

**Tryckfördelning under nötkreaturs klövar på
betongspaltgolv – inverkan av stavbredd och
spaltvidd**

*Pressure distribution on bovine claws in relation to width
of slats and slots in draining concrete floors*

Karl-Henrik Johansson

Examensarbete för agronomexamen

Keywords:

cattle claw concrete floor
hoof pressure slatted floor

**Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för jordbrukets
biosystem och teknologi (JBT)**

Box 43
230 53 ALNARP

Tel: 040 - 41 50 00
Telefax: 040 - 46 04 21

**Swedish University of
Agricultural Sciences
Department of Agricultural
Biosystems and Technology**

P.O. Box 43
SE-230 53 ALNARP
SWEDEN

Phone: +46 - 40 41 50 00
Fax: +46 - 40 46 04 21

FÖRORD

Dimensionerna hos ett spaltgolv inverkar på golvets dränerande förmåga och på hur klöven belastas. Ju bredare stavarna och ju smalare spalterna är, desto mindre tryck åstadkoms på klöven, men desto sämre blir golvets gödseldränerande förmåga. Därför måste man kompromissa. De nu gällande svenska måttbestämmelserna gällande spaltgolv för nötkreatur antas inte innebära en optimal kompromiss. Samtidigt pågår det diskussioner i Sverige om att ändra bestämmelserna och ställa krav på maximal öppningsandel istället för att ange detaljmått.

Syftet med detta examensarbete har varit att studera hur kontaktrycket mellan klöv och spaltgolv påverkas av olika måttförhållanden mellan stav och spalt. Studierna har gjorts i laboriemiljö med hjälp av en dödklöv. Först har nödvändig laborieutrustning utvecklats och sedan har mätningar av kontaktryck genomförts på tre betongspaltgolv som hade olika måttförhållanden mellan stav och spalt.

Ett stort tack till Jordbruksverket, Stiftelsen Lanbruksforskning, SLF, och Stiftelsen Sydsvensk Jordbruksforskning, SSJ, som genom sitt ekonomiska stöd har gjort detta arbete möjligt. Tack till Agronom Madeleine Magnusson, Lantmästare Magnus Nilsson och försökstekniker Anders Prah på JBT, SLU, Alnarp som har varit till ovärderlig hjälp vid utvecklandet av laborieutrustningen. Tack till VMD Christer Bergsten, Svensk Mjölk, Skara, för värdefulla synpunkter i samband med utvärdering av mätresultaten. Till sist ett tack från examensarbetaren till handledaren och examinatorn professor Christer Nilsson och handledaren Agr.lic. Michael Ventorp vid JBT, SLU, Alnarp, som alltid har funnits till hands när problem har uppstått.

Alnarp april 2002

Karl-Henrik Johansson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	7
SUMMARY	9
1. INLEDNING	11
1.1 Bakgrund	11
1.1.1 Syftet med spaltgolv	11
1.1.2 Spaltgolvets inverkan på klöven	12
1.1.3 Lagstiftning	12
1.2 Mätmetoder	13
2 KLÖVENS ANATOMI, SJUKDOMAR OCH SKADOR	14
2.1 Klövens anatomi	14
2.2 Klövsjukdomar och klövskador	15
2.2.1 Infektiösa klövsjukdomar	15
2.2.2 Fångrelaterade klövsjukdomar	15
2.2.3 Traumatiska klövskador	16
3 SYFTE	17
4 MATERIAL OCH METODER	18
4.1 Allmänt	18
4.2 Tryckregistrering	18
4.3 Fältundersökning	19
4.4 Laborarieutrustning	20
4.4.1 Provklöv och klövrigg	20
4.4.2 Provstavar och stavrigg	22
4.4.3 Klövpositionsmodell	23
4.5 Laboriemätning	24
4.5.1 Klövpositioner och klövbelastning	24
4.5.2 Klövtryckningar	25
4.5.3 Parametrar och beräkningar	26
5 RESULTAT	28
5.1 Fältundersökning	28

5.2 Laboratoriemätning	29
6 DISKUSSION	35
6.1 Material och metoder	35
6.1.1 Tryckregistrering	35
6.1.2 Fältundersökning	36
6.1.3 Provklöv och klövrigg	36
6.1.4 Klövpositioner	37
6.1.5 Parametrar och beräkningar	39
6.2 Resultat	40
6.2.1 Variationer	40
6.2.2 Erhållna mätvärden på helt golv och mätvärden i litteratur	41
6.2.3 Mätvärden på helt golv och spaltgolv	42
6.2.4 Högsta registrerade mätvärden på spaltgolv	43
6.2.5 Jämförelser inom valda klövpositioner	45
6.2.6 Jämförelser utanför valda klövpositioner	48
6.3 Fortsatt forskning	50
7 SLUTSATSER	51
8 REFERENSER	52

SAMMANFATTNING

Dränerande golv i form av spaltgolv är en utbredd golvtyp på gångytor i liggbåsstall för nötkreatur i såväl Sverige som övriga Europa. Ett väl fungerande spaltgolv blir ofta torrare och därigenom mindre halkigt än ett helt golv med motsvarande struktur. Hos ett spaltgolv är alltid spaltöppningens bredd en kompromiss mellan å ena sidan kravet på god genomsläpplighet för gödsel och urin och å andra sidan kravet att djuren inte får skadas på grund av att klövarna trampar igenom eller fastnar i golvet. Spaltgolvets stav skall samtidigt ha en viss bredd för att ge tillräckligt stöd under klöven och därmed minska anliggningsstrycket, medan dräneringen förbättras då staven görs smalare och spaltens andel av golvarean blir högre.

I Sverige anges tillåtna mått för spaltgolv i Statens jordbruksverks föreskrifter om djurhållning inom lantbruket m. m. (SJVFS 1993:129), där stavbredd och största spalt anges. De gällande bestämmelserna antas inte innebära en optimal kompromiss, utan anses medge en för bred spalt och föreskriva en onödigt bred stav. För närvarande (2002) pågår också en diskussion i Sverige om att ändra bestämmelserna angående de dränerande golvens mått. Istället för att ange en stavbredd, vill man föreskriva en största öppningsandel samtidigt som man vill fortsätta att ange en största spaltvidd. Detta skulle ge tillverkarna större handlingsutrymme vid detaljutformningen av spaltgolv.

Det här redovisade projektet har haft pilotkaraktär och som syfte att bidra med fakta-material att användas vid en omarbetning av rekommendationer och bestämmelser angående utformning av betongspaltgolv för nötkreatur. I projektet har studier gjorts av hur olika måttförhållanden mellan stav och spalt påverkar kontaktrycket mellan klöv och spaltgolv. Hypotesen var att vid en given öppningsandel i golvet kan understödet för djurens klövar ökas, samt maximala och ogynnsamma punktbelastningar minskas, när både stav- och spaltbredd minskas.

För registrering av kontaktryck mellan klöv och golv användes en tunn (0,1 mm) trycksensor som kopplades till ett analysystem. Trycksensorn innehöll en matris av kraftgivare, där varje givare fungerade som ett variabelt, elektriskt motstånd. Två mätsensorer med olika upplösning användes, 3,2 givare/cm² och 15,4 givare/cm². Resultatet erhöles som en tryckfördelningskarta som kunde visas i monitor eller skrivas ut på skrivare.

Efter att orienterande mätningar hade gjorts med en mjölkko i fält utvecklades en klövrigg där en dödklöv kunde fästas upp och användas för att simulera klövnedsättningar mot ett golv. I laboratoriet utfördes mätningar av kontaktryck mellan dödklöv och tre olika spaltgolvstyper: 125/40, 125/30 (90/30) och 75/25 (stavbredd i mm/spaltvidd i mm) samt helt golv. På vardera spaltgolvstypen gjordes mätningar vid åtta olika klövpositioner.

Inom varje klövposition gjordes jämförelser mellan de tre spaltgolvstyperna. Jämförelserna gjordes med hjälp av parametrarna medeltryck och maximalt punkttryck. Klövens kontaktarea delades in i fyra anatomiska zoner: sulzon, hörnstöd, väggzon och ballzon. För var och en av zonerna bestämdes ett maximalt punkttryck. Vid jämförelserna lades

störst vikt vid maximala punkttrycken i sulzon och hörnstöd, vilka ansågs vara de två zoner som var känsligast för överbelastning.

Slutsatsen blev att då stav- och spaltbredd minskas från 125/40 till 90/30 ökar understödet (= lägre medeltryck) för klöven och de maximala punkttrycken i sulzon och hörnstöd blir lägre. Då stav- och spaltbredd minskas ännu mer, från 90/30 till 75/25, är inte tendensen lika entydig. Klöven får då ökat understöd och lägre maximala punkttryck i hälften av de undersökta fallen.

SUMMARY

A slatted concrete floor is commonly used as a draining floor in the aisles of cattle cubicle barns in Sweden as well as in the rest of Europe. A high-performing slatted concrete floor will usually be dryer, and thus less slippery, than a solid floor with the same surface structure. When using a slatted floor the width of the gap between slats, i.e., the slot, is always a compromise between the demand for good draining capacity, for manure and urine, and the requirement that the animals should not be harmed by treading through or getting jammed in the slots. The slats should also have a certain width to give sufficient support for the hoof, reducing the contact pressure. Narrower slats and a ratio of slots to slats will on the other hand, improve the drainage.

In Sweden, the allowed dimensions for slatted floors are stated in the Swedish animal protection regulation, in which the prescribed width of slats and maximal slots are stated. These prescribed dimensions are regarded not to be an optimal compromise. They are suspected to allow too wide slots, but require unnecessarily wide slats. The regulations are, therefore, currently (2002) under review in Sweden. Instead of prescribing slat width, an option would be to state the maximum percentage of the floor that may be constituted by slots. The highest permitted width of the slots would still be given. In this way, the manufacturers of these floorings would get more freedom in designing the floors.

The purpose of this project was to provide measurable facts to be used in the review of the recommendations and regulations concerning concrete slatted floors for cattle. In the project we have studied the effect of varying the dimensions of slats and slots on the contact pressure between hoof and slatted floor. The hypothesis was that the support for the hoof could be increased and maximum pressures at sensitive points under the hoof reduced at a given percentage of slot area in the floor, by reducing the width of both slats and slots.

The contact pressure between hoof and floor was registered using a thin (0.1 mm) sensor unit connected to an analyzing computer system. The sensor unit consisted of a matrix of individual pressure sensing locations also referred to as "sensels". Each sensel acts as a variable electrical resistor in an electrical circuit. Two different measuring units were used, one with 3.2 sensels/cm² and the other with 15.4 sensels/cm². The result of a measurement could be displayed as a pressure distribution map on a monitor or printed.

After some initial field measurements on a dairy cow, a laboratory set up simulating a standing cow by use of a cadaver hoof was developed. With this equipment, pressure maps for eight different hoof positions on each of the following floor dimensions: 125/40, 125/30 (90/30) and 75/25 (slat width in mm / slot width in mm) were recorded and compared to solid floor.

For each position of the hoof a comparison was made between the different floor dimensions, using the parameters mean contact pressure and maximum local contact pressure. The contact area of the hoof was divided into four anatomically separate zones: the rear part of the sole, the abaxial wall bulb junction, the wall zone and the bulb. For each of

the zones, the maximum local contact pressure was determined. Due to the high vulnerability of the rear part of the sole and the abaxial wall bulb junction, the recorded pressures for these two zones were considered most important in the subsequent evaluation of the result.

The conclusion of this study was that when both slat and slot width was reduced from 125/40 to 90/30 the support for the hoof was improved (i.e. a lower mean contact pressure was recorded). The maximum local contact pressures on the rear part of the sole and the abaxial wall bulb junction were also lowered. When the width of slats and slots were further reduced, this tendency was not as clear. Here, an improved support and reduced maximum local contact pressure was only found in 50% of the measurements.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

1.1.1 Syftet med spaltgolv

Dränerande golv i form av spaltgolv används i första hand för att reducera arbetsbehovet i samband med gödselhantering. Det används främst i system med lösgående djur men förekommer även i system med bundna djur. Principen för spaltgolv var känd för mer än 200 år sedan. Då började isländska bönder att hålla får på spaltgolv. För drygt 50 år sedan började norska bönder använda dränerande golv för nötkreatur i lösdrift. Vetenskapliga undersökningar om spaltgolv startades i början av 1950-talet (Eichhorn et al., 1970).

Djur på spaltgolv kan hålla sig acceptabelt rena om gödseln snabbt trampas igenom golvet. Bristfälligt skrapade hela gångytor i lösdriftsstallar kan förväntas ge en snabbare utveckling av klövröta och ett större behov av veterinärbehandling för andra klövlidanden än då djuren står eller går på spaltgolv (Coehen, 1980; Buchwald et al., 1982; Matton, 1987; Hultgren & Bergsten, 2001). Dåligt utformade spaltgolv i lösdriftsstallar kan å andra sidan resultera i klöv- och ledsador (Kirchner, 1989).

Spaltgolvets dimensioner inverkar på golvets dränerande förmåga och på hur klöven belastas. Ju bredare stavarna och ju smalare spalten är, desto mindre tryck åstadkoms, men desto sämre blir golvets gödseldränerande förmåga. För att uppfylla kraven på såväl spaltgolvets dränerande förmåga och att golvet inte ger klövskador på grund av alltför stor tryckbelastning och snedbelastning på klöven, måste man därför kompromissa.

Dränerande golv i form av betongspaltgolv är en utbredd golvtyp på gångytor i liggbåsstall i såväl Sverige som övriga Europa. En utveckling av hela (betong-) golv i liggbåsstalls gångar, för att reducera ammoniakavgången, har framför allt skett i Nederländerna. En variant av hela golv är ett golv med längsgående spår som är ämnade att dels dränera urinen, dels att minska halkigheten. Golven reducerade ammoniakavgången och ”medförde inte att korna rörde sig sämre än de gjorde på ett spaltgolv” (Swiersta et al., 1997; Stefanowska et al., 2001). Andra åtgärder för att minska ammoniakavgången från golvtytor har varit att skrapa såväl hela golv som spaltgolv frekvent och att spola med vatten.

Då FoU-verksamheten under senare år i hög grad har fokuserats på att minska ammoniakemissionen har en utveckling för att förbättra andra egenskaper hos golven kommit delvis i skuggan. Detta gäller bland annat hur golven inverkar på djurhälsan, golvets komfort och halkighet.

En klar tendens i utlandet är att utvecklingen av spaltgolv har gått från relativt instabila golv av betongstavar som läggs med distansklossar (enkelbalkar) till mer stabila kassetter. Kassetterna har genom bättre hållfasthet möjliggjort andra måttförhållanden mellan stav och spalt än vad som är brukligt för enkelbalkspaltgolv. Man har därigenom kunnat minska belastningen på klövarna utan att försämra golvets dränerande förmåga. I Sverige har inte kritiken på instabilitet varit så uttalad, utan enkelspaltgolven fortsätter att dominera även vid nybyggnad.

1.1.2 Spaltgolvets inverkan på klöven

I stallutrymmen med spaltgolv är spaltöppningarnas bredd en kompromiss mellan å ena sidan kravet på god genomsläpplighet för gödsel och urin och å andra sidan kravet att djuren inte får skadas på grund av att klövarna trampar igenom eller fastnar i golvet. Spaltgolvets stav skall ha en viss bredd för att ge tillräckligt stöd under klöven och därmed minska anliggningsstrycket (Ober, 1967; Boxberger, 1982). Gödseldräneringen förbättras däremot då staven görs smalare (Boxberger & Pfadler, 1980) och/eller spalten görs bredare (Boxberger & Pfadler, 1980b; Svennerstedt & Praks, 1997; Nilsson & Svennerstedt, 2000). Väl fungerande göseldränering bidrar till bättre hygien, en torr yta och ett mindre halkigt golv (Kirchner, 1989; Hultgren & Bergsten, 2001). För att erhålla en stor andel öppningar och därmed god genomsläpplighet måste man ha många eller breda spaltöppningar. Strömedel av olika typ försämrar spaltgolvets genomsläpplighet och möjligheten att ströa är därför begränsad. Dessutom har kotrafiken stor betydelse eftersom funktionen bygger på att djuren trampar igenom gödseln.

Teoretiska överväganden vad gäller kontaktrycket mellan klöv och spaltgolvsunderlag har gjorts av Ober (1967). Han konkluderar att då djuret står på ett galler kommer dess vikt inte att tas upp av klövens hela underyta. Lasten tas i stället upp i kontaktytan mellan den hårda hornväggen och gallerstavarna. Kontaktrycket kan då bli högt och man måste därför ta stor hänsyn till klövarnas form och uppbyggnad vid golvutformningen.

Kirchner & Boxberger (1987) fastslog att medeltrycket på klövytan skulle vara lägre än 0,25 MPa för att vara acceptabelt. Enligt deras beräkningar uppfylldes detta då minst 65-70 % av klövens kontaktarea hade understöd av en eller flera stavar. Efter att ha studerat 4000 klövnedsättningar på spaltgolv i fält drog de också slutsatsen att korna inte medvetet styr placeringen av klövarna i förhållande till stavar. Istället följer de sin naturliga stegrytm.

1.1.3 Lagstiftning

Spaltgolv tillverkas huvudsakligen av betong med standardiserade mått (Svensk Standard, 1991a, 1991b). Andra mått och utformningar förekommer utomlands. Trä kan förekomma men slits fort och de avrundade spaltgolvspalk som blir resultatet kan lätt skada djuren.

Användningen av dränerande golv i djurstallar regleras idag av Statens jordbruksverks föreskrifter om djurhållning inom lantbruket m. m. (SJVFS, 1993). Bestämmelserna har utarbetats för spaltgolv av betong och trä och gäller endast för sådana golv. Ett dränerande golv skall enligt föreskrifterna vara så utformat att det inte tillfogar djuren skador eller inverkar menligt på deras beteende.

Då det gäller dränerande golv skiljer man på gödseldränerande och urindränerande golv, där de förra både skall släppa igenom urin, träck och strömedel medan de senare i princip enbart släpper igenom urin eller annan vätska. Generellt gäller, att för kvigor som har mindre än två månader kvar till kalvningen och för kor får liggytan inte bestå av gödseldränerande golv. Enligt samma föreskrift skall gödseldränerande spaltgolv av betong eller trä ha följande mått:

- Ungdjur högst 100 kg: stavbredd 75 mm och största spalt 30 mm
- Ungdjur 100 - 400 kg: stavbredd 100 mm och största spalt 35 mm
- Vuxna djur: stavbredd 125 mm och största spalt 40 mm

Gällande svenska djurskyddsbestämmelser antas inte innebära en optimal kompromiss, utan anses medge en för bred spalt och föreskriva en onödigt bred stav. För närvarande (2001) finns inga detaljbestämmelser vad gäller urindränerande golv. Jordbruksverket bedömer, i dagens kunskapsläge, att gränsen för största spaltöppning för urindränerande golv går vid ca 15 mm.

1.2 Mätmetoder

Mair et al. (1988) utvecklade en datorbaserad mätutrustning för att mäta trycket mellan klöv och golv. Mätssystemet byggdes för fältbruk. Det bestod av en platta, 350 mm x 510 mm x 35 mm med 4 givare per cm². Givarna fungerade som plattkondensatorer, vars kapacitans varierade med tryckbelastningen. Resultaten redovisades som tryckfördelningskartor och diagram på en datorskärm. Medeltrycket uppmättes till 0,19 MPa (Distl & Mair, 1993) och maximala trycket till 0,59 MPa hos kor i första laktationen och 0,56 MPa hos kor i andra laktationen. Lika stort medeltryck redovisas av Mair (1989), men motsvarande maximala tryck uppmättes till 0,93 MPa. Hubert & Distl (1995) mätte upp maximala trycket 1,10 MPa på överkade klövar. Vid verkning sjönk maximala trycket med mer än 0,12 MPa.

McGovern & Logue (1998) utvecklade en pedobarograf för mätning av trycket mellan klöv och golv. Då kon stod på pedobarografens membran reflekterades ljuset från en glasplatta i proportion till trycket mellan glasplatta och klöv. Det reflekterade ljuset fångades upp av en videokamera.

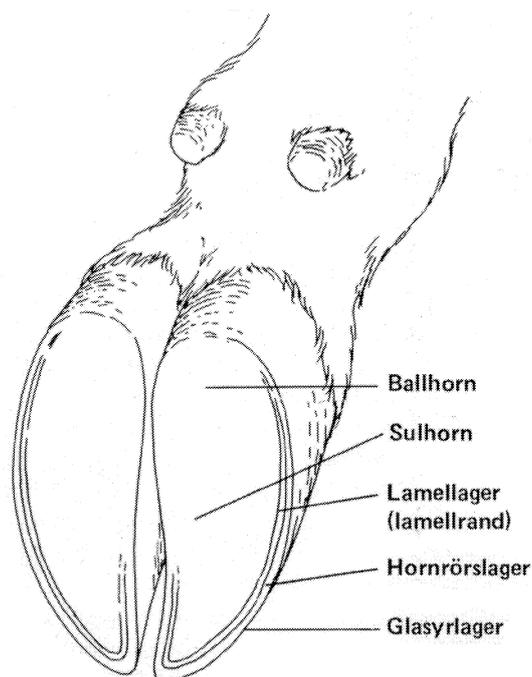
Judy & Galuppo (2001) använde samma mätsystem (Tekscan) som i den här studien för att diagnostisera hälsa hos sporthästar. De använde en trycksensor som kopplades till ett analysystem. Mätensorn, som kunde tillverkas i olika modeller, hade designats så att den kunde byggas in i något som liknade skor som sattes på hästhovarna. Hästen fick sedan springa på ett löpband varvid stötkraften mellan hov och underlag mättes. Därefter jämfördes stötkrafterna mellan höger och vänster hov.

2 KLÖVENS ANATOMI, SJUKDOMAR OCH SKADOR

2.1 Klövens anatomi

Vanlig hud består av tre lager: underhud, läderhud och överhud. Överhuden är ett tunt hornlager som aktivt bildas från läderhuden. Hos nötkreatur har överhuden på foten utvecklats till en hornkapsel, som är 5-10 mm tjock och omsluter denna. Hornkapselns ovandel och sidor utgörs av hornväggen. Bakpartiet är uppbyggt av ballhorn och merparten av undersidans yta utgörs av sulhorn.

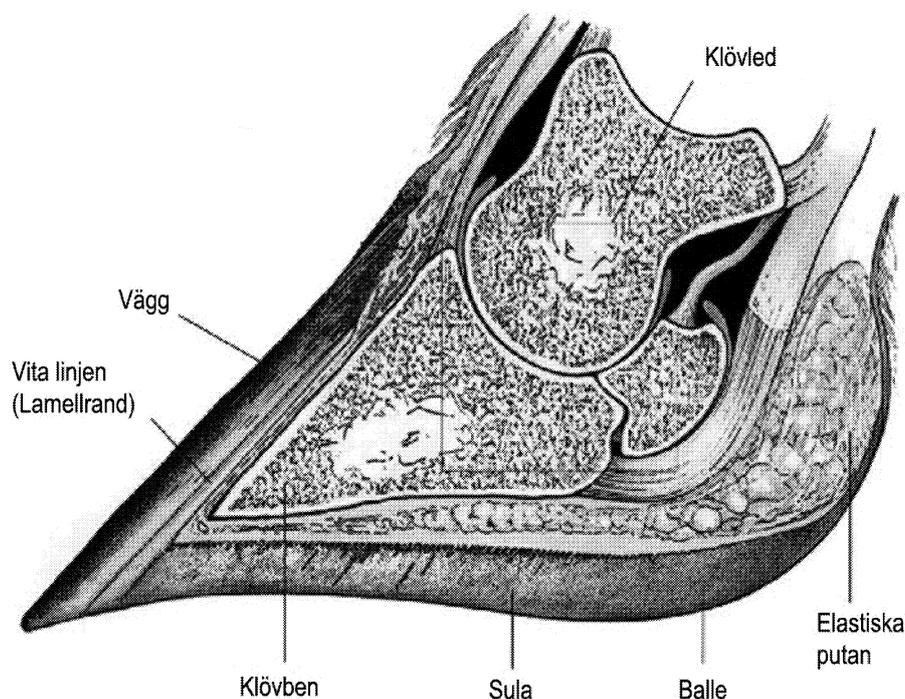
Då hornkapseln eller klöven betraktas från undersidan syns de olika delarna tydligt. Hornväggen är uppbyggd av tre lager (se figur 1). Ytterst finns ett glasyrlager som ska skydda klöven mot uttorkning. Mellanlagret kallas hornrörslager och är uppbyggt av rörformat horn. Det är tjockast och ger hornkapseln dess stabilitet och hållbarhet. Innerst finns lamellagret som består av lamellhorn. Från undersidan ses detta lager som en ljus rand. Den kallas vita linjen eller lamellranden. Lamellagret är relativt mjukt och bidrar till klövens elasticitet.



Figur 1. Klöv sedd underifrån. (Andersson, 1982)

Vid ett vertikalt snitt genom klöven (se figur 2) friläggs med början underifrån: sulhorn och ballhorn, läderhud, underhud och överst klövben. Sulhornet bildas från den läderhud som kallas sulläderhud och ballhornet från balläderhud. Underhuden utgörs av fett och bindväv. Delar av underhuden i sula och även i balle består av kapslade fettsträngar (elastiska putan) som har en viktig stötdämpande förmåga. Då ett djur med välverkade klövar står stilla bär det hårda hornrörslagret i hornväggen upp merparten av djurets tyngd och en marginell del av djurets tyngd vilar på ballhornet (Bergsten, pers. medd.

2001). Vid normal klövverkning skålas bakre tredjedelen av sulan ur för att undvika belastningar i sulan som kan medverka till att klövsulesår bildas.



Figur 2. Snitt genom klöv (efter Greenough et al., 1995).

2.2 Klövsjukdomar och klövskador

Klövsjukdomar kan delas in i infektiösa sjukdomar och fångrelaterade klövsjukdomar i sula och vägg.

2.2.1 Infektiösa klövsjukdomar

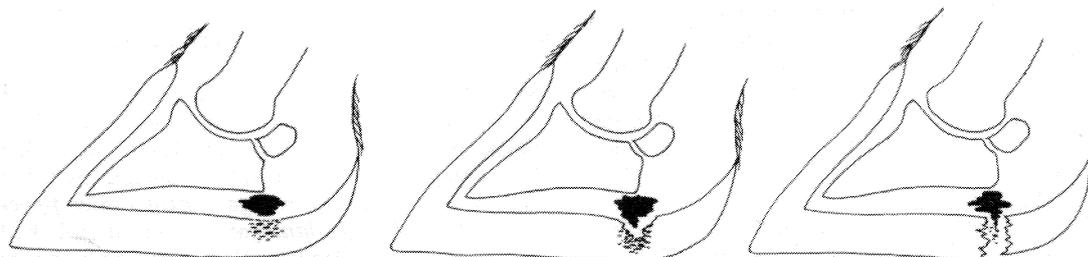
En våt och fuktig miljö ger en klöv med hög vattenhalt och ett mjukt klövhorn av dålig kvalitet. Klöven blir därigenom mindre motståndskraftig mot bakterieangrepp. Vanliga klövsjukdomar som orsakas av bakterier är klövspaltflegmon, klövspaltekssem och kronrandsekssem. Klövröta, vårtor och limax (svulst i klövspalten) är kroniska komplikationer till eksemen. Genom att använda spaltgolv vill man uppnå en torrare närmiljö för klövarna och därmed en ökad motståndskraft mot bakterieangrepp.

2.2.2 Fångrelaterade klövsjukdomar

Fång eller laminitis har en metabolisk grundorsak men inverkar indirekt på klövhornskvaliteten och ger upphov till klövsjukdomar i hornkapseln (Bergsten, pers. medd.

2001). Sjukdomen ger en inflammation i klövens läderhud. Inflammationen ger upphov till blödningar som framträder i sulhornet efter ca 2-3 månader. Fång kan orsakas av flera faktorer som samverkar vilket innebär att den är en multifaktoriell sjukdom. Riskfaktorer är utfodring, underlag, skötsel och arv. Vid plötsliga foderomställningar eller vid intensiv utfodring av spannmål kan endotoxiner (bakteriegifter) som skadar de små rikliga blodkärlen i klövarna bildas. Överbelastning i klövarna kan orsakas av dålig verkning, felaktiga benställningar eller för hårt underlag. Risken för fång ökar vid inställning av högdräktiga kvigor då underlaget byts från mjuk betesvall till hårt betonggolv. Bergsten (1995) redovisar att kalvningen som sådan också har stor betydelse för uppkomsten av fång.

Till följd av inflammationen i läderhuden försämras näringstillförseln till hornbildande delar. Störningar i hornproduktionen uppstår (Andersson, 1982). Fortsätter inflammationen under en längre tid kan den störda hornproduktionen ge upphov till sekundära åkommor såsom klövsulesår, skador i vita linjen som hålvägg och böld, dubbelsula, separation av ballhorn, konkav tåvägg med fångringar m. m. Klövsulesår kallas den kanal som kan bildas genom sulan till följd av den försämrade horntillväxten (se figur 3). Det uppkommer vanligen i den bakre tredjedelen av sulan vid bakre klövbensanten. Överbelastning av sulan är ofta en bidragande orsak till att klövsulesår utvecklas (Andersson, 1982). Motsvarande skada i väggens lamellager, vita linjen, kallas hålvägg och visar sig som djupgående sprickor i gränsen mellan sula och vägg. De uppkommer ofta i de bakre delarna av väggen som fortsättningsvis benämns hörnstöd (Bergsten, pers. medd. 2001). Skador i vita linjen reducerar klövens förmåga att ta upp vridning, nötning och belastning.



Figur 3. Klövsulesår uppstår genom att en blödning i läderhuden förorsakar dålig hornbildning, som i sin tur åstadkommer en inifrån bildad kanal genom hornsulan. (Andersson, 1982).

2.2.3 Traumatiska klövskador

Traumatiska eller mekaniska skador kan uppkomma då klöven halkar på staven och glider ner i spalten. Det kan ge blödningar i sulan och sprickor i klöven. Den mest allvarliga och relativt vanliga skadan vid för breda spaltöppningar på spaltgolv eller på galler bakom kor i uppbundna system är avlossning av hela eller delar av klövkapseln, vilket kallas exungulation (Bergsten, pers. medd. 2001). Även frakturering av klöven kan förekomma. Kirchner & Boxberger (1987) fastslog att spaltvidden bör vara mindre än 35 mm för att minska risken för sådana skador.

3 SYFTE

I Sverige pågår för närvarande en diskussion om möjligheten att ändra bestämmelserna angående de dränerande golvens mått, så att man ställer krav på en största öppningsandel och en största spaltvidd i stället för att ange detaljmått beträffande stavbredd och spaltvidd. Detta skulle kunna uttryckas som exempelvis att för mjölkkor får golvytans största öppningsandel vara 24 % och största spaltvidd får vara 35 mm. Det här redovisade projektet har haft pilotkaraktär och som syfte att bidra med faktamaterial att användas i kommande arbete med framtagning av rekommendationer och bestämmelser angående utformningen av spaltgolv för nötkreatur.

Ett mål med projektet har varit att utveckla en laboriemetod för att detaljstudera hur olika golvutformningar påverkar tryckbelastningen på klöven:

- Tryckbelastningen skulle registreras med högre upplösning än vad som förekommit vid tidigare känd forskning inom området.
- Utrustning skulle utvecklas för att med hjälp av en dödklöv kunna simulera en klöv hos en stillastående ko.
- Vidare skulle utformningen av laboriemetoden baseras på mätningar gjorda med en mjölkko i fält.

Ett annat mål med projektet var att genomföra laboriemätningar med hjälp av den utvecklade utrustningen. Dessa skulle ge uppgifter om tryckbelastningen på klöven vid olika kombinationer av spaltens vidd och dess andel av spaltgolvets totala area (andelen öppningsarea), och därmed även olika stavbredder. Projektet begränsades till att gälla klövar hos vuxna nötkreatur och betongstavar med en jämn ytstruktur. Mätningarna begränsades till att omfatta en framklöv från en vuxen kviga av SLB-ras.

Hypotesen var att vid en given öppningsandel i golvet kan understödet för djurens klövar ökas, samt maximala och ogynnsamma punktbelastningar minskas, när både stav- och spaltbredd minskas.

4 MATERIAL OCH METODER

4.1 Allmänt

Det mätsystem, I-Scan™ (Tekscan), som användes i detta projekt för att registrera tryck hade redan använts vid institutionen i samband med arbetsmiljöstudier. Då hade tryckfördelningen i handen i samband med mjölkning studerats med hjälp av mätsystemet. I övrigt används mätsystemet för yttrycksmätning inom många olika områden. Ett exempel är sjukvården, där fotproblem kan bedömas och utvärderas genom att trycket under fotsulan mäts vid belastning.

I detta projekt gjordes bedömningen att systemet också skulle kunna användas för att mäta trycket under en koklöv som belastas. Avsikten var att en laboratoriemetod för tryckmätningar med dödklövar skulle utvecklas för att kunna detaljstudera hur olika golvutformningar påverkar trycket under klöven. De skulle kunna belastas med en last som motsvarar belastningen från ett fullvuxet nötkreatur. Som referens mättes trycket på en stående respektive gående ko.

4.2 Tryckregistrering

Klövens kontaktarea mot golvet och fördelningen av trycket mot klövens undersida mättes med en tunn (0,1 mm) trycksensor kopplat till ett analysystem (Tekscan, 1999; PIAB, 2000). Trycksensorn som i fortsättningen kallas mätsensor innehåller en matris av kraftgivare (*sensels*). De är placerade i rader och kolumner. Varje givare fungerar som ett variabelt, elektriskt motstånd. När den är obelastad är dess resistans mycket hög medan då en last appliceras på givaren minskar resistansen.

Genom mätsensorn och analysystemet erhålls en tryckfördelningskarta, som antingen kan visas i monitor eller skrivas ut på skrivare. Kartan baseras på det värde (kraft) som respektive givare har registrerat. Vidare ger systemet uppgift om totala lasten på mätsensorn och dess tyngdpunkt, kontaktarea samt medeltryck. Olika zoner i bilden kan manuellt avgränsas och specialstuderas om så önskas. Beroende på önskad mätnoggrannhet, belastad area och förväntad maximallast används olika mätsensorer. En mätsensor kläms fast i ett sensorhandtag som är kopplat till ett mätkort i en PC. För styrning och mätning används ett av tillverkaren specialframtaget, windows-baserat program. Vid dynamiska mätningar kan systemet registrera upp till 208 tryckfördelningskartor per sekund.

Systemet uppgavs ha följande prestanda (PIAB, 2000):

- Repeterbarhet 3 %
- Onoggrannhet ± 10 %
- Hysteres 15 %
- Temperaturpåverkan 2 % / 10 °C
- Drift 3-5 % / 10 x tid.

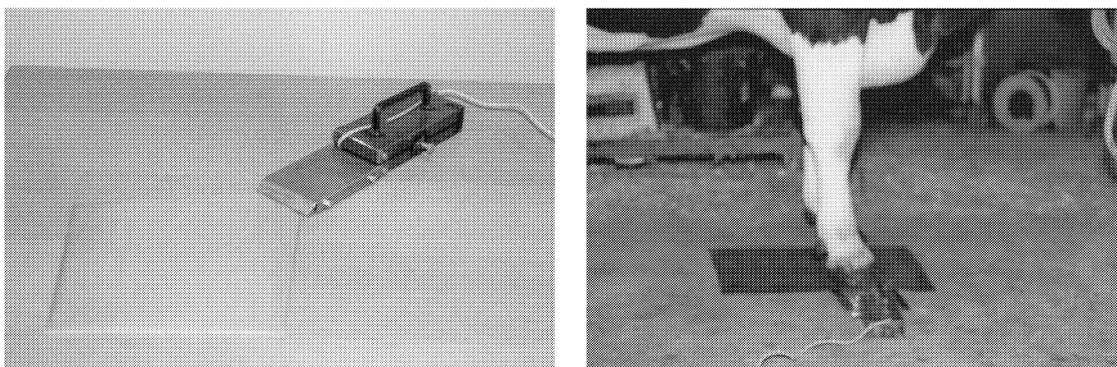
Under metodutvecklingen användes, såväl i fält som på laboratoriet, en mätsensor med mätytan 246 x 246 mm. Kraftgivarna var placerade i ett rutnät med 5,59 mm avstånd (3,2 givare/cm²). Vid mätningar på spaltstavar i laboratorium användes en mindre mätsensor med ytan 112 x 112 mm. Kraftgivarnas inbördes avstånd var då 2,54 mm (15,4 givare/cm²). Både den mätsensor som användes vid metodutvecklingen och den som användes vid laboratoriemätningarna kalibrerades enligt tillverkarens anvisningar (Tekscan, 1999) före respektive mätserie.

4.3 Fältundersökning

Fältundersökningen genomfördes dels för att pröva hur mätutrustningen fungerar i fält, dels för att erhålla referensvärden från en levande ko. Mätningarna gjordes på en 5,5 år gammal mjölkko av SLB-ras. Kon vistades normalt i ett värmeisolerat lösdriftsstall med liggbås och betongspaltgolv i gödselgångarna. Hon vägde 746 kg vid mätningarna och det senaste året hade hon mjölkat ca 9000 kg ECM. Klövarna verkades av en professionell klövverkare 4 veckor före mätningarna. Mätresultaten användes som underlag vid utvecklingen av mätmetod för laboratorium.

Mätningar utfördes av kontaktrycket mellan klöv och golv dels för stillastående djur, dels då kon gick när hon leddes i gramma. En specialtillverkad mätplatta av stål med tillhörande hållare och skydd för sensorhandtaget användes (se figur 4). Mätsensorn låg på en 1,5 mm tjock rostfri plåt och täcktes av en tunn teflonduk samt en 1,0 mm tjock gummiduk (Eten Propen gummi). Teflonduken skulle skydda mätsensorn mot horisontalkrafter och gummiduken skulle ge klöven fäste på teflonduken.

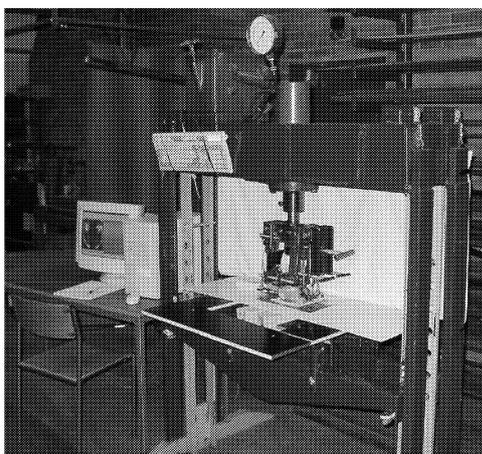
Mätningarna då kon stod med ett ben på mätplattan utfördes efter att ha fått kon att trampa på den. Registreringen utfördes då hon belastade benet (se figur 4). Vid mätning av trycket för en gående ko fick mätsensorn ligga på golvet och kon leddes fram och tillbaka över sensorn. Oftast placerade kon då någon av sina klövar på mätsensorn. Vid försöket eftersträvades att få kon att gå så naturligt som möjligt trots att hon leddes i gramma.



Figur 4. Tryckgivare vid fältmätning (t v, på bilden saknas gummiduken) samt pågående fältmätning av en framklöv (t h).

4.4 Laboratorieutrustning

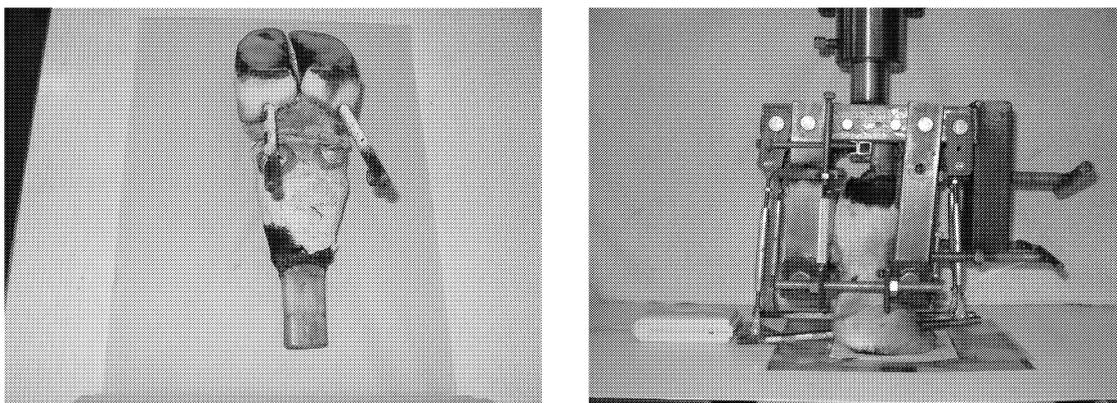
För genomförandet av studien i laboratorium utvecklades en klövrigg, i vilken en dödklöv kunde fästas upp. Klövriggen fästes i hydraulkolven i en handpumpad verkstadspress (se figur 5). På pressbordet placerades en stavrigg där två stycken betongstavar kunde läggas upp med en mellanliggande spaltöppning. Helt golv simulerades av en 125 mm bred stav, vilken var tillräckligt bred för att hela klöven skulle få understöd. Mät-sensorn placerades i en ursparing i en pappskiva. Ovanpå mätsensorn placerades en klövpositions-mall med en inbyggd 1,0 mm tjock skyddande gummiduk. Klövpositions-mallen användes som hjälpmedel för att kunna placera klöven i önskade lägen i förhållande till spaltöppningen och för att kunna upprepa dessa lägen. Vid en mätning eller tryckning satt klöven fast i klövrigger som i sin tur var fastspänd i hydraulkolven. När kolven pressades ner, trycktes klöven mot klövpositions-mallen, mätsensorn och betong-stavarna.



Figur 5. Laborarieuppställning.

4.4.1 Provklöv och klövrigg

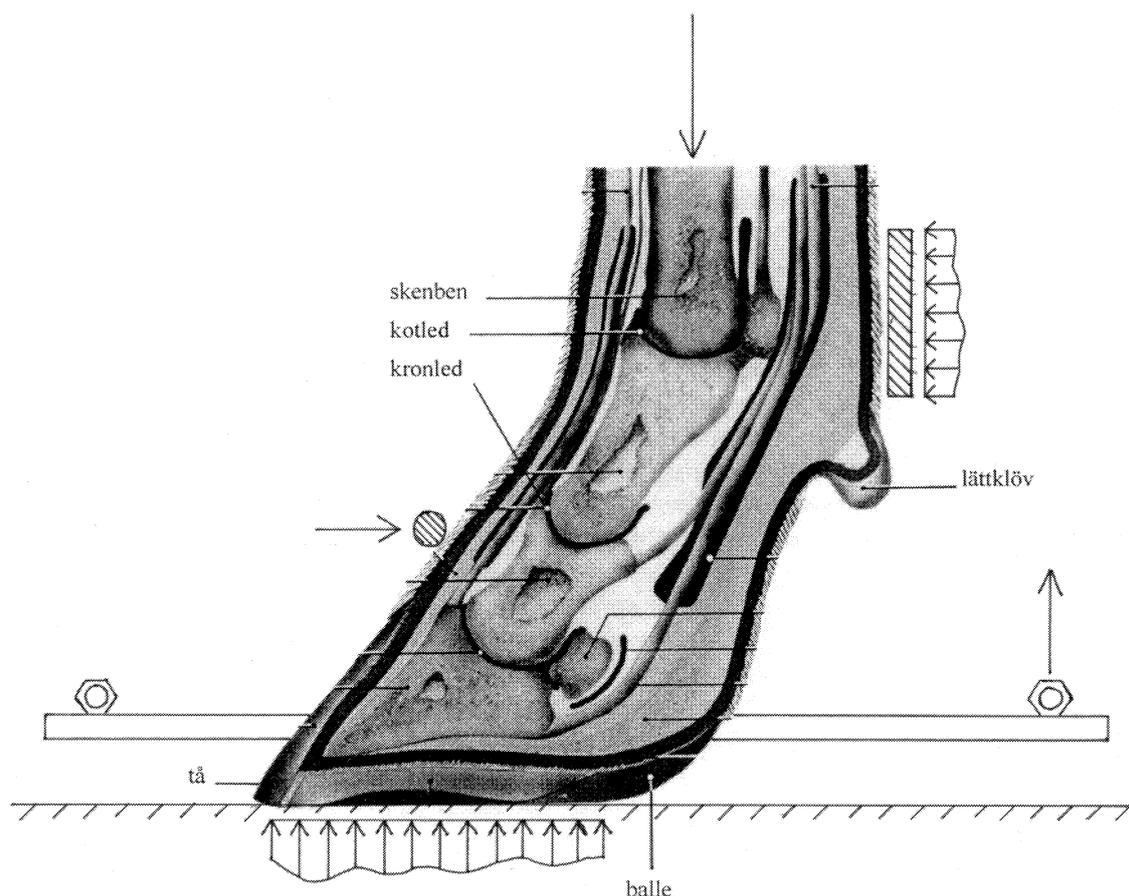
I försöken användes en dödklöv med skenben (metacarpus, se figur 6). Samma klöv användes i samtliga laboriemätningar. Klöven kom från höger framben på en 28 månader gammal SLB-kviga som vägde 636 kg. Skenbenet kapades 70 mm från dess övre ända. Efter kapningen frilades den övre delen av benet från hud och senor så att benet kunde sättas fast stabilare i riggen. Klövens undersida slipades till med rasp och slippapper för att efterlikna en välverkad klöv där mindre ojämnheter från verkningen har hunnit slitas ner. För att kunna finjustera lastens fördelning över klövens kontaktyta mot underlaget, borrarades 20-30 mm ovanför slitytan ett 10 mm hål genom vardera klövhalvan från tå till balle. I vardera hålet placerades ett 300 mm långt rundstål med diametern 10 mm. På båda ändar av rundstålen svetsades en mutter.



Figur 6. Provklöv med rundstål (t v) och klövrigg med monterad provklöv (t h)

Den färdigslipade klövens tåvinkel uppmättes till 48° . Innerklöven var något större än ytterklöven. Innerklöven hade tålängden 75 mm och ytterklöven tålängden 72 mm. Dessa mått motsvarar de normala måtten för en ko i denna storlek. Hårdheten hos slitytan på klövens undersida uppmättes enligt DIN 53 505 till 97 Shore A i väggzonen, 94 Shore A i sulzonen och 70 Shore A i ballzonen. Klövens kontaktarea vid tryckning på helt golv i laboratorieuppställningen hade längden 105 mm och bredden 112 mm. Klöven slipades så att höga tryck skulle kunna utvecklas i bakre tredjedelen av sulan, alltså sådana tryck som kan bidra till att klövsulesår utvecklas. Hos en levande ko hade vid normal klövverkning den bakre tredjedelen av sulan skålats ur mer för att förebygga risken för klövsulesår. När klöven inte användes förvarades den djupfryst. De slutliga mätningarna genomfördes under fyra dagar. Mellan varje mätdag förvarades klöven djupfryst minst ett dygn. Den togs upp för tining kvällen före respektive mätdag. Under upptiningen och vid pauser i mätningarna under mätdagarna förvarades den i rumstemperatur stående i 10-15 mm vatten. Detta gjordes för att minimera uttorkningen av klövens undersida.

Klövriggen konstruerades så att lasttyngdpunktens läge vid nedtryckning kunde kontrolleras. Lasttyngdpunkten kunde justeras in så att lasten fördelades symmetriskt över klövens kontaktarea. Inställningen kunde göras så stabil att en mätning kunde upprepas flera gånger på samma underlag med bibehållet läge av den inställda lasttyngdpunkten. Detta utan att några kompletterande justeringar behövde göras i samband med respektive nedtryckning. Klövriggen tillverkades av stålprofiler (se figur 6). I denna belastades klöven via skenbenets övre del, som spändes fast med plana stål från fyra sidor. Benets nedre del fixerades med hjälp av ett böjt rundstål som låg an mot benets framsida i höjd med kronleden, och en plan plywoodbit som låg an mot benets baksida i höjd med kotleden, strax ovanför lättklövarna (se figur 7). Detta innebar att det inbördes förhållandet mellan kronled och kotled kunde fixeras i önskat läge. Riggen var konstruerad så att mindre justeringar kunde göras av benets vinkel mot underlaget genom förskjutningar av benet, såväl i sidled, som i riktning fram-bak. Inställningen i sidled påverkade lastfördelningen mellan klövhalvorna. Tåbelastning och tåvinkel ställdes in med två par vantskruvar som fästs i muttrarna på klövens rundstål. De bakre vantskruvarna aktiverades då klöven trycktes ner och belastades. Deras funktion var att omfördela last från klövens bakdelar till tårna, så att lastfördelningen överensstämde med resultaten från fältmätningarna. När klöven släpptes upp aktiverades de främre vantskruvarna som skulle hålla tårna fixerade i samma läge som vid belastning. De främre vantskruvarna förhindrade alltså tåspetsarna att vipa ner då klöven lyftes upp.



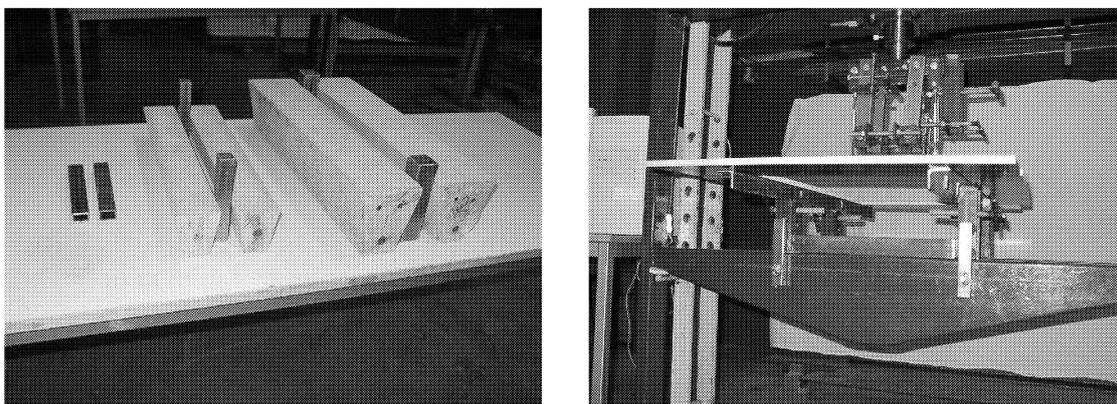
Figur 7. En klöv i genomskärning samt de krafter från golv och klövrigg som påverkade klöven (klövgenomskärning efter Toussaint Raven et al., 1985). Klöven belastades via skenbenet. Lederna fixerades med hjälp av en plywoodbit som låg an bakom kotleden och en stålbygel som låg an mot kronledens framsida. Tån belastades med hjälp av en kraft som lyfte bakre änden av det rundstål som hade placerats i ett hål genom klöven.

4.4.2 Provstavar och stavrigg

I laboratoriemätningarna användes stavbredderna 125 och 75 mm. Aktuella spaltvidder var 40, 30 och 25 mm. Följande stav-/spaltkombinationer användes: 125/40, 125/30 och 75/25. Två 600 mm långa stavar av vardera stavbredden tillverkades i plåtformar (se figur 8). Betongkvalitet K 40 och slakarmering av kvalitet Ks 400 användes. För att erhålla en ytstruktur på stavens ovanyta som motsvarade några års användning i fält handslipades den med en karborundumklots efter att betongen hade härdat.

En stavrigg av stålprofiler och plywoodskivor tillverkades (se figur 8). I denna kunde två stavar fixeras så att önskad spaltöppning erhöles. Spaltvidden ställdes in med hjälp av ståldistanser av fyrkantrör. Hela riggen gick att flytta i en riktning vinkelrät mot den erhållna spaltöppningen. Därmed kunde spaltöppningen förflyttas i förhållande till klöven. Klöven kunde i sin tur placeras i olika riktningar i förhållande till spaltöppningens

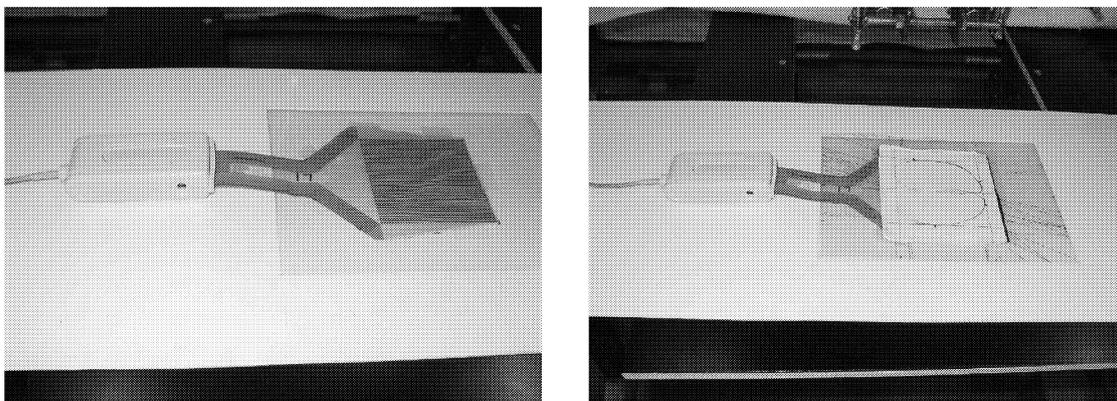
riktning genom att hela klövriggen gjorts vridbar. Stavarna vägdes in så att avvikelser i planhet hos de uppbyggda spaltgolv som användes i mätningarna var mindre än 0,5 mm.



Figur 8. Betongstavar med ståldistanser (t v). Stavrigg, sedd från sidan, med borttagna betongstavar (t h). Riggen vilar på pressbordet.

4.4.3 Klövpositionsmodell

Vid mätning fixerades mätsensorn på en overheadplast som var fixerad i en ursparing i en pappskiva. Ovanpå mätsensorn placerades en klövpositionsmodell (se figur 9). På klövpositionsmodellen fanns ett fastsatt pappersark med klövens ytterkontur tillsammans med fyra markeringar som också återfanns på klöven. Modellen hade även ett antal hjälplinjer som angav stavkantens läge för de olika klövpositioner som var aktuella att mäta. Med hjälp av klövkonturerna och stavkantlinjerna på klövpositionsmodellen kunde hela pappskivan med mätsensor fixeras i önskat läge på spaltgolvet i förhållande till spaltöppningen. Därefter kunde stavriggen flyttas och klövriggen vridas så att de fyra markeringarna på klöven sammanföll med motsvarande markeringar på klövpositionsmodellen i samband med att klöven trycktes ner.



Figur 9. Pappskiva med mätsensor och sensorhandtag (t v) kompletterad med klövpositionsmodell (t h). Mätsensorn är fastsatt på overheadplasten i pappskivans ursparing. I samband med fotografering placerades ett vitt papper under overheadplasten.

Pappskivan med mätsensor, sensorhandtag och klövpositionsmall vilade under mätning på spaltgolvet och de omgivande ytor som bildades av stavriggens plywoodskivor. Mät-sensorn skyddades mot betongytan av den ovan nämnda overheadplasten som var fast-satt i pappskivans ursparing. Mot klöven skyddades mätsensorn av en 1,0 mm tjock gummiduk som fanns inbyggd i klövpositionsmallen. Klövpositionsmallen var dels uppbyggd av en overheadplast, dels av en 1,0 mm tjock elastisk gummiduk (Eten-Propen gummi) som hade satts fast över ett urskuret hål i overheadplasten. Ovanpå gummiduken fanns det ovan nämnda pappersarket fastsatt och på overheadplasten fanns de ovan nämnda stavkantslinjer inritade.

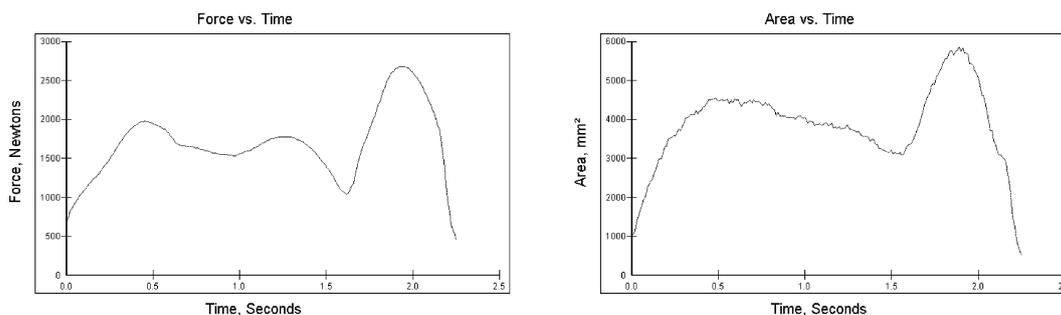
4.5 Laboratoriemätning

4.5.1 Klövpositioner och klövbekastning

Åtta olika klövpositioner valdes ut, fyra stycken vinkelrätt mot spaltens riktning, tre stycken parallellt med spaltens riktning och en position där klöven stod snett över spaltöppningen (se figur 10). Med tre olika stav-/spaltkombinationer blev det totalt 24 olika klövplaceringar som studerades. Dessutom gjordes mätningar på helt golv. Merparten av klövpositionerna valdes utifrån vad som bedömdes vara ogynnsammast för klöven. Några sådana ogynnsamma fall bedömdes uppkomma när klöven stod på två stavar, men hade så lite understöd som möjligt av den ena staven. Dessa fall utgjordes av klövpositionerna "tå på", "balle på" och "vägg på". Andra ogynnsamma fall bedömdes uppkomma om klöven stod på en stav och nådde ut så mycket som möjligt över den ena spaltöppningen, utan att snudda intilliggande stav. Dessa klövpositioner var "tå av", "balle av" och "vägg av". Klövposition "snett över spalt" valdes så att vänster balle och höger tå låg så nära respektive intilliggande stavkant som möjligt utan att den vidrördes. Slutligen valdes klövposition "mitt över spalt" för att undersöka vad som skulle hända om klöven placerades symmetriskt på två stavar parallellt med spaltöppningen.

Vid mätningarna belastades klöven med 1800 N (183 kg). Lastens storlek bestämdes utifrån levande vikten, 636 kg, på den kviga som klöven togs från och uppgifter i litteraturen, bland annat Feszl (1968) som anger att frambenen bär ca 55 % av kroppsvikten. Denna last låg också i samma storleksordning som resultaten från fältmätningen. Klöven monterades i klövriggen så att vardera klövhalvan bar minst 45 % av den totala lasten vid nedtryckning på helt golv. De bakre vantskruvarna justerades så att lasttyngdpunktens läge i klövens längdriktning sammanföll med resultaten från fältmätningen. Detta innebar att lasttyngdpunkten vid nedtryckning på helt golv låg på ett avstånd från tåspetsarna i riktning mot ballarna som motsvarade 50-55 % av klövlängden, mätt på den aktuella klövens tryckfördelningskarta.

Total kontaktarea och medeltryck på klövens hela kontaktarea erhöles direkt via mätsystemets programvara. Maximalt punkttryck vid varje enskild mätning och för varje anatomisk zon erhöles genom att beräkna medelvärdet av tre intilliggande mätpunkter inom respektive zon på tryckfördelningskartan. Punkterna skulle minst ha hörnkontakt med varandra och tillsammans ge det högsta medelvärdet i respektive zon. Motivet till att basera det maximala punkttrycket på tre mätpunkter var att arean på en mätpunkt, $6,45 \text{ mm}^2$, ansågs vara för liten för att dess punkttryck ensamt skulle kunna påverka klöven i någon större omfattning. Genom att använda tre mätpunkter togs även hänsyn till omkringliggande punkter. De tre mätpunkterna utgjorde tillsammans en area på $19,4 \text{ mm}^2$.



Figur 12. Figuren visar ett exempel på hur totala lasten (force, $t v$) i Newton och kontaktarean (area, $t h$) i mm^2 varierade för höger framklöv under den tid (time) i sekunder som den hade golvkontakt under en stegsekvens.

5.2 Laboratoriemätning

I tabell 2 redovisas resultaten från upprepade mätningar på helt golv. I tabell 3 visas en tryckfördelningskarta för varje klövposition samt de beräknade parametrarna för samtliga golvtyper och klövpositioner som ingick i försöket.

Tabell 2. Resultat från upprepade mätningar på helt golv som simulerades av en stav med bredden 125 mm. Mätningar gjordes på två olika stavar. Klöven placerades dels vinkelrätt mot och dels parallellt med stavens längdriktning

Mätserie	Kontaktarea (mm ²)	Medeltryck (MPa)	Maximalt punkttryck (MPa)			
			Sulzon	Hörnstöd	Väggzon	Ballzon
1. stav 1 (vinkelrätt)	5252	0,35	1,00	1,07	2,34	0,34
	5232	0,35	0,93	1,06	2,30	0,32
	5297	0,34	0,99	1,14	2,28	0,32
2. stav 1 (parallellt)	5355	0,34	0,93	1,03	1,67	0,29
	5284	0,34	0,94	1,08	1,76	0,28
	5290	0,34	0,94	1,03	1,72	0,28
3. stav 2 (vinkelrätt)	5206	0,35	0,92	1,00	1,70	0,25
	5200	0,35	0,93	1,11	1,72	0,23
	5232	0,35	0,91	1,10	1,60	0,21
4. stav 2 (parallellt)	5381	0,34	0,87	1,14	2,02	0,30
	5419	0,33	0,90	1,17	1,81	0,29
	5406	0,33	0,88	1,13	1,76	0,31
Medelvärde	5296	0,34	0,93	1,09	1,89	0,29
Variationsvidd	219	0,02	0,13	0,17	0,74	0,13
Standardavvikelse	77	< 0,01	0,04	0,05	0,27	0,04

6 DISKUSSION

6.1 Material och metoder

6.1.1 Tryckregistrering

Till största delen har mätsystemet för tryckregistrering, I-Scan™ (Tekscan), visat sig fungera bra för att mäta tryck, såväl på klövar hos levande kor i fält som på dödklövar i laboratorium. Genom den höga frekvensen på 208 tryckfördelningskartor/sek kunde dynamiska förlopp i fält studeras mycket noggrant. Den höga upplösningen, 15,4 givare/cm², på den lilla mätsensorn möjliggjorde detaljstudier av golvutformningar i laboratorium.

En av de större svårigheterna i samband med mätningarna var kalibreringen av de båda mätsensorerna. Denna skedde genom att en mätsensor belastades med en känd last. De materialskikt som omgav mätsensorns båda sidor vid kalibreringen skulle ha en eftergivlighet som var likvärdig med materialen vid mätningarna, dvs. en betongstav och en klöv. För att erhålla en representativ kalibrering av mätsensorn skulle dessutom minst 25 % av sensorytan belastas med en jämnt fördelad last. Det krävdes mycket plana och rena ytor för att undvika att endast ett fåtal yttoppar på de använda materialen belastades, eftersom mätsystemet reagerade på ojämnheter ner till storleken 0,02 – 0,03 mm. Efter flera olika försök erhöles någorlunda acceptabla resultat med en planfräst 32 mm tjock stålplatta under mätsensorn och en 1,0 mm tjock gummiduk med en 10 mm tjock plastbit av polyeten ovanpå mätsensorn. Stålplattan representerade betongstaven och plastbiten representerade klöven. Gummiduken användes för att kalibreringsuppställningen skulle vara så lik mätuppställningen som möjligt för att bästa kalibreringsresultat skulle erhållas. Vid mätningarna placerades nämligen en gummiduk mellan klöv och mätsensor. Bakgrunden till detta diskuteras nedan. Samtidigt visade det sig vid kalibreringen vara svårt att få en bra tryckfördelning utan gummiduk.

Mätsensorn var känslig för skjuvkrafter. Leverantören rekommenderade att den skulle täckas med en tunn teflonduk för att eliminera skjuvkrafterna. Den hala teflonytan medförde dock att det var omöjligt för en ko att stå på den i fält. Lösningen blev att spänna en gummiduk över mätsensor och teflonduk. Detta fungerade mycket bra. På laboratoriet konstruerades klövrigen så att skjuvkrafterna skulle bli så små som möjligt i samband med att klöven trycktes ned mot mätsensorn. Det varken gick eller var önskvärt att eliminera dem helt. Klövhalvorna skulle ju ha en viss rörlighet för att klöven inte skulle bli helt stel. De skjuvkrafter som kunde uppstå i samband med att klöven trycktes ned mot mätsensorn visade sig kunna tas upp på ett tillförlitligt sätt av en 1,0 mm tjock elastisk gummiduk, som därför byggdes in i klövpositionsmallen. Försök visade att en plastfilm eller ett papper inte hade förmågan att ta upp skjuvkrafterna på ett tillfredställande sätt.

Gummiduken bidrog dock till att jämna ut trycket mellan mätpunkterna på mätsensorn vilket innebar att tryckfördelningskartorna visade en jämnare tryckfördelning än om gummiduken inte hade använts. Detta medförde att de maximala punkttrycken blev lägre. Genom gummiduken blev också klövens registrerade kontaktarea större. Dels genom att mindre fördjupningar i såväl klövyta som betongstavar fick kontakt via gummiduken, dels genom att trycket fördelades över en större yta då det passerade duken. Gummiduken bidrog även till att mätuppställningen blev mindre känslig för små ojämnheter som mätsystemet annars skulle ha reagerat på. En provtryckning med respektive utan gummiduk gjordes på helt golv. Resultaten visade att gummiduken ökade den registrerade kontaktarean med ca 20 % och minskade det maximala punkttrycket med 14 % i sulzonen, med 34 % i hörnstöden och med 45 % i väggzonen. I ballzonen däremot ökade det maximala punkttrycket med 7 % vid den tryckning då gummiduk användes. Trots att gummiduken hade denna påverkan bedömdes den vara nödvändig för att inte riskera att mätsensorn skadades. Dessutom kunde det ifrågasättas om den rena och torra yta som fanns hos spaltstavarna i laboratoriet bäst speglade den verkliga tryckfördelningen på klöven på ett spaltgolv i fält. Oftast finns det ett skikt av gödsel, urin, spillvatten, strömedels- och foderrester mellan klöv och betongstav som troligen jämnar ut trycket på liknande sätt som gummiduken gjorde. Därtill kommer att en levande klöv många gånger är mer elastisk än den använda dödklöven, en skillnad som gummiduken troligen till viss del kompenserar.

6.1.2 Fältundersökning

I fält förekommer skjuvkrafter mellan klöv och golv. Därför bedömdes det vara för riskfyllt att låta en ko stå direkt på mätsensorn. Mätsensorn lades därför ovanpå en 1,5 mm rostfri plåt och därmed kunde en skyddande teflonduk och en gummiduk fixeras ovanpå mätsensorn genom att dukarna fästes runt plåtens kanter. För att fastställa skillnaden mellan betonggolv och plåt gjordes jämförande mätningar i laboratoriet. Dels trycktes provklöven direkt mot betongstavarna och dels mot en 1,5 mm rostfri plåt som placerats ovanpå betongstavarna. I båda fallen användes en 1,0 mm tjock gummiduk mellan klöv och mätsensor. Resultaten visade att jämförelseparametrarna från tryckningarna på plåt avvek i storleksordningen 2-4 % jämfört med motsvarande parametrar från tryckningarna på betongstavar. Dessa resultat visar att utrustningen för fältmätning är fullt godtagbar. Den kan dock inte användas för fältstudier av hur golvets ytstruktur påverkar trycket på klövytan.

6.1.3 Provklöv och klövrigg

De två storlekar av mätsensorer som användes i detta projekt var de mest lämpliga med hänsyn till leverantörens utbud och projektets ekonomiska ramar. Vid laboratoriemätningarna var önskan att kunna utnyttja den lilla mätsensorns högre upplösning. Den visade sig dock var 5-10 mm (5 á 10 %) för smal för att kunna rymma klövytan från en äldre mjölkko. Därför valdes en klöv från en vuxen kviga som hade en något mindre klöv men samtidigt vägde över 600 kg. Denna klövs kontaktarea täckte upp bredden på mätsensorn. Det ändrade storleksförhållandet mellan klöv- och golvdimensioner kan

därmed i vissa fall medföra, att använda spaltvidders och stavbredders effekt på kontaktarea och medeltryck skiljer sig från en situation med en större mätsensor som hade gjort det möjligt att använda en större klöv. Skillnaden bedöms dock som oväsentlig vid prövning av hypotesen.

Vid konstrueringen av klövrigen var, som redan nämnts, ett mål att minimera skjuvkräfterna mot underlaget då klöven trycktes ned. Ett annat mål var att göra klövinfästningen så stabil att mätningar kunde repeteras med lika resultat. Ytterligare ett mål var att klöven skulle belastas i överensstämmelse med resultaten från fältmätningarna. En svårighet var att klövytans lasttyngdpunkt hamnade längre bak på klövytan vid laboratoriemätningarna än vad som var fallet vid fältmätningarna. Utmaningen blev att omfördela mer av belastningen till klövens tåspetsar. Flera olika metoder testades, men ingen visade sig vara tillräckligt stabil för att kunna ge repeterbara resultat. Den slutliga lösningen blev att borra ett hål genom vardera klövhalvan, placera rundstål i hålen och med hjälp av vantskruvar omfördela belastningen från balle till tå. Denna lösning bidrog dock till att klövhalvorna fick begränsad rörlighet.

6.1.4 Klövpositioner

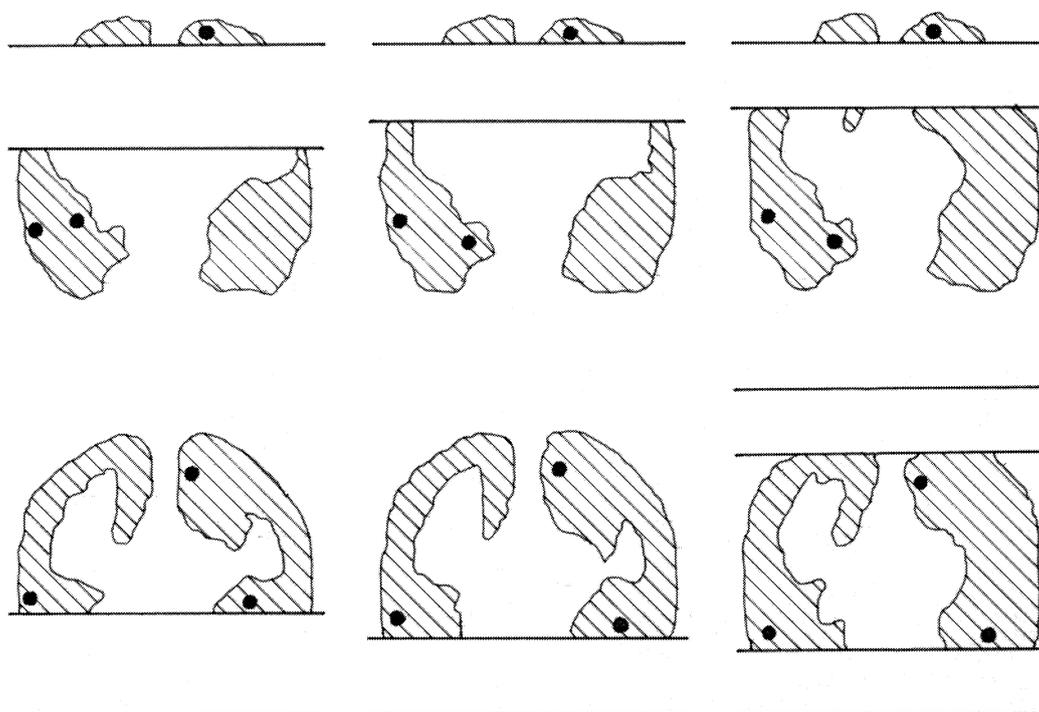
Under laboratoriemätningarna koncentrerades arbetet på att studera de klövpositioner som kunde antas ge upphov till de högsta trycken mellan klöv och spaltgolv. För att identifiera dessa klövpositioner bedömdes två kriterier vara av intresse. Det ena kriteriet var att minimera klövens bärande area genom att placera en så stor andel av klövens underyta som möjligt över en spaltöppning utan att klöven snuddade intilliggande stav. Detta var aktuellt i de fall klöven placerades på en enda stav. Det andra kriteriet omfattade de fall där klöven placerades på två stavar och innebar att klövens bärande area skulle fördelades så ojämnt som möjligt mellan stavarna. Genom att dels vinkla klöven vinkelrätt mot och dels parallellt med spaltöppningen erhöles sex klövpositioner utifrån dessa två kriterier, vilket också framgår av avsnitt 4.5.1 ”Klövpositioner och klövbelastning”. För dessa sex klövpositioner fixerades alltså klövens läge i förhållande till den närmsta kanten av en intilliggande stav eller till den belastade kanten på den stav som hade den minsta kontaktarean.

Kriterierna för de använda klövpositionerna hade en svaghet. De tog inte hänsyn till att golvtypernas skilda stav- och spaltbredder kunde inverka på kontaktarea och belastning närmast kring punkten för ett maximalt punkttryck. Detta bidrog till att det i en del fall blev svårt att göra korrekta jämförelser inom de valda klövpositionerna med avseende på parametern maximalt punkttryck. För att närmare belysa detta, ges ett exempel för klövpositionerna ”tå på” och ”balle av”:

För ”tå på” fixerades klöven enligt de använda kriterierna för mest ogynnsamma klövposition till stavkanten vid tåspetsarna (se figur 13). Vid mätningarna visade det sig att punkten för det maximala punkttrycket i väggzonen låg intill denna stavkant. Byte av golvtyp påverkade därför inte närområdet kring punkten för det maximala punkttrycket i väggzonen. Den andra stavkanten under klöven rörde sig inom den bakre delen av väggzonen vid de golvtyper som undersöktes. Stavkantens förflyttning påverkade därmed

inte något av närområdena till punkterna för de maximala punkttrycken i de övriga zoner. Korrekta jämförelser inom klövpositionen kunde göras.

Klövposition "balle av" är ett exempel där det var svårt att göra korrekta jämförelser av maximala punkttryck inom klövpositionen. Enligt de använda kriterierna för mest ogynnsamma klövposition fixerades klöven här i förhållande till den stavkant som fanns strax bakom klöven (se figur 13). Motstående stavkant som var belägen inom sulzonen och hörnstöden förflyttade sig i förhållande till klöven då spaltvidden förändrades vid byte av golvtyp. Intill denna stavkant låg samtidigt de maximala punkttrycken i sulzon och hörnstöd i samtliga tryckfördelningskartor som erhöles vid klövposition "balle av". Klövens placeringar på de tre spaltgolvtyperna inom klövposition "balle av" kunde därför inte betraktas som likvärdiga med avseende på kontaktarea och belastning närmast kring punkterna för de maximala punkttrycken i sulzon och hörnstöd. Punkterna förflyttades på klövytans undersida i och med att stavkanten under klöven förflyttades i förhållande till klöven vid byte av golvtyp. Korrekta jämförelser mellan golvtyperna blev svåra att göra. Inom klövposition "balle av" förekommer också ett liknande fall i väggzonen vid golvtyp 75/25. I detta fall gjorde en smalare stav att inte hela tåspetsen fick understöd. Därmed förändrades kontaktarea och belastningsförhållanden närmast kring punkten för det maximala punkttrycket i väggzonen.



Figur 13. Placering av punkterna för maximalt punkttryck vid klövposition "tå på" (övre raden) och klövposition "balle av" (nedre raden) på de undersökta golvtyperna 125/40, 125/30 och 75/25. Berörda spaltöppningar har ritats ut. Tårna är riktade uppåt. Punkterna för de maximala punkttrycken i väggzon, sulzon och hörnstöd har markerats. I varje klövavtryck ligger den övre punkten i väggzonen, den nedre vänstra punkten i hörnstödet och den nedre högra punkten i sulzonen.

För att en likvärdig kontaktarea och belastning i de aktuella zonerna och vid de olika golvtyperna skulle ha erhållits vid ”balle av”, borde den stavkant som låg närmast punkten för det maximala punkttrycket i respektive zon ha fixerats i förhållande till klöven. Då hade å andra sidan inte kriterierna för det som bedömdes vara mest ogynnsam placering på aktuell golvtyp uppfyllts för alla tre golvtyperna. Generellt gäller att valet av stavkant som ska fixeras i förhållande till klöven är beroende av inom vilken zon det maximala punkttrycket ska jämföras. Det är ofta svårt att fixera en stavkant så att inget av närområdena till de fyra maximala punkttrycken påverkas av att övriga stavkanter förflyttas i förhållande till klöven vid byte av golvtyp. Ett av undantagen är dock klövposition ”tå på” (se figur 13).

En analys av vilka klövplaceringar som är unika för en spaltgolvtyp, det vill säga vilka placeringar som inte kan erhållas på någon annan spaltgolvtyp, medförde slutsatsen att alla fall där klöven placeras på två eller flera stavar är unika för den aktuella spaltvidden. I de genomförda mätningarna stämde detta på klövpositionerna ”tå på”, ”balle på”, ”vägg på”, ”mitt över” och ”snett över” vid alla tre spaltgolvtyperna. Då klöven nådde ut över två eller flera spaltöppningar så var placeringen unik för den aktuella stavbredden. Detta inträffade på spaltgolvtyp 75/25 vid klövpositionerna ”tå av”, ”balle av” och ”vägg av”.

6.1.5 Parametrar och beräkningar

Klövens undersida delades in i fyra anatomiska zoner: sulzon (bakre tredjedelen av sulan), hörnstöd, väggzon och ballzon (se figur 11). Varje zon fick representeras av en eller två rektanglar som placerades in i tryckfördelningskartan. Deras exakta läge bestämdes utifrån provklöven. Den förenklade rektangelindelningen hade sin bakgrund i att mätsystemets programvara bara kunde arbeta med rektanglar.

Maximalt punkttryck bestämdes för varje zon och beräknades som medelvärdet av punkttrycken i tre intilliggande mätpunkter. I regel sammanföll de med de tre högsta punkttrycken inom zonen. Mätresultaten bekräftade osäkerheten i att basera maximala punkttrycket på trycket i en enda mätpunkt. Den inbördes skillnaden mellan de tre högsta punkttrycken i enskilda mätpunkter visade sig kunna vara stor. På spaltgolv översteg i en del fall skillnaden mellan det högsta och det lägsta av de tre punkttrycken 0,4 MPa i sulzonen och hörnstöden, och 1 MPa i väggzonen. Orsaken till dessa skillnader torde dels bero på toppar i betongytans mikrostruktur, dels på små avvikelser i planhet hos klövens underyta.

Av de fyra maximala punkttryck som erhöles från en tryckfördelningskarta ansågs maximala punkttrycken i sulzon och hörnstöd vara av störst intresse. I den bakre tredjedelen av sulan förekommer fångrelaterade skador såsom sulblödningar och klövsulesår. En av flera bakomliggande orsaker till utvecklandet av dessa skador är överbelastning i klöven på grund av olämpligt underlag eller ogynnsam klövform (Andersson, 1982). För att förebygga dessa skador bör sulan avlastas i samband med verkning av klöven. Detta gjordes dock inte vid verkning av provklöven som därför belastades i sulzonen.

Hörnstöden utgör det område på vardera klövhalvan där hornväggen övergår till ballhorn. Zonen är känslig eftersom den utgör ett övergångsområde mellan klövens tre horn typer: hornvägg, ballhorn och sulhorn. Skador i vita linjen förekommer i detta område och det är inte uteslutet att de kan ha ett samband med belastningen i zonen (Bergsten, pers. medd. 2001). Därför bedömdes zonens trycknivåer vara av intresse inför eventuella framtida studier kring skadorna i detta område. Skador i vita linjen kan för övrigt också förekomma i väggzonen.

Väggzonen och ballzonen bedömdes vara mindre intressanta i samband med utvärderingen av mätresultaten. Väggen är byggd för att bära upp merparten av djurets tyngd och är därför relativt okänslig för höga tryck. Ballen hos en välverkad klöv bär normalt upp en marginell del av djurets tyngd när det står stilla (Bergsten, pers. medd. 2001).

6.2 Resultat

6.2.1 Variationer

De upprepade mätningarna på helt golv (dvs. på bred stav) visade en relativt liten variation (tabell 2) inom stav och vinkelplacering. Variationsorsaker utöver de slumpmässiga bedöms här huvudsakligen vara mätsystemets noggrannhet och klövens återställande efter den deformation som en tryckning åstadkom. Däremot erhöles icke obetydliga skillnader mellan stavar och mellan vinkelplaceringar där även samspelseffekter registrerades. Variationskällor bedöms här vara skillnader i stavarnas planhet och ytstruktur samt golvets planhet (dvs. nivåskillnader mellan stavarnas överytor). Ytterligare en variationskälla bedöms vara interaktionen mellan stav, enskilda mätpunkter i mätsensorn (dvs. enskilda *sensels*) och klöv. Variationer orsakade av skillnader i golvets planhet samt skillnader i stavars planhet och ytstruktur bedöms i en reell situation vara stora, med stor sannolikhet större än vad som uppvisades vid aktuell laboratoriemätning, då stor noggrannhet lades på att få experimentstavarna likvärdiga och homogena.

För att i viss mån försöka minska effekterna av variationer orsakade av stavar och samspelseffekter vändes en stav i taget vid mätningarna på spaltgolv. Antalet (tre stycken) upprepade mätningar på spaltgolv inom klövposition och spaltgolvstyp bedömdes vara otillräckligt för att ge meningsfulla standardavvikelser och som spridningsmått valdes istället variationsvidd. För att kunna säkerställa statistiskt signifikanta skillnader mellan använda parametrar när olika enskilda stavar används för att spegla en reell situation, bedöms att ett mycket stort antal mätningar måste genomföras. Ska dessutom olika klövar med hänsyn till storlek, underyta och belastningstyngdpunkt spegla en reell besättningsituation torde behovet av mätningar öka dramatiskt.

De flesta av de maximala punkttryck som hade störst variationsvidd i procent av respektive medelvärde fanns intill zongränsen mellan ballzon och sulzon. En av orsakerna till en större procentuell variationsvidd här var svårigheten att placera in zongränsen exakt likvärdigt på de olika tryckfördelningskartorna. Det är viktigt att ha denna osäker-

het i minnet då de maximala punkttrycken i ballzonen studeras. Emellertid är ballzonen en relativt ointressant zon eftersom den i regel belastas marginellt hos en stillastående klöv och inte uppvisar några belastningsskador.

Mätresultaten visar tydligt att de maximala punkttrycken har mycket större variationsvidder i procent av respektive medelvärden än parametrarna kontaktarea och medeltryck. En orsak är att maximalt punkttryck baseras på en area om 19 mm² jämfört med kontaktarea och medeltryck som baseras på hela klövens kontaktarea, vilken i de genomförda mätningarna på spaltgolv ligger mellan 3300 – 5200 mm². Maximala punkttrycket är alltså i mycket högre grad beroende av hur exakt lika klöven placeras i förhållande till mätsensor och stavkanter då tryckningar upprepas.

6.2.2 Erhållna mätvärden på helt golv och mätvärden i litteratur

Den uppmätta kontaktarean i fält och på laboratoriet ligger i samma storleksordning som de kontaktareor som finns redovisade i litteraturen (se tabell 4). Kirchner & Boxberger (1987) samt troligen Feszl (1968) har mätt överkade klövar, medan vi, Mair et al. (1988), Mair (1989) samt Distl & Mair (1993) har mätt på välverkade klövar. Detta kan vara en trolig orsak till deras stora kontaktareor. Dessutom ingick en del tjurar i deras mätningar medan vi, Mair et al. (1988), Mair (1989) samt Distl & Mair (1993) mätte på mjölkkor. Vår laboratoriemätning gjordes med en kvigklöv medan fältmätningarna gjordes med en äldre ko. Feszl (1968) mätte dessutom inte kontaktarean utan den golv- yta klöven överskuggade.

När det gäller medeltryck ligger våra värden, 0,30 – 0,37 MPa vid belastningen 170 – 200 kg, en bra bit över de värden som förekommer i litteraturen. Mair et al. (1988), Mair (1989) samt Distl & Mair (1993) uppmätte ca 0,20 MPa vid en belastning på 100-120 kg. Kirchner & Boxberger (1987) ansåg att medeltrycket på en klöv på spaltgolv bör understiga 0,25 MPa, vilket tycks vara svårt att uppnå redan på helt golv. En orsak till att vi uppmätte högre medeltryck än Mair et al. (1988), Mair (1989) samt Distl & Mair (1993) kan vara att vi belastade klöven nästan dubbelt så mycket, samtidigt som våra klövar hade en något mindre kontaktarea. Annars var mätmetoderna likartade och i vår fältundersökning var upplösningen i stort likvärdig med övriga författaress.

Maximala punkttryck som erhöles i aktuell studie, 1,6 – 2,1 MPa, är betydligt högre än de värden som finns redovisade i litteraturen. Den mätutrustning som Mair et al., (1988) Mair (1989) samt Distl & Mair (1993) använde kunde inte registrera högre tryck än 1,27 MPa. Mair et al. (1988) skriver att enskilda mätpunkter med högre värden förekom ibland. Annars redovisar Mair (1989) och Distl & Mair (1993) maximala tryck från 0,56 MPa till 0,93 MPa. För överkade klövar uppmätte Distl & Hubert (1994) maximala tryck på 1,1 MPa. Olika belastning utgjorde som redan nämnts en skillnad. I båda fallen placerades klöven på ett underlag av gummi. Olikheter i gummiunderlagens tryckfördelande förmåga kan vara en annan orsak. En tredje orsak kan vara att olika modeller för hur det maximala punkttrycket beräknats har använts.

Tabell 4. Uppmätta värden av framklövens kontaktarea, dess medeltryck och maximala tryck på helt golv. Värdena kommer från egna försök och från litteraturen och avser vuxna nötkreatur

Försök/Författare, år	Belastning (kg)	Andel av kroppsvikt (%)	Kontaktarea (mm ² , cm ²)	Medeltryck (MPa)	Maximalt tryck (MPa)
Fältmätning nr 1	170	23	5631	0,3	1,64
Fältmätning nr 2	200	27	5350	0,37	2,11
Laboratiemätning	183	29	5296	0,34	1,89
Mair et al. (1988)	---	12-18	3500-4600	0,21	> 1,27
Mair (1989)	115 ^a	18	5900	0,19	0,93
Distl & Mair (1993)					
kor 2,5 år	109	20 ^a	5700 (51-62)	0,19	0,59
kor 3,7 år	116	18 ^a	5900 (55-62)	0,19	0,56
Distl & Hubert (1994)	Maximalt tryck före verkning 1,10 MPa, maximalt tryck efter verkning 0,98 MPa.				
Kirchner & Boxberger (1987)	Framklövens kontaktarea var 70 cm ² vid kroppsvikten 600 kg. De ansåg att medeltrycket bör understiga 0,25 MPa.				
Feszl (1968)	Den av framklöven överskuggade golvarean var 50-82 cm ² .				

a beräknat värde

6.2.3 Mätvärden på helt golv och spaltgolv

Av laboratiemätningarna framgår att den största kontaktarean, det lägsta medeltrycket och det lägsta registrerade maximala punkttrycket i sulzonen erhöles vid tryckning på helt golv. I hörnstöden registrerades två lägre värden på det maximala punkttrycket än det erhållna 1,09 MPa vid tryckning på helt golv. På golvtyp 75/25 registrerades nämligen värdena 0,95 MPa och 1,04 MPa. Det senare värdet är inte helt representativt eftersom hörnstödets area till största delen befann sig över spaltöppningen. I väggzonen registrerades ett ungefär lika stort värde på det maximala punkttrycket som det erhållna 1,89 MPa vid tryckning på helt golv. Det erhöles på golvtyp 125/40 och uppmättes till 1,87 MPa. Vid mätningarna på spaltgolv registrerades flera värden på maximalt punkttryck i ballzonen som var lika stora som eller som låg strax under det erhållna värdet på helt golv, 0,29 MPa. Värdena för det maximala punkttrycket i ballzonen låg ofta intill zongränsen vars placering kunde variera några mm mellan de olika tryckfördelningskartorna. Därför är värdena på maximalt punkttryck i ballzonen något osäkra.

En jämförelse av mätvärden från helt golv med mätvärden från spaltgolv ger en uppfattning om hur mycket mätvärdena kan förändras mellan helt golv och spaltgolv. I tabell 5 redovisas mätvärden för helt golv och den minsta registrerade kontaktarean för respektive spaltgolvstyp samt det högsta registrerade värdet på var och en av de olika tryckpa-

rametrarna för respektive spaltgolvtyp. De redovisade mätvärdena för en spaltgolvtyp kommer från olika klövpositioner och jämförelser blir därför oberoende av de klövpositioner som har använts.

Tabell 5. Lägsta uppmätta kontaktarea och högsta uppmätta tryckvärden för respektive spaltgolvtyp oberoende av valda klövpositioner i jämförelse med helt golv. Den lägsta kontaktarean och de högsta trycken har markerats med fet stil

Parameter	Golvtyp, helt golv alternativt stav/spalt i mm (öppningsandel, %)			
	Helt golv	125/40 (24 %)	125/30 (19 %)	75/25 (25 %)
Kontaktarea (mm ²)	5296	3346	3546	3540
Medeltryck (MPa)	0,34	0,54	0,51	0,51
Maximalt punkttryck (MPa)				
Sulzon	0,93	2,12	2,39^a	2,30
Hörnstöd	1,09	2,39	1,69	1,65
Väggzon	1,89	3,34	3,49 ^a	4,24
Ballzon	0,29	2,03	1,75	1,49

a Värde på golvtyp 125/30 vid klövposition "vägg av" som även kunde ha erhållits på golvtyp 125/40 om kriterierna för de valda klövpositionerna hade frångåtts.

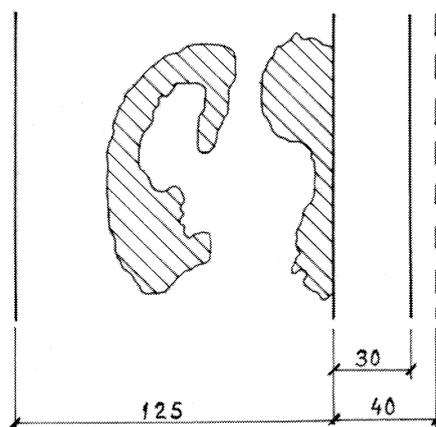
Värden med fet stil i tabell 5 redovisar den minsta uppmätta kontaktarean och det högsta uppmätta trycket för respektive tryckparameter. De ger en fingervisning om hur mycket de olika parametrarna kan förändras vid en ogynnsam klövplacering på någon av de aktuella spaltgolvtyperna jämfört med en klövplacering på helt golv. Kontaktarean kan minska till 63 % av kontaktarean på helt golv samtidigt som medeltrycket kan öka med 59 % i förhållande till medeltrycket på helt golv. De maximala punkttrycken i sulzon, hörnstöd och väggzon kan på de aktuella spaltgolven stiga med 2,2 – 2,6 gånger de motsvarande tryckvärdena för helt golv. Det högsta registrerade maximala punkttrycket för ballzonen är sju gånger högre än motsvarande värde på helt golv. Detta erhöles då klöven placerades över en 40 mm spaltöppning, vinkelrät mot spaltöppningen, med ena stavkanten alldeles intill ballen. På så sätt fick ballen ta upp en stor del av kons tyngd, medan den normalt bär upp en marginell del av tyngden då klöven står på helt golv.

6.2.4 Högsta registrerade mätvärden på spaltgolv

Det är mycket vanskligt att utifrån tabell 5 dra några generella slutsatser om huruvida någon/några spaltgolvtyper skulle vara gynnsammare för en klöv än andra. Mätvärdena kommer ifrån tryckningar av i förväg definierade klövpositioner. Detta är ingen garanti för att de högsta tryckvärdena erhöles för de olika golvtyperna. Det är inte uteslutet att det fanns en del andra klövplaceringar som kunde ha givit ännu högre maximalt punkttryck i någon av de olika zonerna. Med detta i åtanke kan man ändå göra en försiktig jämförelse av de högsta uppmätta trycken för de olika spaltgolvtyperna. Belastningen var lika stor vid varje mätning och därför görs i fortsättningen inga jämförelser med parametern kontaktarea eftersom den är omvänt proportionell mot medeltrycket.

Värdena på medeltryck och maximalt punkttryck i hörnstöd och ballzon visar att trycken blir lika eller sjunker då enbart spaltvidden minskar eller då både spaltvidd och stavbredd minskar. Maximala punkttrycket i väggzonen visar en rakt motsatt tendens. Det stiger med minskad spaltvidd eller då både spaltvidd och stavbredd minskar. Detta behöver inte vara så farligt för klöven, eftersom väggzonen anses vara gjord för att ta upp tryckbelastningar. Den zon som torde vara känsligast för tryck är sulzonen. Enligt tabell 5 ger golvtyp 125/40 lägst maximalt punkttryck i sulzonen och det näst lägsta trycket erhöles för golvtyp 75/25.

Vid närmare analyser kan det konstateras att både det maximala punkttrycket i sulzonen och i väggzonen vid golvtyp 125/30 i tabell 5 uppmättes vid klövposition "vägg av". På golvtyp 125/30 har klöven vid denna klövposition endast understöd av en stav samtidigt som den når ut över en spaltöppning. Detta innebär att klövplaceringen kan förekomma även då spaltöppningen görs bredare om kriterierna för de valda klövpositionerna frångås (se figur 14). Den klövplacering på golvtyp 125/30 som uppfyller kriterierna för klövposition "vägg av" kan därmed också förekomma på golvtyp 125/40. Därmed kan de maximala punkttrycken i sulzonen och i väggzonen som redovisats i tabell 5 för golvtyp 125/30 också uppkomma på golvtyp 125/40. Bland de i förväg definierade klövpositionerna förekom det ytterligare några klövplaceringar som teoretiskt kan förekomma hos en annan spaltgolvtyp. Skillnaden är att den aktuella klövplaceringen på en annan tänkt spaltgolvtyp inte uppfyller kriterierna för den i förväg definierade klövpositionen.



Figur 14. Klövposition "vägg av" på spaltgolvtyp 125/30. Den streckade linjen visar att klövplaceringen även kan förekomma på golvtyp 125/40 om kriterierna för klövposition "vägg av" frångås.

Dessa två exempel visar att det är svårt att jämföra de olika golvtyperna mot varandra och uttala sig om vilken spaltgolvtyp som är gynnsammare för klöven, om enbart mätvärden analyseras utan att hänsyn tas till tryckfördelningskartor. Utifrån mätvärdena i tabell 5 och det förda resonemanget kan det konstateras, att trycken förblir lika eller sjunker då spaltvidden minskar eller då både spaltvidd och stavbredd minskar. Ett undantag är emellertid maximala punkttrycket 4,24 MPa i väggzonen på golvtyp 75/25, vilket innebär att trycket stiger då både spaltvidd och stavbredd minskar.

6.2.5 Jämförelser inom valda klövpositioner

En teoretisk analys av tryckfördelningskartorna visar att de tryckningar som har utförts på golvtyp 125/40 kan representera alla golvtyper som har spaltvidden 40 mm och samtidigt har en stavbredd som är större än eller lika med 80 mm, förutsatt använd klövstorlek och använda klövpositioner. På samma sätt visar det sig att de tryckningar som har utförts på golvtyp 125/30 kan representera alla golvtyper som har spaltvidden 30 mm och samtidigt har en stavbredd som är större än eller lika med 90 mm. Förklaringen till detta är rent geometriska förhållanden mellan klövens storlek, dvs. underytans geometri, och spaltgolvets ytdimensioner. Detta medför att resultaten från de försök som har gjorts kan användas för att jämföra tre olika golvtyper med ungefär lika stor öppningsandel. De tre golvtyperna är 125/40 (24,2 % öppningsandel), 90/30 (25,0 % öppningsandel) och 75/25 (25,0 % öppningsandel). De fortsatta jämförelserna kommer att göras mellan dessa tre golvtyper.

I tabell 6 görs fler jämförelser för att utröna om de tendenser som kunde anas i den föregående jämförelsen håller. Först görs en jämförelse där endast mätvärden studeras. Ingen hänsyn tas till hur tryckfördelningskartorna ser ut. Detta är det enklaste sättet att jämföra, men det kan samtidigt innebära felaktigheter i jämförelserna och får betraktas med försiktighet. Varje parameter tillåts endast representera den kombination av stavbredd och spaltvidd som de bakomliggande tryckningarna har utförts på. Ett undantag utgör de tryckningar som har utförts på golvtyp 125/30. De får istället representera golvtyp 90/30 enligt det ovan förda resonemanget. Jämförelserna begränsas till att ske inom de på förhand definierade klövpositionerna. Utfallet redovisas i tabell 6. Tabellen visar att då golvtyperna 90/30 och 75/25 jämförs mot 125/40 ger de genomgående lägre medeltryck och i drygt 70 % av fallen lika eller lägre maximala punkttryck. När golvtyp 75/25 jämförs mot 90/30 ger det lägre medeltryck i 62 % av fallen och lägre maximala punkttryck i 50 % av fallen.

I tabell 7 redovisas en liknande jämförelse som i tabell 6, men där även hänsyn tas till alla detaljer i tryckfördelningskartorna som kan antas ha påverkat storleken av de erhållna mätvärdena. Fortfarande begränsas jämförelserna till att gälla de på förhand definierade klövpositionerna. De mätvärden som inte anses vara representativa för golvtypen vid en jämförelse har markerats. Sådana mätvärden utgör maximala punkttryck som uppträder intill en stavkant som förflyttar sig i förhållande till klöven inom en klövposition och de anses inte bidra till en rättvisande jämförelse inom den aktuella klövpositionen. I de fall det finns klövplaceringar inom en klövposition som skulle kunna uppkomma på någon av de andra golvtyperna om kriterierna för klövpositionen frångicks används de för att även representera andra golvtyper. Detta förekommer vid klövpositionerna ”tå av”, ”balle av” och ”vägg av” där klövplaceringarna på golvtyp 90/30 också kan förekomma på golvtyp 125/40. Då en golvtyp, i detta fall 125/40, genom detta förfarande representeras av två klövplaceringar vid en jämförelse väljs den klövplacering som ger det högsta trycket för var och en av de enskilda tryckparametrarna. Tabell 7 visar att för medeltryck sker inga förändringar jämfört med föregående jämförelse. När maximala punkttrycken jämförs blir de i knappt 90 % av fallen lika eller lägre för var och en av golvtyperna 90/30 och 75/25 jämfört med golvtyp 125/40. För golvtyp 75/25 blir de maximala punkttrycken lägre i 50 % av fallen jämfört med golvtyp 90/30.

Tabell 6. Jämförelse mellan tre olika golvtypen: 125/40, 90/30 (mätvärden från 125/30) och 75/25. Tryckfördelningskartorna har inte värderats, vilket innebär att en del jämförelser har brister. Medeltryck och maximalt punkttryck i sulzon, hörnstöd, väggzon och ballzon har använts som jämförelseparametrar. Jämförelserna har gjorts direkt i resultatredovisningen inom de valda klövpositionerna. Förklaringar till tabellen:

gråtonad ruta Värdet på trycket blev mindre för det alternativa golvet än det ursprungliga.

obel. Ingen jämförelse har gjorts på grund av att zonen var obelastad i den ena eller båda av de tryckfördelningskartor som skulle ha jämförts.

= Värdet blev lika stort för båda golven.

↑ Värdet blev större för det alternativa golvet

Jämförelse utan värdering av tryckfördelningskartor									
Jämförelse av golvtyp	Jämförande parameter	Klövposition							
		"tå på"	"tå av"	"balle på"	"balle av"	"vägg på"	"vägg av"	"mitt över"	"snett över"
125/40 ersätts med 90/30 (125/30)	medeltryck								
	sulzon						↑		
	hörnstöd			obel.	↑				
	väggzon	↑	↑			↑	↑		
	ballzon	↑			obel.				
125/40 ersätts med 75/25	medeltryck								
	sulzon	=					↑		
	hörnstöd			obel.			obel.		
	väggzon		↑		↑	↑	↑		
	ballzon		obel.		obel.		↑	↑	↑
90/30 (125/30) ersätts med 75/25	medeltryck		↑		↑		↑		
	sulzon	↑	↑	↑		↑		↑	
	hörnstöd			obel.		↑	obel.		
	väggzon		↑	↑	↑		↑		
	ballzon		obel.		obel.	↑	↑	↑	↑

Tabell 7. Jämförelse mellan tre olika golvtyper: 125/40, 90/30 (mätvärden från 125/30) och 75/25. Tryckfördelningskartorna har värderats. Medeltryck och maximalt punkttryck i sulzon, hörnstöd, väggzon och ballzon har använts som jämförelseparametrar. Jämförelserna har gjorts inom de valda klövpositionerna. I jämförelsen har hänsyn tagits till att erhållna parametrar för en golvtyp även kunde erhållas för andra golvtyper. Förklaringar till tabellen:

gråtonad ruta	Värdet på trycket blev mindre för det alternativa golvet än det ursprungliga.
obel.	Ingen jämförelse har gjorts på grund av att zonen var obelastad i den ena eller båda av de tryckfördelningskartor som skulle ha jämförts.
=	Värdet blev lika stort för båda golven.
↑	Värdet blev större för det alternativa golvet.
x	Ingen jämförelse har gjorts på grund av att den ena eller båda parametrarna är markerade med c i resultatredovisningen. Detta innebär att det ena eller båda maximala punkttrycken uppträder intill en stavkant som i de båda tryckfördelningskartorna har olika läge i förhållande till klöven

Jämförelse där tryckfördelningskartor har värderats									
Jämförelse av golvtyp	Jämförande parameter	Klövposition							
		”tå på”	”tå av” ^a	”balle på”	”balle av” ^a	”vägg på”	”vägg av” ^a	”mitt över”	”snett över”
125/40 ersätts med 90/30 (125/30)	medeltryck								
	sulzon				x		x	x	
	hörnstöd			obel.	x				x
	väggzon	↑	x	x		x	x	x	x
	ballzon	↑			obel.		x		
125/40 ersätts med 75/25	medeltryck								
	sulzon	=		x	x		x	x	
	hörnstöd			obel.	x		obel.		x
	väggzon		x	x	x	x	x	x	x
	ballzon		obel.		obel.		x	↑	↑
90/30 (125/30) ersätts med 75/25	medeltryck		↑		↑		↑		
	sulzon	↑	↑	x	x	↑	x	↑	
	hörnstöd			obel.	x	↑	obel.		
	väggzon		x	x	x	x	x	x	x
	ballzon		obel.		obel.	↑	x	↑	↑

a Klövposition vars klövplacering på golvtyp 90/30 (125/30) även kunde ha erhållits på golvtyp 125/40 om kriterierna för de valda klövpositionerna hade frångåtts.

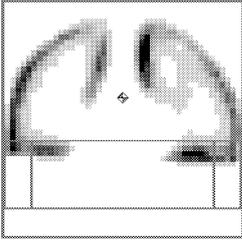
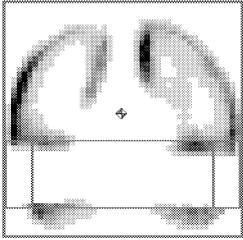
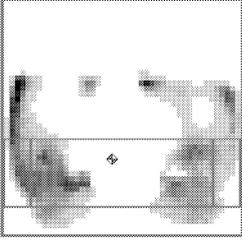
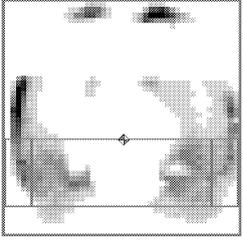
I en tredje jämförelse jämförs endast de maximala punkttrycken i de två intressantaste zonerna som är sulzon och hörnstöd. För övrigt görs jämförelsen under samma förutsättningar som föregående jämförelse med tabell 7 som underlag. När golvtyperna 90/30 och 75/25 jämförs mot 125/40 ger de genomgående lika eller lägre maximala punkttryck. Golvtyp 75/25 ger lägre maximala punkttryck i 50 % av fallen i jämförelse med 90/30. Sammantaget pekar dessa tre jämförelser mot att golvtyp 90/30 och 75/25 i de genomförda tryckningarna oftast gav lika eller lägre tryck än golvtyp 125/40. Däremot gav inte golvtyp 75/25 lägre tryck än golvtyp 90/30 i mer än hälften av de undersökta fallen. Detta visar på att de tendenser som kunde anas vid jämförelsen i föregående avsnitt styrks.

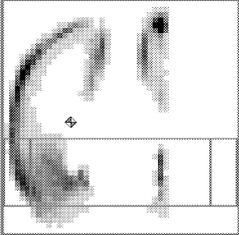
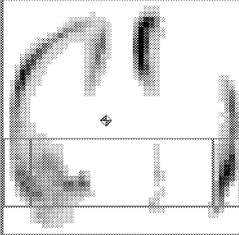
I det förda resonemanget har inte någon hänsyn tagits till i vilken omfattning förändrade spaltvidder och stavbredder påverkar frekvensen av olika klövplaceringar - däribland ogynnsamma klövplaceringar - i en reell situation med levande nötkreatur på golvtytor med spaltgolv. Att bedöma den relativa risken för uppkomst av klövlidanden vid olika spaltgolvdimensioner under förutsättning av att åtminstone en del av klövlidandena är en funktion av summan av antalet ogynnsamma klövpositioner, är därmed för närvarande omöjlig. Det kan endast konstateras att då stavbredden blir mindre än klövens minsta yttermått försvinner möjligheten till den klövplaceringen som motsvarar helt golv.

6.2.6 Jämförelser utanför valda klövpositioner

Genom att använda de erhållna tryckfördelningskartorna och samtidigt frånga kriterierna för de valda klövpositionerna kan ytterligare jämförelser göras. Tre sådana jämförelser redovisas i tabell 8. I alla tre fallen har den stavkant som finns under klöven närmast lastens tyngdpunkt fixerats i förhållande till klöven. Tryckfördelningskartorna till vänster i tabell 8 har erhållits från golvtyp 125/40 och de till höger från golvtyp 75/25. Av tabellen framgår att tryckfördelningskartorna från golvtyp 125/40 skulle ha kunnat erhållas från alla golvtyper med stavbredder större än eller lika med 79 mm och spaltvidder större än eller lika med 33 mm. På liknande sätt skulle tryckfördelningskartorna från golvtyp 75/25 ha erhållits vid stavbredder större än eller lika med 75 mm och spaltvidden 25 mm. Det innebär att tabell 8 kan användas för att jämföra golvtyp 125/40 (öppningsandel 24,2 %) eller 90/33 (öppningsandel 26,8 %) mot golvtyp 75/25 (öppningsandel 25,0 %). Med två undantag (angående ballzon respektive väggzon, markerade med fet stil i tabellen) blir tryckvärdena lika eller lägre för golvtyp 75/25 än 125/40 eller 90/33, vilket ligger i linje med tidigare jämförelser.

Tabell 8. Tryckfördelningskartor och beräknade värden för sex klövplaceringar på spaltgolv där en av stavkanterna under klöven hålls fixerad i förhållande till klöven. Värdena har tidigare redovisats i resultatavsnittet, men där ordnade efter de på förhand definierade klövpositionerna. Värden med fet stil anger att maximala punkttrycket i högra kolumnen är högre än motsvarande värde i vänstra kolumnen. Förklaringar till tryckfördelningskartorna finns i tabelltexten till tabell 3

Stavkant fixerad i sulzon och hörnstöd		
Parameter	Golvtyp	
	stavbredd ≥ 72 mm spaltvidd ≥ 33 mm	stavbredd ≥ 65 mm spaltvidd = 25 mm
Tryckfördelningskarta		
Tryckfördelningskarta, nr	41	33
Kontaktarea (mm ²)	3621	4049
Medeltryck (MPa)	0,50	0,45
Maximalt punkttryck (MPa)		
Sulzon	2,12	1,53
Hörnstöd	1,64	1,04
Väggzon	2,92	2,92
Ballzon	obelastad	1,49
Stavkant fixerad i väggzon		
Parameter	Golvtyp	
	stavbredd ≥ 72 mm spaltvidd ≥ 33 mm	stavbredd ≥ 70 mm spaltvidd = 25 mm
Tryckfördelningskarta		
Tryckfördelningskarta, nr	21	13
Kontaktarea (mm ²)	4017	4209
Medeltryck (MPa)	0,45	0,43
Maximalt punkttryck (MPa)		
Sulzon	1,43	1,27
Hörnstöd	1,18	1,17
Väggzon	1,87	2,65
Ballzon	0,57	<0,3

Stavkant fixerad i sulzon och väggzon		
Golvtyp		
Parameter	stavbredd ≥ 79 mm spaltvidd ≥ 33 mm	stavbredd ≥ 75 mm spaltvidd = 25 mm
Tryckfördelningskarta		
Tryckfördelningskarta, nr	61	53
Kontaktarea (mm ²)	3400	3712
Medeltryck (MPa)	0,53	0,49
Maximalt punkttryck (MPa)		
Sulzon	1,44	1,14
Hörnstöd	1,67	1,65
Väggzon	3,08	2,89
Ballzon	0,6	0,55

6.3 Fortsatt forskning

Under arbetets gång har flera intressanta frågeställningar väckts som inte rymts inom ramen för detta projekt. Några områden för fördjupade studier är:

- Utökade mätserier som möjliggör analys kring olika variationsorsaker och statistiska beräkningar.
- Fortsatta studier kring klövplaceringars betydelse för framför allt maximala punkttryck.
- Hur förändringar av stavbredd och spaltvidd påverkar frekvensen av olika klövplaceringar, framför allt de som är ogynnsamma.

7 SLUTSATSER

Resultaten från studien föranleder följande slutsatser:

- För vuxna nötkreatur innebär det en förbättring att vid en given öppningsandel (24-25 %) minska stav- och spaltbredden från 125/40 till 90/30. Understödet för djurens klövar ökar (= lägre medeltryck) vid ogynnsamma klövpositioner och de maximala punkttrycken blir lägre i de två tryckkänsligaste zonerna sulzon och hörnstöd.
- Det är osäkert om det för vuxna nötkreatur sker en ytterligare förbättring då stav- och spaltbredden minskas från 90/30 till 75/25 (dvs. med bibehållen öppningsandel på 25 %). De undersökta fallen visar ingen entydig tendens till att understödet för klövarna ökar (= lägre medeltryck) och att de maximala punkttrycken minskar.
- De erhållna resultaten tar ingen hänsyn till hur förändrade spaltvidder och stavbredder påverkar frekvensen av olika klövplaceringar, däribland ogynnsamma klövplaceringar.
- Mätsystemet I-Scan™ (Tekscan) kan tillsammans med den utvecklade fältutrustningen användas för mätning av statiska och vid skritt dynamiska kontakttryck mellan klöv och mätplatta hos levande nötkreatur i fält.
- Med den utvecklade klövriggen kan en dödklöv från ett framben belastas på ett sätt som överensstämmer med framklöven hos ett levande nötkreatur. Genom att begränsa fotens rörlighet kan mycket god repeterbarhet erhållas.
- Mätsystemet I-Scan™ (Tekscan) kan användas för att mäta statiska tryck från en belastad dödklöv i laboratorium. Härvid kan kontakttrycket mellan klöv och olika spaltgolv av betong bestämmas med stor noggrannhet.
- Medeltrycket mellan klöv och spaltgolv kan bli upptill ca 60 % högre än motsvarande värde för helt golv (0,54 MPa för spaltgolv (125/40) och 0,34 MPa för helt betonggolv).
- De maximala punkttrycken i sulzon, hörnstöd och väggzon kan bli i nivån 2 – 3 gånger högre på spaltgolv än på helt golv. (Exempelvis var det maximala punkttrycket i klövens sulzon i nivån 0,9 MPa vid placering på ett helt betonggolv respektive 2,4 MPa på spaltgolv (125/40 och 125/30). Maximala punkttrycket i klövens väggzon uppgick till nivån 1,9 MPa vid placering på ett helt betonggolv respektive 4,2 MPa på spaltgolv (75/25)).
- De högsta maximala punkttrycken mellan ett betonggolv och en välverkad klöv utvecklas i väggzonen.
- Parametern maximalt punkttryck är mer känslig för klövplaceringen som sådan än av den aktuella stavbredden och spaltvidden.

8 REFERENSER

- Andersson, L. 1982. Klövar, om klövvård och klövsjukdomar. Meddelande nr 116. Svensk husdjursskötsel. Eskilstuna.
- Bergsten, C. 2001, Pers. medd. Inst. f. husdjurens miljö och hälsa. SLU. Skara
- Bergsten, C. 1995. Digital disorders in dairy cattle with special reference to laminitis and heel horn erosion: The influence of housing, management and nutrition. Swedish University of Agricultural Sciences, Skara (Dissertation).
- Eichhorn, H., Boxberger, J. & Seufert, H. 1970. Flüssigmist - Entmistung, Lagerung, Ausbringung. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Düsseldorf.
- Boxberger, J. & Pfadler, W. 1980. Untersuchungen zur Ausführung von Spaltenböden für Milchkühe. Landtechnik Nr 5, s 227-231.
- Boxberger, J. 1982. Wichtige Verhaltensparameter von Kühen als Grundlage zur Verbesserung der Stalleinrichtung. Habilitationsschrift. Weihenstephan.
- Buchwald, E., Blom, J.Y., Smedegaard, H.H. & Thysen, I. 1982. Klovsundhedens afhængighed af gulvtype og lejetype. Statens Husdyrbrugsforsøg, Meddelande 532, s 109 - 120. Köpenhamn.
- Coehen, J. 1980. Mehr Augenmerk den Klauen schenken. I: DLG-Mitteilungen, 95, s 1270 - 1272.
- Distl, O. & Mair, A. 1993. Computerized analysis of pedobarometric forces in cattle at the ground surface/floor interface. Computers and Electronics in Agriculture, 8:237-250.
- Distl, O. & Hubert, C. 1994. Breed differences in pressure distributions underneath claws of dairy cattle. Proceedings and Abstracts from the 8th Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and International Conference on Bovine Lameness. Banff, Canada.
- Feszl, L. 1968. Biometrische Untersuchungen der Bodenfläche der Rinderklauen und die Belastungsverteilung auf die Extremitätenpaare. Zentralblatt für Veterinärmedizin, 15, s 844 – 866.
- Greenough, P.R., Schugel, L.M. & Johnson, B.A. 1995. Zinpro Corporation's illustrated handbook on cattle lameness, Zinpro Corporation, Eden Prairie, Minnesota, USA.
- Hultgren, J. & Bergsten, C., 2001. Effects of a rubber-slatted flooring system on cleanliness and foot health in tied dairy cows. Prev Vet Med, 52(1): 75-89.
- Judy, C.E. & Galuppo, L.D. 2000. An in shoe pressure measurement system for the evaluation of lameness in horses. Veterinary Medical Teaching Hospital, University of California, Davis.
<http://www.vmeth.ucdavis.edu/vmeth/What's%20New/Equine/lameness/lameness.htm>
- Kirschner, M. 1987. Verhaltenskenndaten von Mastbullen in Vollspaltenbodenbuchten und Folgerungen für die Buchtengestaltung. Dissertation. Weihenstephan.
- Kirchner, M. & Boxberger, J. 1987. Loading of the claws and the consequences or the design of slatted floor. In: Cattle housing systems, lameness and behaviour, 37 – 44 (Eds.: Wirenga, H.K. & Peterse, D.J.). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht.
- Kirchner, M. 1989. Pens with slatted floors for fattening bulls. In: Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering, Dublin, Ireland 4-8 September 1989 (Eds.: Dodd, V.A. & Grace, P.M.), pp 1089 - 1094. A.A. Balkema. Rotterdam.

- Maton, A., Moor, A. & De Moor, A. 1975. Een onderzoek naar de samenhang tussen de huisvestingsvoorwaarden en gedragingen van en letsels bij melkvee. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 44, nr 1, s 1-18.
- McGovern R.E. & Logue, D. N. 1998. Developing a pedobarograph for hoof pressure study. *Proceedings from the 10th International Symposium on Lameness in Ruminants*. September 7-10, Lucerne. Switzerland.
- Magnusson, M. & Ventorp, M. 2001. Dräneringsförmågan hos betongspaltgolv för mjölkkor. SLU, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi. JBT-Internt 2001, Alnarp
- Mair, A. 1989. Untersuchungen der Druckverteilung unter Rinderklauen mit Bildverarbeitenden Methoden. Lehrstuhl und Institut für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität, München (Dissertation).
- Mair, A., Diebschlag, W., Distl, O. & Kräusslich. 1988. Measuring device for the analysis of pressure distribution on the foot sole of cattle. *Journal of Veterinary Medicine A*, 35: 696-704.
- Nilsson, C. & Svennerstedt. 2000. Dränerande gummigolv för nötkreatur – Utformning, djurbeteende och dräneringsförmåga. SLU, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi. Specialmeddelande 234. Alnarp.
- Ober, J. 1967. Tier- und funktionsgerechte Gitterbrücke für Flüssigmistkanalabdeckungen in Milchviehställen. *Bauen auf dem Lande* 18, H 4, s 78 - 82.
- PIAB. 2000. Tekscan Utbildning. Informationsmaterial om Tekscan Iscan-systemet. PIAB Mätssystem AB, Täby.
- SFS. 1988a. Djurskyddslag. Svensk författningssamling 1988:534. Stockholm.
- SFS. 1988b. Djurskyddsförordning. Svensk författningssamling 1988:539. Stockholm.
- SJVFS. 1993. Statens jordbruksverks föreskrifter om djurhållning inom jordbruket mm. Statens jordbruksverks författningssamling 1993:129. Jönköping.
- Stefanowska, J., Swierstra, D., Braam, C.R. & Hendriks, M.M.W.B. 2001. Cow behaviour on a new grooved floor in comparison with a slatted floor, taking claw health and floor properties into account. *Applied Animal Behaviour Science*, 71 (2001), p 87-103.
- Svennerstedt, B. & Praks, O. 1997. Dräneringsförmåga och ammoniakemission för dränerande golvsystem. SLU; Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi. Rapport 112. Alnarp.
- Svensk Standard. 1991a. Lantbruksbyggnader - Utrymmen med spaltgolv - Grundläggande mått. SS 951017. Standardiseringskommissionen i Sverige. Stockholm.
- Svensk standard. 1991b. Lantbruksbyggnader - Spaltgolvselement av betong. SS 951018. Standardiseringskommissionen i Sverige. Stockholm.
- Swierstra, D., Smits, M.C.J. & Braam, C.R. 1997. Grooved concrete floor elements to reduce ammonia emission and to prevent slipperiness in a loose house for cows. In: (Eds.: Berge, E., Magerøy, H. & Berg, K.R.) *Proceedings of the International Symposium on Concrete for a Sustainable Agriculture*, Stavanger 21. – 24. May. Norwegian Concrete Association, Oslo.
- Tekscan. 1999. I-Scan Pressure Measurement System. User's Manual, vers. 4.20. Tekscan Inc. Boston.
- Toussaint Raven, E., Haalstra, R.T & Peterse, D.J. 1985. Cattle footcare and claw trimming. Farming Press, Ipswich, United Kingdom.
- Ventorp, M. 2001. Golv i lösdriftstallar med liggbås – Nuläge i forskning och praktik år 2000. SLU, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi. Intern rapport 2001-1. Alnarp.

