

UNIVERSITEIT GENT

FACULTEIT DIERGENEESKUNDE

Academiejaar 2014-2015

**MANKEN BIJ ZEUGEN: RISICOFACTOREN EN
DETECTIEMETHODEN**

door

Lien VAN DAMME

Promotoren: Prof. dr. D. Maes
Prof. dr. F. Tuytens

Literatuurstudie in het kader
van de Masterproef
© 2015 Lien Van Damme

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten bieden geen enkele garantie met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de gegevens vervat in deze masterproef, noch dat de inhoud van deze masterproef geen inbreuk uitmaakt op of aanleiding kan geven tot inbreuken op de rechten van derden.

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten aanvaarden geen aansprakelijkheid of verantwoordelijkheid voor enig gebruik dat door iemand anders wordt gemaakt van de inhoud van de masterproef, noch voor enig vertrouwen dat wordt gesteld in een advies of informatie vervat in de masterproef.

UNIVERSITEIT GENT

FACULTEIT DIERGENEESKUNDE

Academiejaar 2014-2015

**MANKEN BIJ ZEUGEN: RISICOFACTOREN EN
DETECTIEMETHODEN**

door

Lien VAN DAMME

Promotoren: Prof. dr. D. Maes
Prof. dr. F. Tuytens

Literatuurstudie in het kader
van de Masterproef
© 2015 Lien Van Damme

VOORWOORD

Graag wil ik hier een woord van dank richten aan de mensen die mij hebben bijgestaan bij de realisatie van deze masterproef.

Vooreerst wil ik mijn promotor en copromotor, professor Dominiek Maes en professor Frank Tuytens, bedanken voor hun begeleiding en richtlijnen gedurende het ganse proces. Ze stonden steeds klaar met de nodige feedback en stuurden mij bij waar nodig.

Een speciaal dankwoord gaat uit naar mijn ouders die mij de kans gegeven hebben om deze studies aan te vangen. Dankzij hun financiële en morele steun ben ik erin geslaagd de eerste vijf jaar van mijn studies te volbrengen.

Daarnaast wil ik ook mijn vriend, Bernard Van Remoortel, mijn zus, broer en vriendinnen van harte bedanken. Zij hebben mij altijd onvoorwaardelijk gesteund.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	
INHOUDSOPGAVE	
SAMENVATTING	1
INLEIDING	2
LITERATUURSTUDIE	3
1. SITUERING	3
1.1 Definitie manken	3
1.2 Probleemstelling	3
2. RISICOFACTOREN.....	5
2.1 Huisvesting en management	5
2.1.1 Vloertype.....	5
2.1.2 Vloerbedding.....	6
2.1.3 Oppervlakte per dier	6
2.1.4 Hygiëne.....	7
2.2 Voeding.....	7
2.2.1 Invloed op de beenvorming	7
2.2.1.1 Koolhydraten.....	8
2.2.1.2 Proteïnen en aminozuren	8
2.2.1.3 Lipiden	8
2.2.1.4 Mineralen	8
2.2.1.5 Vitaminen	9
2.2.2 Invloed op gewrichtskraakbeen	9
2.2.2.1 Koolhydraten.....	10
2.2.2.2 Proteïnen en aminozuren	10
2.2.2.3 Lipiden	10
2.2.2.4 Mineralen	10
2.2.2.5 Vitaminen	11
2.2.3 Invloed op hoornproductie	11
2.2.3.1 Proteïnen en aminozuren	11
2.2.3.2 Lipiden	11
2.2.3.3 Mineralen	11
2.2.3.4 Vitaminen	12
2.3 Factoren eigen aan de zeug.....	13
2.3.1 Klauwconformatie	13
2.3.2 Pootconformatie.....	14
2.3.3 Pariteit.....	14
3. DETECTIEMETHODEN	16

3.1.1	Visuele score methode	16
3.1.2	Analyse van de voetafdruk	18
3.2	Beoordeling van manken op basis van de houding.....	18
3.2.1	Tijdsbesteding per houding	18
3.2.2	Verandering van houding	19
3.3	Beoordeling van manken op basis van de gewichtsverdeling.....	20
3.3.1	Gewichtsverdeling tussen de ledematen.....	20
3.3.2	Gewichtsverschuiving	22
BESPREKING		24
REFERENTIELIJST		25

SAMENVATTING

Manken bij zeugen is een frequent voorkomend probleem, wat niet alleen een negatieve impact heeft op het dierenwelzijn maar ook heel wat economisch verlies voor de veehouder met zich meebrengt. De verplichting van de groepshuisvesting bij drachtige zeugen in 2013 werd voornamelijk ingevoerd om het dierenwelzijn te verbeteren. Echter, manken bij zeugen komt frequenter voor bij zeugen in groepshuisvesting. Er werd reeds onderzoek gedaan naar mogelijke risicofactoren om kreupelheid te voorkomen. Een eerste belangrijke factor die de kans op kreupelheid beïnvloedt, is de huisvesting en het management. Roostervloeren houden een groter risico in op kreupelheid in vergelijking met vloeren met een diepe strobedding. Ook mag men de hygiëne en de inrichting van de stal niet uit het oog verliezen. De voeding van de zeug is eveneens een belangrijke risicofactor. Deficiënties en intoxicaties van mineralen en vitaminen in het dieet kunnen schadelijk zijn voor het beenweefsel, het gewrichtskraakbeen en de hoornkwaliteit. Jongere zeugen vertonen een hoger risico op kreupelheid en de klauw- en pootconformatie moeten optimaal zijn voor de langleefbaarheid van de zeug. Dit kan men bewerkstelligen door middel van genetische selectie. Aangezien kreupelheid zo veelvuldig voorkomt, is het van groot belang om goede detectiemethoden te ontwikkelen. Tot nu toe werden vooral subjectieve methoden gebruikt, namelijk het visueel scoren van de mate van manken. Deze zijn niet 100% betrouwbaar en kunnen vroegtijdige kreupelheid niet opsporen, vandaar de nood aan objectieve methoden. Er zijn verschillende methoden beschikbaar gebaseerd op de gang, de houding en de gewichtsverdeling. Krachtplaten en drukgevoelige matten kunnen hierbij een hulp zijn en hebben potentieel om in de toekomst in de praktijk te worden ingezet.

Sleutelwoorden: Detectiemethoden - Kreupelheid - Risicofactoren - Zeugen

Manken is één van de belangrijkste oorzaken voor vervroegde afvoer van zeugen. Manken is geen eenduidig probleem. Er zijn verschillende oorzaken van manken mogelijk en de gevolgen van kreupelheid zijn aanzienlijk. Niet alleen de directe gevolgen zijn van belang, ook de indirecte gevolgen moeten in rekening worden gebracht. Onder de directe gevolgen verstaat men een verminderd dierenwelzijn en het vervroegd afvoeren van de zeugen wat gepaard gaat met een behoorlijk economisch verlies. Indirecte gevolgen, die daarmee onlosmakelijk verbonden zijn en het economisch verlies verder doen stijgen, zijn bv. de secundaire ziekten die de zeugen kunnen ontwikkelen als gevolg van een verminderde mobiliteit, het hoger aantal gemummificeerde foetussen bij de drachtige zeugen, het verlies van de arbeidsvreugde bij de veehouder, de noodzaak tot hogere aanvoer van jonge nieuwe zeugen met een gevolg op de reproductiecijfers. Om al deze redenen wordt manken bij zeugen aanzien als een belangrijk probleem.

In deze literatuurstudie worden de verschillende risicofactoren opgelijst. Het is van belang om deze te kennen, zodat men preventieve maatregelen kan nemen in de toekomst. Ook wordt het belang van objectieve detectiemethoden aangehaald in deze studie. Vroegtijdige detectie van kreupelheid is van cruciaal belang aangezien bij vroegtijdig ingrijpen en behandelen de overlevingskans voor de zeugen groter is en de kost van de behandeling lager.

1. SITUERING

1.1 Definitie manken

Manken is het onvermogen om één of meerdere ledematen op een normale manier te gebruiken, terwijl er wel een normale coördinatie aanwezig is in de onaangetaste ledematen. Manken of kreupelheid is een bewegingsbeperking, een afwijkende houding of een afwijkende manier van lopen. De ernst kan sterk variëren, dit kan gaan van een stijve gang tot totale decubitus, de dieren zijn dan niet meer in staat om recht te staan. Bij milde gevallen vertonen de dieren een verminderde symmetrie van de beweging van de ledematen en een gewijzigde (bv. verkorte) pas. Bij meer ernstige gevallen ziet men een verminderd gewichtsdragend vermogen van het aangetaste lidmaat (Straw et al., 1999). De differentiaaldiagnose is zeer uitgebreid (Wells, 1984). Uit diverse studies blijkt dat gewrichtsaandoeningen, waaronder osteochondrose en artritis, en klauwlaesies de belangrijkste oorzaken zijn van manken. Manken is één van de grootste redenen voor vervroegde afvoer en euthanasie van zeugen (Dewey et al., 1993; Kirk et al., 2005; Heinonen et al., 2006; Sanz et al., 2007; Engblom et al., 2008).

1.2 Probleemstelling

Manken bij zeugen is een frequent voorkomend probleem. Reeds in verschillende landen werd de prevalentie onderzocht. De gerapporteerde prevalenties zijn: 13,1% in Noorwegen (Gjein en Larssen, 1995a), 8,8% in Finland (Heinonen et al., 2006), 9,7% in België (Pluym et al., 2011), 15% in Denemarken (Bonde et al., 2004) en 16,9% in Engeland (KilBride et al., 2009). Manken heeft niet alleen een negatieve impact op het dierenwelzijn, ook het economisch verlies kan aanzienlijk zijn (Anil et al., 2005). Het financieel verlies, te wijten aan manken, werd geschat in verschillende studies en varieert van €37-138€ per manke zeug (D'Allaire et al., 1987; Jorgensen, 2000a; Anil et al., 2005; Kirk et al., 2005; Tiranti en Morrison, 2006; Engblom et al., 2007; Engblom et al., 2008).

Ernstige kreupelheid bij zeugen zorgt voor pijn, een verminderde activiteit en een risico op het lijden van honger en dorst (Madec et al., 1986; Valros et al., 2009). Aangezien ze niet in staat zijn om zich normaal voort te bewegen kan het moeilijk zijn om in competitie te treden met gezonde zeugen voor ondermeer voedsel, drinkwater en goede ligplaatsen (Madec et al. 1986). Manke zeugen zijn gepredisponeerd om secundaire ziekten te ontwikkelen. De dieren liggen vaker neer, hierdoor is er meer fecale contaminatie van de perineale regio met als gevolg ascenderende infecties zoals pyelonefritis, cystitis en endometritis. Deze infecties worden vaak geassocieerd met mortaliteit (Dee, 1992; Valros et al., 2009). Ook kan kreupelheid leiden tot een verhoogd aantal gemummificeerde foetussen (Pluym et al. 2013). Dit is te verklaren door het feit dat ernstig manken gepaard gaat met pijn. Hierdoor komen verhoogde concentraties acute fase proteïnen vrij (Heinonen et al., 2006) wat duidt op een inflammatoire reactie. Inflammatie en pijn zorgen voor een verminderde voederopname en dus een slechtere lichaamsconditie bij de zeugen, wat geassocieerd is met een verhoogde kans op gemummificeerde foetussen (Knauer et al., 2006).

Het financieel verlies bij kreupelheid kan worden toegeschreven aan de extra tijdsbesteding voor verzorging, hogere veterinaire kosten voor behandeling of euthanasie, een lager slachtgewicht door gedeeltelijk afkeuren van het karkas, een verminderde reproductie door een daling in conditie en een hogere mortaliteit door secundaire ziekten (Dagorn en Aumaitre, 1979; Schuttert, 2008). Een studie uit België toonde aan dat manken bij zeugen de tweede grootste reden is voor vervroegd afvoeren van zeugen wat resulteert in een lagere gemiddelde levensduur op het bedrijf (Pluym et al., 2013). In een andere studie uit Frankrijk is manken de derde belangrijkste reden voor afvoer van zeugen (Dagorn and Aumaitre, 1979) (Tabel 1).

Tabel 1. Redenen voor afvoer van zeugen (Dagorn and Aumaitre, 1979)

Afvoerredenen	Relatief aandeel
Reproductieproblemen	31%
Ouderdom	27%
Locomotorische problemen	9%
Lage productiviteit	8%
Sterfte	7%
Diverse problemen	6%
Anoestrus	5%
Problemen rond partus	4%
Abortus	3%

De vroegtijdige afvoer van zeugen heeft indirect ook een effect op de productiviteit aangezien de multipare zeugen vervangen worden door jongere zeugen welke minder grote nesten hebben en een lager aantal gespeende biggen per zeug per jaar dan multipare zeugen (Pluym et al., 2013). Bijkomend zorgt de opfok van nieuwe zeugen tot het moment van de eerste worp voor tijdverlies en voor een extra investering, daarom streeft men naar een zo lang mogelijke periode van productiviteit bij de zeugen (D'Allaire et al., 1987; Engblom et al., 2007).

Gezien het grote belang van manken is onderzoek naar mogelijke risicofactoren en detectiemethoden nodig.

2. RISICOFACTOREN

2.1 Huisvesting en management

De huisvesting vormt een belangrijke risicofactor voor kreupelheid bij zeugen (Kroneman et al., 1993b; Anil et al. 2007). Volgens de Europese Richtlijn 2001/88/EC moeten sinds 2013 alle zeugen vanaf 4 weken na inseminatie tot 1 week voor de verwachte werpdatum in groep worden gehuisvest. Groepshuisvesting biedt de dieren meer netto vloeroppervlak voor beweging, exploratie en sociaal gedrag in vergelijking met individuele huisvesting (Europese Commissie, 2008). Ondanks de vele voordelen voor het dierenwelzijn zijn er ook veel kritische punten. Klauwlaesies worden vaker waargenomen bij groepshuisvesting dan bij individuele huisvesting en er is ook meer agressie bv. tijdens het instellen van een sociale rangorde of wanneer er competitie is voor voeder (Kroneman et al., 1993a; Gjein and Larssen, 1995a,b; Pluym et al., 2013). Gezien de zwakke correlatie tussen klauwlaesies en manken kan men er niet vanuit gaan dat de risicofactoren voor klauwlaesies dezelfde zijn als deze voor kreupelheid. De locatie en ernst van de laesies zijn belangrijke factoren bij de associatie met manken (Gjein en Larssen, 1995a; Anil et al., 2007).

2.1.1 Vloertype

Volgens KilBride et al. (2009b) is de prevalentie van kreupelheid bij drachtige zeugen in groepshuisvesting gehouden op roostervloeren vier keer hoger dan bij drachtige zeugen gehouden op een volle vloer met diepe bedding of zeugen die buitenbeloop hebben. Vele andere onderzoekers (Heinonen et al., 2006; Karlen et al., 2007; Spoolder et al., 2009; Baxter et al., 2011) toonden eveneens aan dat er een hogere prevalentie van kreupelheid is bij roostervloeren.

Dit kan deels verklaard worden door het feit dat roostervloeren zonder bedding de kans op klauwproblemen verhogen (Heinonen et al., 2006). Volgens de Europese Richtlijn 2001/88/EC mogen de spleten in de roostervloer maximum 20mm bedragen en moeten de betonnen balken van de vloer een breedte van minimum 80mm hebben. Dit om te vermijden dat de klauwen van de zeugen tussen de spleten zouden vastraken (Mul et al., 2010).

Bij roostervloeren is het noodzakelijk om de vloer droog en schoon te houden en om een goede vloerkwaliteit te garanderen. De vloeren moeten voldoen aan de volgende factoren om het risico op verwondingen zo laag mogelijk te houden: ze moeten een optimale wrijvingscoëfficiënt (ruwheid, gladheid) hebben, ze moeten voldoende slijtage van de klauwen kunnen garanderen, ze moeten een optimale hardheid hebben en een optimaal profiel bezitten (Webb et al., 1983; McKee en Dumelow, 1995). Door het voorkomen van uitstekende scherpe objecten, te gladde of te ruwe beton, afgebrokkelde randen en verwijde spleten is er een stijging van de ontwikkeling van klauwlaesies of klauwinfecties. Dit dient dus zoveel mogelijk te worden vermeden (Pluym et al., 2013).

Een roostervloer voor zeugen bestaat meestal uit beton (Maes, 2013). Olsson en Svendsen (2002) toonden aan dat het gebruik van kunststof roostervloeren (plastiek) in groepshuisvesting geen verbetering van de klauwgezondheid opleverde in vergelijking met betonroosters.

2.1.2 Vloerbedding

Vermoedelijk is het frequent voorkomen van klauwlaesies geassocieerd met de intensivering van de varkensveehouderij en de daarbij horende huisvesting op betonnen vloeren met geen of een minimale bedding. De prevalentie van klauwlaesies varieert van 59% tot 99% (Gjein en Larssen, 1995a; Kirk et al., 2005; Anil et al., 2007; Knauer et al. 2007; Pluym et al., 2011). Echter, veel zeugen met klauwlaesies zijn niet mank. Dewey et al. (1993) en Kirk et al. (2005) toonden aan dat 5 tot 20% van de gevallen van kreupelheid toe te schrijven zijn aan laesies aan de klauw. Vooral kloven of scheuren ter hoogte van de witte lijn en wandhoorn zijn geassocieerd met kreupelheid (Deen et al., 2007). Bijkomend kunnen de laesies een toegangspoort vormen voor infecties welke kunnen spreiden naar het gewricht en zo ook voor manken kunnen zorgen (Gjein en Larssen, 1995c).

De incidentie en ernst van de klauwlaesies kan gereduceerd worden door het gebruik van vloerbedding, zoals stro. Stro zorgt er namelijk voor dat de klauwen minder overbelast worden. Strobedding is echter geen garantie op een volledige bescherming tegen klauwlaesies en een vereiste is dat de bovenste laag droog en vers gehouden wordt (Kildbride et al., 2009).

Een nadeel van een diepe strobedding is dat de natuurlijke slijtage van de klauwen verhinderd wordt en er zo een verhoogd risico op teenerosies bestaat. Dit kan vermeden worden door bepaalde plaatsen te voorzien zonder bedding, bijvoorbeeld de mestruimte (Kildbride et al., 2009).

Het gebruik van stro in groepshuisvesting is arbeidsintensief en gezien er regelmatig moet bij gestrooid worden is er een permanente kost. Stro kan mogelijk ook een vermeerderingsplaats vormen voor bepaalde bacteriën (Pluym., 2013). Ook kan er, door de combinatie van strooisel en roostervloeren, stro in de mestput terechtkomen waardoor het uitpompen van mengmest bemoeilijkt wordt. Door deze redenen verkiest men in de praktijk hoofdzakelijk stroloze stallen (Maes, 2013).

Rubbermatten zouden een bruikbaar alternatief kunnen zijn voor strobedding (Boe et al., 2007). Uit enkele studies (Tuytens et al., 2008; Elmore et al., 2010) bleek dat rubbermatten het welzijn van zeugen in groepshuisvesting verbeteren. Zo werden er minder huidlaesies waargenomen en vertoonden de zeugen een groter ligcomfort.

2.1.3 Oppervlakte per dier

Volgens de Europese regelgeving is de vereiste minimale oppervlakte voor drachtige gelten en zeugen in de groepshuisvesting, respectievelijk 1,64m² en 2,25m² per dier (Europese Commissie, 2008). Van deze oppervlakte moet in totaal 58% uit volle vloer bestaan (Europese Commissie, 2008). Indien de groepen kleiner zijn dan zes dieren moet de vrije vloeroppervlakte met 10% verhoogd worden.

Uit een onderzoek van Salak-Johnson et al. (2007) bleek een grotere oppervlakte per dier gerelateerd te zijn met een hoger risico op kreupelheid. Er werden in deze studie drie groepen van vijf zeugen onderzocht welke respectievelijk 1.4, 2.3 en 3.3 m² ter beschikking hadden per zeug. Dit hoger risico kan te wijten zijn aan het feit dat de dieren met een grotere oppervlakte per dier meer

bewegingsvrijheid hebben en dus veel actiever kunnen zijn. Dit kan de kans op verwondingen, die eventueel manken tot gevolg kunnen hebben, verhogen. KilBride et al. (2009a) toonden eveneens aan dat bij de meeste vleesvarkens met veel bewegingsvrijheid het risico op abnormale gang groter is.

Het effect van de beschikbare ruimte op kreupelheid kan bovendien afhankelijk zijn van de groepsgrootte. In een onderzoek van Street en Gonyou (2008) stelde men vast dat bij vleesvarkens gehouden op een beperkt oppervlak de kreupelheidscore hoger was bij dieren gehouden in grote groepen (n = 108) in vergelijking met dieren gehouden in kleine groepen (n = 18). De vereiste oppervlakte per dier hangt niet alleen af van de groepsgrootte maar ook van de groepsstabiliteit, het hokdesign en het voersysteem (Weng et al., 1998).

2.1.4 Hygiëne

Kroneman et al. (1993) hebben aangetoond dat zeugen meer uitglijden op natte dan droge vloeren, waardoor ze een verhoogd risico hebben op klauwlaesies. Natte vloeren bedekt met mest of een bedding die te nat en vuil is, zorgen bijkomend voor een verweking van de klauwen en voor chronische irritatie van de weke delen van de hielen waardoor erosies van de hielen kunnen ontstaan (Gjein and Larssen, 1995a; Kroneman et al., 1993; Webb, 1984). Ook de prevalentie van klauw infecties is hoger op bedrijven met vuile vloeren (Heinonen et al., 2006).

Door een inadequate mestafvoer komen verhoogde concentraties ammoniak vrij, wat ook een invloed uitoefent op de klauwen. Ammoniak reduceert de stevigheid en elasticiteit van de hoorn (Gregory, 2004; Higuchi et al., 2009). Hierdoor kunnen bacteriën zich beter aanhechten en zorgen bacteriële enzymen voor degradatie van keratine waardoor letsels van de klauwen kunnen ontstaan. Vuile vloeren zorgen er tevens voor dat penetratie van bacteriën, welke zorgen voor pijnlijke inflammaties, makkelijker kunnen plaatsvinden (Van Amstel, 2011).

Ter preventie van klauwlaesies moet de mestruimte zo droog en proper mogelijk gehouden worden. De vloeren moeten dus zo gebouwd worden dat er een optimale mest- en urineafvoer verzekerd wordt. Dit kan men bewerkstelligen door het gebruik van roostervloeren of een mestschraper. Het gebruik van een helling in de richting van de mestruimte kan helpen om de urine beter af te voeren (Althena et al., 2004).

2.2 Voeding

De voeding is een belangrijke predisponerende factor voor kreupelheid bij zeugen door de invloed op het beenweefsel, het gewrichtskraakbeen en de hoornkwaliteit (van Riet et al., 2013).

2.2.1 Invloed op de beenvorming

De voeding is van belang in de ontwikkeling en het onderhoud van botweefsel aangezien de botstructuur en het gehalte aan mineralen variëren naargelang de voeding (Bonjour, 2005). Een inadequate aanvoer van voedingsstoffen beïnvloedt de botkwaliteit wat kan resulteren in een verhoogd risico op kreupelheid. De beenmatrix kan enkel mineraliseren wanneer er een voldoende hoge concentratie mineralen beschikbaar is (McDowell, 2003). Ook de lactatieperiode kan een effect

hebben op de botkwaliteit. Het bot kan zwak of poreus worden, botdeformatie of zelfs botbreuken zijn mogelijk. Dit is het geval bij osteoporose, wat frequent voorkomt bij fokzeugen (Crenshaw, 2006).

2.2.1.1 Koolhydraten

Volgens sommige onderzoekers is een verminderde calciumabsorptie mogelijk door een verhoogde opname van vezels (Heaney et al., 1991). Volgens Reid en New (1997) valt dit verschil eerder te verklaren door het verschil in fosfaat in de voeding dan door het koolhydraatgehalte.

2.2.1.2 Proteïnen en aminozuren

Proteïnen en aminozuren zijn van belang voor de beenkwaliteit omdat de cross-linkage verbindingen tussen collageen tijdens de proteolyse een posttranslationale modificatie ondergaan (Heaney en Layman, 2008). Dit is een enzymgekatalyseerde verandering van een eiwit. Hierdoor kunnen de aminozuren niet opnieuw gebruikt worden (Heaney en Layman, 2008) en is het noodzakelijk om een voldoende aanvoer van proteïnen te verkrijgen.

2.2.1.3 Lipiden

Bij de mens werd aangetoond dat verzadigde vetzuren negatief geassocieerd zijn met de botmineraaldichtheid en botgezondheid (Corwin et al., 2006). Een verbetering was zichtbaar wanneer men het gehalte verzadigde vetzuren liet dalen en het gehalte polyonverzadigde vetzuren (PUFA) liet stijgen in het dieet (Corwin et al., 2006). Bij biggen werd dit ook gezien, de beenmassa steeg wanneer het dieet PUFA's bevatte (Blanaru et al., 2004; Crenshaw, 2006).

2.2.1.4 Mineralen

Voor het behoud van een goede botkwaliteit zijn de macromineralen calcium (Ca) en fosfor (P) onontbeerlijk. De Ca/P balans moet constant gehouden worden, met een minimum van 1/1. Bij calciumdeficiëntie vindt er geen normale vorming van osteoïd plaats of wordt het bestaande osteoïd vervangen door fibreus weefsel. Groeivertraging kan optreden aangezien de groeiplaat verzwakt en verwijd is (Underwood en Suttle, 1999; McDowell, 2003; Goff, 2010). Langdurige Ca-deficiëntie resulteert in kreupelheid (Underwood en Suttle, 1999). Bij fosfordeficiëntie wordt het osteoïd normaal gevormd maar wordt het niet gemineraliseerd wat ook resulteert in een lage groeisnelheid (Underwood en Suttle, 1999; McDowell, 2003; Goff, 2010).

Tekorten van zowel Ca als P resulteren in rachitis bij opgroeiende dieren en osteomalacie bij oudere zeugen. Een adequate opname is dus noodzakelijk maar is ook afhankelijk van de fysiologische behoeften. Deze zijn het hoogst op het einde van de dracht en tijdens de lactatie (McDowell, 2003). Lacterende zeugen met een te lage Ca- en P-opname kunnen hypocalcemie en botbreuken ontwikkelen.

Andere macromineralen die eventueel een invloed hebben zijn natrium (Na), kalium (K) en magnesium (Mg). Over de invloed van Na worden verschillende zaken gesuggereerd. Volgens McDowell (2003) resulteert een Na-deficiëntie in een verminderd gebruik van proteïnen en energie, wat zorgt voor een verandering in het eiwit- en aminozuurmetabolisme. Volgens een studie van Budde

en Crenshaw (2003) heeft de elektrolytenbalans in het dieet geen invloed op het botmineraalgehalte. Het gehalte aan K in het dieet zou de botkwaliteit kunnen beïnvloeden en zo ook het voorkomen van kreupelheid (van Riet et al., 2013). Magnesium is een belangrijk macromineraal voor de botintegriteit. Het speelt namelijk een rol in de omzetting naar de actieve vorm van vitamine D ($1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$), de actieve vorm is nodig voor de Ca-absorptie (Maher, 1999).

De micromineralen zink (Zn), koper (Cu), mangaan (Mn) en fluoride (F) kunnen ook een rol spelen. Door een Zn-deficiëntie wordt de botgrootte, de botsterkte en botgroei negatief beïnvloed (McDowell, 2003). Een Cu-deficiëntie leidt tot een duidelijke vermindering in activiteit van de osteoblasten en eveneens in het falen van botafzetting op de kraakbeen matrix (McDowell, 2003). Bij Mn resulteert een deficiëntie in korte verdikte botten, vergrote spronggewrichten en kreupelheid. Een intoxicatie leidt tot een verstijving van de ledematen en een onnatuurlijke gang (McDowell, 2003). Een tekort aan F komt zelden voor, terwijl een overmatige supplementatie van F een risico op kreupelheid kan vormen. Een teveel aan F interfereert met het Ca metabolisme en inhibeert de mineralisatie van het bot (Li, 2003).

2.2.1.5 *Vitaminen*

Vitamine A intoxicatie leidt tot een verhoogde botresorptie en een verminderde botaanmaak, wat resulteert in botverlies en een hoog risico op spontane breuken (Binkley en Krueger, 2000). Vitamine B is geassocieerd met longitudinale beengroei. Een deficiëntie van vitamine B heeft een invloed op het beenmetabolisme en resulteert in botabnormaliteiten (Cagnacci et al., 2003). Vitamine D speelt een belangrijke rol in de beenremodellering, aangezien de Ca-absorptie en mobilisatie erdoor gecontroleerd worden. Vitamine D heeft ook een functie in het herstel van breuken (Goff, 2010). De actieve vorm van vitamine D ($1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$) onderhoudt eveneens de plasmaconcentraties van Ca en P (Clarke, 2008; Goff, 2010).

2.2.2 Invloed op gewrichtskraakbeen

Het gewrichtskraakbeen heeft twee belangrijke functies, enerzijds heeft het een gewrichtsdragende functie, anderzijds heeft het een glijdende functie. Het gewrichtskraakbeen bestaat uit een gering aantal chondrocyten (kraakbeencellen) en een extracellulaire matrix, welke hoofdzakelijk bestaat uit water, collageen type II en proteoglycanen (van Turnhout et al., 2010). De twee belangrijkste gewrichtskraakbeen aandoeningen zijn osteochondrose (OC) en osteoartritis (OA). Osteochondrose is een syndroom waarbij een gestoorde endochondrale ossificatie optreedt. Bij osteoartritis ondergaan het gewrichtskraakbeen en het onderliggende been degeneratie (Crenshaw, 2006; van Turnhout et al., 2010). Bij beide aandoeningen wordt kreupelheid waargenomen. Om aandoeningen aan het gewrichtskraakbeen te voorkomen is een optimale voedsel- en zuurstofvoorziening vereist ter hoogte van het avasculaire kraakbeen. Ook de afvalstoffen ter hoogte van het synoviaalvocht moeten efficiënt afgevoerd worden (Crenshaw, 2006; van Turnhout et al., 2010). Bij OC en OA is de nutriënten toevoer door middel van diffusie verstoord. Dit resulteert in een verstoorde proteoglycanen synthese met een lokale proteoglycanen depletie en verminderde proteoglycanen aggregatie (Crenshaw, 2006).

2.2.2.1 Koolhydraten

Hoge glucoseconcentraties in het voeder en de daardoor veroorzaakte postprandiale hyperinsulinemie zijn predisponerende factoren voor osteochondrose bij het paard, omwille van hun direct effect op de endochondrale ossificatie (van Weeren, 2006). Door de hoge insulinegehaltenes worden de thyroïdhormonen uit de bloedbaan gedreven. Dit beïnvloedt de differentiatie van de chondrocyten en de ingroei van bloedvaten in groeikraakbeen. Dit kan een invloed hebben op de diffuse nutriëntentoevoer (van Weeren, 2006). Deze resultaten werden nog niet bevestigd bij de zeug. De proteoglycanen component, glucosamine sulfaat, kan gunstig zijn als symptomatische therapie bij OA en andere degeneratieve kraakbeenaandoeningen. Glucosaminesulfaat remt de ontstekingsmediatoren en zo de degradatie van kraakbeen (Percival, 1997). Glucosaminesulfaat remt eveneens de productie van matrixmetalloproteases (MMP). Dit zorgt ook voor een inhibitie van de kraakbeendegradatie (Percival, 1997; Frantz, 2006).

2.2.2.2 Proteïnen en aminozuren

De concentratie proteïnen en de proteïnebron in het voeder voor zeugen heeft een invloed op het voorkomen van OC. Het proteïnegehalte is lager in het voeder voor gelten. Dit kan een verzwakking van het kraakbeen tot gevolg hebben (Slevin et al., 2001). Een studie van Frantz (2006) heeft aangetoond dat een supplement van proline en glycine een positief effect heeft op de vorming van collageen. Methionine heeft een belangrijke rol als S-adenosylmethionine (SAME) precursor of als S-donor (Frantz, 2006). Door de methionine metaboliet SAME is er een verhoogde synthese van collageen en proteoglycanen (Frantz, 2006).

2.2.2.3 Lipiden

Bij degeneratieve aandoeningen van het gewrichtskraakbeen, onder andere OA, kan men de symptomen reduceren door middel van omega-3 vetzuren. Deze werking wordt, net zoals bij glucosaminesulfaat, bekomen door een reductie van de inflammatoire respons en door een inhibitie van de MMP productie, welke bij degeneratie van het kraakbeen in hoge concentraties aanwezig zijn (Frantz, 2006).

2.2.2.4 Mineralen

Calcium en fosfor spelen een directe rol in de maturatie en differentiatie van kraakbeencellen (Crenshaw, 2006), maar uit onderzoek is gebleken dat ze geen invloed hebben op de ernst van OC (Fukawa en Kusuhara, 2001; Ytherus et al., 2007). Zwavel is een macromineraal dat een effect heeft op aandoeningen van het gewrichtskraakbeen, want het is nodig om proteoglycanen te vormen (Frantz, 2006). Maar het effect van zwavel op OC en OA is nog niet bevestigd bij zeugen. Supplementatie van zink (Zn) kan de incidentie van gewrichtskraakbeenaandoeningen verhogen (Frantz, 2006). Door een overmatige Zn opname wordt het koper (Cu) afhankelijke enzyme lysyl oxidase gereduceerd (Hill et al., 1983; van Weeren, 2006). Deze mineralen imbalance tussen Cu en Zn zorgt voor kreupelheid en abnormaal gevormd gewrichtskraakbeen (Hill et al., 1983). Koper is vereist

voor de werking van het enzym lysyl oxidase. Dit enzym is essentieel voor de cross-linkage van collageen (Percival, 1997; Frantz, 2006). Bij een koperdeficiëntie vindt er geen cross-linking plaats tussen het collageen, wat resulteert in een gedaalde rigiditeit van de gewrichten, overmatig gebogen spronggewrichten en kromme voorpoten. Langdurige Cu-deficiëntie kan zelfs zorgen voor degeneratieve en inflammatoire condities, inclusief artritis en osteoporose (McDowell, 2003).

2.2.2.5 *Vitaminen*

Vitamine A, B en D supplementatie hebben geen effect op OC (Ytherus et al., 2007). Vitamine C kan eventueel een invloed hebben op het gewrichtskraakbeen door regeneratie van antioxidanten waaronder vitamine E. Bij een vitamine C deficiëntie ziet men een verminderde collageensynthese (Percival, 1997), supplementatie van vitamine C kan kraakbeenaandoeningen niet voorkomen (Nakano et al., 1987; Ytherus et al., 2007).

2.2.3 Invloed op hoornproductie

De hoornproductie is het resultaat van proliferatie, keratinisatie en verhoorning van de keratinocyten (Tomlinson et al., 2004). Door een inefficiënte nutriëntentoevoer van aminozuren, vetzuren, mineralen en vitaminen naar de avasculaire epidermis wordt de hoornproductie verstoord en is er een verhoogde gevoeligheid voor chemische, fysische en microbiële schade vanuit de omgeving (Tomlinson et al., 2004; Muelling, 2009).

2.2.3.1 *Proteïnen en aminozuren*

Een verminderde hoornproductie kan aanwezig zijn gedurende de late dracht en lactatie, aangezien de behoeften aan aminozuren hoger zijn tijdens deze periode (NRC, 2012). Hierdoor is het mogelijk dat de keratinocyten onvoldoende proteïnen kunnen produceren wat kan resulteren in een verhoogd risico op kreupelheid (Tomlinson et al., 2004). Vooral de zwavelhoudende aminozuren zijn van belang tijdens de keratinisatie. Ze leveren een belangrijke bijdrage aan de klauwintegriteit. Cysteïne (zwavelhoudend aminozuur) is zeer relevant, aangezien disulfidebruggen noodzakelijk zijn tussen de cysteïne residuen. Deze vormen de laatste stap van de keratinisatie en de verhoorning (Tomlinson et al., 2004).

2.2.3.2 *Lipiden*

Vetzuurconcentraties worden makkelijk beïnvloed door het dieet, deze hebben een gunstig effect op de weerstand van de klauwen bij omgevingsveranderingen (Wood et al., 2008).

2.2.3.3 *Mineralen*

Calcium initieert en reguleert de keratinisatie en de verhoorning en heeft zo een invloed op de hoornproductie. De initiatie en regulatie vinden plaats via de activatie van het epidermaal transglutaminase, die zorgt voor een verbinding tussen de keratinevezels van de celwand (Mülling et al., 1999; Tomlinson et al., 2004). Bij een te laag Ca gehalte wordt de toevoer via diffusie verstoord,

wat resulteert in een verlaagde werking van het transglutaminase en daardoor productie van onvolledig gekeratiniseerde hoorn (Mülling et al., 1999; Tomlinson et al., 2004).

De biobeschikbaarheid en de aanwezigheid van micromineralen in het dieet zijn van zeer groot belang voor de hoornproductie (Tomlinson et al., 2004). Het risico op kreupelheid stijgt bij een insufficiënte beschikbaarheid van micromineralen in het dieet of bij een verstoorde diffusie naar de keratinocyten. Dit resulteert in een verlaagde hoornintegriteit (Tomlinson et al., 2004). Zink is een belangrijk micromineraal waarvan zowel de katalytische, structurele en regulatorische functies de processen nodig voor de hoornproductie beïnvloeden. Voor koper speelt vooral een tekort een rol voor de klauwintegriteit. Zo kunnen klauwlaesies ontstaan door een tekort aan koper in het dieet. De activatie van het enzyme pyruvaat carboxylase gebeurt door mangaan (Mn), dit is essentieel voor de hoornproductie (Tomlinson et al., 2004; Andrieu, 2008). Selenium (Se) heeft een beschermende functie ten opzichte van de lipide membranen (zowel intracellulair als extracellulair) tegen oxidatieve schade en beschermt dus ook de intercellulaire cement substantie (Tomlinson et al., 2004; Muelling, 2009). Bij een te laag seleniumgehalte kan de antioxidant functie niet door gaan (Andrieu, 2008). Bij een intoxicatie met selenium wordt de vorming van disulfidebruggen tijdens de verhoorning geïnhibeerd (Muelling, 2009), wat tot inferieure hoorn leidt met manken en klauw malformatie tot gevolg (McDowell, 2003). Aangezien chroom (Cr) van belang is als cofactor in de insuline activatie speelt het ook een rol in het cel glucose metabolisme. Als de glucoseopname verstoord is, heeft dit een verstoorde nutriëntentoevoer tot gevolg wat leidt tot een inferieure hoornproductie met eventueel klauwlaesies en kreupelheid tot gevolg (McDowell, 2003). Het joodgehalte in het dieet is vooral bij jonge biggen van belang voor een optimale hoornproductie. Bij oudere zeugen ziet men zelden een joodtekort (McDowell, 2003). Molybdeen (Mo) is van belang voor het metabolisme van zwavelhoudende aminozuren (Appelt, 2006).

2.2.3.4 Vitaminen

Vitamine A is nodig voor de celdifferentiatie. Een tekort aan vitamine A kan leiden tot een verminderde hoorn groei en calcificatie (Waldenstedt, 2006; Kellon, 2008). Vitamine C is van belang voor de collageensynthese in het hoornweefsel (Muelling, 2009). Over het effect van biotine wordt veel gediscussieerd. Biotine is een wateroplosbaar vitamine B, wat vereist is in het keratinisatie proces. Volgens sommige studies ziet men een verbetering van de klauwen bij supplementatie en een verminderd aantal klauwlaesies (Webb et al., 1984; Kempson et al., 1989). Andere studies daarentegen vonden geen effect (Penny et al., 1980; Lewis et al., 1991). Deze verschillen kunnen afhankelijk zijn van verschillende oorzaken, namelijk: de hoeveelheid en duur van de supplementatie, de biobeschikbaarheid van biotine, de biotinestatus aan het begin van de studie en de leeftijd en pariteit van de zeugen (van Riet et al., 2013). Vitamine E is van belang voor de klauwintegriteit. Het is een beschermende factor voor weefselverval en membraanschade door oxidatieve degeneratie (Mülling et al., 1999; Tomlinson et al., 2004; Waldenstedt, 2006). Bij een te laag vitamine E gehalte komen laesies vaker voor (Tomlinson et al., 2004).

2.3 Factoren eigen aan de zeug

2.3.1 Klauwconformatie

Een varkensvoet bestaat uit twee gewichtdragende tenen (de steuntenen) en uit twee accessoire tenen (de bijtenen). De distale falangen worden omgeven door een hoornkapsel en vormen zo de klauwen respectievelijk de bijklauwen. De voet wordt gevormd door vier verschillende types hoorn. Deze vormen samen de wand, de hiel, de zool en de witte lijn van de varkensvoet (Fig. 1) (Pluym et al., 2011).

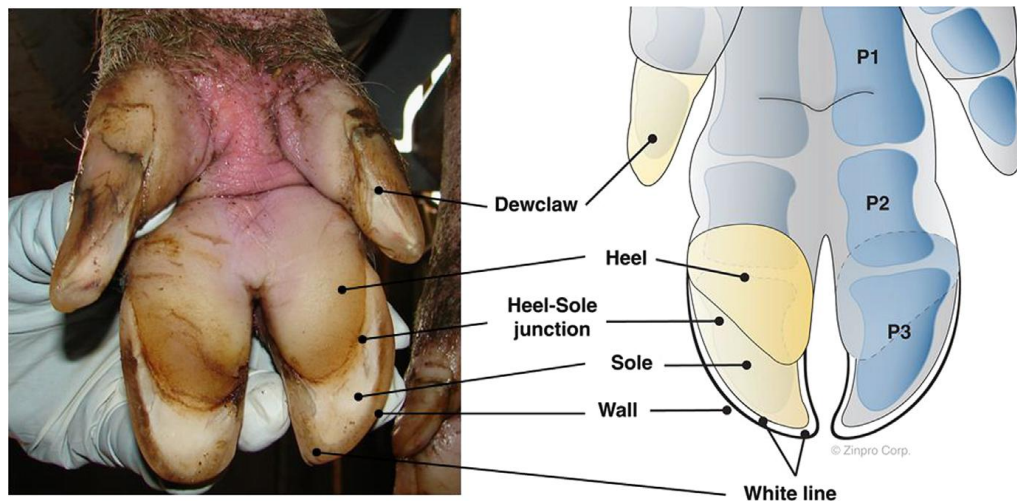


Fig. 1 Foto (links) en een schematische representatie (rechts) van de voet van een zeug met de belangrijkste anatomische kenmerken (uit Nalon et al. 2013)

Bij varkens zijn de laterale klauwen langer dan de mediale klauwen. Dit verschil kan men vooral zien ter hoogte van de achterste ledematen en wordt duidelijker naarmate de varkens ouder worden (Bradley et al., 2007).

Pluym et al. (2011) toonden in een studie aan dat de laesiescore van de laterale klauwen significant hoger was dan deze van de mediale klauwen. Een gelijkaardig resultaat werd ook door andere onderzoekers vastgesteld (Gjein and Larssen, 1995a; Jorgensen en Andersen, 2000; Anil et al., 2007). De verklaring ligt in het feit dat de vier laterale klauwen samen instaan voor 78% van het lichaamsgewicht. De laterale klauwen worden dus veel meer belast in vergelijking met de mediale klauwen (Webb et al., 1984). De oppervlakte van de laterale klauwen is groter wat enerzijds voor een betere drukverdeling zorgt. Anderzijds zijn de laterale klauwen meer vatbaar voor laesies.

Het verschil in grootte tussen de mediale en laterale klauw wordt door genetische factoren bepaald, maar de huisvesting beïnvloedt eveneens de klauwconformatie (Kroneman et al., 1992). Fan et al. (2009b) hebben recent genetische merkers geïdentificeerd die geassocieerd zijn met een ongelijke klauwgrootte. Er is verder onderzoek nodig om aan te tonen of men door middel van genetische selectie naar gelijke klauwgrootte het ontstaan van klauwlaesies kan helpen voorkomen.

Een abnormale groei van de klauwen is net zoals asymmetrische klauwgrootte één van de redenen voor vervroegde afvoer van zeugen (Fernández de Sevilla et al., 2009b). De abnormale groei is matig

erfelijk, dus dit zou een goed selectie criterium kunnen zijn voor de preventie van klauwlaesies en een verbetering van de levensduur van de zeugen (Fernández de Sevilla et al., 2009b).

Ook de bijklauwen spelen een belangrijke rol in het voorkomen van kreupelheid. Manke zeugen vertonen langere bijklauwen in tegenstelling tot niet-manke zeugen (Pluym et al., 2011). Langere bijklauwen kunnen makkelijker vast komen te zitten tussen de spleten in de roostervloer met een groot risico op het scheuren van de bijklauwen. De goed bezenuwde dermis kan bloot komen te liggen, waardoor de varkens veel pijn kunnen lijden (Pluym et al., 2011).

2.3.2 Pootconformatie

De pootconformatie speelt een rol in de levensduur van de zeugen (Tiranti en Morrison, 2006). In een studie van Tiranti en Morrison (2006) werd deze gemeten door middel van een scoresysteem waarbij een getrainde observator de gelten scoorde. Gelten met een ongewenste conformatiescore op het moment van selectie hebben een groter risico op vervroegd afvoeren of euthanasie omwille van kreupelheid. Dit zou men kunnen voorkomen door te selecteren op de pootconformatie, waardoor men een langere leefbaarheid van de zeugen bekomt en zo betere prestaties van de bedrijven (Tiranti en Morrison, 2006).

Brennan en Aherne (1987) suggereerden dat de conformatie van het lichaam, de poten en ledematen van een varken de incidentie van osteochondrosis kunnen beïnvloeden.

2.3.3 Pariteit

Pluym et al. (2011) toonden een verband aan tussen het voorkomen van kreupelheid bij zeugen en de pariteit, waarbij jongere zeugen een hogere kans op kreupelheid hebben in vergelijking met oudere zeugen. Gjein en Larssen (1995c) en Heinonen et al. (2006) stelden dit verband ook vast, maar de lagere prevalentie van kreupelheid zou ook het gevolg kunnen zijn van een strikte afvoerstrategie.

De klauwlaesie score wordt significant beïnvloed door de pariteit (Pluym et al., 2011) (Fig. 2). Bij oudere zeugen komen er meer letsels voor ter hoogte van de wandhoorn en zijn de bijklauwen/klauwen langer.

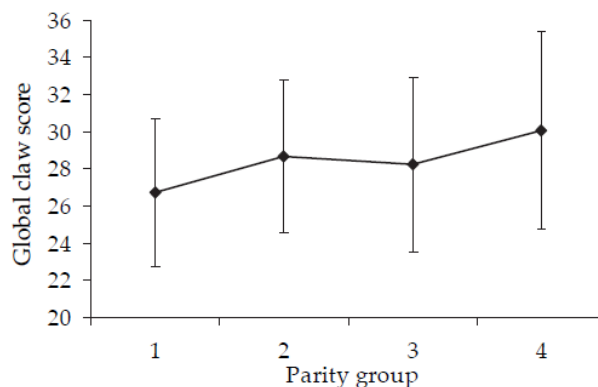


Fig. 2 De associatie tussen pariteit en globale klauwlaesie score (uit Pluym et al., 2011)

Pluym et al. (2011) concludeerden dus dat bij oudere zeugen de kans op het voorkomen van klauwlaesies groter is terwijl de kans op kreupelheid lager is. Hieruit leidde men af dat kreupelheid bij oudere zeugen vooral veroorzaakt wordt door andere oorzaken dan klauwlaesies (Pluym et al., 2011).

3. DETECTIEMETHODEN

Door het toenemend belang van kreupelheid bij zeugen wordt er steeds meer onderzoek gedaan naar detectiemethoden (Pluym et al., 2011). Vroegtijdige detectie van manke zeugen is nodig om het dierenwelzijn te garanderen, de productiviteit te verbeteren en vroegtijdige behandeling mogelijk te maken. Door vroege detectie wil men ook het vroegtijdig afvoeren van zeugen voorkomen (Grégoire et al., 2013). Tot op heden wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de beoordeling op het zicht. Er zijn echter ook meer objectieve methoden (Nalon et al., 2013).

3.1.1 Visuele score methode

Bij deze methode is het de bedoeling om de gang van de dieren te beoordelen op basis van visuele beoordeling van hun locomotie of gang. Manke zeugen vertonen specifieke veranderingen in hun gang. Deze veranderingen worden in de literatuur beschreven als onder andere onwil om te stappen, een gedaalde stapsnelheid, een kortere of ongelijke paslengte, een slingerende beweging van de ene zijde naar de andere, minder of geen gewichtsdragend vermogen op het aangetast ledemaat en een verticale beweging van de kop (Karlen et al., 2007; Grégoire et al., 2013). De beweging van de kop is moeilijker te beoordelen bij zeugen dan bij koeien omwille van hun kortere nek (Main et al., 2000). Nog een extra moeilijkheid bij het beoordelen van de gang is dat gedomesticeerde zeugen nog steeds hun basisinstinct bezitten waardoor ze de symptomen verbergen voor mogelijke predatoren of voor hun groepsgenoten (Weary et al., 2009; Anil et al., 2009a). In ernstige gevallen is de kreupelheid wel heel duidelijk: de zeugen steunen minimaal of zelfs helemaal niet meer op het aangetaste lidmaat en ze weigeren om nog te bewegen (Main et al., 2000). Visuele scoring kan gebeuren door de dieren rechtstreeks te observeren of door middel van video's. De scores worden meestal via een ordinale of een continue schaal toegekend (Nalon et al., 2013).

Er werden al verschillende ordinale schalen voor kreupelheid bij zeugen opgesteld, waarbij het aantal categorieën varieert van twee tot tien mogelijkheden (Nalon et al., 2013). De betrouwbaarheid hangt voornamelijk af van de verschillen waargenomen tussen de observatoren en binnen de observatoren. De overeenkomst van de scores is van groot belang om de dieren te identificeren die mank zijn en een behandeling nodig hebben, om de effectiviteit van remediërende acties goed te kunnen evalueren en om toekomstige fokzeugen te selecteren (Mullan et al., 2011). De betrouwbaarheid tussen de verschillende observatoren is meestal matig bij visuele scoring, maar door regelmatige bijscholing van de observatoren kan men een acceptabele betrouwbaarheid tussen de observatoren bereiken en behouden (Main et al., 2000; D'Eath, 2012). Uit een studie van Nalon et al. (2014) blijkt dat betrouwbaarheid tussen observatoren hetzelfde is voor zowel de 'tagged' visueel analoge schalen (zie Fig. 3) als voor de ordinale schalen met vijf categorieën. Ze zijn beide beter dan een ordinale schaal met twee categorieën met dezelfde omschrijving (Nalon et al., 2014).

Door middel van een visueel analoge schaal kan men de dieren ook visueel scoren. Er wordt aanbevolen om die te voorzien van descriptoren, de zogenaamde 'tagged' visual analogue scales. Dit is een continue schaal die meestal uit een 15cm lange horizontale lijn bestaat, waarbij de beide

uiteinden een minimum en een maximum score voorstellen. Bv.: links is een perfecte gang en rechts is ernstig mank (Fig. 3) (Gould et al., 2001).

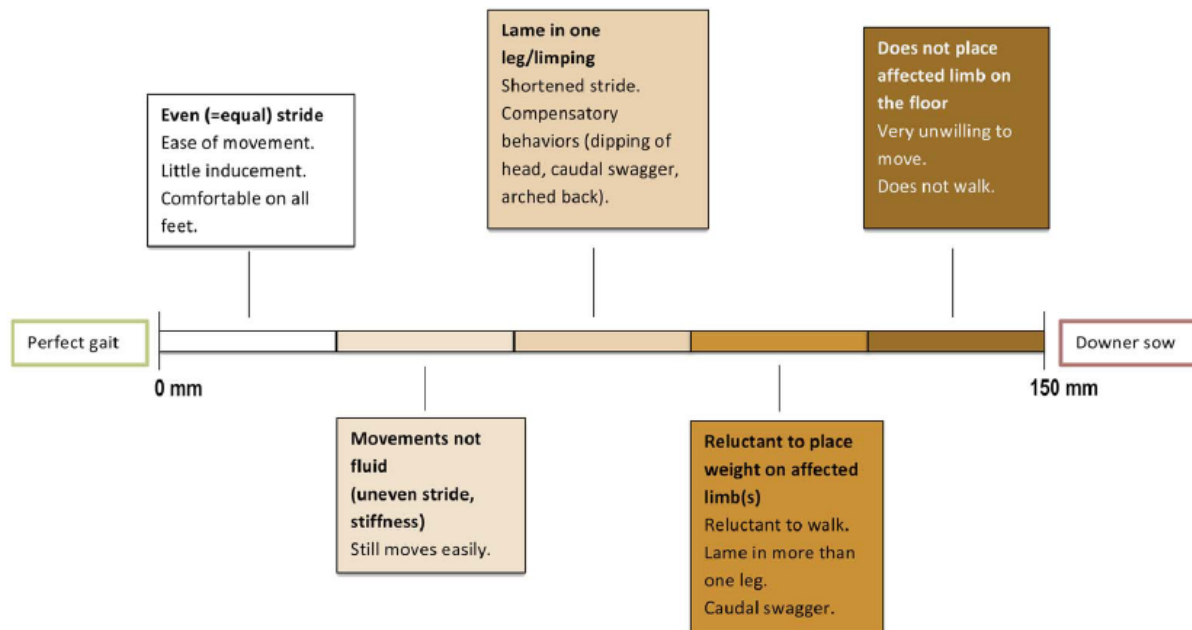


Fig. 3 De 'tagged' visuele analoge schaal voor gangbeoordeling bij zeugen. De score wordt door de observatoren aangeduid door middel van een verticaal lijn op de balk te plaatsen. Hoe meer naar rechts, hoe ernstiger de kreupelheid (uit Nalon et al., 2014).

Continue schalen hebben een hogere gevoeligheid dan ordinale schalen, aangezien de observatoren meer subtiele veranderingen kunnen aanduiden met continue schalen (Engel et al., 2003).

De voordelen van visuele scoring systemen zijn het minimum aan materiaal dat ze vereisen en de uitvoerbaarheid in de praktijk. Om accurate resultaten te bekomen zijn getrainde en ervaren observatoren een vereiste (Main et al., 2000). Dit is de grootste zwakte van deze systemen. Een bijkomend probleem is dat duidelijk manke zeugen goed worden onderscheiden van niet-manke dieren, maar subtiele veranderingen in de gang moeilijker waar te nemen zijn.

Kinematica is een techniek waarbij de beweging bestudeerd wordt op basis van video-opnames, zonder krachten in rekening te brengen (von Wachenfelt et al., 2009). Bij toepassing van de op video gebaseerde bewegingsanalyse worden reflecterende merkers op de dieren gekleefd op vooraf bepaalde anatomische referentiepunten (Fig. 4). Ze moeten steeds op dezelfde plaats angebracht worden, dit kan moeilijk zijn op gewrichten en beenderen waar een grote massa spier- of vetweefsel boven ligt. Bovendien kunnen de reflectoren zich ook verplaatsen door het bewegen van de huid (Kim et al., 2011). De video's die men bekomt worden geanalyseerd met een automatisch programma. Hiermee kan de stapnelheid, de paslengte, de zweef- en steuntijd, de gewrichtshoeken en de voethoogte voor elk lidmaat berekend worden. Deze kenmerken worden gebruikt om kinematische patronen vast te stellen, indicatief voor kreupelheid (von Wachenfelt et al., 2008). Grégoire et al. (2013) toonden aan dat verschillende parameters van de gang significant veranderen afhankelijk van de graad van kreupelheid, gedetermineerd door middel van visuele scoring. Bewegingsanalyse door

middel van videocamera's is een effectieve manier, maar wordt in de praktijk niet zo vaak toegepast omdat het een zeer tijdrovende methode is en technisch complex (Grégoire et al., 2013). Deze techniek leent zich beter voor onderzoek in plaats van voor beoordeling van kreupelheid in de praktijk (Grégoire et al., 2013).

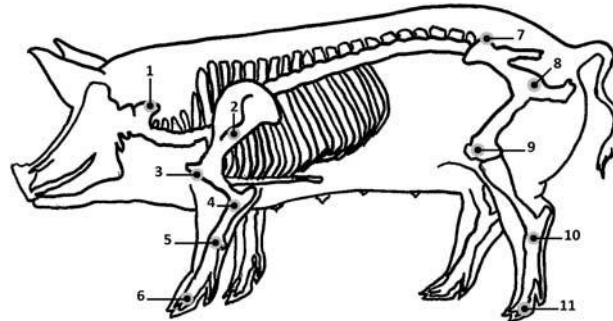


Fig. 4 De punten stellen anatomische referentiepunten voor waarop de reflecterende markers worden aangebracht voor kinematisch onderzoek (uit Grégoire et al., 2013)

3.1.2 Analyse van de voetafdruk

Er werden verschillende methoden onderzocht om de voetafdruk te analyseren. Een eerste methode bestaat uit het gebruik van een vloer met daarop een kleilaag met een dikte van 2cm waarop men de dieren laat stappen (Grégoire et al., 2013). Er worden foto's van de voetafdrukken genomen om te analyseren met specifieke software. Grégoire et al. (2013) concludeerden dat met deze techniek geen verschil kon gevonden worden tussen gezonde en manke zeugen in hun studie. Het niet vinden van een verband was hoogstwaarschijnlijk te wijten aan de gladheid van de klei, wat de gang van de zeugen beïnvloedt (Thorup et al., 2008). Meer recent werden nieuwere technieken ontwikkeld om de voetafdrukken te beoordelen. Deze zijn nog niet allemaal aangepast voor het gebruik bij varkens omwille van hun grootte en gewicht, wel werden ze reeds getest op ratten en muizen. De systemen staan bekend onder de naam DigigaitTM en CatwalkTM voor diermodellen (Tang en Su, 2013). Ook werden gespecialiseerde matten ontwikkeld met druksensoren (Carvalho et al., 2009). Wanneer deze een hoge sensordichtheid hebben kunnen ze de drukverdeling tussen verschillende regio's binnen de voet meten, bijvoorbeeld tussen de twee klauwen (Meijer et al., 2014). Meijer et al. (2014) concludeerden dat kreupelheid bij biggen een asymmetrie veroorzaakt, door het gewicht van het manke lidmaat te verplaatsen naar de gezonde ledematen. Door gebruik te maken van de algemene asymmetrie waarnemingen (van alle 4 de ledematen) kan men manke biggen van gezonde biggen onderscheiden met een sensitiviteit en specificiteit van 100%. Deze methode kan in de toekomst eventueel als objectieve methode gebruikt worden om kreupelheid te detecteren (Meijer et al., 2014).

3.2 **Beoordeling van manken op basis van de houding**

3.2.1 Tijdsbesteding per houding

De houding van zeugen wordt bestudeerd om tal van redenen, zo wil men via de houding een idee krijgen over het comfort van de dieren bij verschillende huisvestingsystemen (Tuytens et al., 2008). De houding vormt eveneens een parameter die kan geanalyseerd worden om kreupelheid te

beoordelen. Manke zeugen vertonen moeilijkheden met rechtstaan door hun pijnlijke ledematen, vandaar dat de tijd die manke zeugen rechtstaand doorbrengen verminderd is ten opzichte van niet-manke zeugen (Nalon et al., 2013). In veel studies werd een direct verband aangetoond tussen de houding van de dieren en stoornissen in de voortbeweging. Ondermeer Cariolet en Dantzer (1984) en Madec et al. (1986) bestudeerden dit verband met behulp van fotocellen, waarmee het lig- en stagedrag van aangebonden zeugen werd gemeten. Ze kwamen tot dezelfde conclusie, namelijk dat manke zeugen minder tijd rechtstaand doorbrengen. Buddle et al. (1994b) hebben twee criteria, gerelateerd met de houding, onderzocht: de tijdsduur voordat de zeug gaat liggen na het ochtend voederen en het percentage zeugen die nog rechtstaan een uur na het voederen. Manke zeugen spendeerden minder dan de helft van de tijd rechtop na het voederen in vergelijking met niet-manke zeugen (28 versus 71 minuten). Grégoire et al. (2013) bevestigden deze resultaten.

Praktisch wordt de houding van een dier meestal bestudeerd door middel van directe observatie of video-opnames. Maar aangezien deze methodes tijdrovend zijn, werden automatische systemen ontwikkeld. Men maakt momenteel gebruik van bijvoorbeeld accelerometers (Nalon et al., 2013). Deze zijn relatief goedkoop en makkelijk te gebruiken in de praktijk (Grégoire et al., 2013). Accelerometers zijn sensoren die gefixeerd worden aan het dier. Ze registreren en onderscheiden de verschillende activiteiten van de zeugen zijnde de tijd die de zeugen staand doorbrengen gedurende 24 uur, de frequentie van het aantal stappen dat de zeugen nemen tijdens het eten en de tijd voor de zeugen gaan liggen na het voederen (Nalon et al., 2013). De meetapparaten kunnen bevestigd worden aan de poten, de rug, de kop en de nek aan een halsband of aan het oormerk. Uit een onderzoek van Ringgenberg et al. (2010) bleek dat men door middel van accelerometers in staat was om de tijd te meten die drachtige en lacterende zeugen staand doorbrachten met een sensitiviteit van 95,5% en een specificiteit van 99,7%. Grégoire et al. (2013) toonden aan dat accelerometers geschikt zijn voor het succesvol detecteren van manken bij zeugen, maar verder onderzoek is vereist om na te gaan of vroege detectie van kreupelheid via deze methode mogelijk is.

3.2.2 Verandering van houding

De houdingsveranderingen worden, net zoals bij de beoordeling van de gang, meestal met behulp van visuele detectie geëvalueerd (Grégoire et al., 2013). Men meet verschillende parameters: de tijd tussen de houdingsveranderingen, de frequentie van de houdingsveranderingen per dag en de frequenties van de verschillende gedragingen tijdens beweging zoals: slips, stops, stappen en ongecontroleerde bewegingen (Anil et al., 2002; Bonde et al., 2004).

In theorie worden de houdingsveranderingen beïnvloed door kreupelheid, zeker bij pathologieën die de gewrichten beïnvloeden of een hoge pijnintensiteit veroorzaken. Maar verschillende omgevingsfactoren kunnen interfereren met deze methode, namelijk het vloertype (de gladheid), de beschikbare oppervlakte om te bewegen en de reactiviteit ten opzichte van de mens (Marchant en Broom, 1996; Kilbride et al., 2009; Elmore et al., 2010).

Deze laatste omgevingsfactor werd door Grégoire et al. (2013) bestudeerd. Men bestudeerde de overgang van een liggende naar een staande positie bij zeugen. In deze studie benaderde de

observator de zeug terwijl hij ze aanspoorde om rechtop te staan. Wanneer ze niet opstond, werd om de 2 seconden met een stok op de achterhand getikt en dit gedurende maximum 10 seconden. De observator scoorde de zeugen hun gedrag op een 4-punten schaal, 1: de zeug staat op zonder aarzeling, 2: het duurt meer dan vijf seconden voor de zeug opstaat, 3: de zeug aarzelt en verandert haar positie/gaat opnieuw liggen voor ze rechtop staat, 4: de zeug weigert rechtop te staan of blijft in een zittende houding. Uit de resultaten bleek dat de stimulus cruciaal is en varieert tussen de zeugen. De zeugen, die het gewoon waren om gemanipuleerd te worden, zijn minder reactief ten opzichte van zeugen op commerciële bedrijven. Ook kan het percentage van zeugen die niet opstonden na stimulering oplopen tot 50% en is het waarschijnlijk niet indicatief voor de al of niet aanwezige kreupelheid.

3.3 Beoordeling van manken op basis van de gewichtsverdeling

3.3.1 Gewichtsverdeling tussen de ledematen

Manke zeugen ontlasten hun aangetaste lidmaat om de pijn te reduceren, waardoor de overige gezonde ledematen meer belast worden (Pastell en Kujala, 2007). Door het meten van de gewichtsverdeling tussen de ledematen beoordeelt men de moeilijkheid om gewicht te dragen op het aangetaste lidmaat of ledematen (Pluym, 2013).

Bij gebruik van kinetische technieken worden de krachten wel in rekening gebracht, dit in tegenstelling tot de kinematica. De gewichtsverdeling kan zowel op het staand als op het bewegend dier geëvalueerd worden. Men gebruikt onder andere krachtplaten en drukgevoelige matten. Krachtplaten worden voor zowel dynamische en statische onderzoeken gebruikt, terwijl drukgevoelige matten hoofdzakelijk gebruikt worden voor dynamische onderzoeken (Pluym, 2013).

Krachtplaten meten de grondreactiekracht. Dit is de kracht tegengesteld aan en even groot als de zwaartekracht, die uitgeoefend wordt door de grond (Nalon et al., 2013). Bij het stappen over de drukplaat worden parabolische grafieken waargenomen waarbij de top van de curve de piek van de verticale kracht (N/kg) voorstelt. Dit is de maximale belasting tijdens de steunfase (Lascelles et al., 2006). De gewichtsverdeling kan berekend worden door de piek van één lidmaat te delen door de totale verticale krachten van alle ledematen (Kim et al., 2011). Wanneer de grafieken en het contactoppervlak asymmetrisch zijn, of wanneer de maximale verticale kracht van een lidmaat gedaald is, werd dit geassocieerd met kreupelheid bij honden en koeien (Oosterlinck et al., 2011; Schulz et al., 2011). Dit wijst er namelijk op dat het dier minder steunt op het lidmaat waarvan de curve gedaald is.

Karriker et al. (2013) toonden via een experimenteel onderzoek een reductie aan van de maximale druk gemeten voor de aangetaste ledematen bij het lopen van zeugen over een drukgevoelige mat. In een recente studie werd het **GAITFour systeem** geëvalueerd. Bij dit systeem wordt kreupelheid bij zeugen bestudeerd terwijl de zeugen over een soort van rolband stappen (Mohling et al., 2014). Met dit systeem is het mogelijk om de staptijd (dit is de tijd tussen twee opeenvolgende voetstappen van eenzelfde poot), de paslengte (dit is de afstand tussen twee opeenvolgende voetstappen van

eenzelfde poot), de maximale druk (dit is de druk die uitgeoefend wordt op één poot) en de standtijd (dit is de tijd waarbij de sensoren geactiveerd worden per voetstap) te meten.

Zoals eerder vermeld kunnen dieren ook statisch onderzocht worden. Deze methode werd reeds ontwikkeld voor paarden en koeien waarbij men gebruik maakte van een krachtplaat met vier aparte meetplatforms. Hierbij bekwam men veelbelovende resultaten voor de detectie van kreupelheid (Pastell en Kujala, 2007; Chapinal et al., 2010). Voor zeugen is het onderzoek volop bezig. Mohling et al. (2014) gebruiken een krachtplaat waarbij het gewicht op elke voet gemeten wordt. Na het testen van de zeugen met een geïnduceerde kreupelheid bekwam men als resultaat dat de dieren één dag na de inductie minder gewicht plaatsten op de geïnduceerd manke voet in vergelijking met één dag voor de inductie.

Het GAITfour systeem en de krachtplaat gebruikt in de studie van Mohling et al. (2014) hebben potentieel om acute kreupelheid te differentiëren van gezonde zeugen.

Pluym et al. (2013) ontwikkelden recent eveneens een detectiesysteem voor kreupelheid bij zeugen, namelijk het **Sow Stance Information System (SowSIS)**. Het meetinstrument bestaat uit een makkelijk demonteerbare aluminium box (Fig. 5).

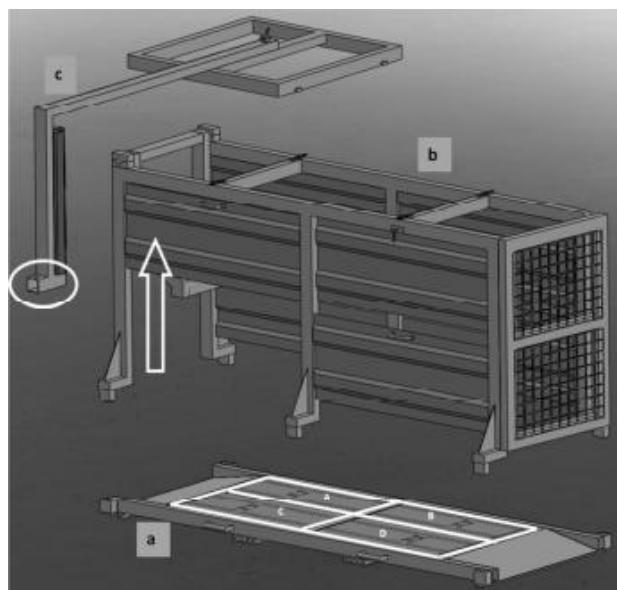


Fig. 5 SowSIS. Het toestel bestaat uit een (a) bodemplaat welke 4 weegschalen bevat (A-B-C-D), (b) de centrale box, en (c) de roteerbare arm met camera (witte cirkel) met erboven een fluorescente tube. Op deze tekening werd de achterste aluminiumplaat naar boven verschoven (witte pijl) (uit Pluym et al., 2013)

De twee voornaamste meetsystemen zijn geïncorporeerd in de bodemplaat, namelijk een platform verdeeld in vier kwadranten met daarin elk een weegschaal en een roteerbare arm met camera. De 'force stance variables' worden gemeten door middel van de weegcellen, de 'visual stance variables'

worden gemeten via digitale foto's genomen vanuit lateraal opzicht van de linker- en rechterachterpoot.

Een preliminaire studie werd uitgevoerd om het potentieel om manke zeugen te detecteren met het SowSIS te evalueren. Hiervoor werden vier manke zeugen (mank op de rechterachterpoot) en vier gezonde zeugen gemeten met het SowSIS. Voor elke manke zeug werd een gezonde zeug met een vergelijkbare leeftijd en drachtstadium geselecteerd. Uit de resultaten bleek dat manke zeugen hun aangetaste rechterachterpoot duidelijk minder belastten. Manke zeugen verdeelden ook hun totale gewicht ongelijk, ze plaatsten een hoger percentage totaal gewicht op hun linker ledematen in vergelijking met gezonde zeugen (54% versus 49%; $P = 0,02$) en een lager percentage op hun rechter ledematen (45% versus 50%; $P = 0,02$). Het aantal keer dat zeugen hun aangetaste lidmaat optilden was twee keer zo hoog in de groep van de manke zeugen (48 versus 23).

Uit het onderzoek is gebleken dat het systeem potentieel heeft om in de toekomst gebruikt te worden voor kreupelheidetectie. Er is een grootschalig onderzoek nodig om de resultaten van de preliminaire studie te bevestigen. Ook wil men achterhalen of het systeem beter geschikt is voor vroegtijdige detectie bij zeugen in vergelijking met visuele scoring (Pluym et al., 2013).

3.3.2 Gewichtsverschuiving

Door continu het gewicht te verplaatsen van het ene lidmaat naar het andere bekommt het dier een ontlasting van het aangetaste lidmaat (Nerveux et al., 2006; Rushen et al., 2007). Bij aangebonden koeien wordt de gewichtsverschuiving als een indicator van kreupelheid beschouwd. Visueel gescoorde manke koeien verplaatsen veel vaker hun gewicht in vergelijking met niet-manke koeien en dit vooral ter hoogte van de achterste ledematen (Leach en Whay, 2008; Leach et al., 2009). Volgens Wells (1984) is de gewichtsverschuiving bij zeugen te wijten aan polyartritis, volgens Jorgensen (2000) is het eerder gelinkt met klauwlaesies. Anil et al. (2007) toonden een gereduceerd aantal gewichtsverplaatsingen aan bij manke zeugen bij het gebruik van pijnstillers. Hieruit kan men besluiten dat dit een goede indicator is voor kreupelheid bij zeugen. Uit de preliminaire studie van Pluym et al. (2013) kon men eveneens vaststellen dat manke zeugen (op de rechterachterpoot) veel vaker gewichtsverschuivingen vertoonden tussen de linkervoorpoot en linkerachterpoot en ze waren ook van kortere duur in vergelijking met gezonde zeugen (0,90s versus 0,67s; $P = 0,03$).

Een meer uitgesproken vorm van gewichtsverplaatsing is het totaal ontlasten van het lidmaat door het lidmaat frequent van de grond te heffen (stappedrag). Dit kan gemeten worden via de tijdrovende technieken zoals directe visuele observaties of videoanalyses, maar wordt vaker beoordeeld door middel van accelerometers. De accelerometers worden aan de achterpoten van de zeugen bevestigd en detecteren automatisch het aantal stappen (Ringgenberg et al., 2010). Grégoire et al. (2013) bevestigden eveneens het verhoogd aantal stappen bij manke zeugen in vergelijking met gezonde zeugen en dus ook het succesvol gebruik van accelerometers voor de detectie van kreupelheid. Verder onderzoek is vereist om een mogelijke afkapwaarde te definiëren voor de stapfrequentie en zo vroegtijdige detectie mogelijk te maken. Dit kan bemoeilijkt worden aangezien men de

gewichtsverplaatsing ten gevolge van kreupelheid moet onderscheiden van nervositeit en eetgedrag bij varkens (Leach en Whay, 2008).

Sinds de komst van de groepshuisvesting is de prevalentie van manken bij zeugen gestegen. Manken is een belangrijk probleem aangezien het één van de voornaamste redenen is voor vervroegde afvoer bij zeugen. Vandaar het toenemend belang voor onderzoek naar risicofactoren en detectiemethoden.

Het voorkomen van manken varieert sterk van bedrijf tot bedrijf en verschilt ook naargelang de periode in de reproductiecyclus. Vandaar dat men de incidentie meerdere keren per reproductiecyclus zou moeten beoordelen. Zo kan men doelgericht onderzoek doen naar risicofactoren (Pluym, 2013). Over een aantal risicofactoren zijn verschillende onderzoekers het eens bv. het hogere risico op kreupelheid bij betonnen roostervloeren. Verder onderzoek naar optimale vloercharacteristieken is noodzakelijk. Ook de hygiëne speelt een rol, vuile natte vloeren zijn een predisponerende factor in de ontwikkeling van kreupelheid. De studies over de oppervlakte per dier zijn soms minder goed te vergelijken, aangezien men niet alleen rekening moet houden met de hokgrootte maar ook met de bezettingsdichtheid en de groepsgrootte. Ook de voeding heeft een invloed op de kans op kreupelheid, maar verder onderzoek is aangewezen aangezien sommige studies verouderd zijn en er over de jaren heen een sterke productiviteitsstijging plaatsvond bij de zeugen. Door deze productiviteitsstijging zijn de behoeften van de zeugen immers ook veranderd (Pluym et al., 2013).

Wat de detectiemethoden betreft, er werd reeds onderzoek gedaan. De visuele score methode is goedkoop en goed uit te voeren onder praktijkomstandigheden, maar de precisie en betrouwbaarheid zijn soms onvoldoende, vooral wanneer niet-getrainde observatoren het onderzoek uitvoeren. Meer objectieve methoden (kinematica, krachtplaten, accelerometers) hebben deze nadelen niet of veel minder en kunnen manken vroegtijdiger opsporen. Echter, deze methoden zijn arbeidsintensief en vooralsnog moeilijk toepasbaar in de praktijk. Ze zouden in de toekomst eventueel geïntegreerd kunnen worden in de stal bv. in combinatie met de automatische voederstations voor de zeugen. Gezien elke detectiemethode beperkingen heeft en gezien het multifactorieel karakter van manken, zou een combinatie van verschillende methoden kunnen gebruikt worden. Verder onderzoek is nodig om de individuele methoden te verbeteren alsook om na te gaan hoe ze best kunnen geïntegreerd worden in de bestaande stallen en het dagelijks management op een zeugenbedrijf.

REFERENTIELIJST

- Altena, H., Vermeer, H.M., Geijssel, T.A. (2004). Strohuisvesting van drachtige zeugen in grote groepen: knelpunten en oplossingen. Praktijk rapport 28, Wageningen, pp. 47.
- Appelt, S. (2006). Feeding the hoof-biochemical basics and examples for optimization. In: World Conference for Holistic Hoof care, Tübingen, Germany.
- Andrieu, S. (2008). Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? Vet. J. 176, 77–83.
- Anil, L., Anil, S.S., Deen, J. (2002). Relationship between postural behaviour and gestation stall dimensions in relation to sow size. Appl. Anim. Behav. Sci. 77, 173–181.
- Anil, S.S., Anil, L., Deen, J. (2005). Evaluation of patterns of removal and associations among culling because of lameness and sow productivity traits in swine breeding herds. J. Am. Vet. Med. Assoc. 226, 956–961.
- Anil, S.S., Anil, L., Deen, J., Baidoo, S.K., Walker, R.D. (2007). Factors associated with claw lesions in gestating sows. Journal of Swine Health and Production 15, 78–83.
- Anil, S.S., Anil, L., Deen, J. (2009a). Effect of Lameness in Pigs in Terms of 'Five Freedoms'. Journal of Applied Animal Welfare Science 12, 144–145.
- Baxter, E., Boyle, L., Edwards, S., Geers, R., Harris, M., Meunier-Salaun, M. C., Juul-Pedersen, L., Sutherland, M., Valros, A., Wechsler, B. (2011). Preparatory work for the future development of animal based measures for assessing the welfare of sow, boar and piglet including aspects related to pig castration. In: Sub-Report A: Welfare of Sow, Boar and Piglet. Supporting Publications, pp. Available online: (<http://www.efsa.europa.eu/it/supporting/doc/178e.pdf>).
- Beusker N. (2007). Welfare of Dairy Cows: Lameness in Cattle - A Literature Review. Inaugural Dissertation: From the Institute of Animal Hygiene, Animal Welfare and Animal Ethology School of Veterinary Medicine.
- Binkley, N., Krueger, D. (2000). Hypervitaminosis A and bone. Nutr. Rev. 58, 138–144.
- Blanaru, J.L., Kohut, J.R., Fitzpatrick-Wong, S.C., Weiler, H.A. (2004). Dose response of bone mass to dietary arachidonic acid in piglets fed cow milk-based formula. Am. J. Clin. Nutr. 79, 139–147.
- Bonde, M.K., Rousing, T., Badsberg, J.H., Sorensen, J.T. (2004). Associations between lying-down behaviour problems and body condition, limb disorders and skin lesions of lactating sows housed in farrowing crates in commercial sow herds. Livestock Production Science 87, 179–187.
- Bonjour, J-P. (2005). Dietary protein: an essential nutrient for bone health. Journal of the American College of Nutrition 24, 526S–536S.
- Bradley, C.L., Frank, J.W., Maxwell, C.V., Johnson, Z.B., Wilson, M.E., Ward, T.L. (2007). The effects of parity, time and claw location on different claw measurements in the university of Arkansas sow herd over an 18-month period of time. Arkansas Animal Science Departement 574, 94–100.
- Brennan, J.J., Aherne, F.X. (1987). Effect of floor type on the severity of foot lesions and osteochondrosis in swine. Canadian Journal of Animal Science, 67, 517–523.
- Budde, R.A., Crenshaw, T.D. (2003). Chronic metabolic acid load induced by changes in dietary electrolyte balance increased chloride retention but did not compromise bone in growing swine. J. Anim. Sci. 81, 197–208.

- Buddle, J.R., Madec, F., Fourichon, C. (1994b). Recherche de méthodes de mesure des troubles locomoteurs chez la truie, travaux préliminaires. *Recl. Med. Vet.* 170, 223–229.
- Cagnacci, A., Baldassari, F., Rivolta, G., Arangino, S., Volpe, A. (2003). Relation of homocysteine, folate, and vitamin B12 to bone mineral density of postmenopausal women. *Bone* 33, 956–959.
- Cariolet, R., Dantzer, R. (1984). Motor activity of pregnant tethered sows. *Ann. Rech. Vet.* 15, 257–261.
- Carvalho, V.C.d, de Alencar Nääs, I., Mollo Neto, M., Souza, S.R.L.d. (2009). Measurement of pig claw pressure distribution. *Biosyst. Eng.* 103, 357–363.
- Chapinal, N., de Passillé, A.M., Rushen, J., Wagner, S. (2010). Automated methods for detecting lameness and measuring analgesia in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93, 2007–2013.
- Clarke, B. (2008). Normal bone anatomy and physiology. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 3, S131–S139.
- Corwin, R.L., Hartman, T.J., Maczuga, S.A., Graubard, B.I. (2006). Dietary saturated fat intake is inversely associated with bone density in humans: analysis of NHANES III. *J. Nutr.* 136, 159–165.
- Crenshaw, T.D. (2006). Arthritis or OCD - identification and prevention. *Advances in Pork Production* 17, 199–208.
- Crenshaw, T.D., Schneider, D.K., Sonderman, J.P., Ward, T.L., Wilson, M.E. (2010). Mineral concentrations in bone, liver, muscle and ovary tissues collected from hyperprolific sows selected for slaughter across parity 0 through 7. *American Association of Swine Veterinarians* 3, 195–198.
- Dagorn, J., Aumaitre, A. (1979). Sow culling: reasons for an effect on productivity. *Livest. Prod. Sci.* 6, 167–177.
- Dee, S.A. (1992). Porcine urogenital disease. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 8, 641–660.
- D’Allaire, S., Stein, T.E., Leman, A.D. (1987): Culling patterns in selected Minnesota swine breeding herds. *Canadian Journal of Veterinary Research* 51, 506–512.
- D’Eath, R.B. (2012). Repeated locomotion scoring of a sow herd to measure lameness: consistency over time, the effect of sow characteristics and inter-observer reliability. *Anim. Welfare* 21, 219–231.
- Deen, J., Anil, S.S., Anil, L. (2007). Claw lesions as a predictor of lameness in breeding sows. In: 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Dublin, Ireland, p 274.
- Dewey, C.E., Friendship, R.M., Wilson, M.R. (1993). Clinical and postmortem examination of sows culled for lameness. *Can. Vet. J.* 34, 555–556.
- Elmore, M.R.P., Garner, J.P., Johnson, A.K., Richert, B.T., Pajor, E.A. (2010). A flooring comparison: the impact of rubber mats on the health, behaviour, and welfare of group-housed sows at breeding. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 123, 7–15.
- Engblom, L., Eliasson-Selling, L., Lundeheim, N., Belák, K., Andersson, K., Dalin, A.-M. (2008). Post mortem findings in sows and gilts euthanized or found dead in a large Swedish herd. *Acta Vet. Scand.* 50, 1–10.
- Engblom, L., Lundeheim, N., Dalin, A.-M., Andersson, K. (2007): Sow removal in Swedish commercial herds. *Livestock Science* 106, 76–86.

Engel, B., Bruin, G., Andre, G., Buist, W. (2003). Assessment of observer performance in a subjective scoring system: visual classification of the gait of cows. *The Journal of Agricultural Science* 140, 317-333.

European Commission (2008). Council Directive 2008/120/CE of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs. Internetreferentie <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:047:0005:0013:EN:PDF> (geconsulteerd op 18 april 2015).

Fan, B., Onteru, S.K., Nikkilä, M.T., Stalder, K.J., Rothschild, M.F. (2009b). Identification of genetic markers associated with fatness and leg weakness traits in the pig. *Anim. Genet.* 40, 967–970.

Fernández de Sevilla, X., Fàbrega, E., Tibau, J., Casellas, J. (2009). Competing risk analyses of longevity in Duroc sows with special emphasis on leg conformation. *Animal* 3, 446-453.

Frantz, N.Z. (2006). The effect of dietary nutrients on osteochondrosis in swine and evaluation of serum biomarkers to predict its occurrence. Department of Animal Sciences and Industry, College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas, p43–86 (Dissertation).

Fukawa, K., Kusuhara, S. (2001). The genetic and non-genetic aspects of leg weakness and osteochondrosis in pigs. *Asian Austral J. Anim.* 14, 114–122.

Gjein, H., Larssen, R.B. (1995a). Housing of pregnant sows in loose and confined systems—a field study. 2. Claw lesions: morphology, prevalence, location and relation to age. *Acta Vet. Scand.* 36, 433–442.

Gjein, H., Larssen, R.B. (1995b). Housing of pregnant sows in loose and confined systems—a field study. 3. The impact of housing factors on claw lesions. *Acta Vet. Scand.* 36, 443–450.

Gjein, H., Larssen, R.B. (1995c). The effect of claw lesions and claw infections on lameness in loose housing of pregnant sows. *Acta Vet. Scand.* 36, 451–459.

Goff J. (2010) Overview of Bone Physiology. In: ISU Swine Disease Conference for Swine Practitioners, Iowa State University, USA.

Gould, D., Kelly, D., Goldstone, L., Gammon, J. (2001). Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: developing and using illustrated patient simulations to collect the data. *J. Clin. Nurs.* 10, 697–706.

Grégoire, J., Bergeron, R., D'Allaire, S., Meunier-Salaün, M.-C., Deviller, N. (2013). Assessment of lameness in sows using gait, footprints, postural behaviour and foot lesion analysis. *Animal* 7, 1163-1173.

Gregory, N.G. (2004). Swelling of cattle heel horn by urine. *Aust. Vet. J.* 82, 161–163.

Heaney, R.P., Layman, D.K. (2008). Amount and type of protein influences bone health. *Am. J. Clin. Nutr.* 87, 1567S–1570S.

Heaney, R.P., Weaver, C.M., Fitzsimmons, M.L. (1991). Soybean phytate content: effect on calcium absorption. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 741–744.

Heinonen, M., Oravainen, J., Orro, T., Seppä-Lassila, L., Ala-Kurikka, E., Virolainen, J.V., Tast, A., Peltoniemi, O.A.T. (2006). Lameness and fertility of sows and gilts in randomly selected loose-housed herds in Finland. *Vet. Rec.* 159, 383–387.

- Higuchi, H., Kurumado, H., Mori, M., Degawa, A., Fujisawa, H., Kuwano, A., Nagahata, H. (2009). Effects of ammonia and hydrogen sulfide on physical and biochemical properties of the claw horn of Holstein cows. *Can. J. Vet. Res.* 73, 15–20.
- Hill, G.M., Miller, E.R., Stowe, H.D. (1983). Effect of dietary zinc levels on health and reproductivity of gilts and sows through two parturitions. *J. Anim. Sci.* 57, 114–122.
- Jørgensen, B., Andersen, S. (2000). Genetic parameters for osteochondrosis in Danish Landrace and Yorkshire boars and correlations with leg weakness and production traits. *Anim. Sci.* 71, 427–434.
- Karlen, G.A.M., Hemsworth, P.H., Gonyou, H.W., Fabrega, E., David Strom, A., Smits, R.J. (2007). The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105, 87–101.
- Karriker, L.A., Abell, C.E., Pairis-Garcia, M.D., Holt, W.A., Sun, G., Coetzee, J.F., Johnson, A.K., Hoff, S.J., Stalder, K.J. (2013). Validation of a lameness model in sows using physiological and mechanical measurements. *J. Anim. Sci.* 91, 130–136.
- Kellon, E.M. (2008). *Feeding the Hoof*. Equine Nutritional Solutions, Ephrata, Pennsylvania, USA.
- Kempson, S.A., Currie, R.J., Johnston, A.M. (1989). Influence of biotin supplementation on pig claw horn: a scanning electron microscopic study. *Vet. Rec.* 124, 37–40.
- KilBride, A., Gillman, C., Ossent, P., Green, L. (2009b). Impact of flooring on the health and welfare of pigs. In *Practice* 31, 390–395.
- KilBride, A.L., Gillman, C.E., Green, L.E. (2009a). A cross-sectional study of the prevalence of lameness in finishing pigs, gilts and pregnant sows and associations with limb lesions and floor types on commercial farms in England. *Anim. Welfare* 18, 215–224.
- Kim, S.Y., Kim, J.Y., Hayashi, K., Kapatkin, A.S. (2011). Skin movement during the kinematic analysis of the canine pelvic limb. *Vet. Comp. Orthop.* 24, 326–332.
- Kirk, R.K., Svensmark, B., Ellegaard, L.P., Jensen, H.E. (2005). Locomotive disorders associated with sow mortality in Danish pig herds. *J. Vet. Med.* A52, 423–428.
- Knauer M.T., Stalder K.J., Karriker L., Johnson C. and Layman L. (2006). Factors influencing sow culling. Internetreferentie: <http://www.nsif.com/Conferences/2006/pdf/FactorsInfluencingSowCulling.pdf> (geconsulteerd op 18 april 2015).
- Kroneman, A., Vellenga, L., van der Wilt, F.J., Vermeer, H.M. (1993b): Review of health problems in group-housed sows, with special emphasis on lameness. *Veterinary Quarterly* 15, 26–29.
- Kroneman, A., Vellenga, L., Vermeer, H.M., van der Wilt, F.J. (1992). Klauwgezondheid bij varkens. Proefstation voor de Varkensveehouderij. Proefverslag P 1.78. Wageningen UR. 32 pp.
- Lascelles, B.D., Roe, S.C., Smith, E., Reynolds, L., Markham, J., Marcellin-Little, D., Bergh, M.S., Budsberg, S.C. (2006). Evaluation of a pressure walkway system for measurement of vertical limb forces in clinically normal dogs. *Am. J. Vet. Res.* 67, 277–282.
- Leach, K.A., Whay, H.R. (2008). Development of a Lameness Control Programme for Dairy Cattle. Welfare Quality EU Food-CT-2004-506508.
- Leach, K.A., Dippel, S., Huber, J., March, S., Winckler, C., Whay, H.R. (2009). Assessing lameness in cows kept in tie-stalls. *J. Dairy Sci.* 92, 1567–1574.

- Lewis, A.J., Cromwell, G.L., Pettigrew, J.E. (1991). Effect of supplemental biotin during gestation and lactation on reproductive performance of sows: a cooperative study. *J. Anim. Sci.* 69, 207–214.
- Li, L. (2003). The biochemistry and physiology of metallic fluoride: action, mechanism, and implications. *Crit. Rev. Oral Biol. Med* 14, 100–114.
- Madec, F., Cariolet, R., Dantzer, R. (1986). Relevance of some behavioral criteria concerning the sow (motor-activity and water-intake) in intensive pig farming and veterinary practice. *Ann. Rech. Vet.* 17, 177–184.
- Maes, D. (2013). Dierenhuisvesting: Bouw en inrichting. *Cursus Faculteit Diergeneeskunde, Gent*, p. 22, 23, 47, 78.
- Maher, T.J. (1999). Magnesium. *Nutr. Sci. News* 4, 12.
- Main, D.C.J., Clegg, J., Spatz, A., Green, L.E. (2000). Repeatability of a lameness scoring system for finishing pigs. *Vet. Rec.* 147, 574-576.
- Marchant, J.N., Broom, D.M. (1996). Factors affecting posture-changing in loose-housed and confined gestating sows. *Anim. Sci.* 63, 477–485.
- McDowell, L.R. (2003). *Minerals in Animal and Human Nutrition*. 2th edition. Elsevier Science B.V., The Netherlands, p. 1-605.
- McKee, C.I., Dumelow, J. (1995). A review of the factors involved in developing effective non-slip floors for pigs. *J. Agric. Eng. Res.* 60, 35–42.
- Meijer, E., Oosterlinck, M., van Nes, A., Back, W., van der Staay, F.J. (2014). Pressure mat analysis of naturally occurring lameness in young pigs after weaning. *BMC Veterinary Research* 10, 1-12.
- Mohling, C.M., Johnson, A.K., Coetzee, J.F., Karriker, L.A., Abell, C.E., Millman, S.T., Stalder, K.J. (2014). Kinematics as objective tools to evaluate lameness phases in multiparous sows. *Livestock Science* 165, 120-128.
- Muelling, C.K.W. (2009). Nutritional influences on horn quality and hoof health. *WCDS Adv. Dairy Technol.* 21, 283–291.
- Mul, M., Vermeij, I., Hindle, V., Spoolder, H. (2010). EU-Welfare legislation on pigs. *Wageningen UR Livestock Research* 237, 21.
- Mullan, S., Edwards, S.A., Butterworth, A., Whay, H.R., Main, D.C.J. (2011). Inter-observer reliability testing of pig welfare outcome measures proposed for inclusion within farm assurance schemes. *Vet. J.* 190, e100–e109.
- Nakano, T., Brennan, J.J., Aherne, F.X. (1987). Leg weakness and osteochondrosis in swine: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 67, 883–901.
- Nalon, E., Conte, S., Maes, D., Tuytens, F.A.M., Devillers, N. (2013). Assessment of lameness and claw lesions in sows. *Livestock Science* 156, 10-23.
- Nalon, E., Maes, D., Van Dongen, M., van Riet, M.J., Janssens, G.P.J., Millet, S., Tuytens, F.A.M. (2014). Comparison of the inter- and intra-observer repeatability of three gait-scoring scales for sows. *Animal* 8, 650-659.
- Neveux, S., Weary, D.M., Rushen, J., von Keyserlingk, M.A.G., de Passillé, A.M. (2006). Hoof discomfort changes how dairy cattle distribute their body weight. *J. Dairy Sci.* 89, 2503–2509.

NRC (2012). Nutrient Requirements of Swine. Eleventh Revised Edition. National Academic Press, USA.

Olsson, A.-C., Svendsen, J. (2002). Claw lesions in gestating sows: comparison of different flooring. In: Proceedings of the 17th International Pig Veterinary Society Congress. Ames, Iowa, p. 343.

Oosterlinck, M., Bosmans, T., Gasthuys, F., Polis, I., Van Ryssen, B., Dewulf, J., Pille, F. (2011). Accuracy of pressure plate kinetic asymmetry indices and their correlation with visual gait assessment scores in lame and non lame dogs. *Am. J. Vet. Res.* 72, 820–825.

Pastell, M.E., Kujala, M. (2007). A probabilistic neural network model for lameness detection. *J. Dairy Sci.* 90, 2283–2292.

Penny, R.H., Cameron, R.D., Johnson, S., Kenyon, P.J., Smith, H.A., Bell, A.W., Cole, J.P., Taylor, J. (1980). Foot rot of pigs: the influence of biotin supplementation on foot lesions in sows. *Vet. Rec.* 107, 350–351.

Percival, M. (1997). Nutritional support for connective tissue repair and wound healing. *Clin. Nutr. Insights* 6, 1–4.

Pluym L. (2013). Detection, implications and risk factors for lameness in group-housed gestating sows. Doctoraatsthesis Faculteit Diergeneeskunde, Gent, p. 3-37.

Pluym, L., Van Nuffel, A., Dewulf, J., Cools, A., Vangroenweghe, F., Van Hoorebeke, S., Maes, D. (2011). Prevalence and risk factors of claw lesions and lameness in pregnant sows in two types of group- housing. *Vet. Med. (Praha)* 56, 101–109.

Pluym, L., Van Nuffel, A., Maes, D. (2013). Treatment and prevention of lameness with special emphasis on claw disorder in group-housed sows. *Livestock Science* 156, 10-43.

Pluym, L., Maes, D., Vangeyte, J., Mertens, K., Baert, J., Van Weyenberg, S., Millet, S., Van Nuffel, A. (2013). Development of a system for automatic measurements of force and visual stance variables for objective lameness detection in sows: SowSIS. *Biosystems engineering* 116, 64-74.

Pluym, L.M., Van Nuffel, A., Van Weyenberg, S., Maes, D. (2013). Animal. Prevalence of lameness and claw lesions during different stages in the reproductive cycle of sows and the impact on reproduction results. *Animal* 7, 1174–1181.

Reid, D.M., New, S.A. (1997). Nutritional influences on bone mass. *Proc. Nutr. Soc.* 56, 977-987.

Ringgenberg, N., Bergeron, R., Devillers, N. (2010). Validation of accelerometers to automatically record sow postures and stepping behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 128, 37–44.

Rushen, J., Pombourcq, E., de Passillé, A.M. (2007). Validation of two measures of lameness in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106, 173–177.

Salak-Johnson J. L., Niekamp S. R., Rodriguez-Zas S. L., Ellis M. and Curtis S. E. (2007). Space allowance for dry, pregnant sows in pens: Body condition, skin lesions, and performance. *Journal of Animal Science* 85, 1758-1769.

Sanz, M., Roberts, J.D., Perfumo, C.J., Alvarez, R.M., Donovan, T., Almond, G. W. (2007). Assessment of sow mortality in a large herd. *J. Swine Health Prod.* 15, 30–36.

Schulz, K.L., Anderson, D.E., Coetzee, J.F., White, B.J., Miesner, M.D. (2011). Effect of flunixin meglumine on the amelioration of lameness in dairy steers with amphotericin B-induced transient synovitis-arthritis. *Am. J. Vet. Res.* 72, 1431–1438.

- Schuttert M. (2008). The economical impact of lameness in sows. Proceedings of the FeetFirst™ European Symposium on Sow Lameness, Asten/Sterksel, The Netherlands, p. 12.
- Slevin, J., Wiseman, J., Parry, M., Walker, R.M. (2001). Effect of protein nutrition on bone strength and incidence of osteochondrosis in gilts. In: Proceedings of the British Society of Animal Sciences, York, p.11.
- Spoolder, H.A.M., Geudeke, M.J., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Soede, N.M. (2009). Group housing of sows in early pregnancy: a review of success and risk factors. *Livest. Sci.* 125, 1–14.
- Straw, B.E., Dewey, C.E., Wilson, M.R. (1999). Differential diagnosis of swine diseases. In: Straw, B.E., D’Allaire, S., Mengeling, W.L., Taylor, D.J. (Eds.), *Diseases of Swine*, Iowa State University Press, Ames, pp. 41–86.
- Street B. R. and Gonyou H. W. (2008). Effects of housing finishing pigs in two group sizes and at two floor space allocations on production, health, behavior, and physiological variables. *Journal of Animal Science* 86, 982–991.
- Tang, W., Su, D. (2013). Locomotion analysis and its applications in neurological disorders detection: state-of-art review. *Netw Mondel Anal Health Inform Bioinforma* 2, 1–12.
- Thorup, V.M., Laursen, B., Jensen, B.R. (2008). Net joint kinetics in the limbs of pigs walking on concrete floor in dry and contaminated conditions. *J. Anim. Sci.* 86, 992–998.
- Tiranti K. I., Morrison R.B. (2006). Association between limb conformation and retention of sows through the second parity. *American Journal of Veterinary Research* 67, 505–509.
- Tomlinson, D.J., Mulling, C.H., Fakler, T.M. (2004). Invited review: formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *J. Dairy Sci.* 87, 797–809.
- Tuytens, F.A.M., Wouters, F., Struelens, E., Sonck, B., Duchateau, L. (2008). Synthetic lying mats may improve lying comfort of gestating sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 76–85.
- Underwood, E.J., Suttle, N.F. (1999). *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3th edition. CABI publishing, UK.
- Valros, A., Ala-Kurikka, E., Mustonen, K., Kettunen, S., Ahonen, P., Vainio, O., Peltoniemi, O., Heinonen, M. (2009). Behavioural changes associated with lameness in sows. Proceedings of the 43rd Congress of the International Society for Applied Ethology, Cairns, Australia, p.114.
- Van Amstel, S. (2011). Questions and answers around sow claw trimming. *Pig Progress* 27, 12–13.
- van Riet, M.M.J., Millet, S., Aluwé, M., Janssens, G.P.J. (2013). Impact of nutrition on lameness and claw health in sows. *Livestock Science* 156, 24–35.
- van Turnhout, M.C., Schipper, H., van Lagen, B., Zuilhof, H., Kranenbarg, S., van Leeuwen, J.L. (2010). Postnatal development of depth-dependent collagen density in ovine articular cartilage. *BMC Dev. Biol.* 10, 108.
- van Weeren, P.R. (2006). Etiology, diagnosis, and treatment of OC(D). *Clin. Tech. Equine Pract.* 5, 248–258.
- von Wachenfelt, H., Pinzke, S., Nilsson, C., Olsson, O., Ehlorsson, C.-J. (2008). Gait analysis of unprovoked pig gait on clean and fouled concrete surfaces. *Biosyst. Eng.* 101, 376–382.
- von Wachenfelt, H., Pinzke, S., Nilsson, C. (2009). Gait and force analysis of provoked pig gait on clean and fouled concrete surfaces. *Biosystems Engineering* 104, 534–544.

- Weary D.M., Huzzey J.M., Von Keyserlingk M.A.G. (2009). BOARD-INVITED REVIEW: Using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of Animal Science* 87, 770-777.
- Waldenstedt, L. (2006). Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 291–307.
- Webb, N.G. (1984). Compressive stresses on, and the strength of, the inner and outer digits of pig's feet, and the implications for injury and floor design. *J. Agric. Eng. Res.* 30, 71–80.
- Webb, N.G., Nilsson, C. (1983). Flooring and injury-an overview. In: Baxter, SH., M.R Baxter and J.A.D. MacCormack (Editors), *Farm animal housing and welfare*. Martinus Nijhoff, Den Haag, pp. 226-261.
- Wells, G.A.H. (1984). Locomotor disorders of the pig. In *Pract.* 6, 43–53.
- Weng R. C., Edwards S. A. and English P. R. (1998). Behaviour, social interactions and lesion scores of group-housed sows in relation to floor space allowance. *Applied Animal Behaviour Science* 59, 307-316.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci.* 78, 343–358.
- Ytrehus, B., Carlson, C.S., Ekman, S. (2007). Etiology and pathogenesis of osteochondrosis. *Vet. Pathol.* 44, 429–448.