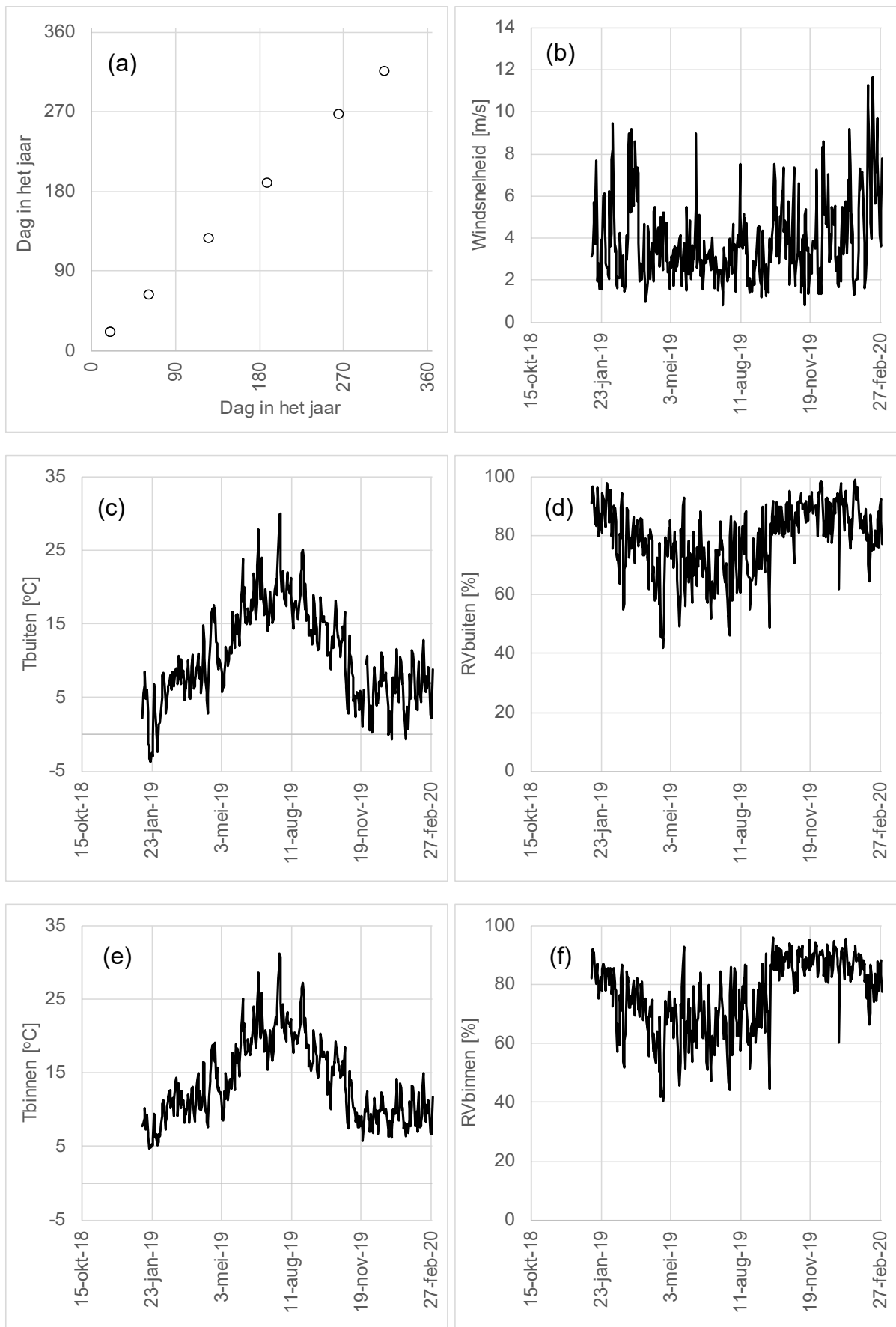
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.11.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 10/01/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR11.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 6,9 °C; Tabel WLR11.2) was tijdens de referentiemetingen beduidend lager dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 81%; Tabel WLR11.2) en windsnelheid (WS: 3,6 m/s) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Volkel; T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,6 m/s). Voor de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,7 °C; Tabel WLR11.2), relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden. In Figuur WLR11.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR11.3 en Tabel WLR11.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

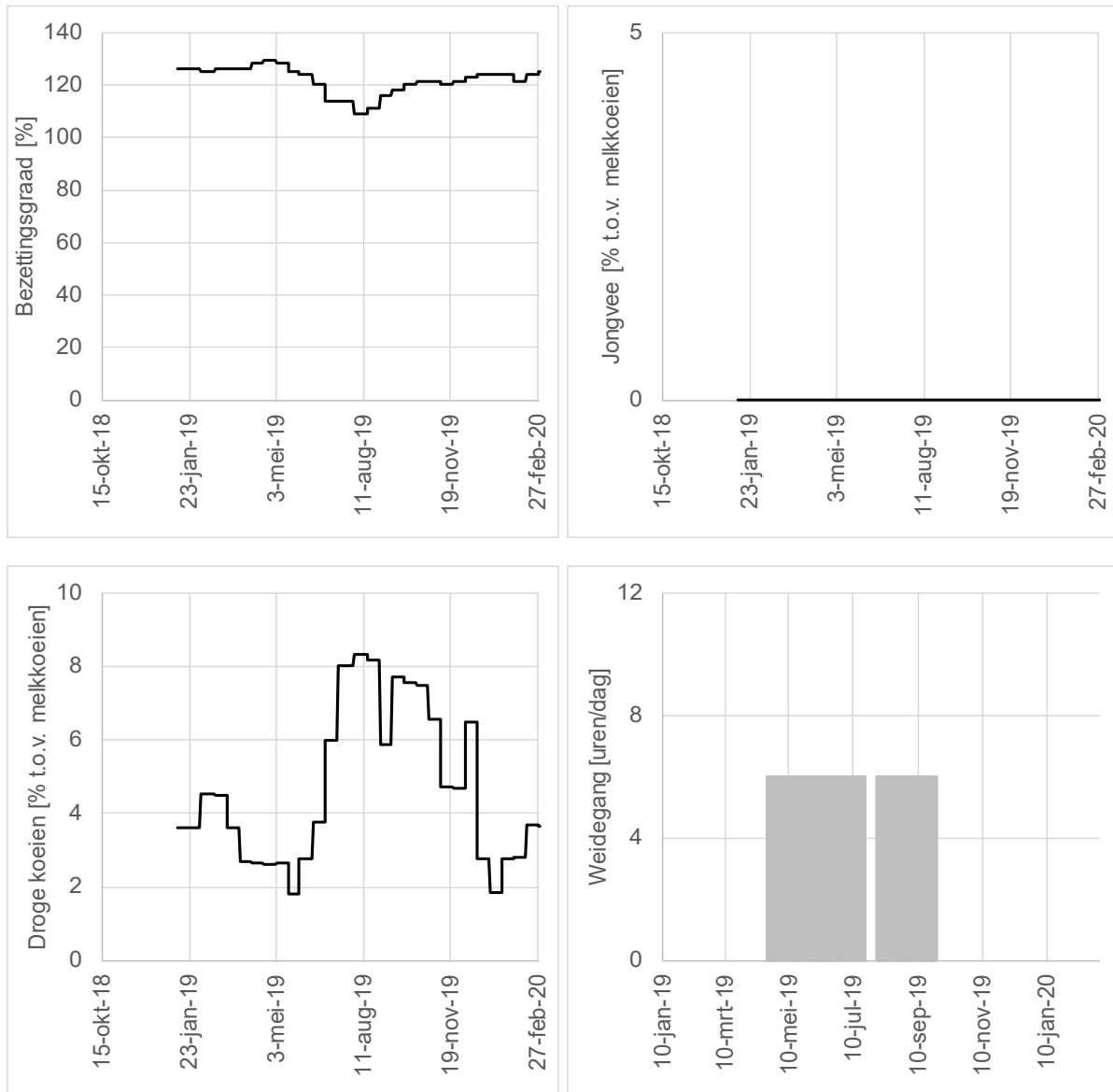
Tabel WLR11.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	122 (109 : 130)	122 (114 : 128)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	5 (2 : 8)	5 (3 : 8)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	24 (22 : 26)	24 (22 : 26)
	Melk (% eiwit)	3,9 (3,6 : 4,0)	3,9 (3,7 : 4,0)
	Melk (% vet)	4,7 (4,5 : 4,9)	4,7 (4,6 : 4,8)
	Ureumgehalte (mg/100g)	25 (21 : 34)	25 (21 : 29)
Klimaat	T-binnen (°C)	13,7 (4,7 : 31,2)	11,1 (4,9 : 18,2)
	RV-binnen (%)	76 (40 : 96)	78 (65 : 92)
	T-buiten (°C)	10,7 (-3,7 : 29,9)	6,9 (-3,2 : 15,8)
	RV-buiten (%)	78 (42 : 99)	81 (65 : 99)
	Windrichting	197 (36 : 324)	218 (182 : 307)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,8 (0,8 : 11,7)	3,6 (1,8 : 7,6)
Resultaten	Aantal meetdagen	416	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1164 (348 : 3537)	1044 (399 : 1736)
	CO ₂ stal (ppm)	746 (503 : 1290)	833 (637 : 1246)
	CO ₂ buiten (ppm)	474 (427 : 590)	502 (457 : 533)
	Aantal meetdagen	416	7
	NH ₃ stal (ppm)	1,7 (0,8 : 3,6)	1,7 (1,1 : 2,5)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,10 (0,04 : 0,20)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	14,1 (6,3 : 39,3)	12,4 (5,9 : 24,1)
	Aantal meetdagen	404	7
	CH ₄ stal (ppm)	44,3 (19,0 : 96,4)	48,8 (27,9 : 90,8)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,9 (2,2 : 7,8)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	315 (161 : 1043)	281 (219 : 372)
	Aantal meetdagen	---	6
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,32 (0,27 : 0,43)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,30 (0,25 : 0,42)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,54 (0,09 : 1,53)



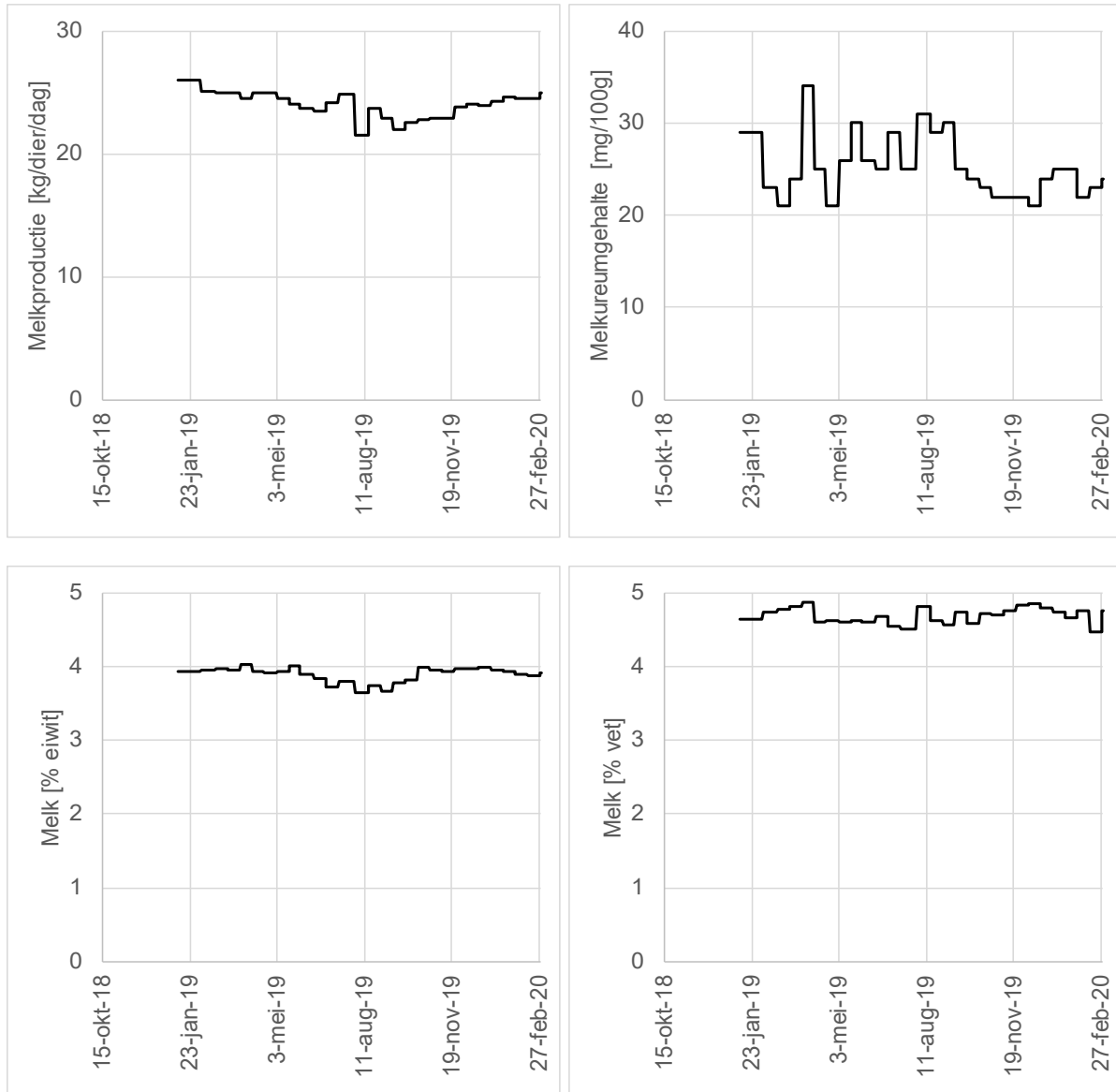
Figuur WLR11.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR11.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 109% en 130% (gemiddeld 122%), het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 2% en 8% (gemiddeld 5%). In de stal was geen jongvee gehuisvest. Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



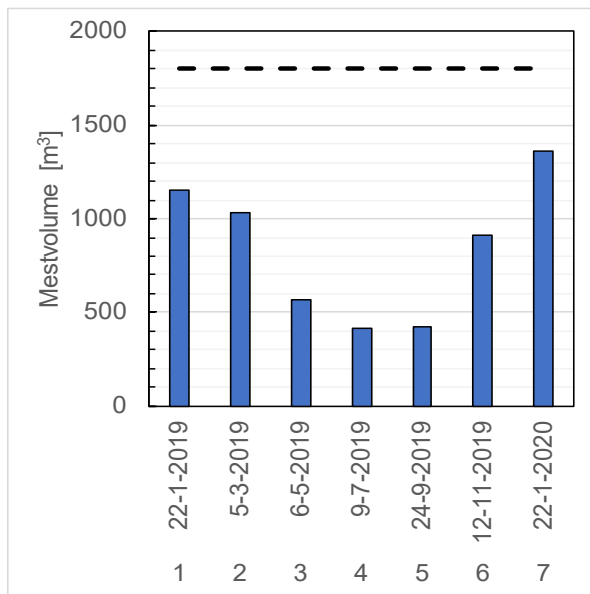
Figuur WLR11.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee (geen jongvee in de stal); c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR11.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 22 en 26 kg/dier/dag (gemiddeld 24 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 21 en 34 mg/100g (gemiddeld 25 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,9% eiwit (tussen 3,6 en 4,0) en 4,7% vet (tussen 4,5 en 4,9).



Figuur WLR11.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

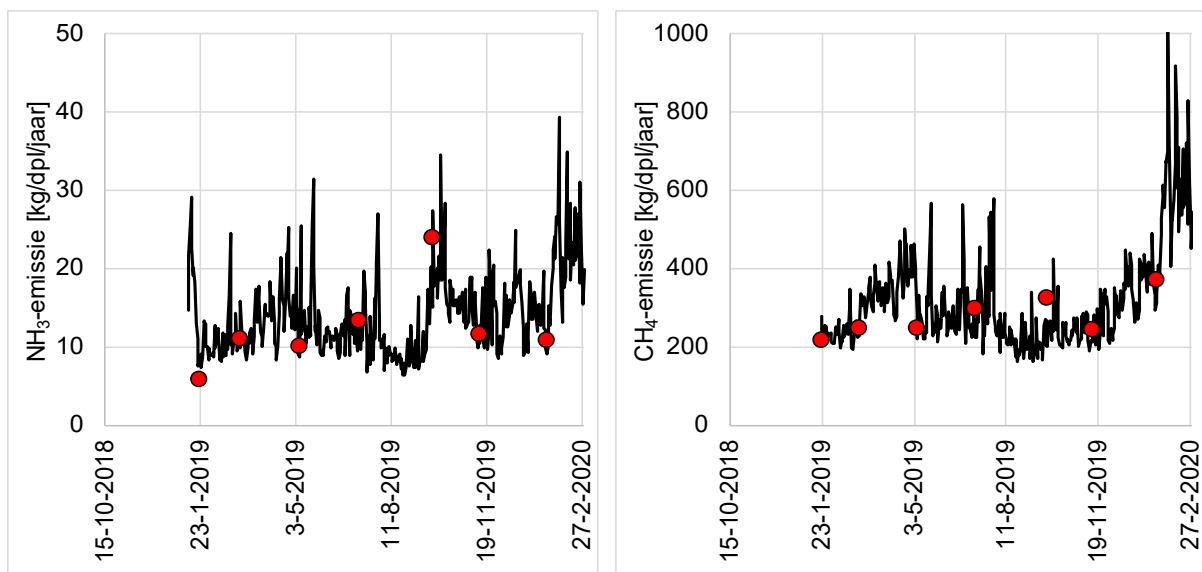
In Figuur WLR11.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond eind augustus leeg.



Figuur WLR11.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR11.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $14,1 \pm 5,2$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $12,4 \pm 5,6$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 315 ± 125 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 281 ± 54 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR11.6 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR11.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	21-1-2019	4-3-2019	6-5-2019	8-7-2019	23-9-2019	11-11-2019	21-1-2020
Dag in het jaar	21	63	126	189	266	315	21
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	4,9	10,8	11,4	16,5	18,2	7,2
	RV-binnen (%)	80,4	72,1	65,5	65,1	85,8	92,3
	T-buiten (°C)	-3,2	7,9	7,4	14,7	15,8	0,5
	RV-buiten (%)	85,1	75,5	73,3	65,4	82,1	98,8
	Windrichting	196,7	228,1	204,3	306,8	182,1	219,2
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,7	7,6	2,6	2,4	3,2	1,8
	Managementgegevens	Dierplaatsen	88	88	88	88	88
Melkkoeien		111	111	113	100	104	109
waarvan melkgevende koeien		107	106	110	94	96	106
waarvan droge koeien		4	5	3	6	8	3
Jongvee, drachtig		0	0	0	0	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	0	6	6	6	0
Bezettingsgraad		126	126	128	114	118	120
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		4	5	3	6	8	3
Melkproductie (kg/dier/dag)		26	25	25	24	22	25
Melk (% eiwit)		3,9	4,0	3,9	3,7	3,8	3,9
Melk (% vet)		4,6	4,8	4,6	4,6	4,7	4,7
Ureumgehalte (mg/100g)		29	21	26	29	25	25

Tabel WLR11.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	21-1-2019	4-3-2019	6-5-2019	8-7-2019	23-9-2019	11-11-2019	21-1-2020
Dag in het jaar	21	63	126	189	266	315	21
CO ₂ stal (ppm)	1246	670	795	637	653	796	1038
CO ₂ buiten (ppm)	533	457	524	486	479	500	532
Debiet (m ³ /dier/uur)	399	1285	1001	1736	1440	899	547
NH ₃ stal (ppm)	1,9	1,1	1,3	1,3	2,3	1,8	2,5
NH ₃ buiten (ppm)	0,11	0,04	0,11	0,20	0,09	0,09	0,08
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	5,9	11,1	10,1	13,4	24,1	11,6	10,9
CH ₄ stal (ppm)	73,9	27,9	39,7	30,1	34,7	44,2	90,8
CH ₄ buiten (ppm)	3,9	2,2	7,8	4,9	---	6,6	4,1
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	219,5	250,6	250,8	299,6	324,2	246,9	372,1
N ₂ O stal (ppm)	0,30	0,29	0,27	0,33	---	0,43	0,32
N ₂ O buiten (ppm)	0,27	0,25	0,27	0,28	---	0,42	0,32
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,27	1,04	0,12	1,53	---	0,20	0,09

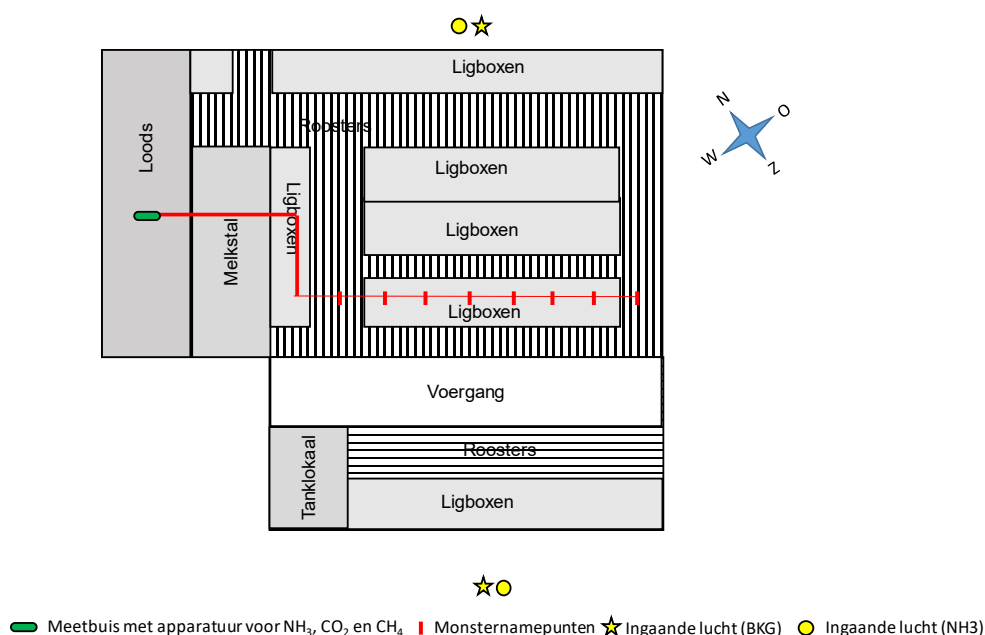
1.12 WLR12

1.12.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een zeer compacte ligboxenstal voor melkvee (MRIJ). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 87 ligboxen (geen separatieboxen of strohokken). Ten oosten van de stal (op een afstand van ongeveer 10 m) is een mestsilo met drijvend dek aanwezig. In de meetstal worden zowel melkvee, als droge koeien en het oudste jongvee gehuisvest. De stal (Figuur WLR12.1) heeft één smalle voergang, met aan een kant van de voergang een enkele rij ligboxen (voor droge koeien en oudste jongvee), en aan de andere kant één dubbele rij en twee enkele rijen ligboxen voor melkkoeien (1+4). Alle melkgevendende koeien worden in een melkstal gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in vier lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. De roostervloer wordt over het algemeen niet geschoven, behalve de smalle gedeelte tussen de boxenrijen in het midden van de stal (Figuur WLR12.1), die 2 keer per dag met behulp van een handschuif wordt geschoven. De roostervloer is onderkelderd. De mestkelder bestaat uit twee met elkaar in verbinding staande delen (1,4 m en 2,2 m diep), met een mestcapaciteit van respectievelijk 220 m³ en 270 m³ (totale mestcapaciteit: 490 m³). De mest in de put wordt regelmatig (elke 3 weken) gemixt. Voor het dagelijks gebruik is 3,0 m² per dier beloopbaar vloerooppervlak beschikbaar. Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. De totale lengte van de ventilatieopening is 18 en 23 m, met een hoogte van 1,7 m. Daarmee is het handmatig regelbare ventilatieoppervlak van de stal totaal 69,7 m²). In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een lichtnok geplaatst. De dak en de kopse wanden van de stal zijn volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is beschikbaar via open waterbakken die in de doorsteken waren geplaatst. Voer wordt eenmaal per week in de vorm van blokken op de voergang gezet. Twee keer per dag (om 7:00 en om 17:00) wordt met behulp van een blokkenschuif het ruwvoer verstrekt. Op dit bedrijf werd tijdens de metingen beperkte weidegang toegepast (vanaf 2020 onbeperkte weidegang). In Tabel WLR12.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur WLR12.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR12.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	24 x 28
Goot- en nokhoogte (m)	3,5m goot; 8,5m nok
Oriëntatie van de stal	zuidoost-noordwest
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	87
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	3,1
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,0
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	-
Aantal strohok(ken)	-
Oppervlak strohok(ken)	-
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Onder de rooster, 2 delen (1,4m en 2,2m diep). Totale mestcapaciteit: 490 m ³ (220m ³ + 270m ³)
Mestverwijdering en frequentie	Handschuif
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Zijkanten, 18 en 23m lang en 1,7m hoog
Voersysteem en voertijden	Blokkenschuif; om 7:00 en 17:00
Drinkwatersysteem en drinktijden	Leidingwater in open waterbakken, onbeperkt
Lichtregime	6:00 tot daglicht, en van schemer tot 23:00
² Weidegang	160 dagen per jaar; 6 uren per dag
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	20,9 kg/dier/dag; 4,48% vet; 3,72% eiwit; 23 mg/100g; 109 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	16,4
Aandeel vers gras (%)	11,1
Aandeel graslandproducten (%)	25,2
Aandeel maïsproducten (%)	24,9
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	5,1
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	33,7

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

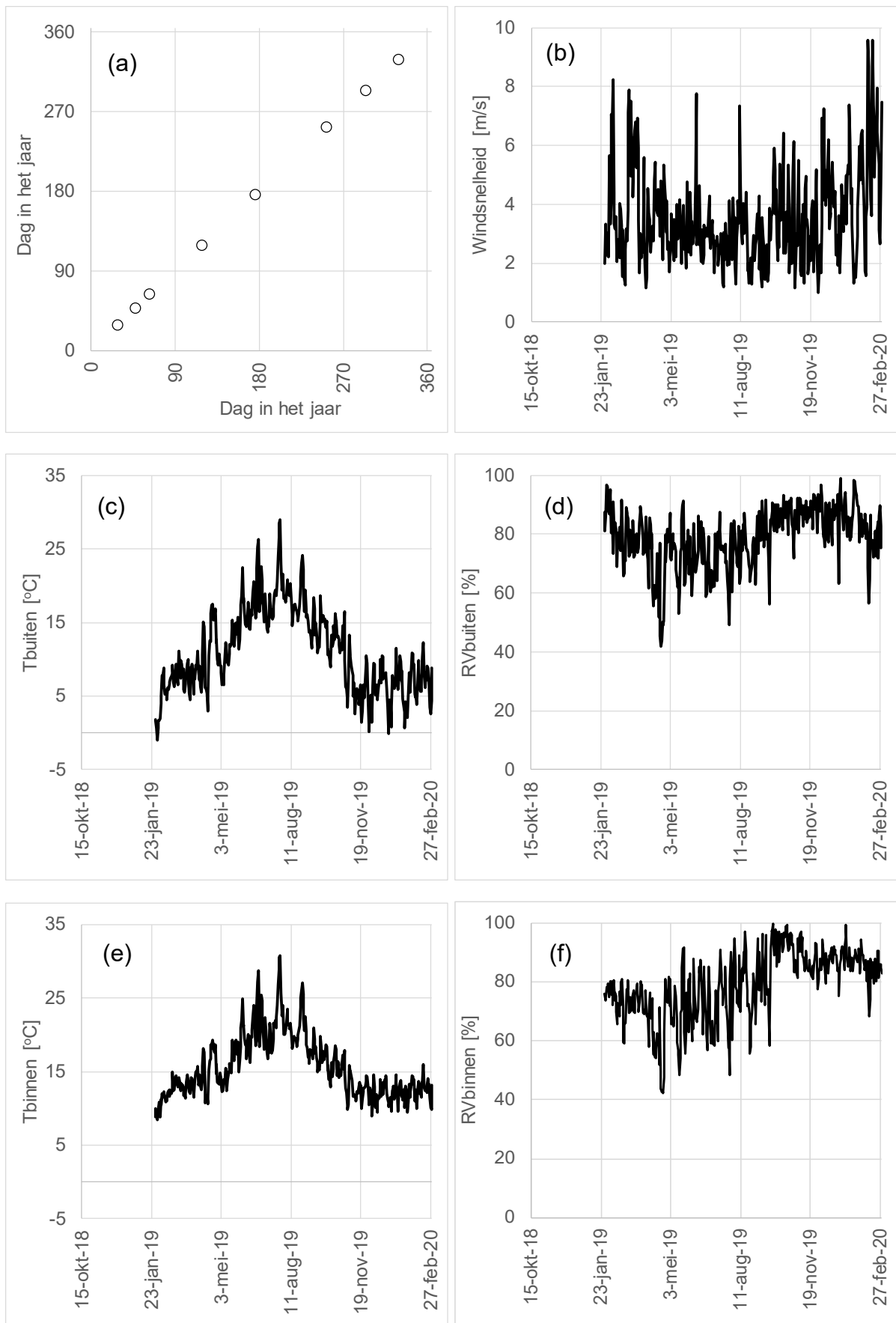
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.12.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 28/01/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er acht referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR12.2a). De gemiddelde temperatuur (T: 10,3 °C; Tabel WLR12.2), relatieve luchtvochtigheid (RV: 80%; Tabel M12.2) en windsnelheid (WS: 3,6 m/s) waren tijdens de referentiemetingen vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,4 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 11,0 °C; Tabel M12.2) iets hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR12.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR12.3 en Tabel WLR12.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

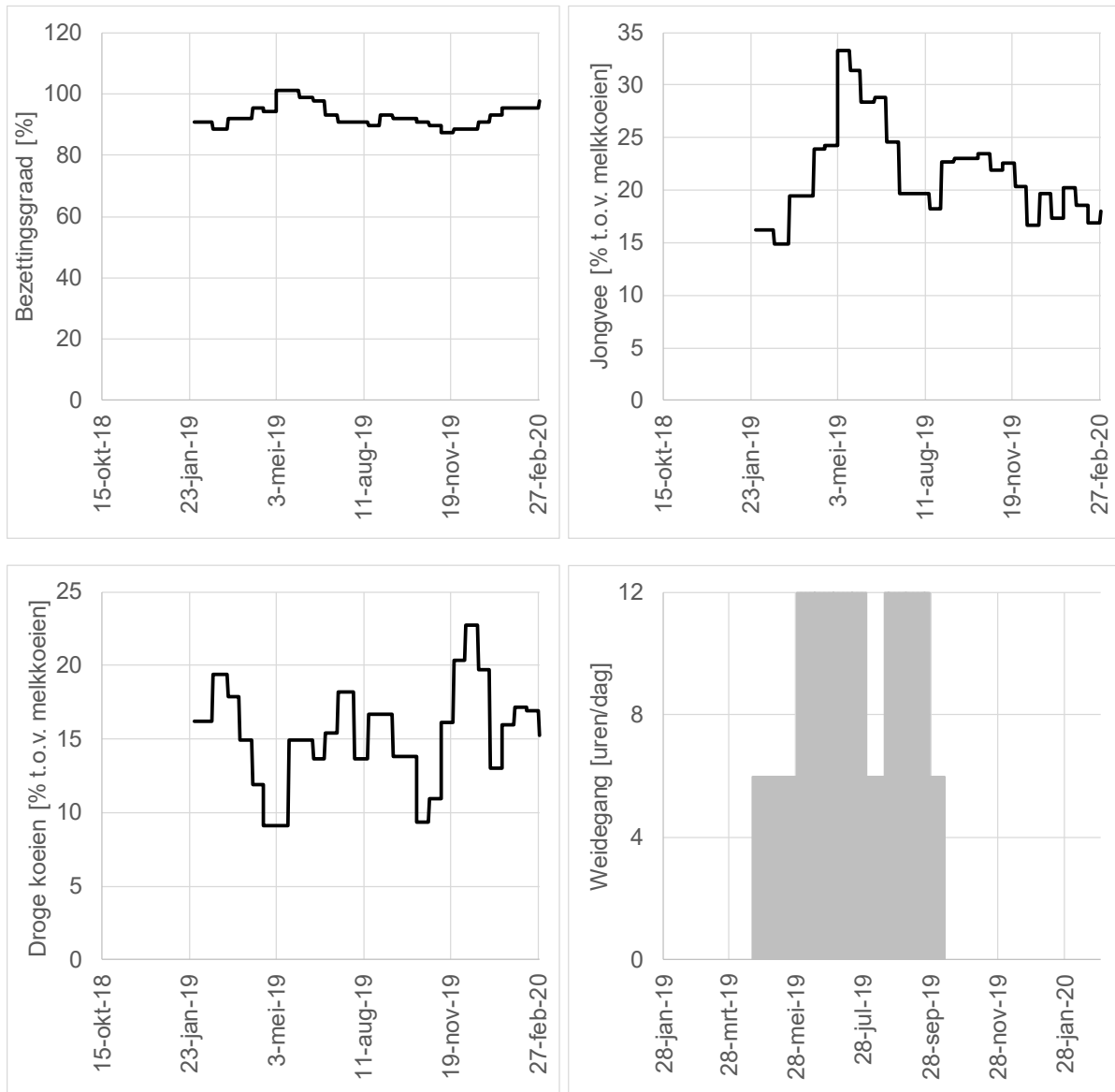
Tabel WLR12.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	93 (87 : 101)	92 (89 : 98)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	22 (15 : 33)	21 (15 : 29)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	15 (9 : 23)	15 (9 : 20)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	24 (22 : 26)	24 (22 : 26)
	Melk (% eiwit)	3,7 (3,6 : 3,8)	3,7 (3,6 : 3,8)
	Melk (% vet)	4,4 (4,1 : 4,7)	4,5 (4,3 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	22 (18 : 33)	21 (18 : 26)
Klimaat	T-binnen (°C)	15,5 (8,5 : 30,8)	15,0 (9,1 : 25,4)
	RV-binnen (%)	79 (42 : 100)	80 (70 : 97)
	T-buiten (°C)	11,0 (-1,0 : 29,0)	10,3 (1,2 : 22,8)
	RV-buiten (%)	79 (42 : 99)	80 (72 : 93)
	Windrichting	196 (36 : 338)	197 (151 : 230)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,5 (1,0 : 9,6)	3,6 (1,4 : 7,0)
Resultaten	Aantal meetdagen	398	8
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	751 (247 : 3663)	760 (359 : 1564)
	CO ₂ stal (ppm)	873 (520 : 1485)	859 (606 : 1136)
	CO ₂ buiten (ppm)	473 (442 : 572)	484 (450 : 546)
	Aantal meetdagen	398	8
	NH ₃ stal (ppm)	3,5 (0,7 : 8,2)	3,3 (1,5 : 5,2)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,12 (0,05 : 0,33)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	12,2 (7,6 : 21,8)	12,0 (8,8 : 15,2)
	Aantal meetdagen	398	8
	CH ₄ stal (ppm)	41,0 (11,8 : 87,6)	41,9 (18,9 : 70,6)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	3,0 (2,0 : 5,9)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	127 (86 : 212)	135 (111 : 165)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,37 (0,31 : 0,44)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,34 (0,30 : 0,40)
N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,35 (0,04 : 0,56)	



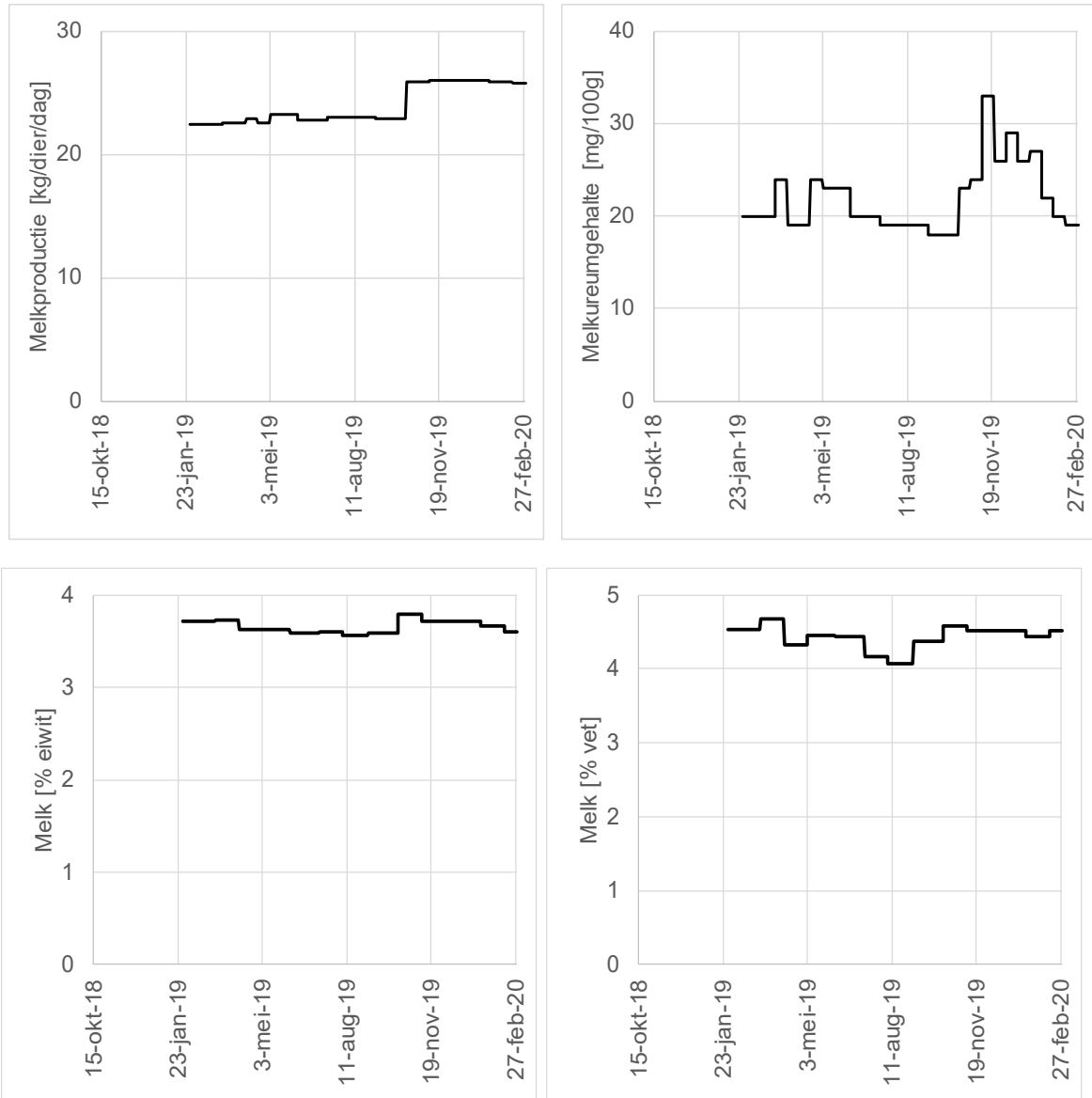
Figuur WLR12.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR12.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 87% en 101% (gemiddeld 93%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 15% en 33% (gemiddeld 22%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 9% en 23% (gemiddeld 15%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



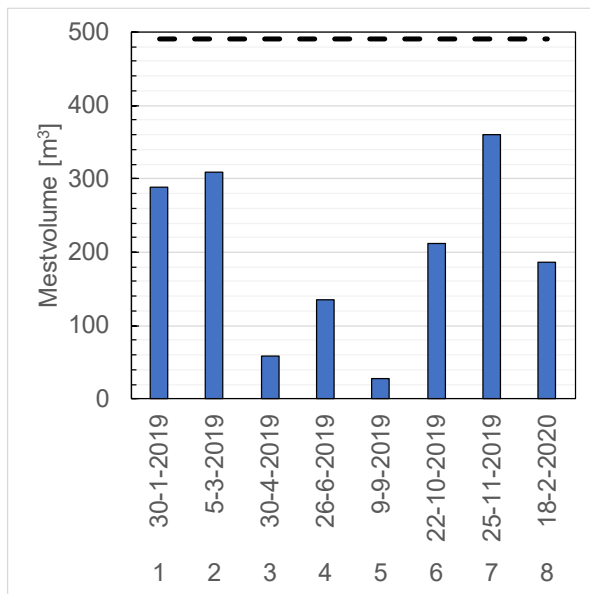
Figuur WLR12.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR12.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 22 en 26 kg/dier/dag (gemiddeld 24 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 18 en 33 mg/100g (gemiddeld 22 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,7% eiwit (tussen 3,6 en 3,8) en 4,4% vet (tussen 4,1 en 4,7).



Figuur WLR12.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

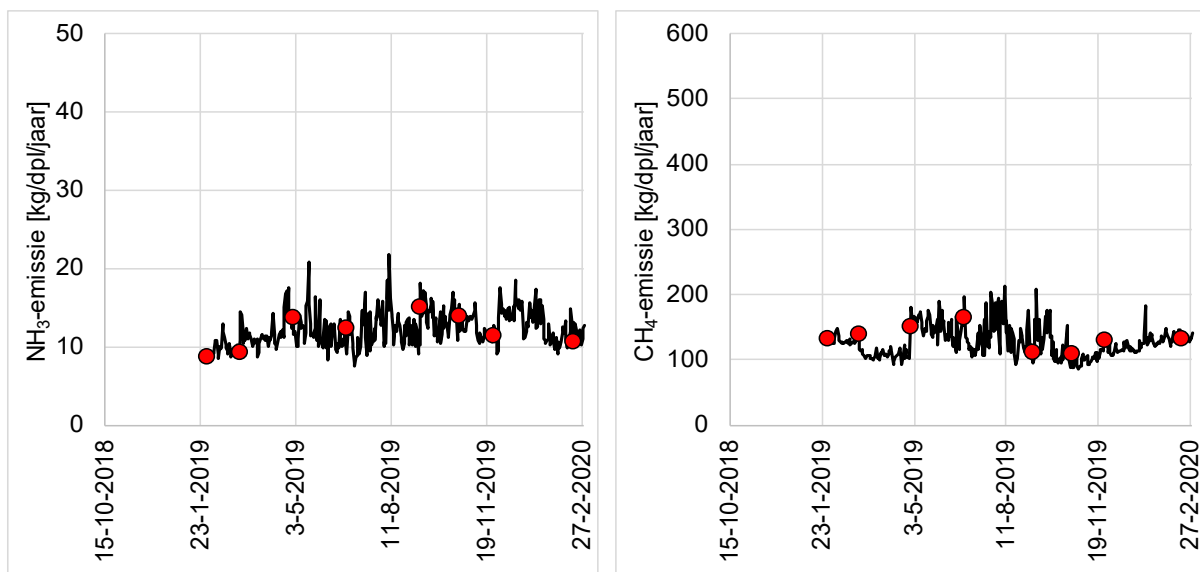
In Figuur WLR12.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond eind augustus leeg.



Figuur WLR12.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR12.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $12,2 \pm 2,2$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $12,0 \pm 2,3$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 127 ± 23 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 135 ± 18 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR12.6 a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR12.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
Datum	29-1-2019	4-3-2019	29-4-2019	25-6-2019	9-9-2019	21-10-2019	25-11-2019	17-2-2020	
Dag in het jaar	29	63	119	176	252	294	329	48	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	9,1	13,0	13,4	25,4	17,6	15,3	13,2	12,8
	RV-binnen (%)	73,9	69,6	77,4	74,3	75,0	96,7	91,4	80,2
	T-buiten (°C)	1,2	8,3	10,5	22,8	11,9	11,9	8,3	7,9
	RV-buiten (%)	83,5	73,0	79,5	72,4	78,9	90,5	92,6	72,6
	Windrichting	189,2	229,6	159,8	209,2	225,0	182,7	150,8	228,5
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,8	6,6	2,7	3,3	1,4	2,4	3,0	7,0
	Managementgegevens	Dierplaatsen	87	87	87	87	87	87	87
Melkkoeien		68	67	66	66	66	64	64	71
waarvan melkgevende koeien		57	54	60	57	55	58	51	59
waarvan droge koeien		11	13	6	9	11	6	13	12
Jongvee, drachtig		8	7	12	16	15	15	13	8
Jongvee, niet drachtig		3	3	4	3	0	0	0	4
Weide (aantal uren)		0	0	6	12	12	0	0	0
Bezettingsgraad		91	89	94	98	93	91	89	95
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		16	15	24	29	23	23	20	17
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		16	19	9	14	17	9	20	17
Melkproductie (kg/dier/dag)		22	22	23	23	23	26	26	26
Melk (% eiwit)		3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,8	3,7	3,6
Melk (% vet)		4,5	4,5	4,3	4,4	4,4	4,6	4,5	4,5
Ureumgehalte (mg/100g)		20	20	24	20	18	23	26	19

Tabel WLR12.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datum	29-1-2019	4-3-2019	29-4-2019	25-6-2019	9-9-2019	21-10-2019	25-11-2019	17-2-2020
Dag in het jaar	29	63	119	176	252	294	329	48
CO ₂ stal (ppm)	1136	914	606	715	975	690	918	913
CO ₂ buiten (ppm)	485	486	461	493	546	465	483	450
Debiet (m ³ /dier/uur)	359	534	1564	962	526	1073	547	518
NH ₃ stal (ppm)	4,2	3,2	1,5	2,3	5,2	2,4	3,8	3,5
NH ₃ buiten (ppm)	0,05	0,09	0,08	0,15	0,33	0,13	0,06	0,08
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	8,8	9,4	13,8	12,5	15,2	14,0	11,5	10,8
CH ₄ stal (ppm)	70,6	52,5	18,9	33,4	44,6	21,3	47,9	46,3
CH ₄ buiten (ppm)	2,9	2,9	2,0	3,4	5,9	2,4	2,5	2,1
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	133,2	139,6	152,0	164,6	113,4	111,0	131,8	132,2
N ₂ O stal (ppm)	0,31	0,35	0,34	0,42	0,44	0,38	0,36	0,37
N ₂ O buiten (ppm)	0,30	0,30	0,32	0,38	0,40	0,34	0,32	0,35
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,04	0,44	0,43	0,56	0,33	0,50	0,31	0,17

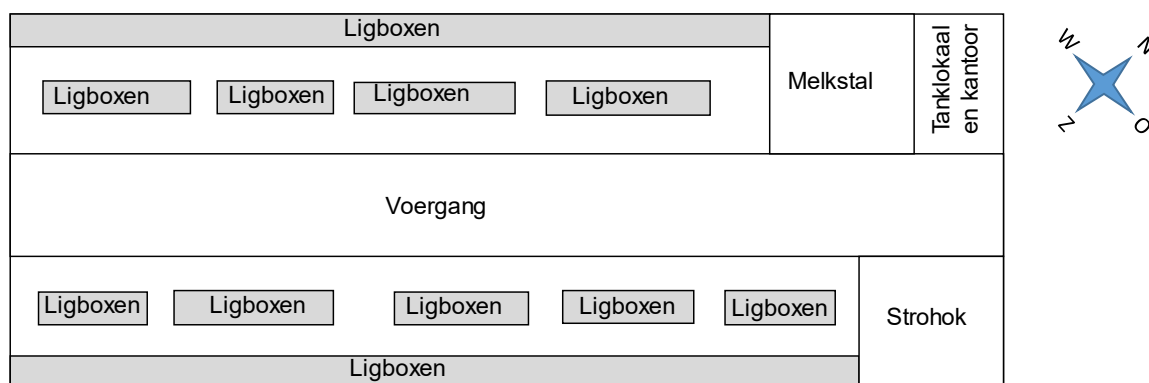
1.13 WLR13

1.13.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een moderne ligboxenstal voor melkvee (HF). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 160 ligboxen (geen separatieboxen, wel 1 strohok). In de meetstal (Figuur WLR13.1) worden zowel melkvee als droge koeien in een 2+2 rijige ligboxenstal gehuisvest. De melkkoeien worden in een melkstal gemolken. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bij de verschillende diergroepen bestaan uit een traditionele betonroostervloer. In deze stal is geen roosterschuiף aanwezig. De mestkelder is 1,8m diep, met een totale mestcapaciteit van 1420 m³. De stal is onderkelderd, met uitzondering van de ruimte onder de melkstal, tanklokaal en kantoor. De mest in de put wordt regelmatig (minimaal een keer per maand) gemixt. De mestput is rond eind augustus leeg. Voor het dagelijks gebruik is 3,6 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar Dit beloopbaar oppervlak is berekend over alle huisvestingsgroepen.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. In beide zijwanden is vanaf 1,0 meter een vogelgaas (ongeveer 1,2 meter hoog) bevestigd. De totale lengte van de ventilatieopening is aan beide zijden van de stal 66 m. Daarmee is het ventilatieoppervlak aan beide zijden van de stal 79 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via drinkbakken. In de winter wordt een keer per dag (rond 9:00) en in de zomer twee keer per dag (rond 7:00 en 16:00) het voer verstrekt (en verschillende keren per dag aangeschoven). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast. In Tabel WLR13.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



■ Meetbuis met apparatuur voor NH₃, CO₂ en CH₄
■ Monsternamenpunten
 ★ Ingaande lucht (BKG)
 ● Ingaande lucht (NH₃)

Figuur WLR13.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel WLR13.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	66x25,3
Goot- en nokhoogte (m)	2,60m goot; 7,20m nok
Oriëntatie van de stal	Zuid-west/noord-oost
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	160
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	1,1 x 2,25
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,6
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	100% roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	-
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	72 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	-
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Diepte: 1,8m. Totale mestcapaciteit: 1420 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Geen roosterschuiф
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Aan beide zijkanten, 66x1,2 m open met vogelgaas
Voersysteem en voertijden	Winter 1 x daags voerwagen 9.00 uur Zomer 2 x daags 7.00 en 16.00 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	Rondpomp systeem
Lichtregime	Tussen 22:00-4:00 alleen 2 nachtlampen in het midden van de stal
² Weidegang	Geen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	31,2 kg/dier/dag; 4,13vet; 3,62% eiwit; 21,2 mg/100g; 106 mg/100g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	23,4
Aandeel vers gras (%)	0
Aandeel graslandproducten (%)	52
Aandeel maïsproducten (%)	5
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	31
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	12

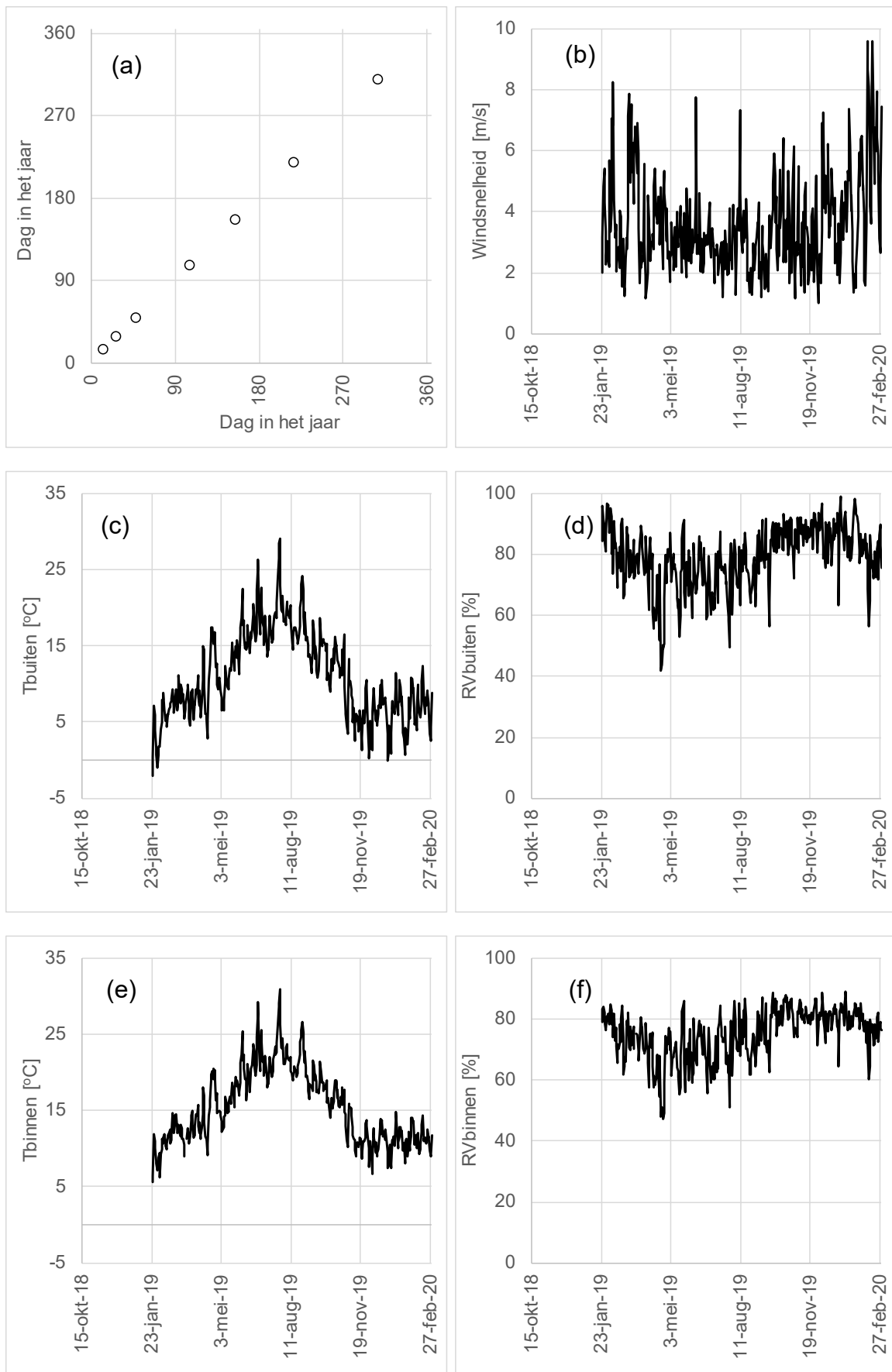
¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.13.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/01/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur WLR13.2a). De gemiddelde buitentemperatuur (T: 11,3 °C; Tabel WLR13.2) en windsnelheid (WS: 3,8 m/s) waren tijdens de referentiemetingen hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 78%; Tabel WLR13.2) vergelijkbaar met de langdurige 10-jaargemiddelden (2009-2018) bij het KNMI-weerstation dichtstbijzijnde (De Bilt; T: 10,6 °C; RV: 80%; WS: 3,4 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 10,9 °C; Tabel WLR13.2) iets hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid waren vergelijkbaar. In Figuur WLR13.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel WLR13.3 en Tabel WLR13.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

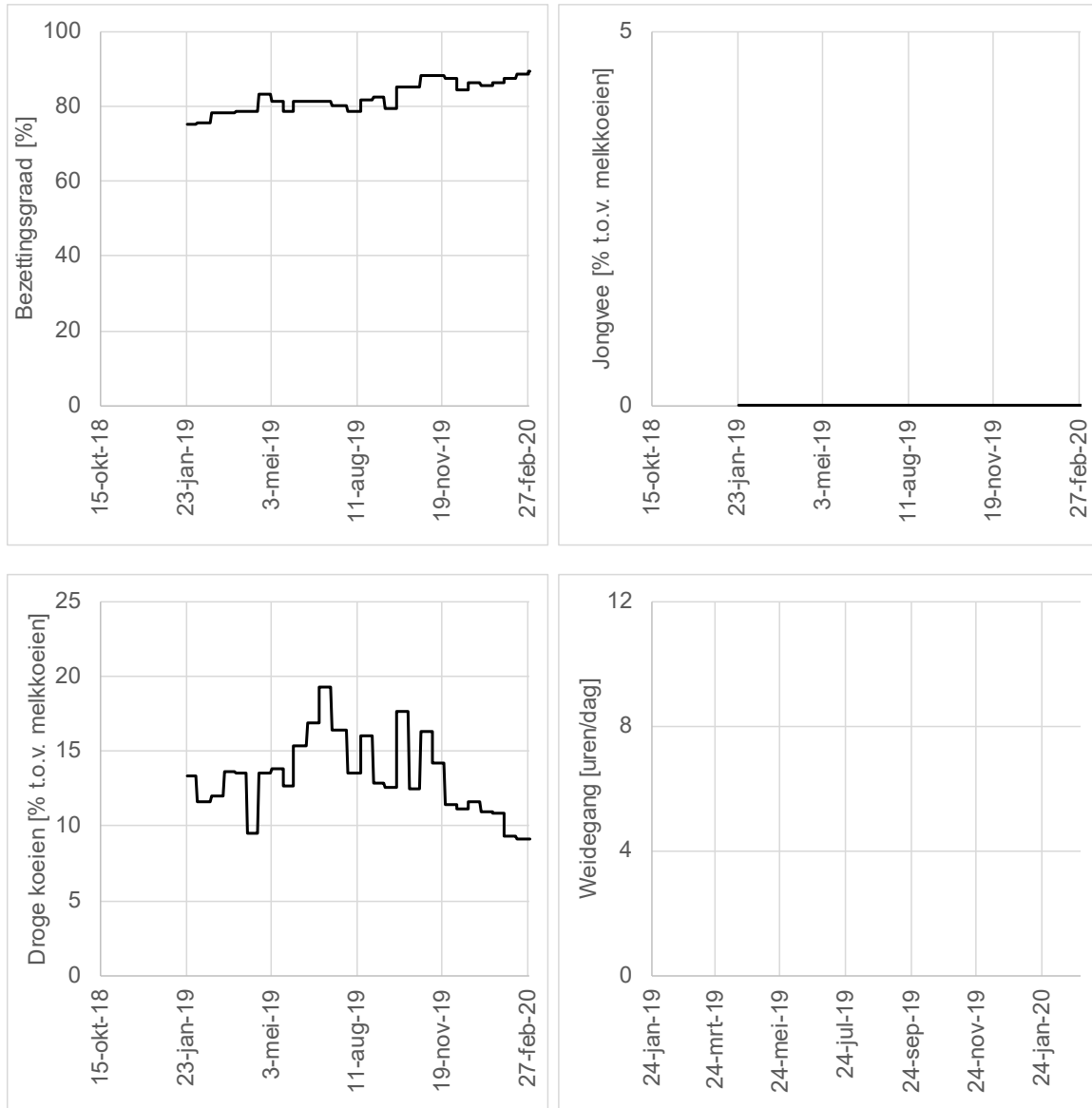
Tabel WLR13.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	82 (75 : 89)	80 (75 : 88)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	13 (9 : 19)	13 (10 : 16)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	31 (28 : 33)	31 (30 : 33)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,5 : 3,7)	3,6 (3,5 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,2 (3,9 : 4,4)	4,1 (3,9 : 4,4)
	Ureumgehalte (mg/100g)	22 (15 : 31)	23 (16 : 31)
Klimaat	T-binnen (°C)	15,3 (5,6 : 30,9)	15,5 (9,2 : 22,0)
	RV-binnen (%)	75 (47 : 89)	74 (61 : 86)
	T-buiten (°C)	10,9 (-2,1 : 29,0)	11,3 (2,8 : 19,1)
	RV-buiten (%)	79 (42 : 99)	78 (64 : 92)
	Windrichting	196 (36 : 338)	196 (103 : 247)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,5 (1,0 : 9,6)	3,8 (2,3 : 6,8)
Resultaten	Aantal meetdagen	400	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	946 (437 : 3222)	898 (501 : 1449)
	CO ₂ stal (ppm)	860 (595 : 1165)	842 (677 : 1038)
	CO ₂ buiten (ppm)	518 (448 : 652)	479 (448 : 518)
	Aantal meetdagen	400	7
	NH ₃ stal (ppm)	2,8 (1,2 : 6,5)	2,7 (1,2 : 4,5)
	NH ₃ buiten (ppm)	---	0,17 (0,08 : 0,28)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	12,2 (5,9 : 30,6)	10,5 (7,8 : 14,0)
	Aantal meetdagen	394	7
	CH ₄ stal (ppm)	37,6 (16,0 : 78,1)	39,1 (22,4 : 54,1)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,2 (3,4 : 5,9)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	149 (77 : 323)	137 (113 : 156)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,36 (0,30 : 0,41)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,32 (0,29 : 0,35)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,46 (0,05 : 0,87)



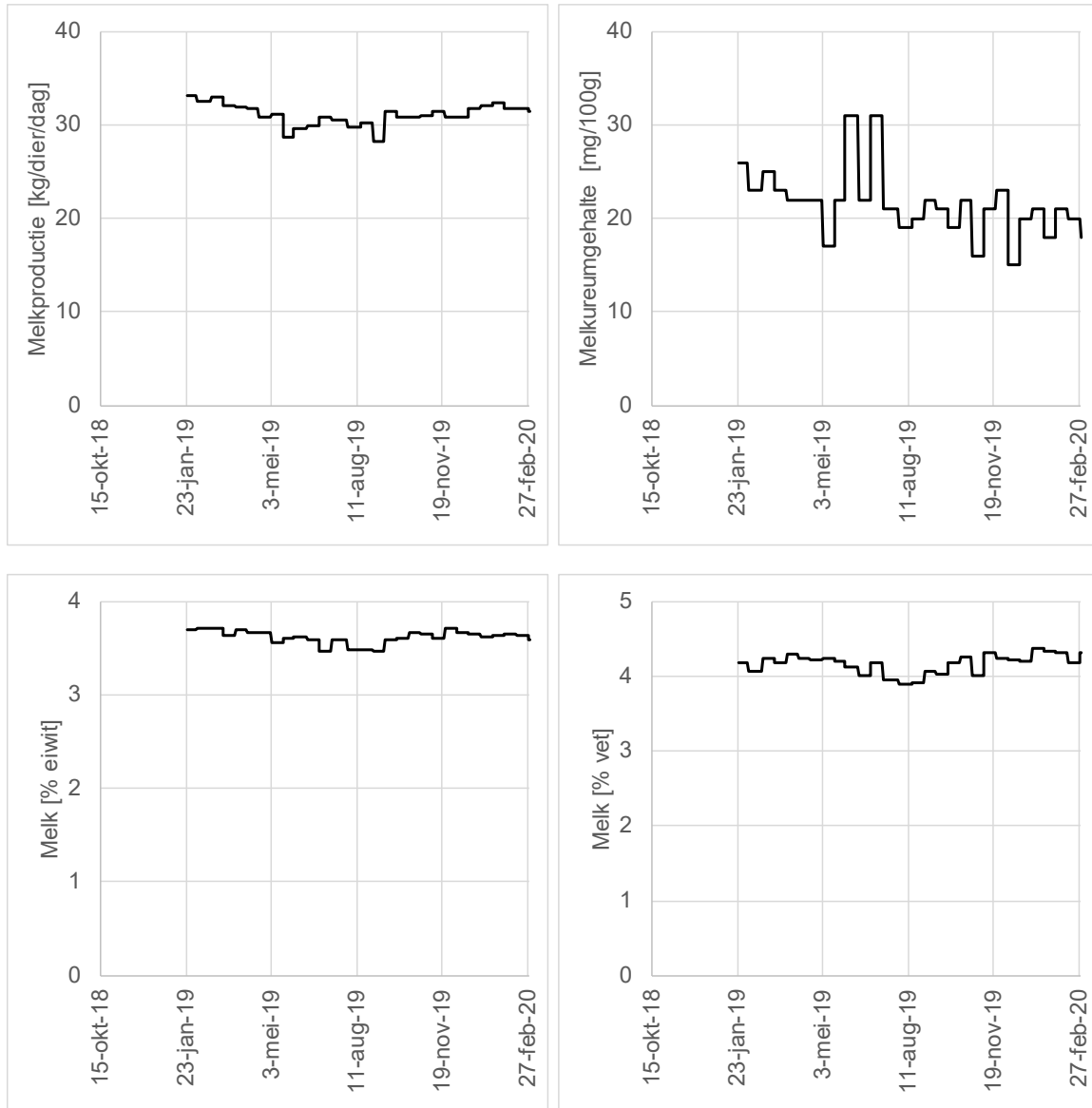
Figuur WLR13.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.

In Figuur WLR13.3 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien, aantal uren weidegang per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 75% en 89% (gemiddeld 82%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 9% en 19% (gemiddeld 13%). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



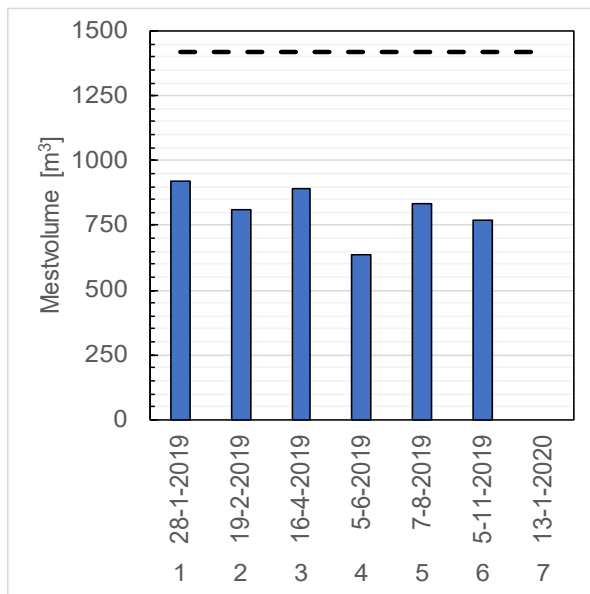
Figuur WLR13.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

In Figuur WLR13.4 worden de bepalingen (op 2-weken basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 28 en 33 kg/dier/dag (gemiddeld 31 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 15 en 31 mg/100g (gemiddeld 22 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,5 en 3,7) en 4,2% vet (tussen 3,9 en 4,4).



Figuur WLR13.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

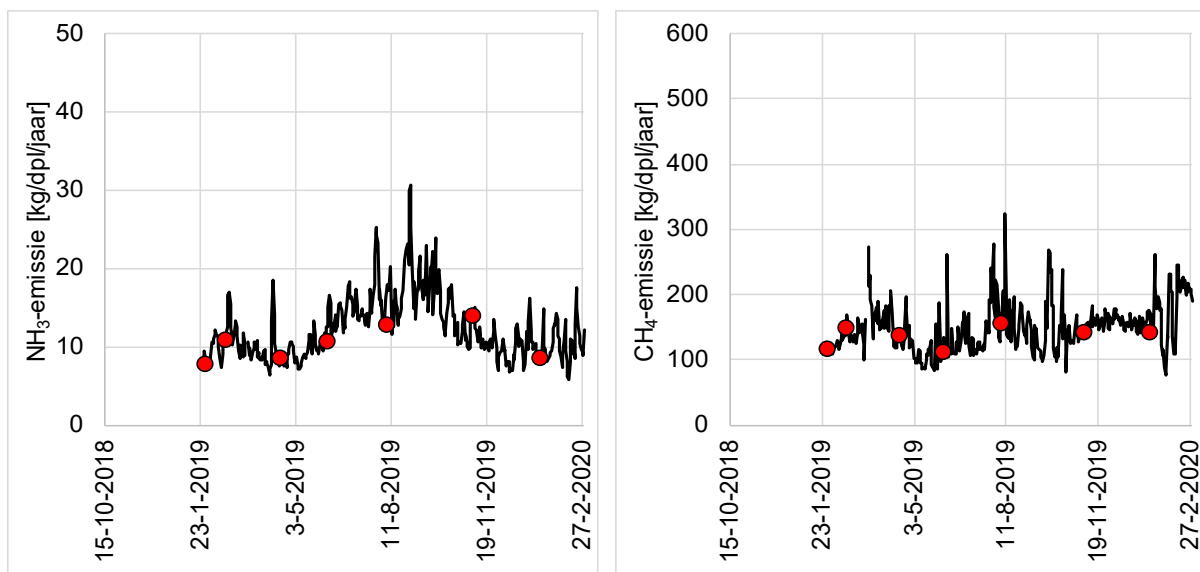
In Figuur WLR13.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven. De mestput is rond eind augustus leeg.



Figuur WLR13.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur WLR13.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $12,2 \pm 4,0$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $10,5 \pm 2,3$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 149 ± 38 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 137 ± 16 kg/jaar per dierplaats.



Figuur WLR13.6 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel WLR13.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	28-1-2019	18-2-2019	16-4-2019	4-6-2019	6-8-2019	4-11-2019	14-1-2020	
Dag in het jaar	28	49	106	155	218	308	14	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	9,2	11,6	15,9	21,4	22,0	15,3	12,8
	RV-binnen (%)	77,6	75,3	61,3	71,1	69,9	85,6	79,7
	T-buiten (°C)	2,8	7,2	12,5	17,4	19,1	9,8	10,1
	RV-buiten (%)	82,7	80,4	64,3	76,9	69,5	92,1	81,1
	Windrichting	246,9	214,8	102,7	187,6	225,0	194,6	202,9
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,8	3,1	3,7	3,0	3,8	2,3	6,8
Managementgegevens	Dierplaatsen	160	160	160	160	160	160	160
	Melkkoeien	120	121	126	130	126	141	137
	waarvan melkgevende koeien	104	107	114	110	109	118	122
	waarvan droge koeien	16	14	12	20	17	23	15
	Jongvee, drachtig	0	0	0	0	0	0	0
	Jongvee, niet drachtig	0	0	0	0	0	0	0
	Weide (aantal uren)	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad	75	76	79	81	79	88	86
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0	0	0	0	0	0	0
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	13	12	10	15	13	16	11
	Melkproductie (kg/dier/dag)	33	33	32	30	30	31	32
	Melk (% eiwit)	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5	3,7	3,6
	Melk (% vet)	4,2	4,1	4,2	4,1	3,9	4,0	4,4
Ureumgehalte (mg/100g)	26	23	22	31	19	16	21	

Tabel WLR13.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	28-1-2019	18-2-2019	16-4-2019	4-6-2019	6-8-2019	4-11-2019	14-1-2020
Dag in het jaar	28	49	106	155	218	308	14
CO ₂ stal (ppm)	1038	836	876	764	736	969	677
CO ₂ buiten (ppm)	---,,	504	518	448	478	463	465
Debiet (m ³ /dier/uur)	501	931	848	887	1097	575	1449
NH ₃ stal (ppm)	3,3	2,5	2,2	2,7	2,6	4,5	1,2
NH ₃ buiten (ppm)	0,08	0,16	0,18	0,28	0,22	0,11	0,14
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	7,8	10,9	8,6	10,7	12,8	14,0	8,5
CH ₄ stal (ppm)	54,1	39,0	39,6	30,5	36,8	51,1	22,4
CH ₄ buiten (ppm)	---,,	4,0	5,2	3,6	5,9	3,5	3,4
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	117,1	150,5	138,7	113,3	155,8	141,6	142,2
N ₂ O stal (ppm)	0,30	0,33	0,41	0,35	0,41	0,41	0,31
N ₂ O buiten (ppm)	---,,	0,32	0,35	0,30	0,35	0,30	0,29
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,06	0,05	0,57	0,55	0,87	0,87	0,22

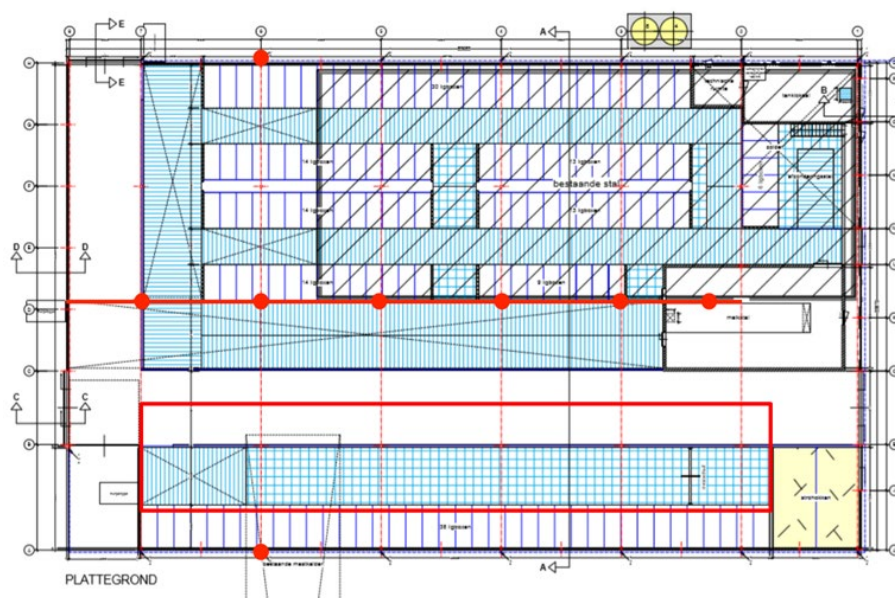
1.14 CLM1

1.14.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (75% HF, 25% Flekvieh) met traditionele betonnen roosters in de loopgangen en de doorsteken. De ligboxen zijn voorzien van rubber en een mengsel van stro, water en kalk. In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 107 ligboxen, 6 separatieboxen en 1 strohok (ca. 42 m²). Het 1-rijig gedeelte is niet ingericht en niet in gebruik (zie Figuur CLM1.1). In de stal (Figuur CLM1.1) wordt melkvee derhalve in een 0+4 rijige ligboxenstal gehuisvest. De dieren worden in een in pandige melkstal (2x12 zij aan zij) gemolken, zonder specifieke wachtruimte. De dieren wachten op de brede loopgang aan het voerhek om te worden gemolken. Op dit bedrijf wordt weidegang toegepast (155 dagen – tussen april en oktober –; 8,5 uren per dag). Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bestaan uit traditionele betonnen roosters. De loopgangen worden door middel van een mestrobot geschoven. De mestkelder is 1,40 m diep en bevindt zich met name onder loopgangen, maar ook deels onder de ligboxen. De totale mestopslagcapaciteit van de stal is ca. 870 m³. Op dit bedrijf wordt beperkt gemixt (vlak voor het mestuitrijden). Voor het dagelijks gebruik is 5,0 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. De luchtinlaat kan worden geregeld met ventilatiedoek. Dit is aan beide kanten van de stal (1 zijde volledige lengte, 1 zijde tot aan technische ruimte en tanklokaal) over nagenoeg de hele hoogte van de zijgevels (ca. 3,5 m hoog) en in de achtergevel is ventilatiedoek aanwezig over een hoogte van ca. 2,75m. Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak respectievelijk 190 en 150 m² voor de beide zijkanten en 90 m² voor de achtergevel. In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via grote drinkbakken. Het voer wordt overdag op regelmatige tijden verstrekt. In Tabel CLM1.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur CLM1.1 Stalindeling en positie meetapparatuur. De ligboxen in het rode omrande stalgedeelte (1-rijig) wordt niet gebruikt. Daar zijn ook geen ligboxen aanwezig, maar dit deel dient als berging/stro-opslag.

Tabel CLM1.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	55,055 m lang en 33,87 m breed
Goot- en nokhoogte (m)	Ca. 3,20 m goothoogte en 10,496 m nokhoogte
Oriëntatie van de stal	ONO – WZW
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	107
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	2,75
Loopoppervlak (m ² per dier)	5,00
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Traditionele roostervloer
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	6
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	ca. 42 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	n.v.t.
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Alleen onder de loopgangen (zie tekening); 1,70 m diep
Mestverwijdering en frequentie	Middels een mestrobot; schuiffrequentie 1x per 2,5 uur. Drijfmest middels pomptankwagen tijdens uitrijseizoen uit stal afgevoerd
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Stuurbare ventilatiegordijnen aan de zijkanten (4 meter hoog) en de achtergevel (2,75 meter hoog)
Voersysteem en voertijden	Voeren met voerdoseerwagen: 's middags voor het melken rond 18 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	Voorraadbakken die de hele dag volstaan
Lichtregime	Donker van 22.00 tot 6.00 uur
² Weidegang	8,5 uur per dag gedurende 155 dagen (april – oktober)
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	23,0 kg/dier/dag; 4,69%; 3,63%; 18 mg/100 g; 101 mg/100 g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	20,0
Aandeel vers gras (%)	11,9
Aandeel graslandproducten (%)	41,5
Aandeel maïsproducten (%)	17,5
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	3,7
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	25,4

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.14.2 Resultaten

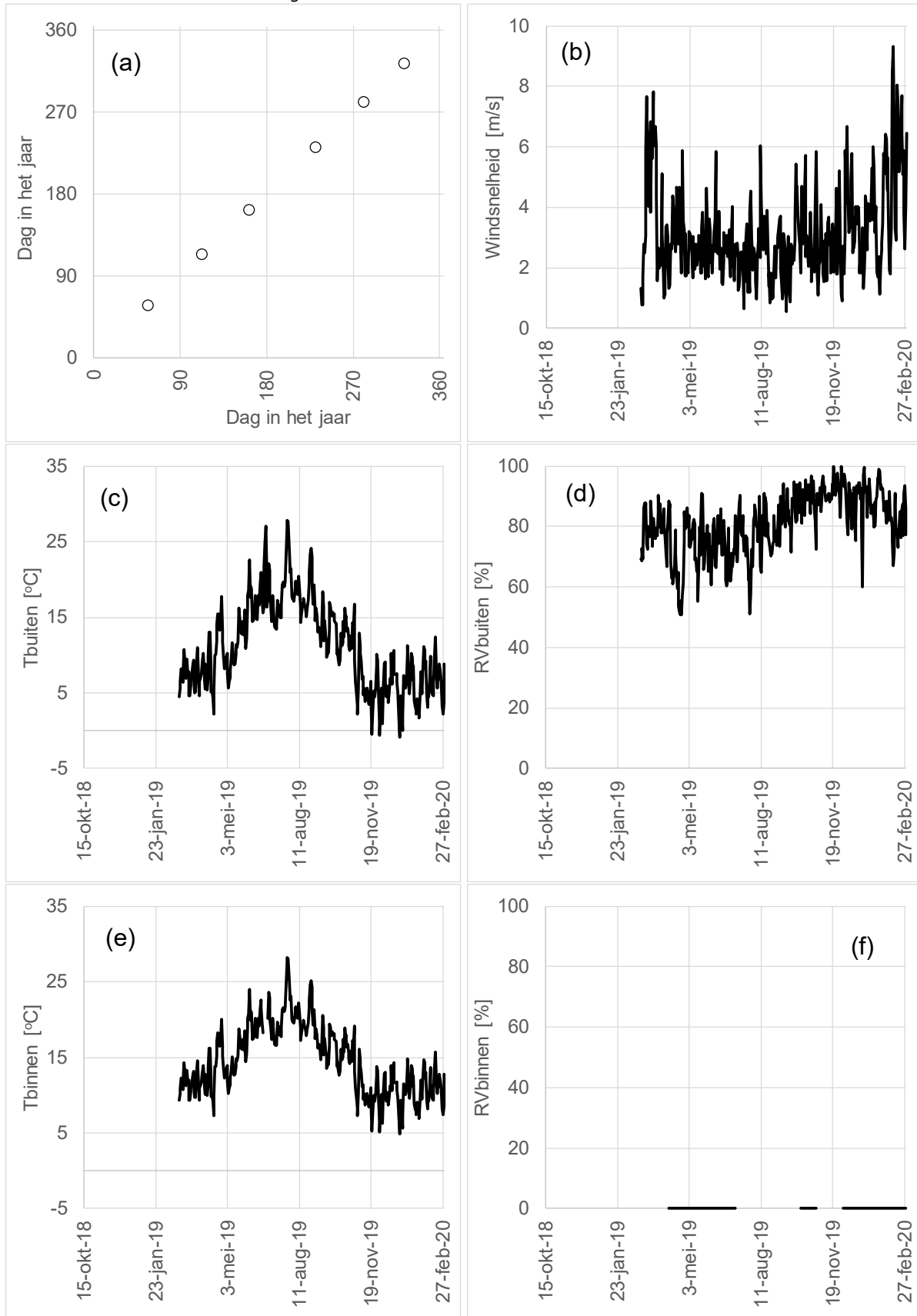
De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 25/02/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur CLM1.2a). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 10,8 °C; Tabel CLM1.2) was hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 81%; Tabel CLM1.2) en windsnelheid (WS: 2,6 m/s) lager dan de langdurige langjarige gemiddelden (1981-2010) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Hupsel; T: 9,7 °C; RV: 82%; WS: 3,5 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 11,1 °C; Tabel CLM1.2) hoger, de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar, en de windsnelheid lager dan de langjarige gemiddelden. In Figuur CLM1.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel CLM1.3 en Tabel CLM1.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

Tabel CLM1.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	95 (92 : 100)	95 (92 : 99)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 2)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	10 (3 : 19)	10 (4 : 15)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	26 (15 : 29)	26 (24 : 27)
	Melk (% eiwit)	3,6 (3,3 : 3,8)	3,6 (3,6 : 3,7)
	Melk (% vet)	4,7 (4,2 : 5,1)	4,7 (4,4 : 5,0)
	Ureumgehalte (mg/100g)	17 (5 : 32)	16 (13 : 19)
Klimaat	T-binnen (°C)	14,6 (4,9 : 28,2)	14,4 (6,0 : 19,3)
	RV-binnen (%)	---	---
	T-buiten (°C)	11,1 (-0,9 : 27,8)	10,8 (0,5 : 16,8)
	RV-buiten (%)	81 (51 : 100)	81 (60 : 96)
	Windrichting	196 (45 : 335)	166 (115 : 221)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,1 (0,5 : 9,3)	2,6 (1,0 : 4,3)
Resultaten	Aantal meetdagen	160	6
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1599 (522 : 4299)	2385 (849 : 3622)
	CO ₂ stal (ppm)	651 (439 : 982)	645 (506 : 895)
	CO ₂ buiten (ppm)	482 (392 : 672)	517 (464 : 585)
	Aantal meetdagen	133	6
	NH ₃ stal (ppm)	1,4 (0,5 : 3,5)	1,6 (0,8 : 3,1)
	NH ₃ buiten (ppm)	0,25 (0,05 : 0,58)	0,28 (0,11 : 0,41)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	9,2 (4,9 : 17,0)	15,7 (11,5 : 21,1)
	Aantal meetdagen	---	6
	CH ₄ stal (ppm)	---	15,7 (3,8 : 35,2)
	CH ₄ buiten (ppm)	---	4,4 (2,4 : 8,1)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	---	128 (94 : 161)
	Aantal meetdagen	---	6
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,43 (0,32 : 0,59)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,42 (0,30 : 0,58)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,56 (0,14 : 1,32)

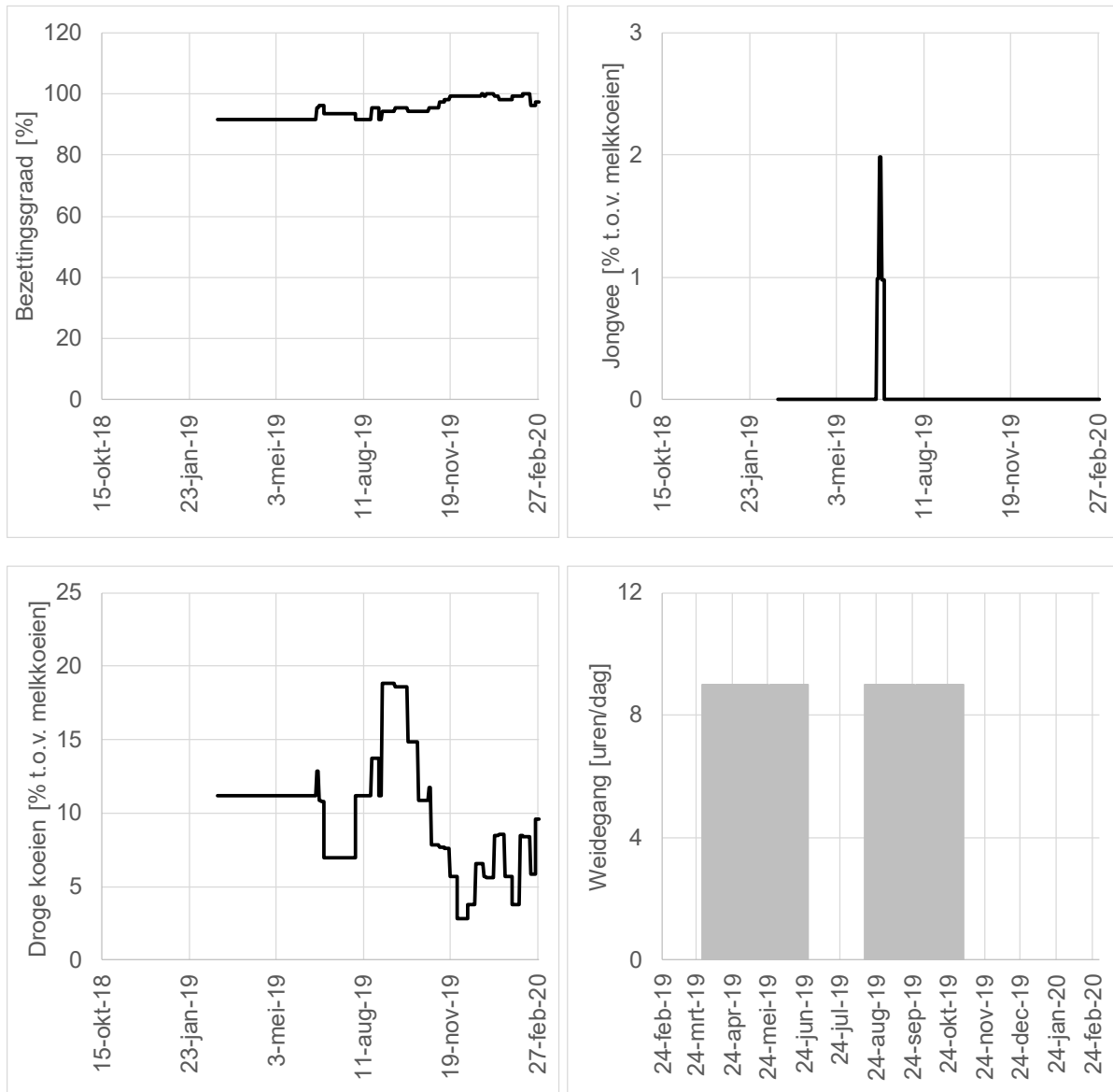
¹⁾ Er zijn zeven referentiemetingen uitgevoerd. De data uit de laatste referentiemeting is niet betrouwbaar en wordt in de analyse niet meegenomen.

2) Continue methaandata wordt nog verwerkt



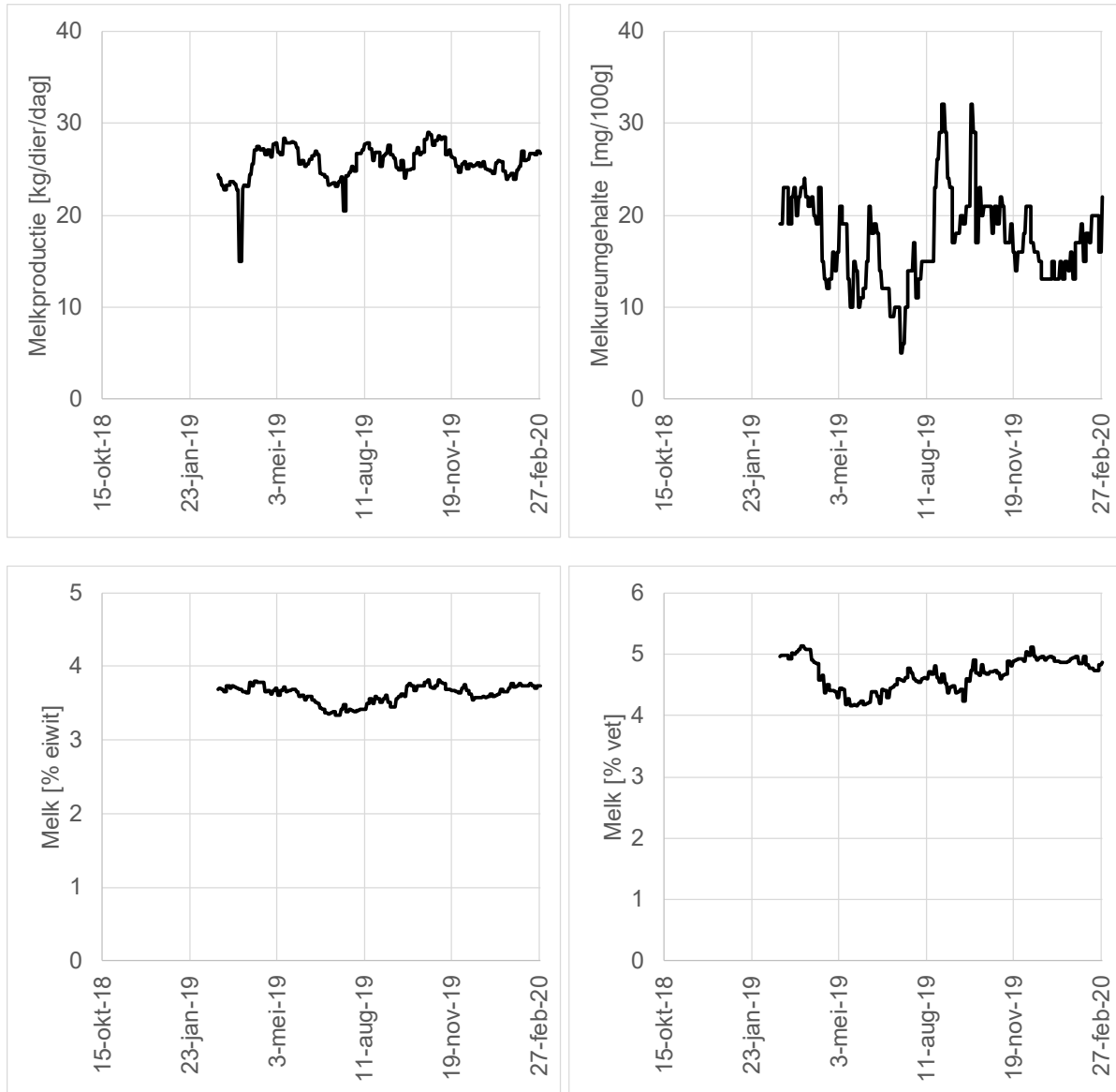
Figuur CLM1.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid. RV-binnen is niet gemeten, Tbinnen is geschat op basis van Tbuiten.

In Figuur CLM1.3 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 92% en 100% (gemiddeld 95%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 2% (gemiddeld 0%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 3% en 19% (gemiddeld 10%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



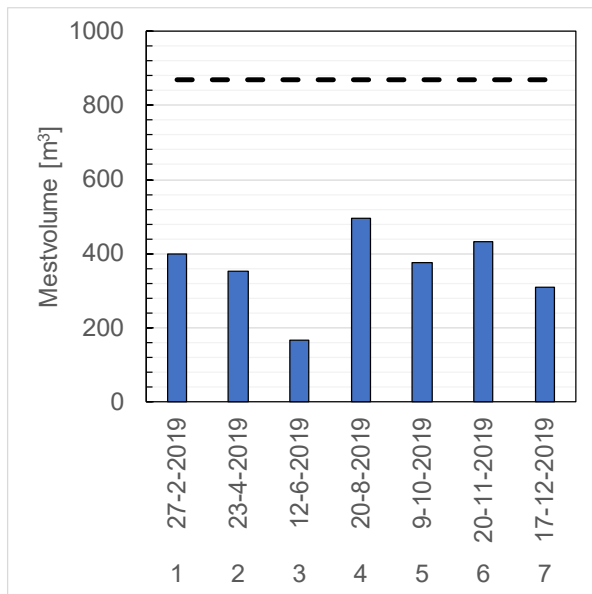
Figuur CLM1.3 Managementparameters (2-weken tot maandbasis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) Aantal uren weidegang.

In Figuur CLM1.4 worden de bepalingen (op 2-weken tot maanbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 15 en 29 kg/dier/dag (gemiddeld 26 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 5 en 32 mg/100g (gemiddeld 17 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,6% eiwit (tussen 3,3 en 3,8) en 4,7% vet (tussen 4,2 en 5,1).



Figuur CLM1.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

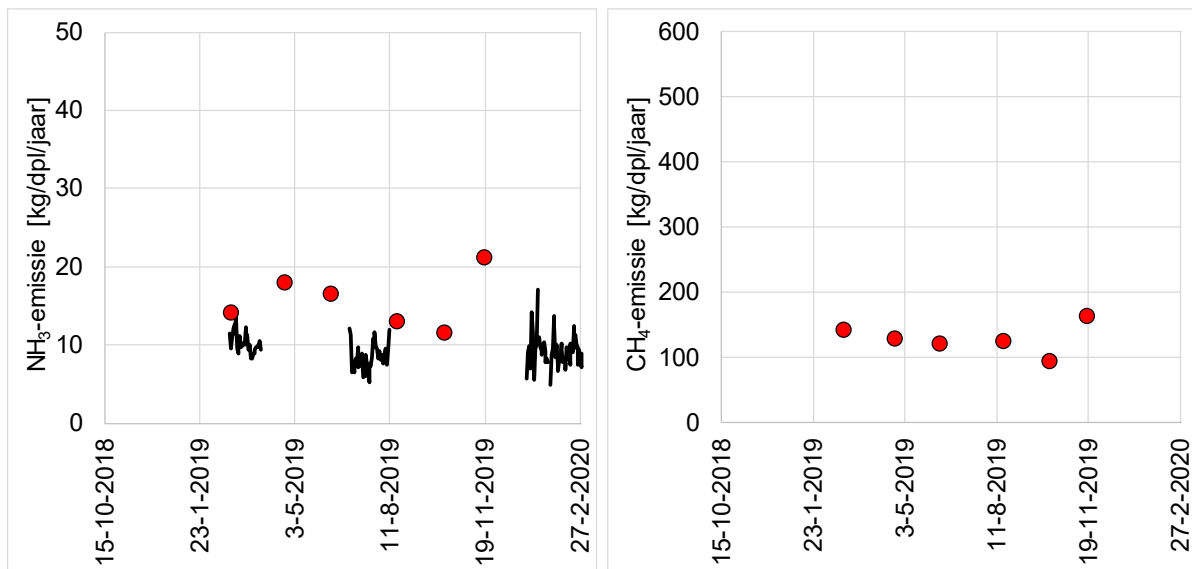
In Figuur CLM1.5 wordt de mestvolume tijdens de referentiemetingen grafisch weergegeven.



Figuur CLM1.5 Mestvolume (m^3 mest in de mestkelder) tijdens de referentiemetingen. De stippellijn geeft de maximale capaciteit van de mestkelder aan.

In Figuur CLM1.6 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $9,2 \pm 2,0$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $15,7 \pm 3,5$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 128 ± 23 kg/jaar per dierplaats. De continue meetgegevens worden nog verwerkt.



Figuur CLM1.6. a) NH_3 -emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH_4 -emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven. De continue methaanemissies worden nog verwerkt.

Tabel CLM1.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	26-2-2019	23-4-2019	11-6-2019	19-8-2019	8-10-2019	19-11-2019	16-12-2019	
Dag in het jaar	57	113	162	231	281	323	350	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	11,1	19,3	18,3	18,7	15,6	6,0	11,8
	RV-binnen (%)	---	---	---	---	---	---	---
	T-buiten (°C)	6,8	16,8	15,6	16,1	12,3	0,5	7,7
	RV-buiten (%)	74,3	59,7	77,5	76,9	89,1	96,0	93,1
	Windrichting	118,2	115,0	175,0	217,1	220,8	162,8	149,6
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	1,0	4,3	2,2	3,4	3,9	1,5	2,2
	Managementgegevens	Dierplaatsen	107	107	107	107	107	107
Melkkoeien		98	98	98	102	101	106	106
waarvan melkgevende koeien		87	87	87	88	86	100	102
waarvan droge koeien		11	11	11	14	15	6	4
Jongvee, drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	9	9	9	9	0	0
Bezettingsgraad		92	92	92	95	94	99	99
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		11	11	11	14	15	6	4
Melkproductie (kg/dier/dag)		24	27	26	27	27	26	25
Melk (% eiwit)		3,7	3,7	3,6	3,6	3,7	3,7	3,6
Melk (% vet)		5,0	4,4	4,4	4,7	4,7	4,9	4,9
Ureumgehalte (mg/100g)		19	13	18	15	17	16	16

Tabel CLM1.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	26-2-2019	23-4-2019	11-6-2019	19-8-2019	8-10-2019	19-11-2019	16-12-2019
Dag in het jaar	57	113	162	231	281	323	350
CO ₂ stal (ppm)	895	556	598	571	637	754	--- ¹⁾
CO ₂ buiten (ppm)	585	471	464	491	564	558	--- ¹⁾
Debiet (m ³ /dier/uur)	849	3121	1959	3314	3622	1442	--- ¹⁾
NH ₃ stal (ppm)	3,1	1,1	1,7	1,0	0,9	2,6	--- ¹⁾
NH ₃ buiten (ppm)	0,29	0,11	0,28	0,36	0,41	0,38	--- ¹⁾
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	14,1	17,9	16,5	12,9	11,5	21,1	--- ¹⁾
CH ₄ stal (ppm)	35,2	9,9	14,1	10,8	9,5	26,4	--- ¹⁾
CH ₄ buiten (ppm)	5,4	2,4	2,8	4,2	4,9	8,1	--- ¹⁾
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	141,1	126,8	120,4	122,9	93,7	161,5	--- ¹⁾
N ₂ O stal (ppm)	0,32	0,33	0,37	0,41	0,57	0,44	--- ¹⁾
N ₂ O buiten (ppm)	0,30	0,32	0,35	0,39	0,56	0,44	--- ¹⁾
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,31	0,59	0,63	1,32	0,38	0,14	--- ¹⁾

¹⁾ Data niet betrouwbaar

1.15 CLM2

1.15.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

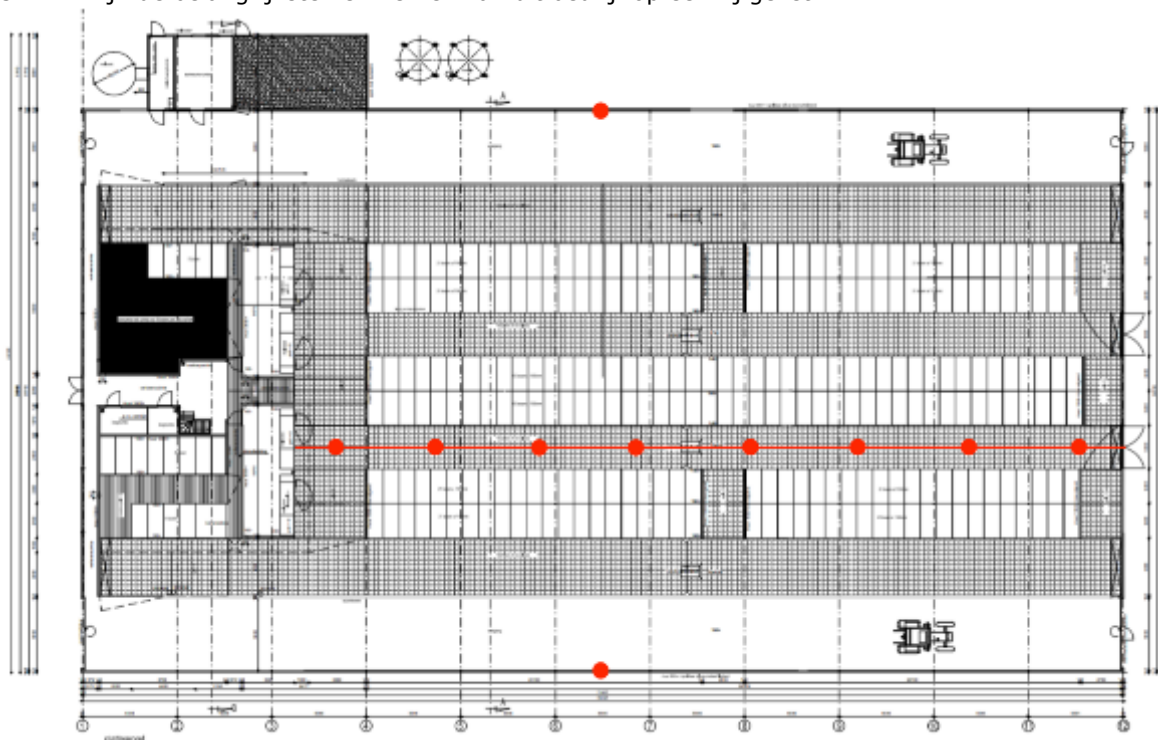
De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF) met de zogenaamde W2-vloer van HCI-Beton als emissie-reducerend vloersysteem. De ligboxen zijn voorzien van rubber matten die tweemaal daags handmatig werden gereinigd en ingestrooid met zaagsel. In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 252 ligboxen, 17 separatieboxen en 1 strohok (9,0 * 8,7 m). In de stal (Figuur CLM2.1) wordt melkvee in een 0+6+0 rijige ligboxenstal gehuisvest. De dieren worden met 4 melkrobots gemolken, in twee groepen (stalhelften) met resp. oud- en nieuwmelkte koeien. Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen, waarbij geen koeverkeer mogelijk is tussen beide stalhelften (productiegroepen). De loopruimtes bestaan uit de W2-vloer. Deze vloer kan worden gekarakteriseerd als dichte betonnen platen van 1,20 m lengte, met een hellend profiel en tussen elke paar platen een 4 cm brede mestafstort. De loopgangen aan het voerhek worden door middel van een (-touw)schuif wordt de vloer geschoven. De overige loopgangen worden gereinigd met een mestrobot. De mestkelder is 2,00 m diep en bevindt zich onder de gehele stal met uitzondering van de voergangen. De totale mestcapaciteit van de stal is ca. 4.000 m³. Op dit bedrijf wordt beperkt gemixt (vlak voor het mestuitrijden). Voor het dagelijks gebruik is 4,16 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. Aan beide kanten van de stal is ventilatiedoek aanwezig over nagenoeg de hele hoogte van de zijgevels (ca. 3,70 m), waarmee de opening van de luchtinlaat kan worden geregeld. Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak 200 - 250 m² per kant. In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. In de westelijke zijgevel zijn ventilatoren geplaatst (zie Foto 1) die worden ingeschakeld in de zomermaanden (bij meer dan 18 °C). De dak van de stal is volledig geïsoleerd.



Foto 1 *Blik in de melkveestal, gezien vanuit de bezoekersruimte.*

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via grote drinkbakken. Het voer wordt 's ochtends om ca. 09.00 uur verstrekt. In Tabel CLM2.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur CLM2.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur.

Tabel CLM2.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	71,8 * 38,7
Goot- en nokhoogte (m)	4,2 en 12,0
Oriëntatie van de stal	NZ
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	252 ligboxen (exclusief 17 ligboxen in de separatie-ruimte) en 1 strohok (9,0 * 8,7 m).
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	6,23
Ligboxen (m ² per dier)	2,40 * 1,125 = 2,07
Loopoppervlak (m ² per dier)	4,16
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	W2-vloer HCI (BWL2010.33); vlakke betonnen platen met hellend profiel en regelmatige mestafstort (4 cm breed)
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Geprofileerd beton
Separatieruimtes ¹	2 (incl. 1 strohok)
Aantal ligboxen	14
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	78 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	n.v.t.

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

Tabel CLM2.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal (vervolg).

Kenmerken	Waarde
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Gemiddeld 2,6 m; Capaciteit ± 5.350 m ³
Mestverwijdering en frequentie	Getrokken vaste schuif over de looppgangen aan het voerhek (incl. de loogang van de separatieruimte) Mestrobot voor de beide looppgangen tussen de ligboxen. Frequentie: - Vaste schuif: 12 keer per dag Mestrobot: 8 routes per dag Mest wordt als volgt uit de kelders gehaald: Op/rond 16 feb; 10 mei en 15 juni (dan is kelder leeg), in 3 keer, naar grasland 10 april naar maisland Verder op afroep (afzet) vanaf 15 maart t/m 15 mei; dit gaat om relatief beperkte hoeveelheden
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Handmatig regelbare ventilatiegordijnen Ventilatoren in de W-gevel; zie foto 1
Voersysteem en voertijden	Summer feeding + brok in robot 7.30 – 9.00 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	Waterbakken in alle doorsteken Vers drinkwater is <i>at lib</i> beschikbaar
Lichtregime	6 uur licht; 8 uur donker (vanaf 04.30 uur)
² Weidegang	Permanent opstallen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	29,5 kg/dier/dag 4,24%, 3,53%, 18 mg/100 g, 99 mg/100 g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	22,9
Aandeel vers gras (%)	0
Aandeel graslandproducten (%)	35,1
Aandeel maisproducten (%)	15,3
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	14,1
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	35,5

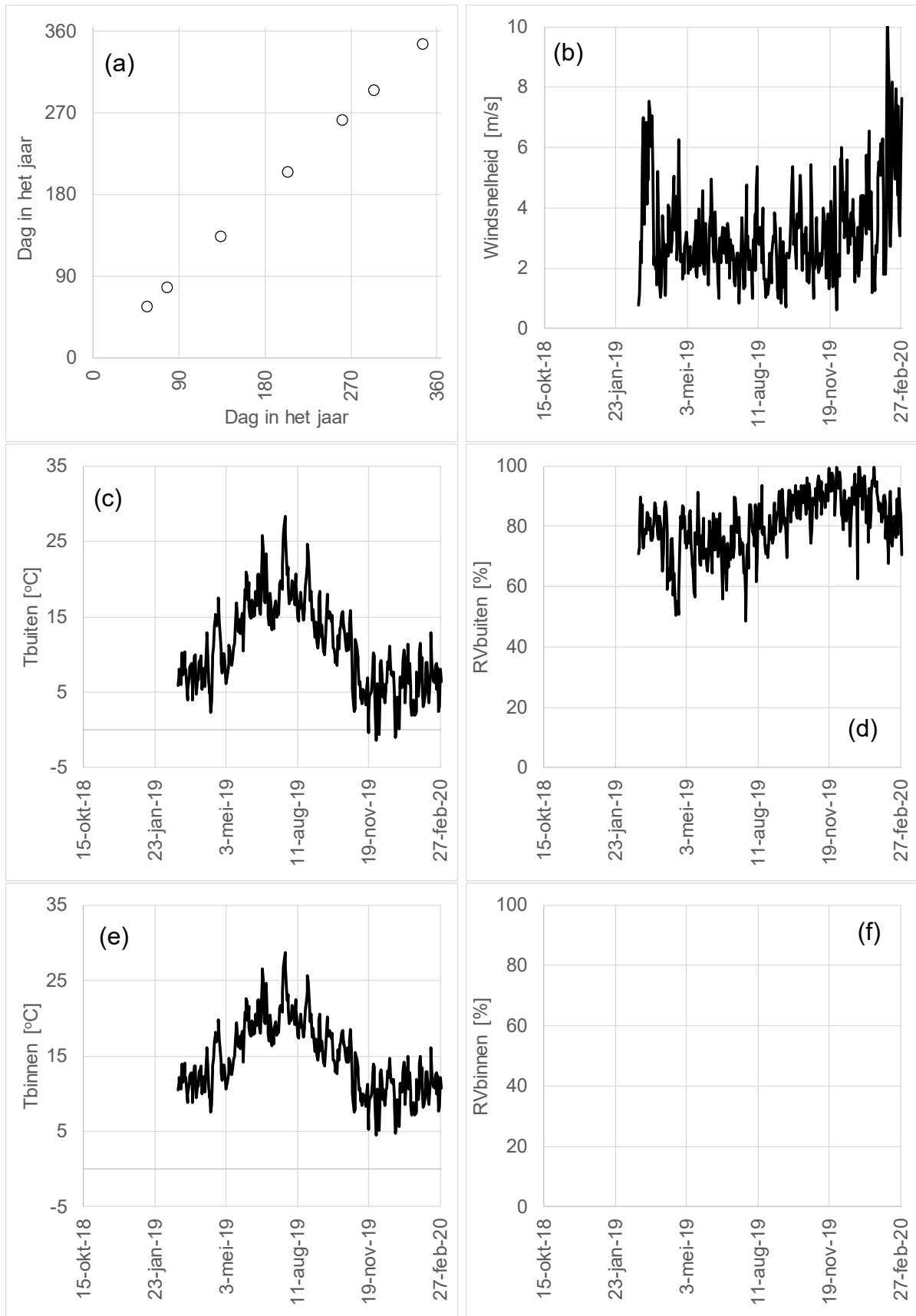
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.15.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 25/02/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur CLM2.2a). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 9,9 °C; Tabel CLM2.2) en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 81%; Tabel CLM2.2) waren hoger dan, en windsnelheid (WS: 2,5 m/s) lager dan de langjarige gemiddelden (1981-2010) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Heino/Hupsel; T: 9,7 °C; RV: 82%; WS: 3,5 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 11,1 °C Tabel CLM2.2) hoger, de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid (RV 81%; WS: 3,2 m/s) lager dan het langjarige gemiddelde. In Figuur CLM2.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel CLM2.3 en Tabel CLM2.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

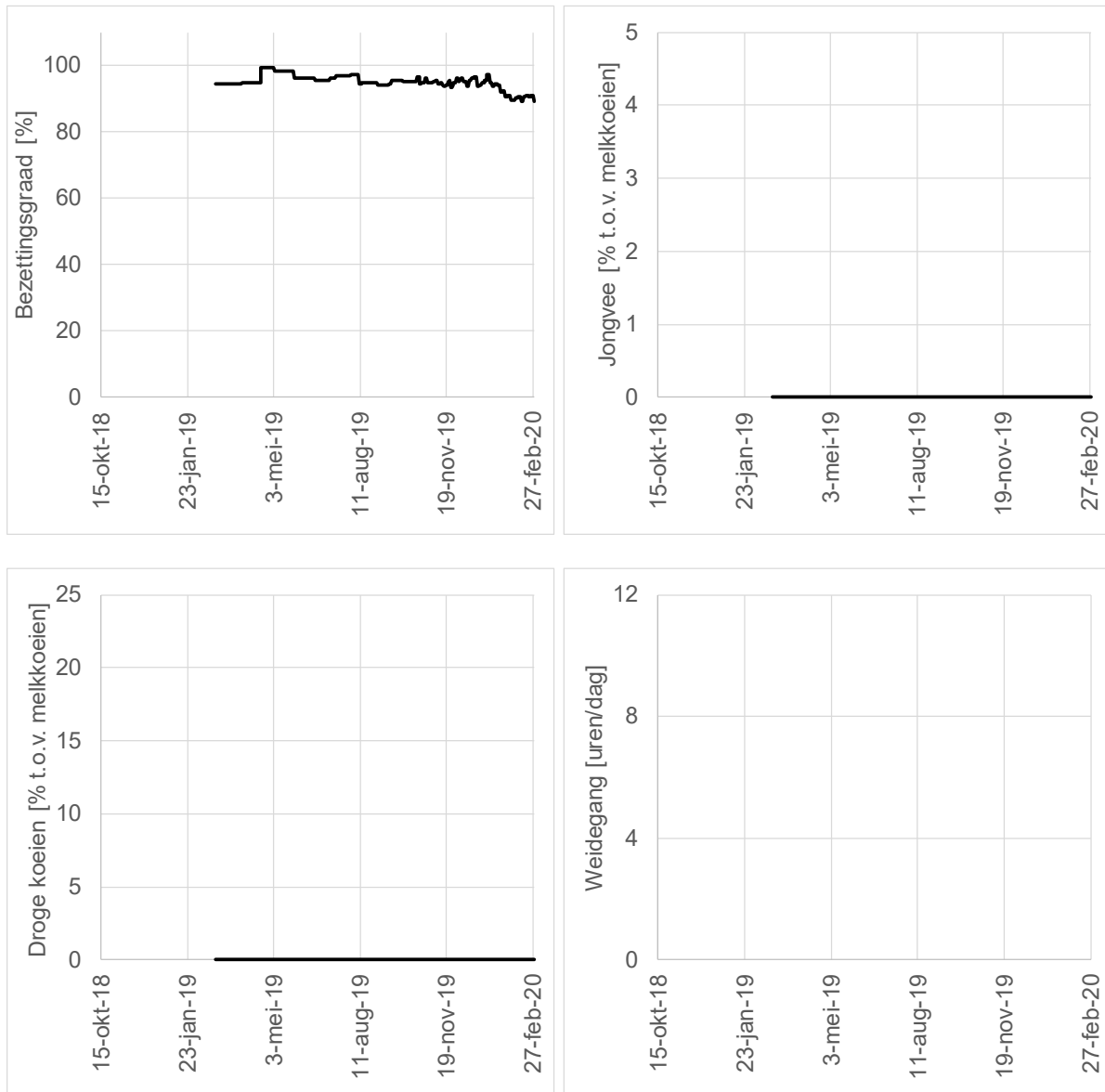
Tabel CLM2.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	95 (89 : 99)	89 (85 : 92)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	33 (29 : 35)	32 (30 : 35)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,4 : 3,6)	3,5 (3,4 : 3,5)
	Melk (% vet)	4,4 (4,2 : 4,5)	4,3 (4,3 : 4,5)
	Ureumgehalte (mg/100g)	19 (14 : 25)	18 (16 : 20)
Klimaat	T-binnen (°C)	14,6 (4,5 : 28,7)	13,7 (8,5 : 25,6)
	RV-binnen (%)	---	---
	T-buiten (°C)	11,1 (-1,3 : 28,3)	9,9 (3,6 : 24,6)
	RV-buiten (%)	81 (49 : 100)	81 (66 : 95)
	Windrichting	196 (37 : 335)	199 (102 : 279)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,2 (0,6 : 10,5)	2,5 (1,5 : 4,2)
Resultaten	Aantal meetdagen	314	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1204 (309 : 5218)	1470 (693 : 4150)
	CO ₂ stal (ppm)	755 (453 : 1441)	826 (678 : 1028)
	CO ₂ buiten (ppm)	441 (390 : 572)	542 (462 : 760)
	Aantal meetdagen	277	7
	NH ₃ stal (ppm)	1,8 (0,6 : 4,6)	1,8 (1,4 : 2,6)
	NH ₃ buiten (ppm)	0,44 (0,02 : 1,25)	0,38 (0,07 : 1,01)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	8,5 (3,9 : 27,1)	9,9 (6,7 : 14,9)
	Aantal meetdagen	311	7
	CH ₄ stal (ppm)	41,2 (7,3 : 159,1)	48,7 (26,9 : 63,5)
	CH ₄ buiten (ppm)	4,2 (1,4 : 17,6)	12,6 (3,6 : 40,8)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	203 (88 : 646)	203 (135 : 305)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,41 (0,34 : 0,52)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,40 (0,33 : 0,51)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,30 (0,11 : 0,56)



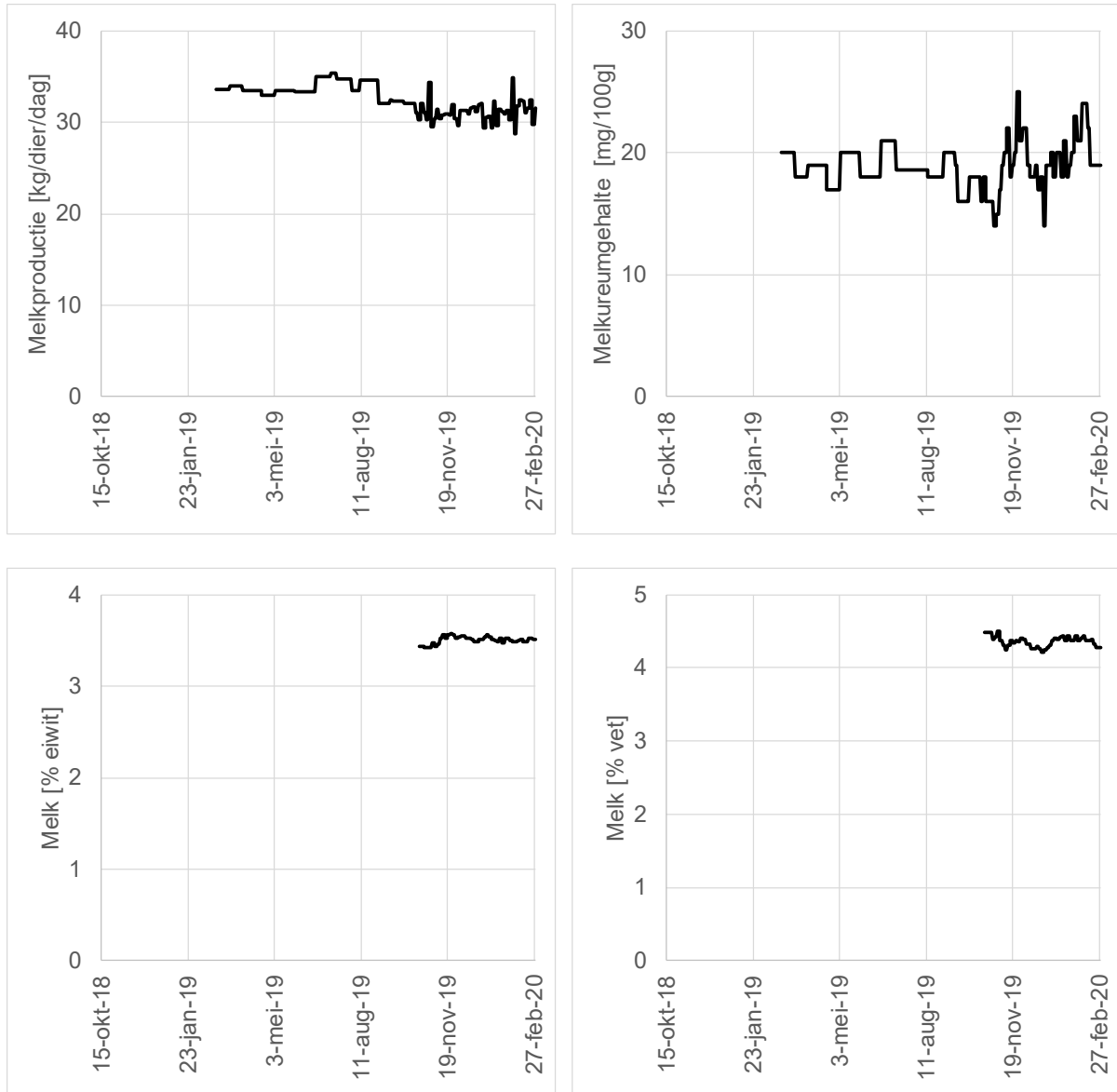
Figuur CLM2.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid. RV-binnen is niet gemeten, Tbinnen is geschat op basis van Tbuiten.

In Figuur CLM2.3 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 89% en 99% (gemiddeld 95%), Er bevond zich geen jongvee in de stal, ook stonden er geen droge koeien in de stal. Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



Figuur CLM2.3 Managementparameters (2-weken tot maandbasis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) Aantal uren weidegang.

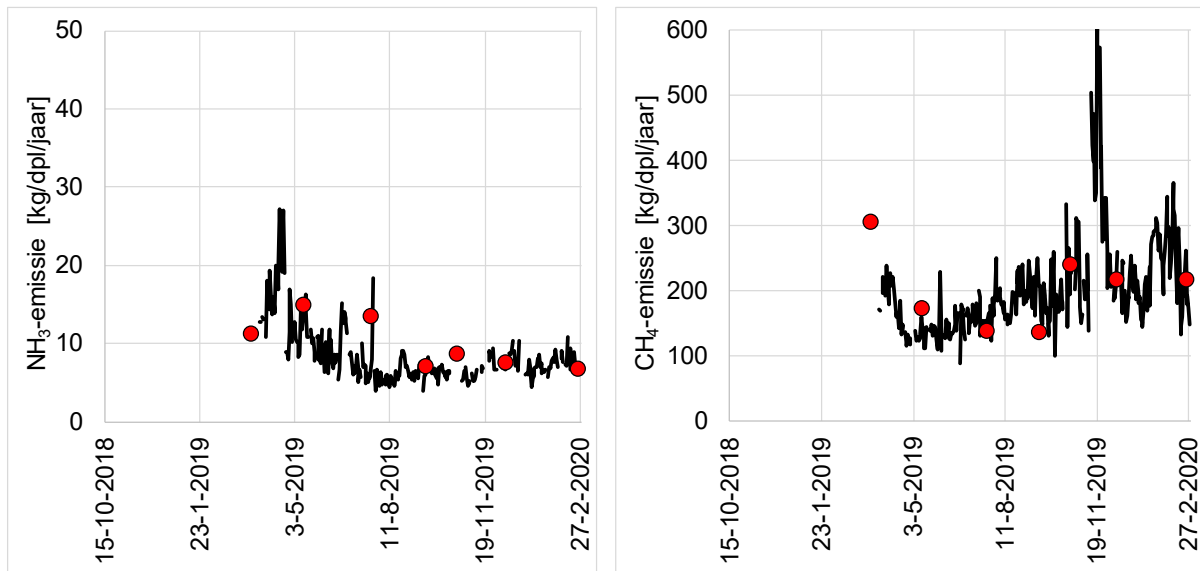
In Figuur CLM2.4 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 29 en 35 kg/dier/dag (gemiddeld 33 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 14 en 25 mg/100g (gemiddeld 19 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,4 en 3,6) en 4,4% vet (tussen 4,2 en 4,5).



Figuur CLM2.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

In Figuur CLM2.5 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $8,5 \pm 3,8$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $9,9 \pm 3,3$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 203 ± 76 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 203 ± 60 kg/jaar per dierplaats.



Figuur CLM2.5 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel CLM2.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	18-3-2019	13-5-2019	23-7-2019	18-9-2019	21-10-2019	11-12-2019	25-2-2020	
Dag in het jaar	78	133	204	261	295	345	56	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	8,5	13,3	25,6	13,6	16,0	9,9	8,9
	RV-binnen (%)	---	---	---	---	---	---	---
	T-buiten (°C)	3,6	9,4	24,6	9,8	12,8	5,2	4,0
	RV-buiten (%)	80,8	65,5	67,4	84,3	85,5	94,6	86,5
	Windrichting	248,3	101,9	115,2	278,6	203,8	197,1	247,5
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,8	2,3	1,7	1,5	2,5	2,7	4,2
	Managementgegevens	Dierplaatsen	269	269	269	269	269	269
Melkkoeien		238	248	244	241	239	240	229
waarvan melkgevende koeien		238	248	244	241	239	240	229
waarvan droge koeien		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	0	0	0	0	0	0
Bezettingsgraad		88	92	91	90	89	89	85
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Melkproductie (kg/dier/dag)		34	33	35	32	32	31	30
Melk (% eiwit)		0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	3,5	3,5
Melk (% vet)		0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	4,3	4,3
Ureumgehalte (mg/100g)		18	20	19	16	16	18	19

Tabel CLM2.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	18-3-2019	13-5-2019	23-7-2019	18-9-2019	21-10-2019	11-12-2019	25-2-2020
Dag in het jaar	78	133	204	261	295	345	56
CO ₂ stal (ppm)	759	790	678	1028	734	897	896
CO ₂ buiten (ppm)	512	522	605	760	463	468	462
Debiet (m ³ /dier/uur)	1302	1164	4150	1147	1119	715	693
NH ₃ stal (ppm)	1,6	2,6	1,6	1,8	1,4	1,9	1,8
NH ₃ buiten (ppm)	0,15	0,45	1,01	0,80	0,08	0,07	0,09
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	11,2	14,9	13,4	6,9	8,6	7,4	6,7
CH ₄ stal (ppm)	51,1	33,2	26,9	62,5	44,4	59,0	63,5
CH ₄ buiten (ppm)	8,1	6,8	20,6	40,8	4,3	3,6	3,8
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	304,7	171,2	137,4	134,6	238,6	216,1	216,4
N ₂ O stal (ppm)	0,42	0,36	0,35	0,34	0,44	0,52	0,46
N ₂ O buiten (ppm)	0,40	0,34	0,34	0,33	0,42	0,51	0,44
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,43	0,42	0,56	0,11	0,30	0,14	0,16

Meetresultaten

1.16 CLM3

1.16.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF) met de geprofileerde rubberen dichte vloer van Cowrubber (vlak gelegd) in combinatie met 3 Lely-collectors als emissie-reducerend vloersysteem. De keuze hiervoor is vanwege deelname aan het zgn. Jumpstart-initiatief, waarbij dagontmesting plaatsvindt met het oog op mono-mestvergisting op het bedrijf. De ligboxen zijn voorzien van dikke fractie van gescheiden mest (na 5 dagen buitenopslag na scheiden). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 208 ligboxen en 5 separatieboxen. In de stal (Figuur CLM3.1) wordt melkvee in een 2+1-rijige ligboxenstal gehuisvest. De dieren worden met 3 melkrobots gemolken; 2 ervan staan in het midden van de stal voor de dieren uit het 2-rijige stalgedeelte; de dieren in het 1-rijige stalgedeelte worden gemolken in de 3^e melkrobot, die decentraal staat opgesteld. Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.

Het loopgedeelte van het 2-rijige gedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen; in het 1-rijige stalgedeelte zijn geen doorsteken aanwezig. Er is geen koeverkeer mogelijk tussen beide stalgedeelten. De loopruimtes bestaan uit de zgn. Cow-rubber-vloer. Deze vloer wordt gekarakteriseerd als dichte geprofileerde rubberen matten (geleverd op rollen), met een vlak profiel zonder openingen. De vloer is vlak gelegd. De collectors zuigen de mest en urine regelmatig op en brengen deze naar dumpgaten achterin de stal. Van daaruit wordt de mest regelmatig overgepompt naar de mestvergister. De mestkelder is voorin (lengte ca. 34 m) 1,65 diep, in het midden (lengte ca. 26,5 m) 1,10 m diep en achterin (ca. 36 m) 2,50 m diep en bevindt zich onder de gehele stal, met uitzondering van een deel van de voergang. Achter de stal ligt buiten ook nog een mestopslag van 5 m breed en 2,50 diep. De totale mestopslagcapaciteit van de stal is ca. 3.000 m³. Op dit bedrijf wordt deze capaciteit gebruikt voor de opslag van de dunne fractie na scheiding (en strippen) van het digestaat. Het digestaat loopt vanuit de na-opslag van de vergister terug in de mestkelders. Op dit bedrijf wordt niet gemixt. Voor het dagelijks gebruik is 3,82 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. Aan de westzijde is de bovenzijde van de gevel voorzien van ventilatiekleppen van 0,4 m hoog; aan de oostzijde is een ventilatie-opening aanwezig van ca. 1,25 m hoogte die is voorzien van ventilatiegordijn. Daarmee is het totale regelbare ventilatieoppervlak ca. 150 m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een oversteek-nok geplaatst met een ventilatiespleet van minimaal 33 en maximaal 45 cm. De dak van de stal is geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via grote drinkbakken. Het voer wordt overdag op regelmatige tijden verstrekt. In Tabel CLM3.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.

Tabel CLM3.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	97 * 21
Goot- en nokhoogte (m)	2,50 en 6,28
Oriëntatie van de stal	Nagenoeg NZ
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	208
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	6,35
Ligboxen (m ² per dier)	1.10 breed x2,30 diep = 2,53
Loopoppervlak (m ² per dier)	3,82
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Cow-rubber geprofileerde rubber matten die vlak liggen
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Rubber geprofileerd
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	n.v.t.
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	44
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	n.v.t.
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Stal geheel onderkelderd. geen verbinding met bovenzijde vloer. Diepte: 1,65 – 2,50
Mestverwijdering en frequentie	Mest wordt continu van het vloeroppervlak verwijderd door 3 Lely Collectors. Deze storten de mest af in een gasdichte put 30 m ³
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Westzijde: traditionele ventilatiekleppen 40 cm open, met windbegeleiding Oostzijde geheel open van 1,10 -2,50 m
Voersysteem en voertijden	Voermengwagen TMR, voeren om 07.00 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	6 Waterbakken; Bij iedere robotgroep 2 (voor en achter). Daarnaast 6 sneldrinkers bij iedere andere groep. Water is continu beschikbaar
Lichtregime	Tussen 05.00 - 23.00 (daglichtintensiteit)

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

Tabel CLM3.1 (vervolg) Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
² Weidegang	Permanent opstallen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte in mg/100g; fosforgehalte in mg/100g)	29,4 kg/dier/dag, 4,27%, 3,50%, 24 mg/100 g, 97 mg/100 g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	21,6
Aandeel vers gras (%)	0,4
Aandeel graslandproducten (%)	30,7
Aandeel maisproducten (%)	25,9
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	15,9
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	27,1

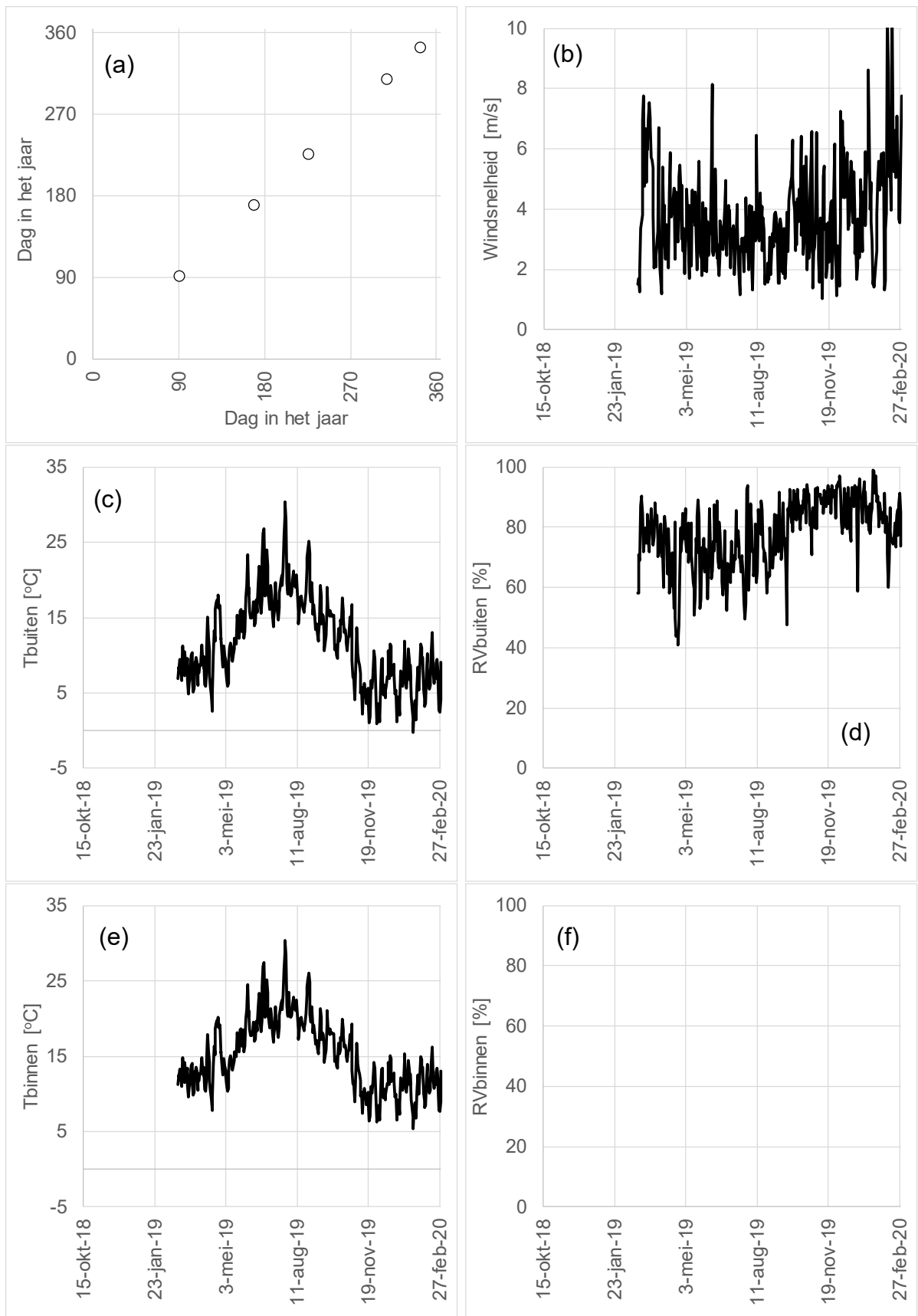
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.16.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/02/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er vijf referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur CLM3.2a). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 12,9 °C; Tabel CLM3.2) was hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (RV: 78%; Tabel CLM3.2) en windsnelheid (WS: 3,5 m/s) lager dan de langjarige gemiddelden (1981-2010) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Gilze Rijen; T: 10,2 °C; RV: 82%; WS: 3,9 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 11,7 °C; Tabel CLM3.2) hoger dan de het langjarige gemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid (RV: 78%; Tabel CLM3.2) en windsnelheid (WS: 3,8 m/s) waren lager. In Figuur CLM3.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel CLM3.3 en Tabel CLM3.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

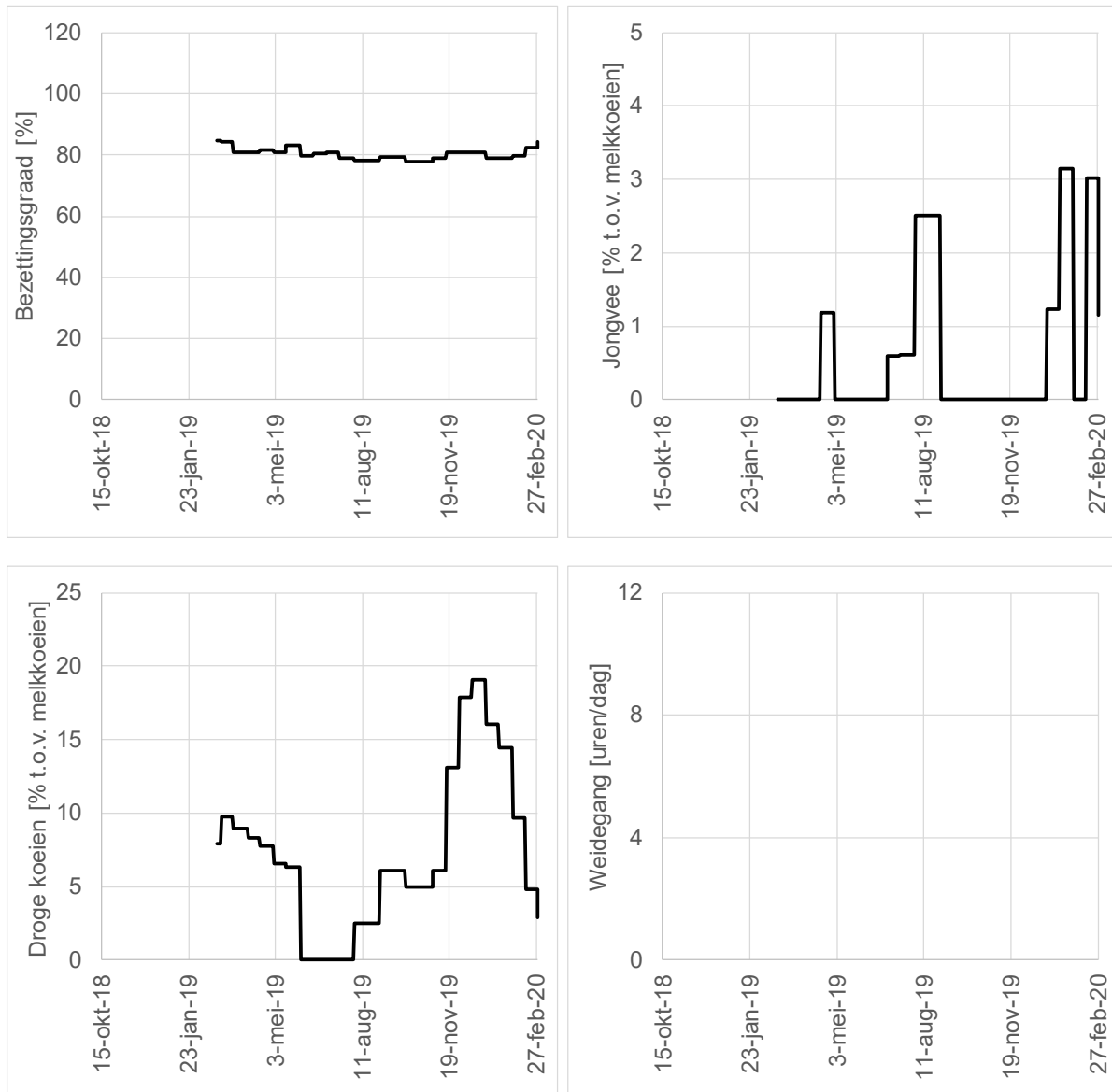
Tabel CLM3.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	80 (78 : 85)	82 (80 : 83)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	1 (0 : 3)	1 (0 : 3)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	7 (0 : 19)	7 (0 : 18)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	33 (28 : 39)	33 (29 : 34)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,3 : 3,7)	3,7 (3,4 : 4,5)
	Melk (% vet)	4,3 (3,8 : 4,6)	4,3 (4,0 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	24 (15 : 33)	26 (22 : 29)
Klimaat	T-binnen (°C)	15,1 (5,4 : 30,4)	16,1 (9,4 : 23,5)
	RV-binnen (%)	-	-
	T-buiten (°C)	11,7 (-0,2 : 30,4)	12,9 (4,7 : 22,0)
	RV-buiten (%)	78 (41 : 99)	78 (64 : 92)
	Windrichting	193 (24 : 315)	182 (127 : 261)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,8 (1,0 : 10,5)	3,5 (2,5 : 4,3)
Resultaten	Aantal meetdagen	227	5
	Ventilatiedebit (m ³ /uur/dier)	1409 (469 : 4880)	1517 (882 : 2537)
	CO ₂ stal (ppm)	745 (512 : 1170)	743 (611 : 867)
	CO ₂ buiten (ppm)	479 (360 : 595)	502 (461 : 546)
	Aantal meetdagen	172	5
	NH ₃ stal (ppm)	2,6 (0,8 : 5,8)	3,1 (2,4 : 3,9)
	NH ₃ buiten (ppm)	0,6 (0,0 : 1,3)	0,70 (0,12 : 2,26)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	12,0 (5,2 : 20,8)	16,1 (5,3 : 26,8)
	Aantal meetdagen	145	5
	CH ₄ stal (ppm)	26,1 (10,4 : 53,6)	26,7 (16,8 : 37,3)
	CH ₄ buiten (ppm)	4,6 (1,1 : 11,1)	5,8 (2,4 : 8,6)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	119 (81 : 183)	128 (108 : 154)
	Aantal meetdagen	---	5
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,49 (0,32 : 0,61)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,44 (0,31 : 0,55)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,93 (0,41 : 1,57)



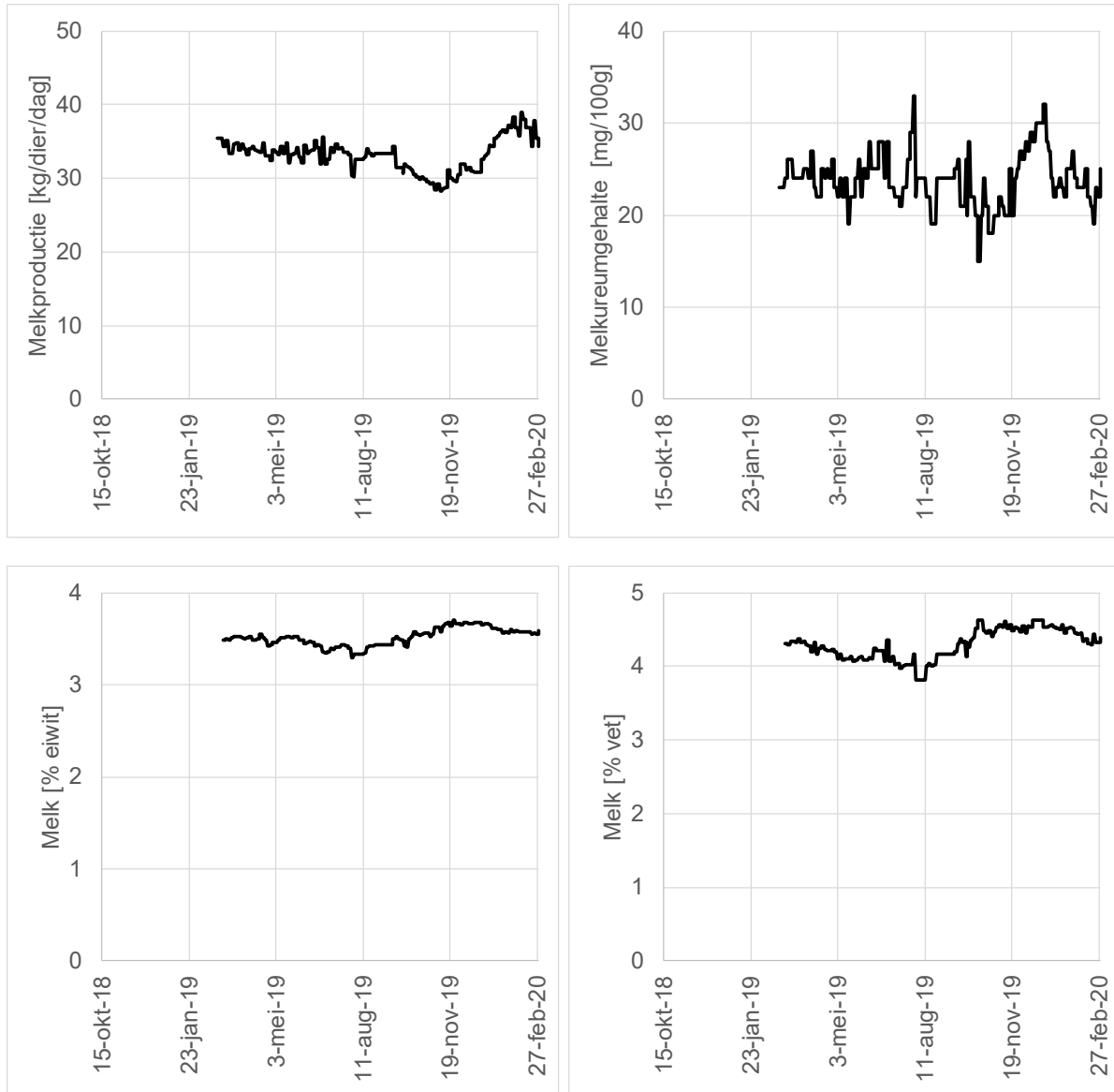
Figuur CLM3.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid. RV-binnen is niet gemeten, Tbinnen is geschat op basis van Tbuiten.

In Figuur CLM3.3 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 78% en 85% (gemiddeld 80%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 3% (gemiddeld 1%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 18% (gemiddeld 7%). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



Figuur CLM3.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

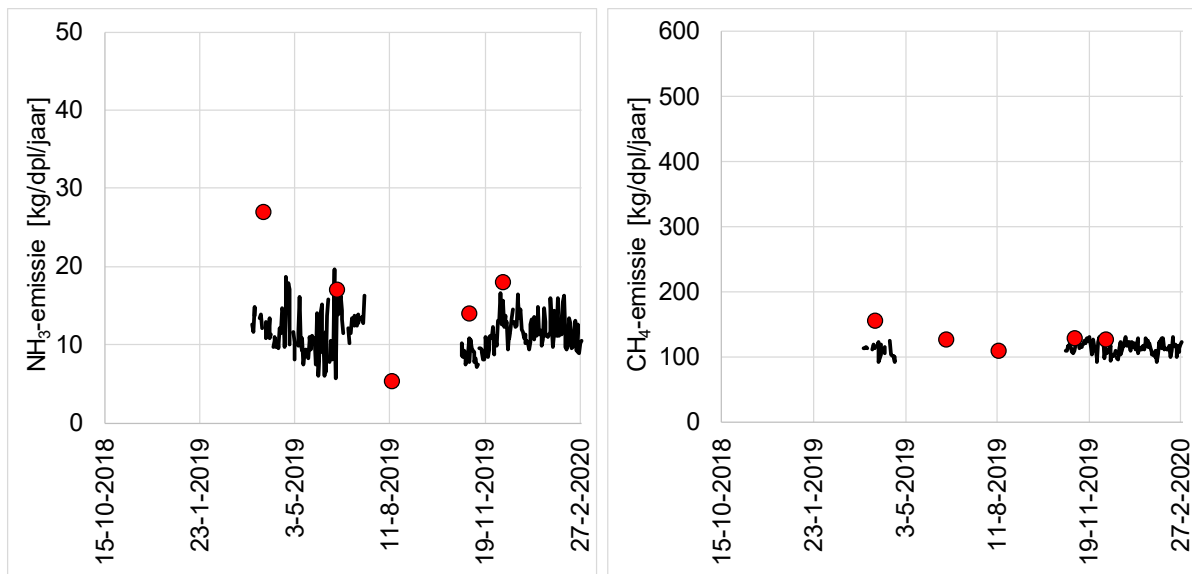
In Figuur CLM3.4 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 28 en 39 kg/dier/dag (gemiddeld 33 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 15 en 33 mg/100g (gemiddeld 24 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,3 en 3,7) en 4,3% vet (tussen 3,8 en 4,6).



Figuur CLM3.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

In Figuur CLM3.5 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $11,6 \pm 2,5$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $16,1 \pm 7,8$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 115 ± 9 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 128 ± 16 kg/jaar per dierplaats.



Figuur CLM3.5 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel CLM3.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	
Datum	1-4-2019	18-6-2019	14-8-2019	4-11-2019	9-12-2019	
Dag in het jaar	91	169	226	308	343	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	14,1	23,5	20,0	13,5	9,4
	RV-binnen (%)	---	---	---	---	---
	T-buiten (°C)	10,5	22,0	17,6	9,7	4,7
	RV-buiten (%)	63,9	66,8	82,8	91,9	85,4
	Windrichting	127,1	131,3	198,3	191,7	261,3
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,7	2,5	4,0	2,8	4,3
	Managementgegevens	Dierplaatsen	203	203	203	203
Melkkoeien		168	167	159	164	168
waarvan melkgevende koeien		154	167	155	154	138
waarvan droge koeien		14	0	4	10	30
Jongvee, drachtig		0	0	4	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	0	0	0	0
Bezettingsgraad		83	82	80	81	83
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	3	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		8	0	3	6	18
Melkproductie (kg/dier/dag)		34	34	34	29	31
Melk (% eiwit)		3,5	3,4	3,4	3,6	3,7
Melk (% vet)		4,2	4,2	4,0	4,6	0,0
Ureumgehalte (mg/100g)		27	28	22	22	29

Tabel CLM3.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5
Datum	1-4-2019	18-6-2019	14-8-2019	4-11-2019	9-12-2019
Dag in het jaar	91	169	226	308	343
CO ₂ stal (ppm)	618	702	611	867	822
CO ₂ buiten (ppm)	499	465	461	544	497
Debiet (m ³ /dier/uur)	2537	1280	2000	887	882
NH ₃ stal (ppm)	2,4	2,7	2,8	3,6	3,9
NH ₃ buiten (ppm)	0,40	0,12	2,26	0,59	0,19
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	26,8	17,0	5,3	13,8	17,8
CH ₄ stal (ppm)	16,8	23,0	17,2	37,3	33,2
CH ₄ buiten (ppm)	4,7	2,4	5,8	8,0	5,1
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	153,5	126,1	108,4	127,0	125,7
N ₂ O stal (ppm)	0,32	0,48	0,47	0,61	0,57
N ₂ O buiten (ppm)	0,31	0,41	0,41	0,55	0,51
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,41	1,13	1,57	0,77	0,77

1.17 CLM4

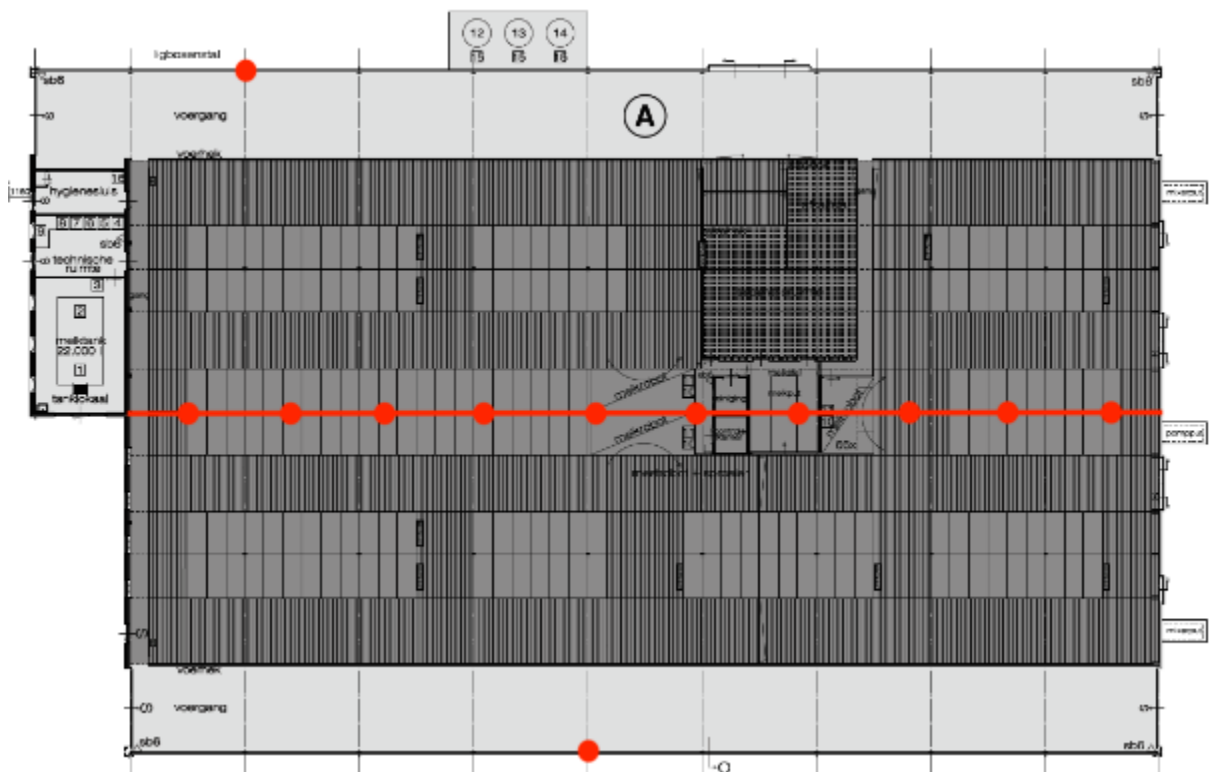
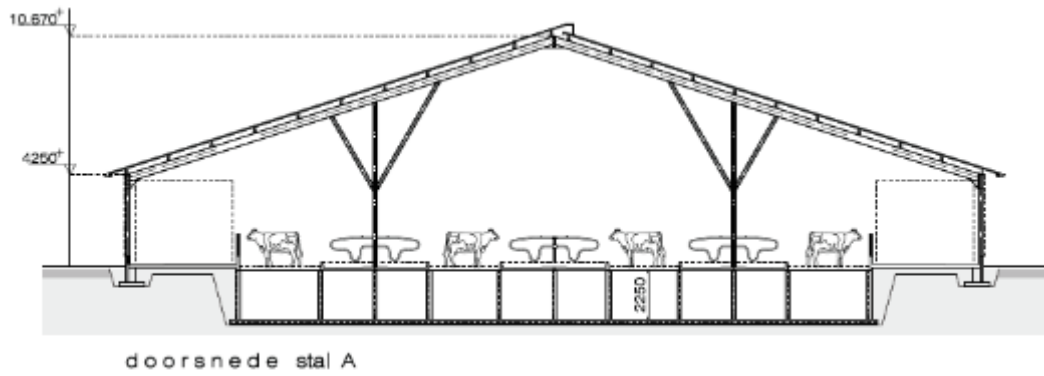
1.17.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (HF) met de zgn. D1-vloer van Berkel Beton (RAV 1.14; BWL 2013.01) in de loopgangen en de doorsteken. De ligboxen zijn voorzien van strooisel (combinatie zaagsel en paardenmest). In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 192 ligboxen, 1 strohok voor separatie en 1 strohok voor afkalven (samen 90 m², waarvan 25 m² roosters en 65 m² stro). In de stal (Figuur CLM4.1) wordt melkvee derhalve in een 0-6-0 rijige ligboxenstal gehuisvest. De dieren worden met behulp van 3 inbandige melkrobots gemolken, zonder specifieke wachtruimte. Op dit bedrijf wordt weidegang toegepast (120 dagen, 6 Uren per dag). Het loopgedeelte van de stal is op te delen in lange gangen en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopruimtes bestaan uit dichte betonnen vloerdelen. De loopgangen worden door middel van een Lely discovery SW elke 3 uur geschoven. De mestkelder is 2,25 m diep en bevindt zich onder zowel de loopgangen als de ligboxen, maar niet onder de voergangen. De totale mestopslagcapaciteit van de stal is ca. 3700 m³. Op dit bedrijf wordt beperkt gemixt (vlak voor het mestuitrijden). Voor het dagelijks gebruik is 4,75 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar.

De stal wordt natuurlijk geventileerd. Aan beide kanten van de stal is ventilatiedoek aanwezig over nagenoeg de hele hoogte van de zijgevels (ca. 4 m hoog), waarmee de opening van de luchtinlaat kan worden geregeld. Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak 240 m² per kant. In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.



Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via grote drinkbakken. Het voer wordt overdag op regelmatige tijden verstrekt. In Tabel CLM4.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur CLM4.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur (sample line en 2 buitenmeetpunten).

Tabel CLM4.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	60 x 40
Goot- en nokhoogte (m)	Goothoogte 4,25 Nokhoogte 10,67
Oriëntatie van de stal	NNW-ZZO
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	192
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	2,75 m ²
Loopoppervlak (m ² per dier)	4,75 m ²
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Dichte vloer (D1 vloer Berkel Beton) met spleet (4 cm) om de 1,2 m
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	beton
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	nvt
Aantal strohok(ken)	1
Oppervlak strohok(ken)	90 m ²
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	Van deze 90 m ² is 25 m ² rooster
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Onder gehele stal muv ruimte onder melkrobot en voergangen; 2,25 mtr diep
Mestverwijdering en frequentie	Middels een Lely discovery SW; schuiffrequentie 1 x per 3 uur. Drijfmest middels pomptankwagen; tijdens uitrijseizoen
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Beide zijkanten van de stal (3,75 m hoog) is meestal geheel open
Voersysteem en voertijden	Voeren met voerdoseerwagen: 's morgens tussen 9 en 11 uur en 's middags rond 17 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	Vorraadbakken die de hele dag volstaan (<i>ad lib</i>)
Lichtregime	Vollicht 5:30 tot 22:45 uur Nachtlicht 22:45 tot 5:30 uur

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

Tabel CLM4.1 (vervolg) Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
² Weidegang	6 uur per dag gedurende 120 dagen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte in mg/100g; fosforgehalte in mg/100g)	23,8 kg/dier/dag, 4,36%, 3,51%, 19 mg/100 g, 100 mg/100 g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	20,3
Aandeel vers gras (%)	8,1%
Aandeel graslandproducten (%)	34,1%
Aandeel maisproducten (%)	22,8%
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	8,6%
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	26,4%

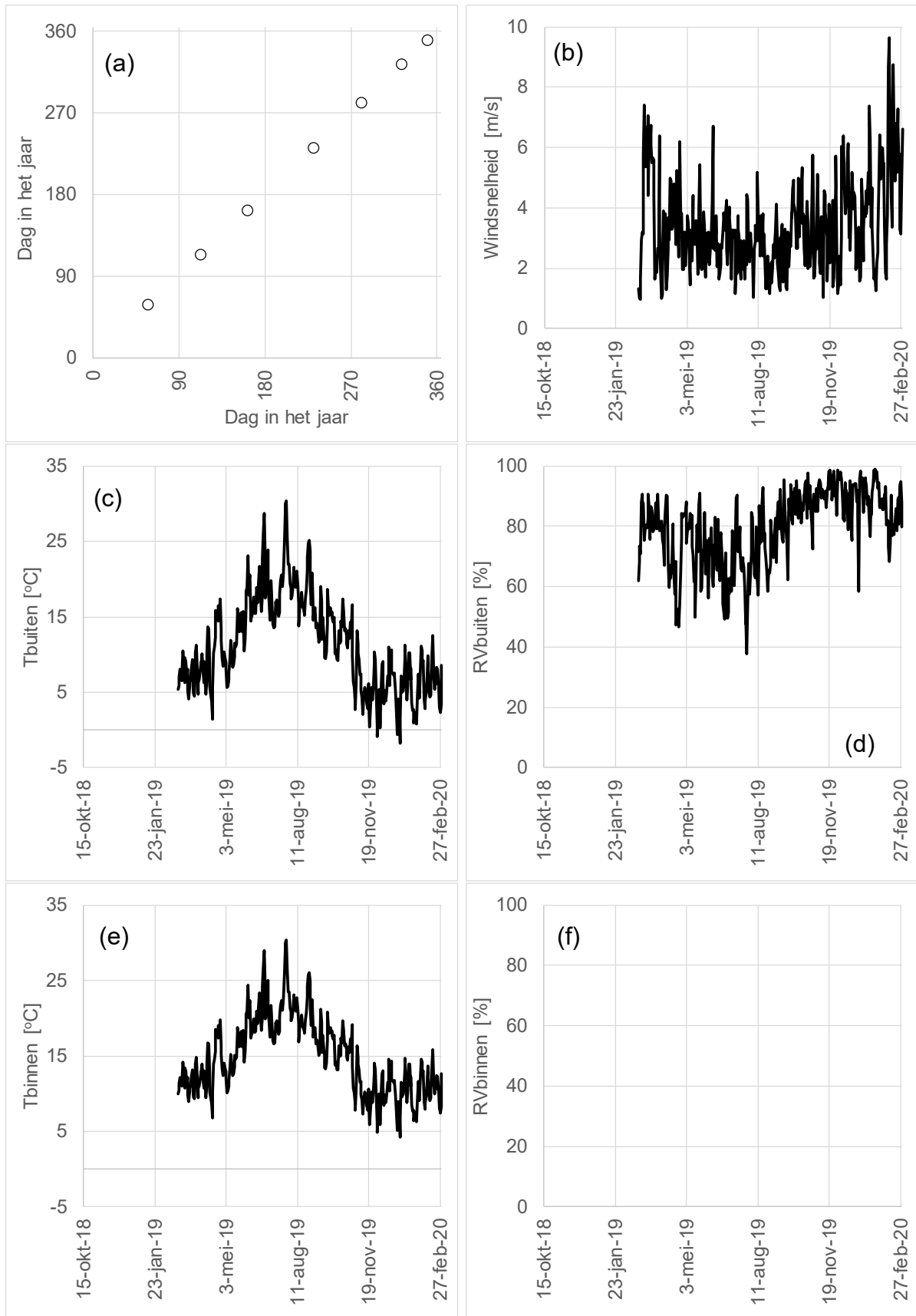
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.17.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/02/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur CLM4.2). De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de referentiemetingen (T: 10,4 °C; Tabel CLM4.2) was hoger dan, en windsnelheid en de relatieve luchtvochtigheid (WS: 2,8 m/s, RV: 79%; Tabel CLM4.2) lager dan de langjarige gemiddelden (1981-2010) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Heino/Hupsel; T: 9,7 °C; RV: 82%; WS: 3,5 m/s). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (T: 11,3 °C; Tabel CLM4.2) hoger dan, en windsnelheid en de relatieve luchtvochtigheid (WS: 3,4 m/s, RV: 80%; Tabel CLM4.2) lager dan de langjarige gemiddelden. In Figuur CLM4.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel CLM4.3 en Tabel CLM4.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

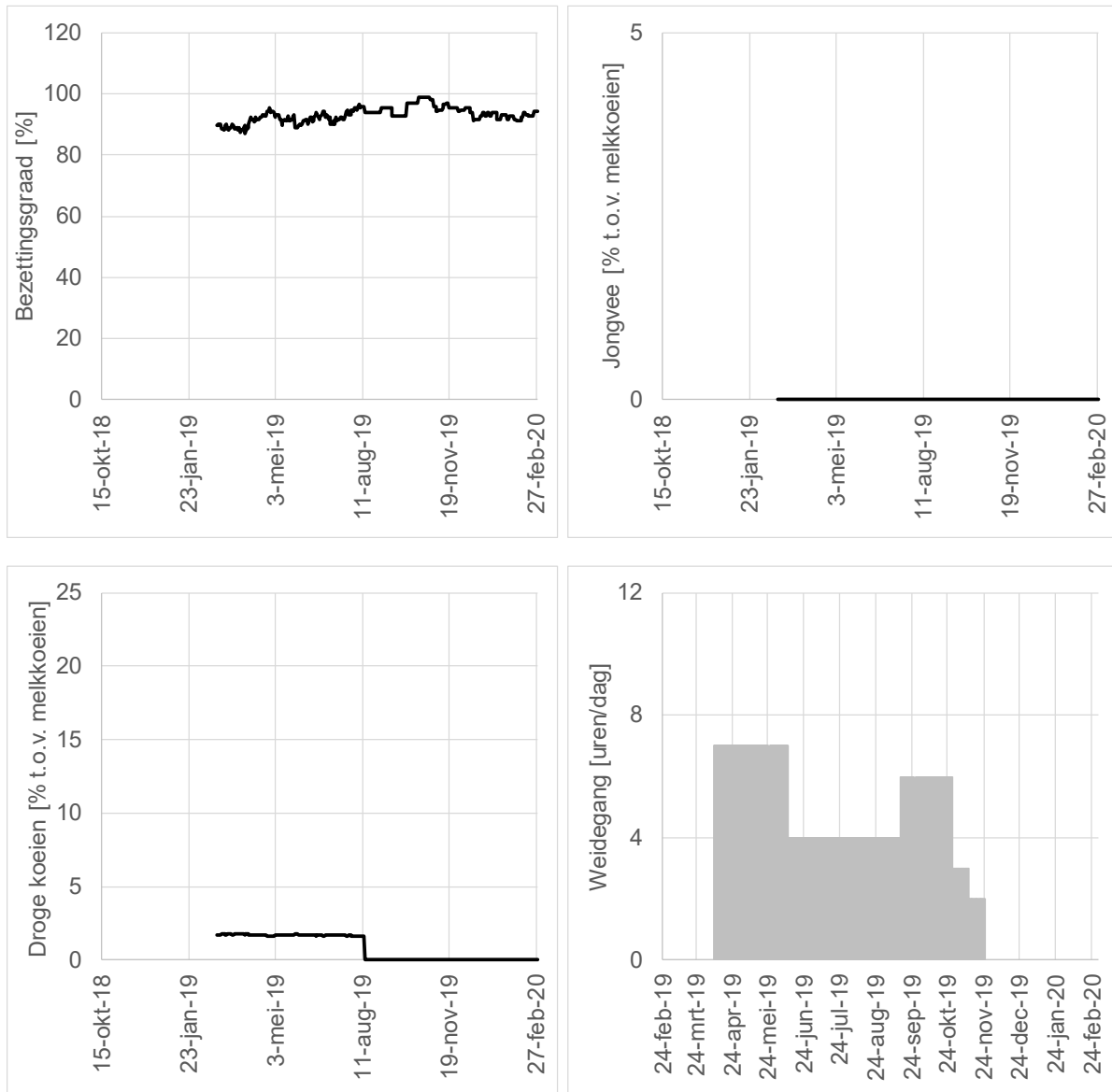
Tabel CLM4.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	93 (87 : 99)	94 (90 : 99)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	1 (0 : 2)	1 (0 : 2)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	27 (24 : 30)	27 (25 : 29)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,2 : 3,7)	3,5 (3,5 : 3,6)
	Melk (% vet)	4,4 (4,0 : 4,7)	4,4 (4,2 : 4,5)
	Ureumgehalte (mg/100g)	19 (12 : 29)	18 (14 : 20)
Klimaat	T-binnen (°C)	14,8 (4,2 : 30,3)	14,1 (6,0 : 19,3)
	RV-binnen (%)	---	---
	T-buiten (°C)	11,3 (-1,7 : 30,4)	10,4 (0,4 : 16,8)
	RV-buiten (%)	80 (38 : 99)	79 (61 : 96)
	Windrichting	192 (39 : 334)	163 (115 : 225)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	3,4 (1,0 : 9,6)	2,8 (1,5 : 4,3)
Resultaten	Aantal meetdagen	339	5
	Ventilatiedebit (m ³ /uur/dier)	1384 (657 : 4806)	1320 (816 : 1874)
	CO ₂ stal (ppm)	682 (419 : 933)	721 (607 : 812)
	CO ₂ buiten (ppm)	445 (390 : 586)	492 (461 : 550)
	Aantal meetdagen	186	5
	NH ₃ stal (ppm)	1,2 (0,1 : 4,3)	1,6 (0,9 : 2,3)
	NH ₃ buiten (ppm)	0,18 (0,01 : 1,38)	0,09 (0,04 : 0,12)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	7,4 (1,6 : 17,3)	11,3 (9,2 : 15,2)
	Aantal meetdagen	299	5
	CH ₄ stal (ppm)	40,3 (8,8 : 90,0)	46,7 (23,5 : 70,6)
	CH ₄ buiten (ppm)	4,0 (2,0 : 14,7)	2,7 (2,3 : 3,1)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	236 (112 : 380)	298 (221 : 442)
	Aantal meetdagen	---	5
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,42 (0,32 : 0,67)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,39 (0,31 : 0,60)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,62 (0,22 : 0,85)



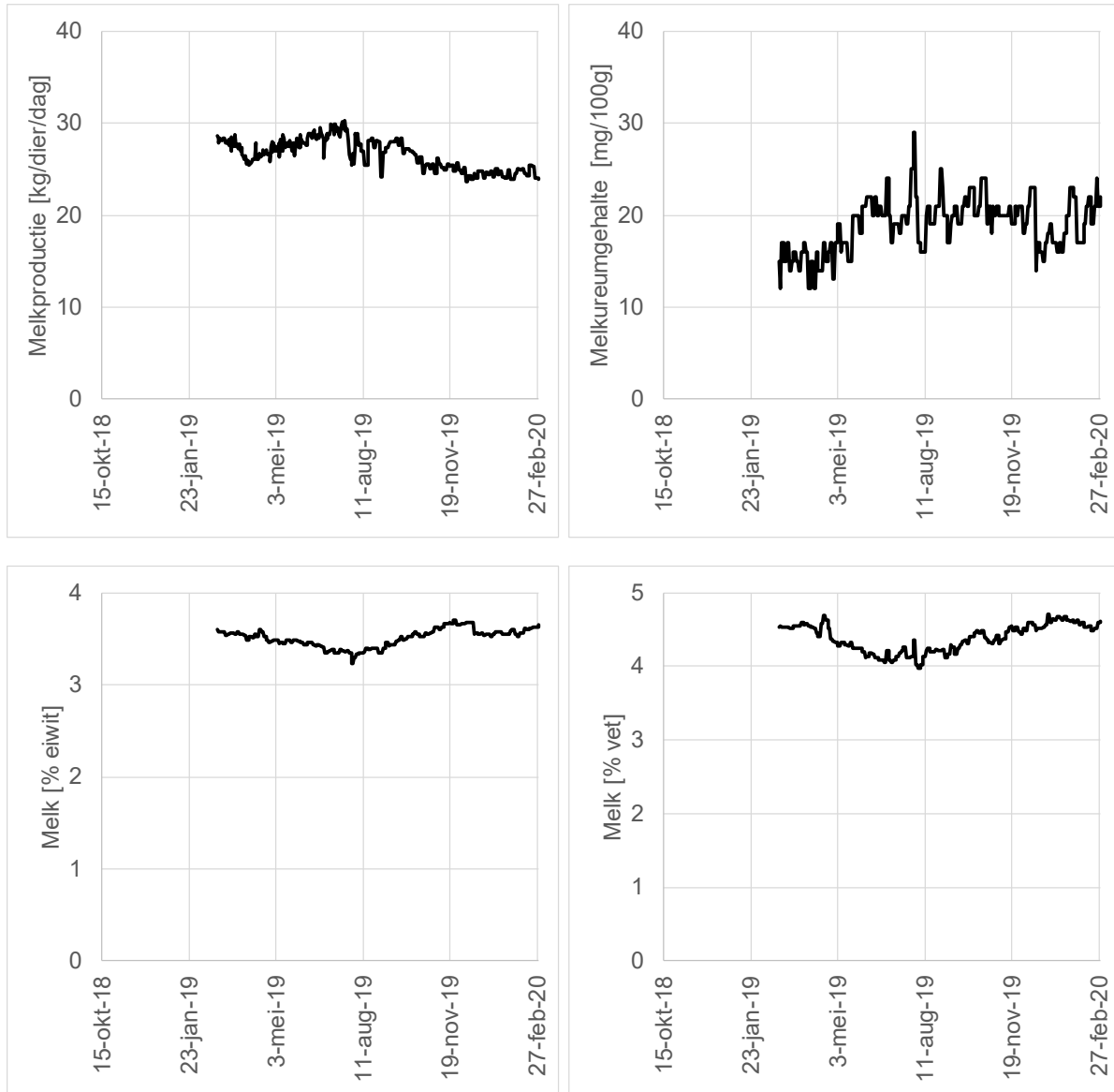
Figuur CLM4.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid. RV-binnen is niet gemeten, Tbinnen is geschat op basis van Tbuiten.

In Figuur CLM4.3 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 90% en 99% (gemiddeld 94%), het aandeel jongvee in de stal (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 3% (gemiddeld 1%), en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 0% en 18% (gemiddeld 7%). Op dit bedrijf wordt beperkte weidegang toegepast.



Figuur CLM4.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

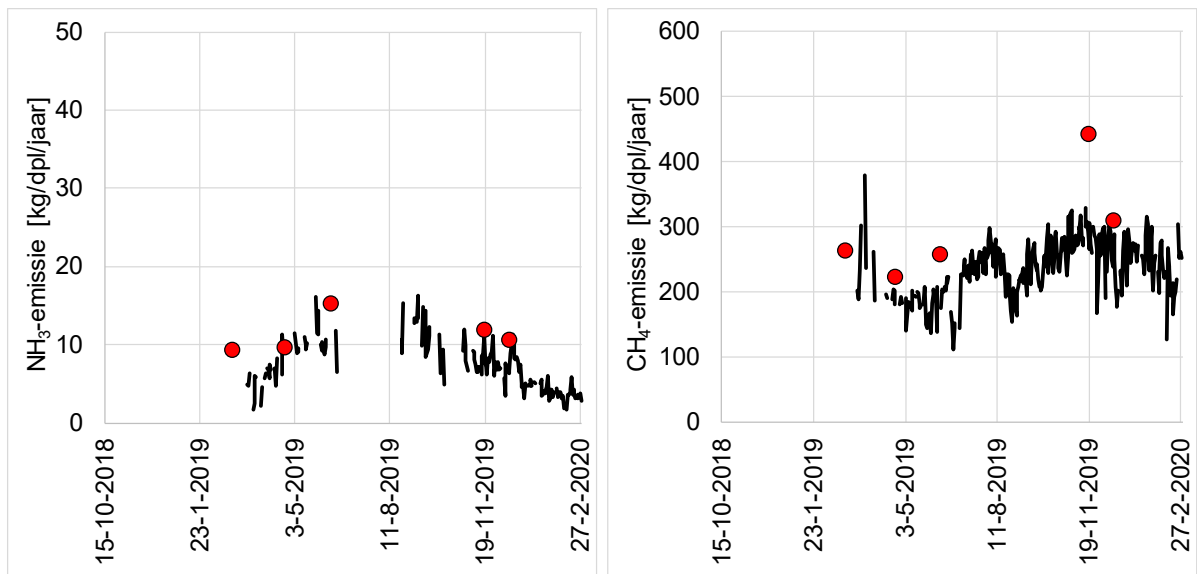
In Figuur CLM4.4 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 24 en 30 kg/dier/dag (gemiddeld 27 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 12 en 29 mg/100g (gemiddeld 19 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,2 en 3,7) en 4,4% vet (tussen 4,0 en 4,7).



Figuur CLM4.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

In Figuur CLM4.5 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $7,4 \pm 3,4$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $11,3 \pm 2,4$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 236 ± 44 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 298 ± 86 kg/jaar per dierplaats.



Figuur CLM4.5 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel CLM4.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	27-2-2019	23-4-2019	11-6-2019	19-8-2019	8-10-2019	19-11-2019	16-12-2019	
Dag in het jaar	58	113	162	231	281	323	350	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	13,0	19,3	19,3	---	---	6,0	12,8
	RV-binnen (%)	---	---	---	---	---	---	---
	T-buiten (°C)	9,1	16,8	16,8	---	---	0,4	8,8
	RV-buiten (%)	74,5	60,8	72,8	---	---	96,4	90,1
	Windrichting	225,4	114,6	163,8	---	---	154,1	157,1
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	2,1	4,3	2,9	---	---	1,5	3,0
	Managementgegevens	Dierplaatsen	192	192	192	192	192	192
Melkkoeien		173	181	177	180	190	183	175
waarvan melkgevende koeien		170	178	174	180	190	183	175
waarvan droge koeien		3	3	3	0	0	0	0
Jongvee, drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	7	4	4	6	2	0
Bezettingsgraad		90	94	92	94	99	95	91
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		2	2	2	0	0	0	0
Melkproductie (kg/dier/dag)		28	27	29	28	27	25	25
Melk (% eiwit)		3,6	3,5	3,5	3,40	3,55	3,68	3,55
Melk (% vet)		4,5	4,4	4,2	4,19	4,46	4,55	4,49
Ureumgehalte (mg/100g)		17	17	20	19	20	19	14

Tabel CLM4.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	27-2-2019	23-4-2019	11-6-2019	19-8-2019	8-10-2019	19-11-2019	16-12-2019
Dag in het jaar	58	113	162	231	281	323	350
CO ₂ stal (ppm)	763	607	668	---	---	755	812
CO ₂ buiten (ppm)	503	461	469	---	---	550	477
Debiet (m ³ /dier/uur)	1106	1874	1420	---	---	1386	816
NH ₃ stal (ppm)	1,5	0,9	2,0	---	---	1,4	2,3
NH ₃ buiten (ppm)	0,11	0,08	0,12	---	---	0,08	0,04
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	9,2	9,5	15,2	---	---	11,8	10,6
CH ₄ stal (ppm)	46,5	23,5	36,1	---	---	57,0	70,6
CH ₄ buiten (ppm)	3,0	2,4	3,0	---	---	3,1	2,3
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	262,1	221,2	256,4	---	---	441,5	307,7
N ₂ O stal (ppm)	0,32	0,34	0,34	---	---	0,45	0,67
N ₂ O buiten (ppm)	0,31	0,32	0,31	---	---	0,42	0,60
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,22	0,55	0,65	---	---	0,85	0,84

1.18 CLM5

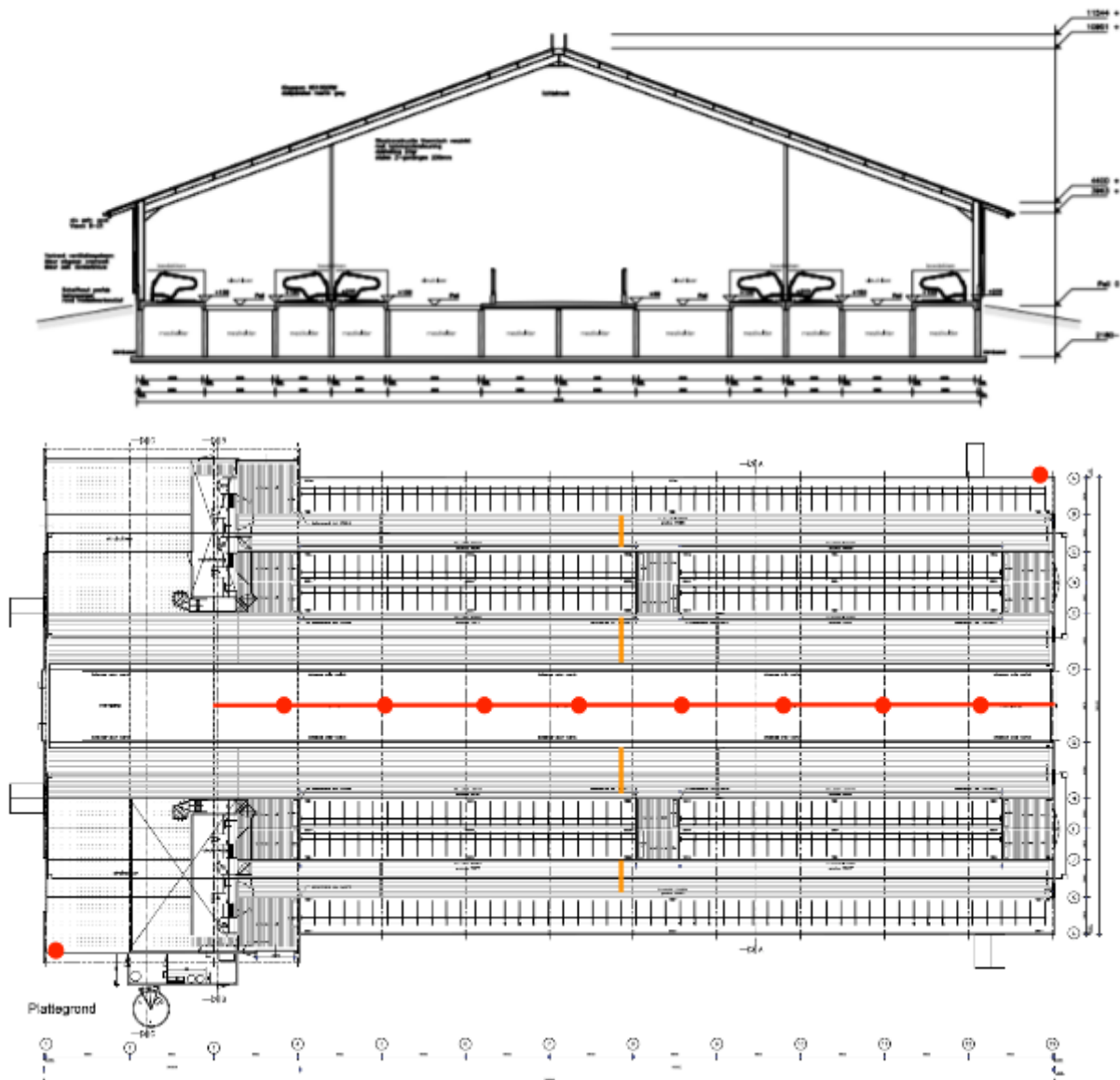
1.18.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De metingen vonden plaats in een ligboxenstal voor melkvee (\pm 70% HF, 30% Fleckvieh) met de sleufvloer en mestschuif en in de doorsteken, wachtruimte en doorlopen een roostervloer met bolle rubber toplaag voorzien van afdichtflappen in de roosterspleten (RAV A 1.22; [BWL 2013.03.V2](#); Den Boer Beton/Beerepoot Agri) als emissie-reducerend vloersysteem. De ligboxen zijn voorzien van waterbedden en zaagsel. In deze stal kunnen de dieren vrij bewegen en hebben de beschikking over 282 ligboxen en 2 strohokken (ieder 135 m²). In de stal (Figuur CLM5.1) wordt melkvee in een 3+3 rijige ligboxenstal gehuisvest. De dieren worden met 4 melkrobots gemolken. Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast. Het loopgedeelte van de stal is op te delen in 4 lange gangen (aan beide zijde 2) en doorsteken om van de ene loopgang naar de andere te komen. De loopvloer in de lange gangen bestaat uit een dichte sleuenvloer met noppenprofiel (BWL 2010.14.v1). Bij het voerhek ter hoogte van de achterpoten van de koe (op 1 m van het voerhek) was een dichte rubbermat van 0,6 m breed gelegd die op dezelfde hoogte lag als de bovenkant van de sleuenvloer. Tegen het voerhek was een smalle verhoogde betonnen rand gemaakt (0,1 m hoog en 0,4 m breed). Elke loopgang wordt eenmaal per 2 uur geschoven met een getrokken mestschuif. In het midden van de stal is in alle vier de gangen een extra mestafstort (\pm 4 cm over vrijwel de hele breedte) gemaakt om de mestverwijdering te optimaliseren. Op de roostervloer in de doorsteken zijn bolle rubber matten en afdichtflappen in de roosterspleten aangebracht (BWL 2010.30). In de stal zijn per zijde 2 melkrobots geplaatst. Via de melkrobot is het mogelijk om dieren voor een behandeling in de separatuimte of strohok te separeren. De strohokken worden beperkt gebruikt voor zieke dieren, kalfkoeien en verse koeien die nog biest geven. In deze stal was er altijd voer aan het voerhek beschikbaar; drinkwater was beschikbaar via waterbakken die in de doorsteken waren geplaatst. Voor het dagelijks gebruik is 4,2 m² per dier beloopbaar vloeroppervlak beschikbaar.



De stal wordt natuurlijk geventileerd en is voorzien van een zgn. Automatically Controlled Natural Ventilation (ACNV)-systeem. Daarmee is het regelbare ventilatieoppervlak aan de ene zijde 230m², aan de andere zijde 220m². In het midden van de stal is op het dak over de gehele lengte een open nok geplaatst. De dak van de stal is volledig geïsoleerd.

Het rantsoen voor de melkkoeien bestaat uit zowel ruwvoer als krachtvoer. Drinkwater is onbeperkt beschikbaar via grote drinkbakken. Het voer wordt overdag op regelmatige tijden verstrekt. In Tabel CLM5.1 zijn de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf op een rij gezet.



Figuur CLM5.1 Stalindeling, inclusief oriëntatie van de stal en positie meetapparatuur. Hierin is ook de locatie van de extra mestafstort in de loopgangen aangegeven.

Tabel CLM5.1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
Afmetingen stal (lengte (m) x breedte (m))	103,8 * 40,3
Goot- en nokhoogte (m)	4,0 en 10,95 (ventilatie nok: 11,54 m hoogte)
Oriëntatie van de stal	Nagenoeg OW
Aantal ligboxen / dierplaatsen excl. Separatieruimtes	282
Leefruimte (voor dagelijks gebruik)	
Ligboxen (m ² per dier)	2,75
Loopoppervlak (m ² per dier)	4,2
Beschrijving loopoppervlak voor dagelijks gebruik	doorsteken, wachtruimte en doorlopen een roostervloer met bolle rubber toplaag voorzien van afdichtflappen in de roosterspleten
Materiaal loopoppervlak voor dagelijks gebruik	Geprofileerd beton in de loopgangen en bolle kunststof matten in de doorteken en voor de melkrobots
Separatieruimtes ¹	
Aantal ligboxen	n.v.t.
Aantal strohok(ken)	2, 1 aan elke zijde van de voergang, achter de melkrobots
Oppervlak strohok(ken)	2 van 165 m ² ingestrooid
Totaal gerelateerd roosteroppervlak	n.v.t.
Mestkelder (beschrijving en diepte in m)	Hele stal onderkelderd; diepte: gemiddeld 2,1 m Totale capaciteit: ± 8.800 m ³
Mestverwijdering en frequentie	1 getrokken mestschuif voor elke loopgang. Schuiffrequentie elke 2 uur. Er wordt met regelmaat 400 m ³ overgeplaatst naar een opslag in Pinjum.
Ventilatieopeningen (beschrijving)	Automatically Controlled Natural Ventilation
Voersysteem en voertijden	Voermengwagen, tussen 8-9 uur en tussen 16-17 uur
Drinkwatersysteem en drinktijden	Vorraadbakken die de hele dag volstaan (leidingwater)
Lichtregime	Vollicht 4:00 tot 20:00 uur Nachtlicht 20:00 tot 4:00 uur

¹ De dierplaatsen van separatieruimtes en strohokken worden niet meegenomen in de emissieberekening

Tabel CLM5.1 (vervolg) Belangrijkste kenmerken van de onderzochte melkveestal.

Kenmerken	Waarde
² Weidegang	Permanent opstallen
² Melkproductie en -samenstelling (%vet; %eiwit; ureumgehalte; fosforgehalte)	29,0 kg/dier/dag; 4,31%; 3,52%; 22 mg/100 g; 100 mg/100 g
² Rantsoen	
Voeropname (kg ds/dier/dag)	24,6
Aandeel vers gras (%)	19,0
Aandeel graslandproducten (%)	37,1
Aandeel maïsproducten (%)	6,1
Aandeel overige ruwvoer en bijproducten (%)	10,0
Aandeel krachtvoer en mineralen (%)	27,7

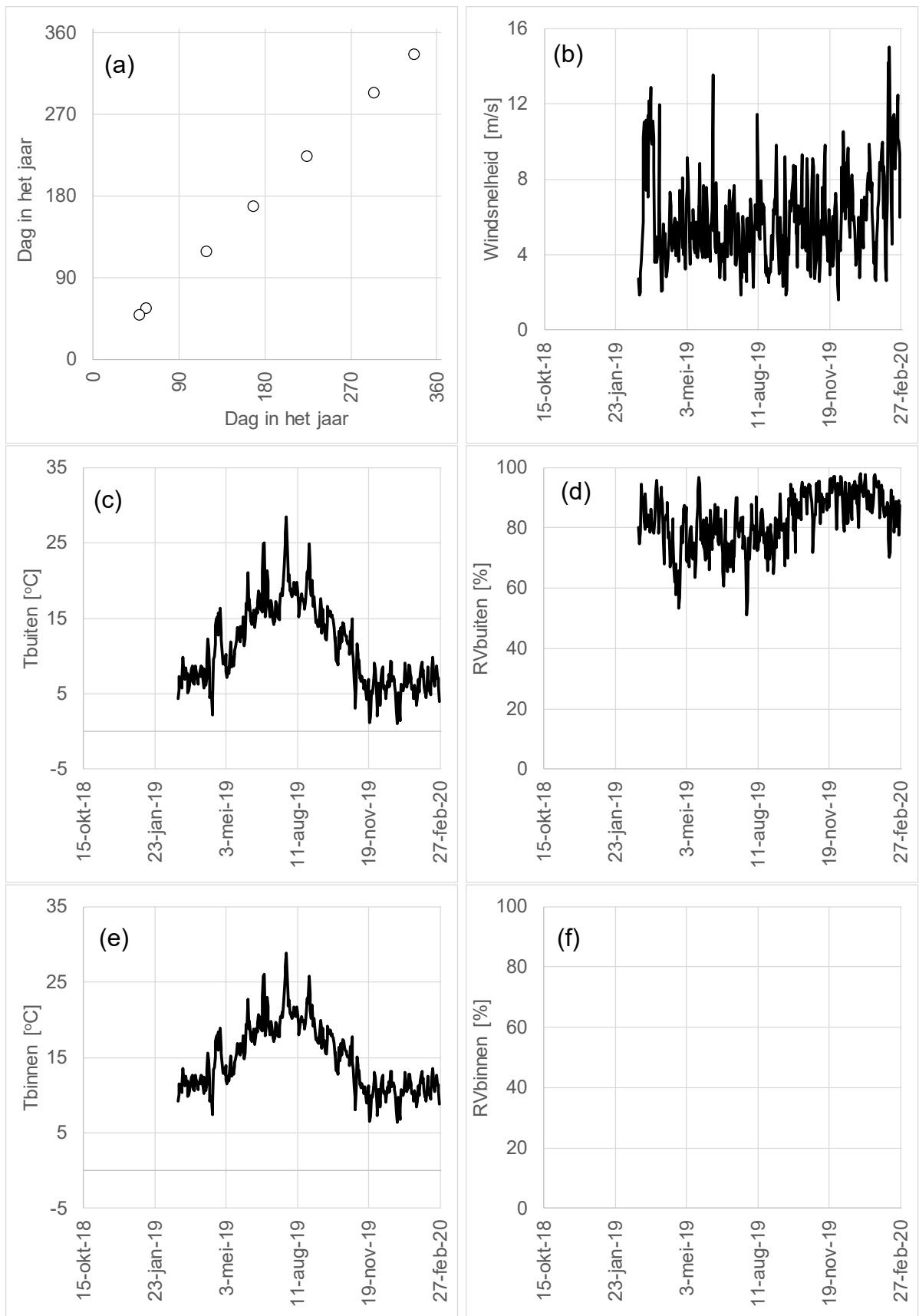
² Weidegang, rantsoen, melkproductie en samenstelling: jaargemiddelden op basis van KringloopWijzer 2019

1.18.2 Resultaten

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 25/02/2019 – 29/02/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven referentiemetingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur CLM5.2a). De gemiddelde buitentemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid tijdens de referentiemetingen (T: 10,8 °C, RV: 83%; Tabel CLM5.2) waren hoger dan, en de windsnelheid (WS: 4,7 m/s; Tabel CLM5.2) lager dan de langjarige gemiddelden (1981-2010) bij het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation (Stavoren; T: 9,9 °C; RV: 82%; WS: 5,7 m/s). Voor de continumetingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en windsnelheid (T: 11,2 °C, WS: 5,9 m/s; Tabel CLM5.2) hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid gelijk aan de langjarige gemiddelden. In Figuur CLM5.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid buiten, windsnelheid en windrichting van het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven. In Tabel CLM5.3 en Tabel CLM5.4 worden de data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de referentiemetingen weergegeven.

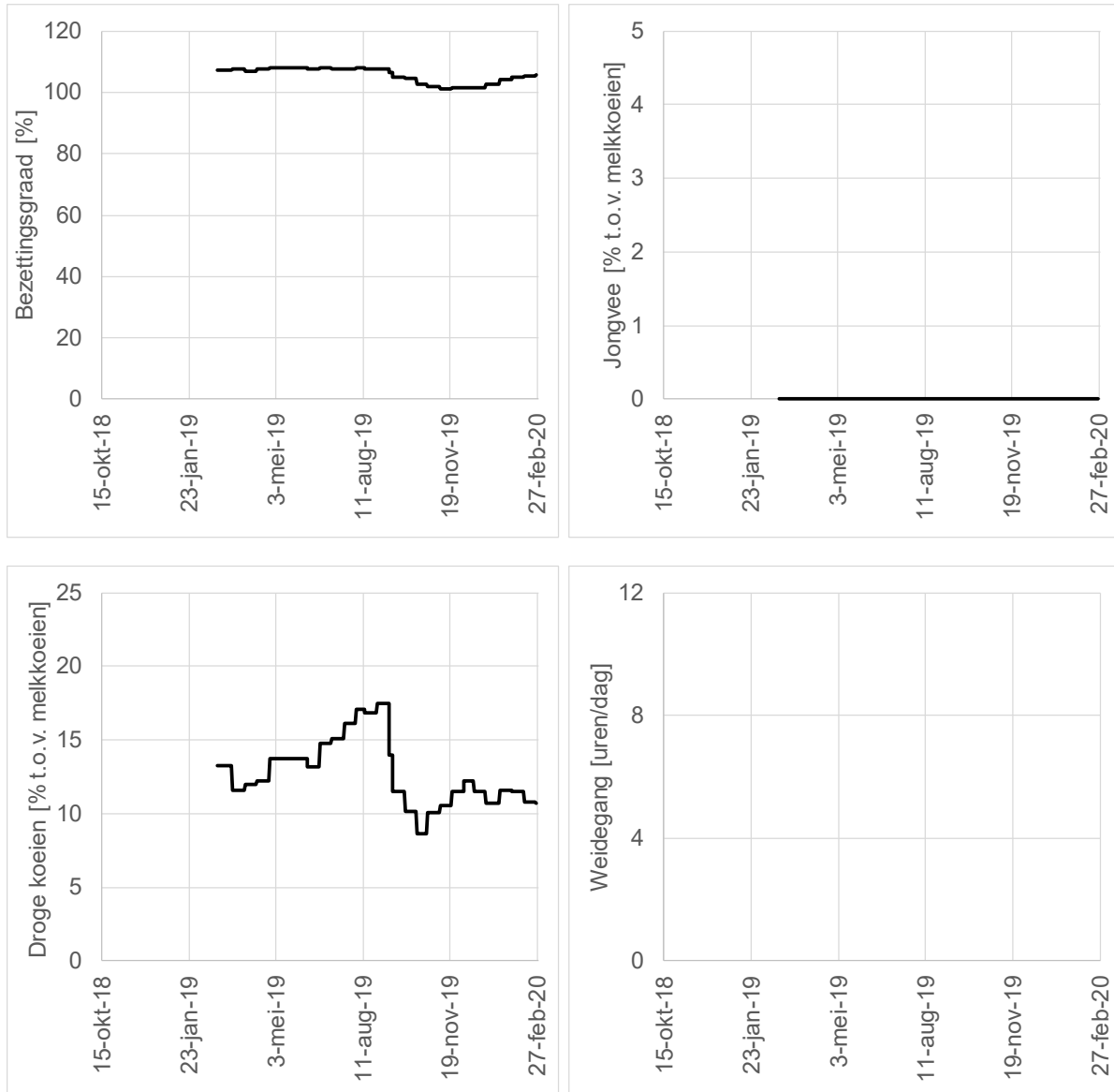
Tabel CLM5.2 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal management- en klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue- als referentiemetingen.

	Kenmerk	Continue	Referentie
Management	Bezettingsgraad	106 (101 : 108)	104 (100 : 107)
	Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien	0 (0 : 0)	0 (0 : 0)
	Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien	13 (9 : 17)	13 (9 : 17)
	Melkproductie (kg/dier/dag)	34 (31 : 36)	34 (31 : 36)
	Melk (% eiwit)	3,5 (3,4 : 3,7)	3,5 (3,4 : 3,6)
	Melk (% vet)	4,3 (4,0 : 4,6)	4,3 (4,1 : 4,6)
	Ureumgehalte (mg/100g)	21 (19 : 23)	22 (20 : 23)
Klimaat	¹ T-binnen (°C)	14,7 (6,4 : 28,8)	14,4 (10,8 : 20,4)
	¹ RV-binnen (%)	---	---
	T-buiten (°C)	11,2 (1,0 : 28,5)	10,8 (6,4 : 18,1)
	RV-buiten (%)	82 (51 : 98)	83 (73 : 94)
	Windrichting	199 (36 : 330)	222 (150 : 272)
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	5,9 (1,6 : 15,0)	4,7 (1,8 : 10,2)
Resultaten	Aantal meetdagen	355	7
	Ventilatie-debiet (m ³ /uur/dier)	1229 (388 : 4384)	1184 (561 : 1797)
	CO ₂ stal (ppm)	753 (473 : 1305)	798 (655 : 1062)
	CO ₂ buiten (ppm)	459 (391 : 567)	506 (463 : 547)
	Aantal meetdagen	240	7
	NH ₃ stal (ppm)	2,4 (0,7 : 5,9)	2,7 (1,5 : 4,0)
	NH ₃ buiten (ppm)	0,50 (0,01 : 1,38)	0,33 (0,09 : 0,70)
	NH ₃ -emissie (kg/jaar per dpl)	15,2 (7,1 : 34,4)	16,5 (12,6 : 19,9)
	Aantal meetdagen	334	7
	CH ₄ stal (ppm)	37,3 (7,4 : 119,2)	43,1 (28,5 : 81,6)
	CH ₄ buiten (ppm)	5,9 (2,1 : 18,7)	7,0 (3,2 : 11,5)
	CH ₄ -emissie (kg/jaar per dpl)	198 (92 : 299)	223 (181 : 276)
	Aantal meetdagen	---	7
	N ₂ O stal (ppm)	---	0,40 (0,33 : 0,50)
	N ₂ O buiten (ppm)	---	0,38 (0,32 : 0,46)
	N ₂ O-emissie (kg/jaar per dpl)	---	0,32 (0,18 : 0,47)



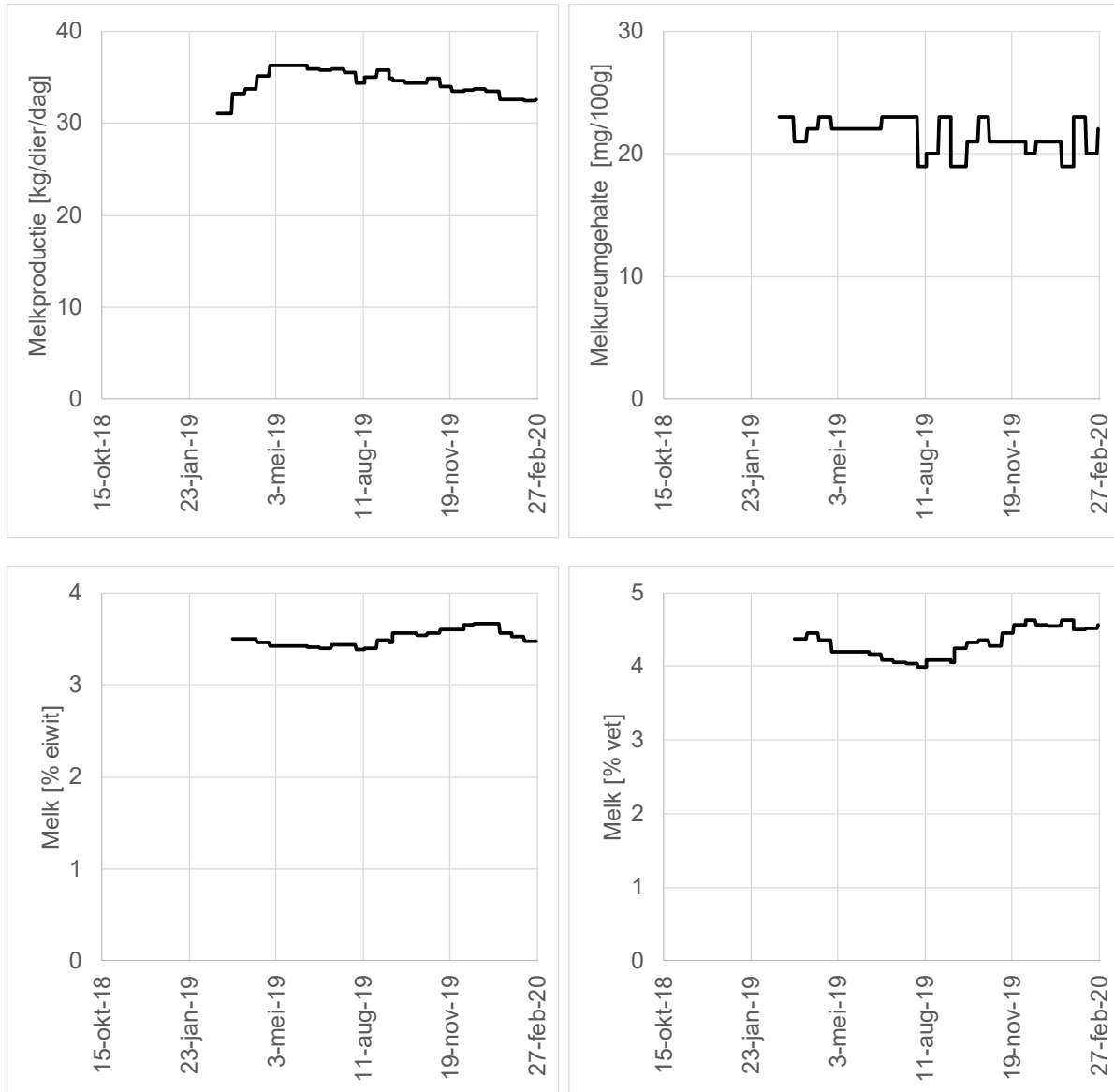
Figuur CLM5.2 a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. *T*: temperatuur; *RV*: relatieve vochtigheid. *RV-binnen* is niet gemeten, *Tbinnen* is geschat op basis van *Tbuiten*.

In Figuur CLM5.3 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van een aantal managementparameters (dierbezetting, aandeel jongvee, aandeel droge koeien per dag) grafisch weergegeven. De bezettingsgraad varieerde tussen 101% en 108% (gemiddeld 106%), er wordt geen jongvee in de stal gehouden en het aandeel droge koeien (ten opzichte van het totaal aantal grootvee) tussen 9% en 17% (gemiddeld 13%). Op dit bedrijf wordt geen weidegang toegepast.



Figuur CLM5.3 Managementparameters (2-weken basis) over de gehele meetperiode. a) Dierbezetting; b) Aandeel jongvee; c) Aandeel droge koeien; d) aantal weide uren per dag.

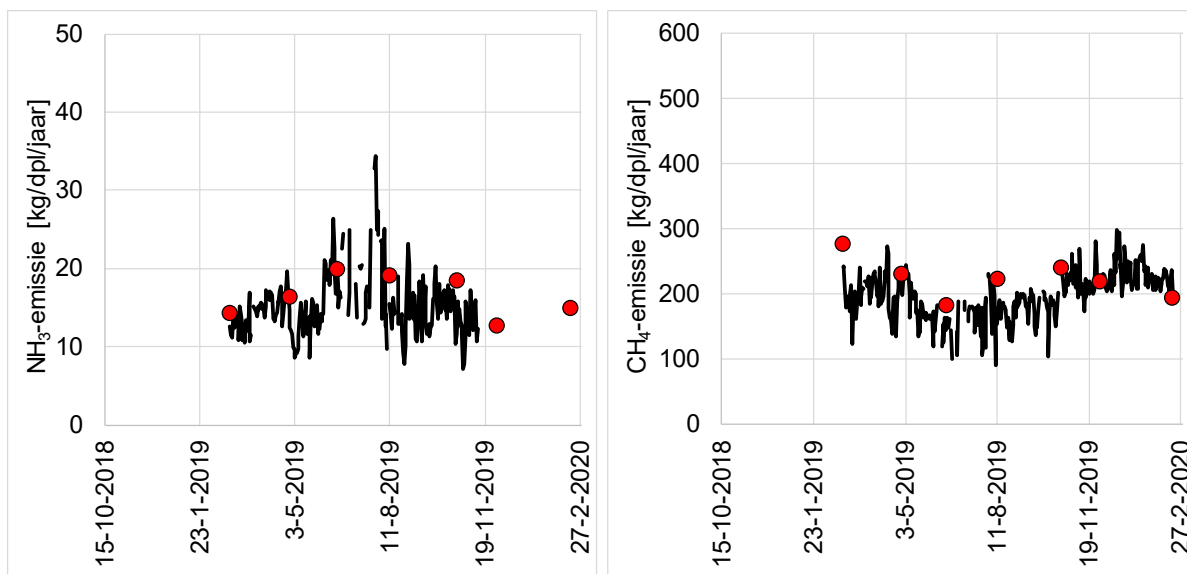
In Figuur CLM5.4 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 31 en 36 kg/dier/dag (gemiddeld 34 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 19 en 23 mg/100g (gemiddeld 21 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,4 en 3,7) en 4,3% vet (tussen 4,0 en 4,6).



Figuur CLM5.4 Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.

In Figuur CLM5.5 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies weergegeven. Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van $15,2 \pm 4,0$ kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde ammoniakemissie $16,5 \pm 2,7$ kg/jaar per dierplaats. Voor melkvee wordt geen leegstand verrekend (Groenestein en Aarnink, 2008).

Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen metingen) berekend van 198 ± 35 kg/jaar per dierplaats. Op basis van de referentiemetingen was de gemiddelde methaanemissie 223 ± 31 kg/jaar per dierplaats.



Figuur CLM5.5 a) NH₃-emissie (kg/jaar per dierplaats); b) CH₄-emissie (kg/jaar per dierplaats). De referentiemetingen worden met rode cirkels weergegeven.

Tabel CLM5.3 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7	
Datum	25-2-2019	29-4-2019	17-6-2019	12-8-2019	21-10-2019	2-12-2019	18-2-2020	
Dag in het jaar	56	119	168	224	294	336	49	
Klimaatgegevens	T-binnen (°C)	10,8	13,8	20,4	18,2	15,7	11,0	11,1
	RV-binnen (%)	---	---	---	---	---	---	---
	T-buiten (°C)	6,4	10,1	18,1	15,5	12,4	6,6	6,7
	RV-buiten (%)	72,8	88,0	77,5	75,4	94,0	92,4	80,5
	Windrichting	149,5	185,0	225,0	272,1	212,1	258,3	252,9
	Windsnelheid op 10 m hoogte (m/s)	1,8	6,0	2,3	4,5	4,0	4,2	10,2
	Managementgegevens	Dierplaatsen	286	286	286	286	286	286
Melkkoeien		302	305	304	303	290	286	297
waarvan melkgevende koeien		262	263	264	252	265	253	265
waarvan droge koeien		40	42	40	51	25	33	32
Jongvee, drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Jongvee, niet drachtig		0	0	0	0	0	0	0
Weide (aantal uren)		0	0	0	0	0	0	0
Bezettingsgraad		106	107	106	106	101	100	104
Aandeel drachtig jongvee t.o.v. melkkoeien		0	0	0	0	0	0	0
Aandeel droge koeien t.o.v. melkkoeien		13	14	13	17	9	12	11
Melkproductie (kg/dier/dag)		31	36	36	35	34	34	32
Melk (% eiwit)		3,5	3,4	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5
Melk (% vet)		4,4	4,2	4,2	4,1	4,4	4,6	4,5
Ureumgehalte (mg/100g)		23	22	22	20	23	21	20

Tabel CLM5.4 Data waarop referentiemetingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatie-debiet, concentraties en emissies) tijdens de referentiemetingen.

	1	2	3	4	5	6	7
Datum	25-2-2019	29-4-2019	17-6-2019	12-8-2019	21-10-2019	2-12-2019	18-2-2020
Dag in het jaar	56	119	168	224	294	336	49
CO ₂ stal (ppm)	1062	738	782	703	740	905	655
CO ₂ buiten (ppm)	547	512	522	512	495	463	490
Debiet (m ³ /dier/uur)	561	1349	1144	1520	1236	681	1797
NH ₃ stal (ppm)	4,0	2,1	3,1	2,6	2,4	3,0	1,5
NH ₃ buiten (ppm)	0,26	0,38	0,45	0,70	0,09	0,10	0,32
NH ₃ emissie (kg/dpl/jaar)	14,3	16,2	19,9	19,0	18,4	12,6	14,9
CH ₄ stal (ppm)	81,6	33,4	32,4	31,7	38,1	55,8	28,5
CH ₄ buiten (ppm)	5,1	6,9	7,1	8,4	6,4	3,2	11,5
CH ₄ emissie (kg/dpl/jaar)	276,2	229,7	181,3	222,4	238,2	217,9	192,6
N ₂ O stal (ppm)	0,37	0,34	0,33	0,41	0,45	0,50	0,41
N ₂ O buiten (ppm)	0,33	0,33	0,32	0,39	0,45	0,46	0,40
N ₂ O emissie (kg/dpl/jaar)	0,39	0,20	0,26	0,32	0,18	0,44	0,47

Bijlage 2 Meetapparatuur

B.2.1. Continue metingen WLR

Het instrument dat tijdens dit onderzoek door WLR is gebruikt om de NH_3 -concentraties in stallen continue te monitoren (Figuur B2.1) is gebaseerd op de diffusie van lucht door een membraan in de vloeibare elektrolytoplossing van een elektrochemische sensor (Dräger Polytron 8000 met de FL-6813260 sensor). In deze elektrolytoplossing is een aantal elektroden geplaatst. In de elektrolytoplossing vindt een chemische omzetting plaats. De omvang van deze omzetting is een maatstaf voor de hoeveelheid aanwezig NH_3 in het luchtmonster. De prestatiekenmerken van dit instrument in het lab en onder praktijkomstandigheden zijn door respectievelijk Melse e.a. (2016) en Mosquera e.a. (2017) beschreven.



Figuur B2.1 Dräger Polytron 8000 met de FL-6813260 sensor voor NH_3 -concentratiemetingen.

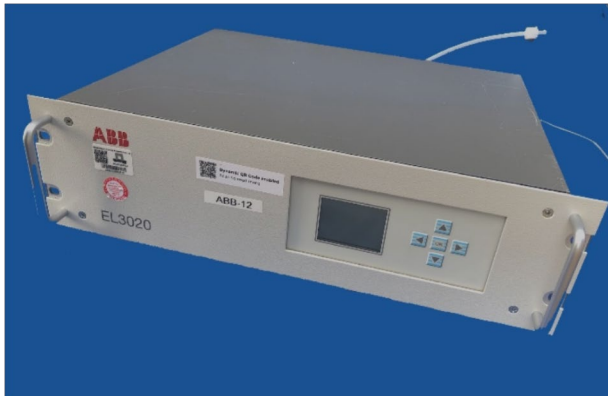
Voor het meten van de CO_2 -concentraties in stallen is in dit onderzoek door WLR gebruik gemaakt van een passieve *Non-dispersive infrared* (NDIR)-sensor (Figuur B2.2; Vaisala CARBOCAP® met GMP252 sensor; <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/GMP252-User-Guide-in-English-M211897EN.pdf>). Het meetprincipe van dit instrument is gebaseerd op de absorptie van infrarood licht door gasmoleculen. Het instrument vergelijkt twee verschillende signalen: 1) door het luchtmonster bloot te stellen aan infrarood licht met een golflengte die door CO_2 wordt geabsorbeerd, en 2) door een golflengte te gebruiken die niet door CO_2 wordt geabsorbeerd. De verhouding tussen deze twee signalen wordt dan gebruikt om de CO_2 -concentratie in het luchtmonster te bepalen.



Figuur B2.2 Vaisala CARBOCAP® met GMP252 sensor voor CO_2 -concentratiemetingen.

Voor het meten van de CH_4 -concentraties in stallen wordt in dit onderzoek door WLR gebruik gemaakt van een NDIR-monitor (Figuur B2.3; ABB EasyLine EL3000 met Uras26 sensor;

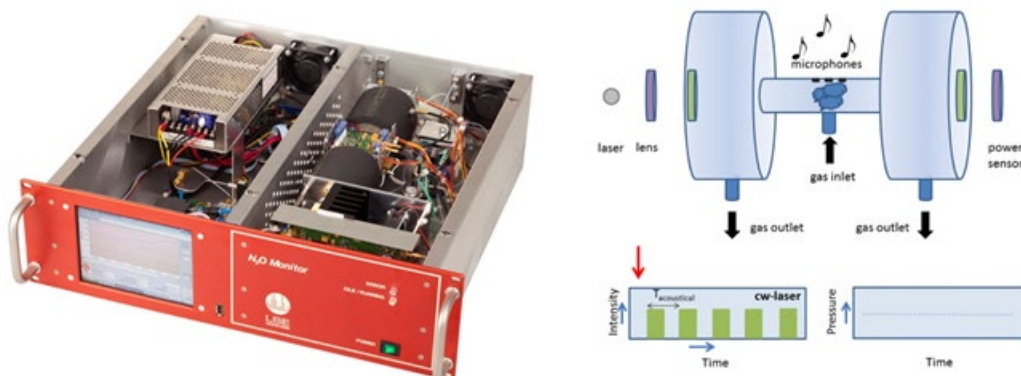
<https://library.e.abb.com/public/359441019c18638cc1257b0c00546b88/10-24-410-09-EN.pdf>). Zoals hierboven aangegeven maakt NDIR gebruik van de eigenschap van gasmoleculen om infrarood licht te absorberen. Ook hier worden twee signalen met elkaar vergeleken (een door het luchtmonster bloot te stellen aan infrarood licht in een golflengte die door CH₄ wordt geabsorbeerd, en een tweede door hetzelfde infrarood licht door een referentie cel (gevuld met een gas die het infrarood licht niet absorbeert zoals N₂) te laten passeren) om de CH₄-concentratie in het luchtmonster te bepalen.



Figuur B2.3 ABB EasyLine EL3000 met Uras26 sensor voor CH₄-concentratie metingen.

B.2.2. Continue metingen CLM

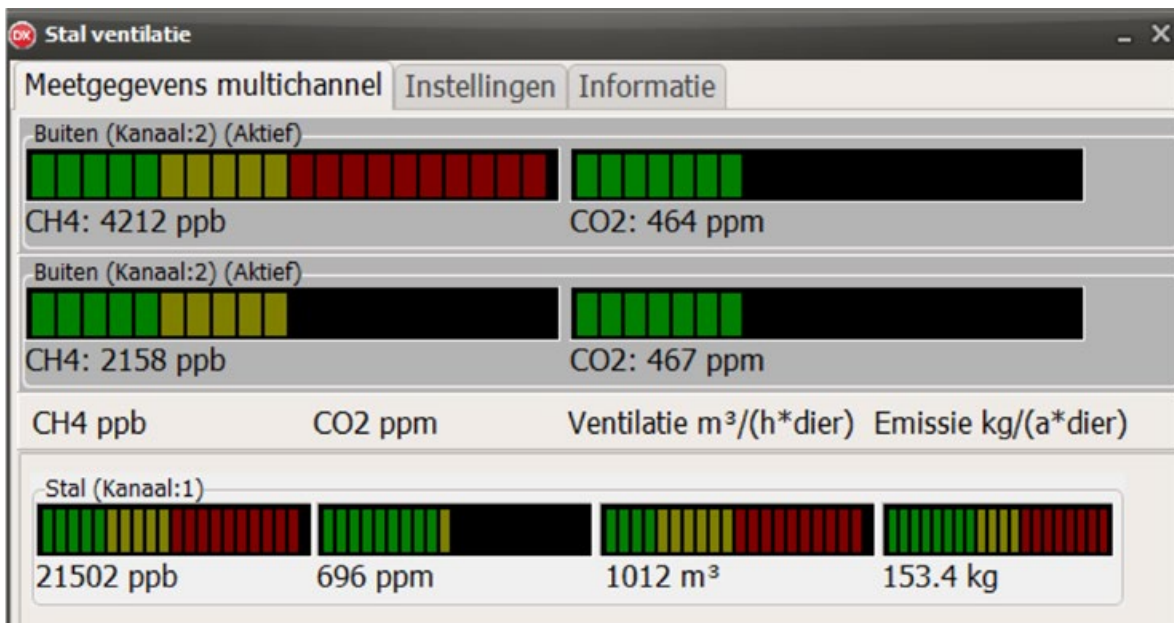
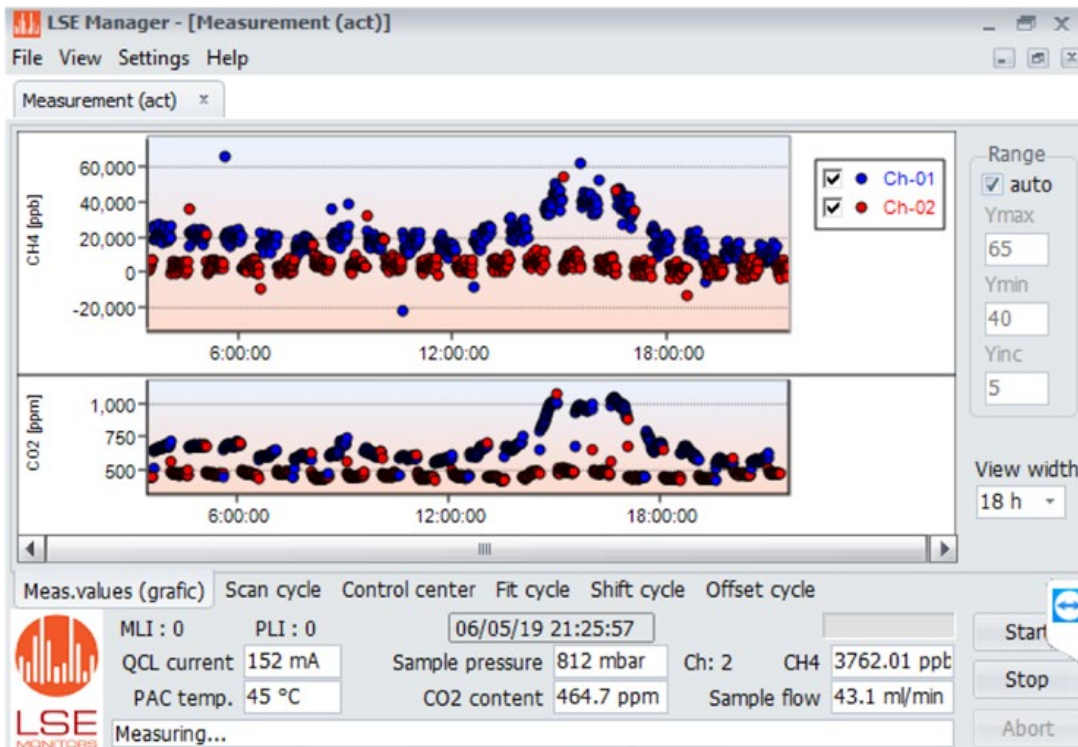
De analyzers die door CLM advies worden gebruikt, maken gebruik van fotoakoestiek met behulp van een telecomlaser voor het meten van ammoniak en methaan. Het laserlicht wordt omgezet in een geluidsgolf die wordt opgevangen door enkele microfoons. De golflengte van het laserlicht is specifiek voor het type gas dat daarbij gemeten wordt. Schematisch weergegeven ziet dit er als volgt uit:



Figuur B2.4 LSE analyser voor voor NH₃, CO₂ en CH₄-concentratie metingen.

Voor het meten van de CO₂-concentraties wordt gebruik gemaakt van een infraroodsensor (NDIR) (Vaisala GMP 251, Vaisala GmbH, Duitsland) die in de analyzer is ingebouwd.

De analyzers zijn uitgerust met software die ervoor zorgt dat de gemeten concentraties direct worden omgerekend naar emissies. Dat gebeurt met behulp van CIGR-rekenregels voor de ventilatiedebiet in open stallen. Met het tonen van de concentraties is het voor de veehouder eenvoudig om een inschatting te maken waar hij staat op basis van herkenbare waarden. Tevens zijn daarmee fluctuaties in de emissies sneller terug te zien, aangezien er direct een correctie plaatsvindt voor de ventilatiedebiet. In onderstaande figuur zijn zowel de concentratiemetingen als de emissieberekeningen te zien.



Figuur B2.5 Schermvoorbeeld van LSE analyser voor concentraties en ventilatie

De gegevens kunnen op afstand worden ingezien met behulp van Teamviewer. Tevens kunnen op afstand de gegevens worden uitgelezen en gelogd.

B.2.3 NH₃-Referentiemetingen: Natchemisch met wasflessen en impingers

Deze methode wordt uitgebreid in Mosquera e.a. (2019) beschreven. Bij de nat-chemische methode wordt de lucht via een monsternamaleiding met een constante luchtstroom (tussen 0,5-1,0 l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota ,VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van $\sim 1,0$ l/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml 0,05 M salpeterzuur) geleid, waarbij de NH₃ wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid (zie foto hieronder). Na de bemonsteringstijd wordt de

concentratie gebonden NH_3 spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA; zie foto hieronder). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH_3 -concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.

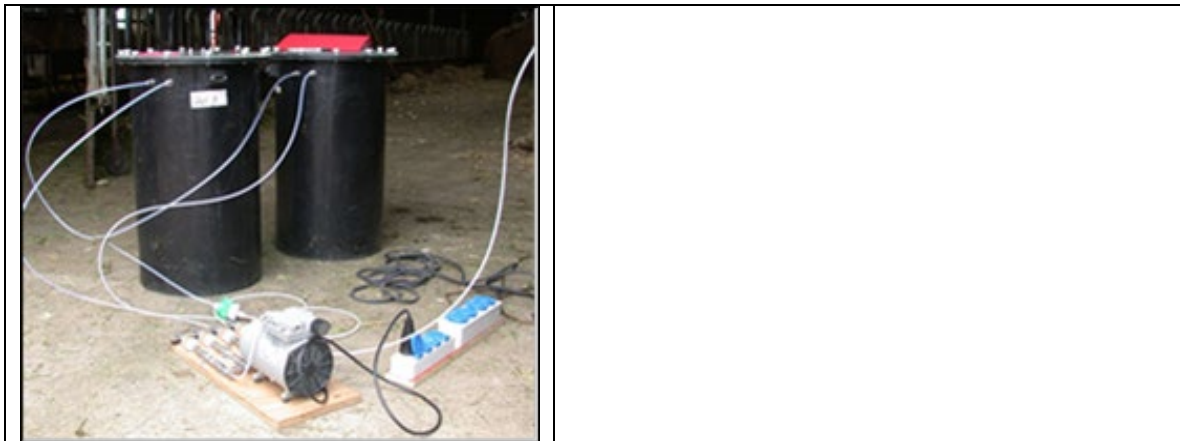


Figuur B2.6 Meetopstelling WLR voor NH_3 -referentiemetingen. Links: wasflessen. Midden: Droge gasstroommeter (DryCal® Defender 510-m, Bios Int. Corp, VS). Rechts: pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS), monsternamelleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (diameter: 8 mm; lengte: 80 mm), gehuisvest in a roestvrijstaal container voor bescherming).

B.2.4 Referentiemetingen voor CO_2 , CH_4 en N_2O : Longmethode

Deze methode wordt uitgebreid in Mosquera e.a. (2020) beschreven. Bij de toepassing van de longmethode wordt eerst een 40 liter Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon/PE-slang te zuigen, ontstaat in het vat onderdruk en wordt de te bemonsteren lucht aangezogen in de zak.

Bij de bepaling van de concentratie broeikasgassen (CO_2 , CH_4 en N_2O) wordt de monsterzak gedurende 24 uur continu gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze wordt een 24-uurs monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster wordt in het laboratorium van Wageningen Livestock Research (WLR) met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH_4 , CO_2), Haysep Q (N_2O); detector: CH_4 : FID, N_2O : ECD, CO_2 : HWD) bepaald.



Figuur B2.6 Meetopstelling WLR voor broeikasgas-referentiemetingen (via longmethode). Gesloten vaten met 40 liter Nalophan monsternamzakken voor luchtbemonstering, monsternamleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (binnendiameter: 8 mm; lengte: 80 mm), ondergebracht in een roestvrijstalen container voor bescherming; flow: ~ 20 ml/min). Lucht wordt met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS) uit het vat gezogen, waardoor de lucht in de zakken wordt aangezogen.

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.

