

## Slutrapport

### Halksäkra golv förebygger skador hos nötkreatur; Minskar rillning halkrisken på betonggolv?

**Projektnummer: S-17-24-784**

**Projektperiod: 2018-01-01 – 30-06-2021**

#### **Huvudsökande:**

Christer Bergsten, Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU/

#### **Ny projektsledare från 2019:**

Evgenij Telezhenko, Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU,  
evgenij.telezhenko@slu.se

#### **Medverkare:**

Madeleine Magnusson, Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU

Anna Lindqvist, Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU

Ingrid Svensson, Institutionen för Biomedicinsk Teknik, LTH

#### **Del 1: Utförlig sammanfattning**

Concrete is the most common floor surface in passageways in loose housing systems for cattle. To avoid damage and premature culling and to promote natural locomotion behaviour and detection of heat, it is important to make the concrete surfaces as non-slip as possible. Patterns in green concrete or cut grooves are the most common approaches for better slip-resistance of the concrete floors. The cut grooves are also the most common way to reduce risk of slipping on the older slippery concrete floors. The aim of the project was to assess the effect of different patterns on the concrete floors on the risk of slipping under the field conditions. For that purpose, we developed an animal-oriented model of slipping risk, where cows, under conditions of commercial dairy herds, walked in the passageway in a path with two straight sections and two 180-degree turns. The locomotion behaviour was assessed with video analysis and data from Inertia Measurement Units (IMU). 9 different floors were used in the study where the effects of the pattern type and the patterns' direction were tested. The results suggested that floors with cut grooves had better slip resistance than grooves made in green concrete, as well as floors with grooves formed as a grid had better slip resistance than floors with grooves in only one direction. The age of the grooves and the degree of soiling of the floor significantly affected floor slipperiness, where newer grooves gave less slipping risk than older grooves and high amount of manure gave a higher risk of slipping than clean floor. The produced knowledge could be helpful for cattle farmers who are considering improve slipping resistance in their barns.

Projekt har fått finansiering genom:

## **Del 2: Rapporten**

### **Inledning**

Golv i gödselgångar i lösdriftstallar med liggbås för mjölkkor är en av de viktigaste komponenterna av mjölkors inhysning med avseende på djurhälsa och djurvälstånd (Rushen och de Passille, 2009, Bergsten et al., 2015). På grund av den direkta kontakten med djurens klövar påverkar golv djurens rörelser, klövfunktion och klövhälsa (Vockey, 2001, Telezhenko et al., 2009). Inom djurproduktionen diskuteras golvtyper mestadels i förhållande till hur halkiga de är (Albutt et al., 1990). Hala golv försämrar rörelsemönster, påverkar beteende och hindrar upptäckt av brunst (Rushen och de Passille, 2006, Palmer et al., 2012), samtidigt som de orsakar skador i samband med fall och fläkning (Rushen och de Passille, 2009). De traumatiska skadorna på grund av halka och fall är många, allt från enkla fotskador till frakturer i stora ben som kan leda till ofrivillig avlivning. Dödligheten i svensk nötkreatursproduktion är cirka 5% och klöv- och benproblem är den vanligaste dödsorsaken. Dessutom kan 70 % av avlivade kor relateras till klöv- och benskadorna (Alvasen et al., 2014). Betong är den vanligaste golvytan i konventionella nötkreatursstall. Nya betongytor har vanligtvis en lämplig friktionsnivå, men de flesta betongytor förlorar sina friktions- och nötningssegenskaper över tiden på grund av mekanisk och kemisk nedbrytning av materialet (De Belie et al., 2000). Rillning av spår på befintliga betonggångar är den mest prisvärda och därför mest vanliga metoden för att förbättra halksäkerheten på äldre betonggolv i gödselgångar för nötkreatur (Gooch, 2003). Enligt Mckee och Dumelow (1995) har mycket grova golv och golv med dräneringssår en fördel jämfört med släta ytor när det finns flytgödsel på golvet, men det finns nästan inga studier som beskriver halkreducerande effekter av rillad betong hos nötkreatur i fält. Albutt et al. (1990) visade att gjutet mönster i betonggolv var mer halksäker än rillat mönster. I deras studie var det emellertid omöjligt att skilja effekten av olika typer av spår, eftersom deras effekt förväxlades med ytjämnheten (mikrostrukturen) på grund av olika ytbehandling på betongen. Allt detta visar att lantbrukarna är i akut behov av verktyg som kan utvärdera effektiviteten hos de vanligaste metoderna för att minska halkrisken i gödselgångar.

Syftet med projektet var att förhindra skador och förbättra djurens välbefinnande genom bättre utformning av golv i gödselgångar i nötkreatursstall. Målet med projektet är att utveckla en ny djurorienterad modell för bedömning av golvets halkningsrisk för nötkreatur som gör det möjligt att utvärdera effekten av olika mönster i betonggolv för att minska risken för att halka.

### **Materiell och metoder**

#### **Testgårdar, testdjur och studerande golvtyper**

För att studera effekter av olika rillningsmönster för att minska halkningsrisk behövdes ett urval av mjölkgårdar med de mest vanligt förekommande rillningsmönstren. Näringen efterfrågar dessutom resultat som avspeglar hur tidsbeständiga olika golvförbättringar är. Därför krävdes det att golv med olika rillningsmönster och ålder på rillningen testades. Som referens valdes golv med gjutna mönster (mönster gjorda i färsk betong) som är ett annat vanligt sätt att förbättra halksäkerheten på betonggolv. Åtta mjölkgårdar med lösdrift, liggbås och skrapgångar med hela golv, med olika mönster och varierad ålder på golvförbättrande åtgärder valdes ut. På en gård fanns tillgång till två olika typer av gödselgångar vilka testades som fristående golvsystem. Initiala planer att testa rillningens före och efter effekter förverkligades inte på grund av oförmågan att rekrytera tillräckligt många gårdar med planer för olika sorts rillning i närmaste tid. Dessutom skulle det då inte vara möjligt att testa effekten av åldern på det rillade

mönstret. Totalt testades 9 olika gödselgångar: 6 gånger av betong med rillade mönster (3 på längden och 3 i rutmönster) och 3 gånger av betong med gjutna mönster (en på längden och två rutmönstrade). Bestämningen av hygiennivå på varje golv utfördes genom att gödsel från tre representativa provrutor samlades in med hjälp av en våtdammsugare (sugeffekt 200 Air Watt, WD 3 P, Kärcher, Winnenden, Tyskland) och angavs i mängd gödseln (kg) per m<sup>2</sup>. Gårdar som deltog i försöket hade i genomsnitt 180 mjölkkor och hälften av besättningarna hade mjölkgrup och hälften hade mjölkningsrobot. Totalt användes 49 Holsteinkor för rörelseanalys (ca 5 djur per gödselgång). Djur valdes ut slumpmässigt dock med preferens för yngre djur med lugnt temperament och utan tecken för hälta. Medelålder för testdjur var  $1,8 \pm 0,13$  laktationer (medelvärde  $\pm$  standardfel) och djuren var i regel inom senare laktationsstadium (medelvärde för laktationsdagar var  $240,7 \pm 19,3$  dagar).

### Tekniska mätningar av golvets halksäkerhet (Glidmotstånd)

Glidmotstånd (skid-resistance) av ytan i gångarna mättes med en Cooper Pendelum Skid Resistent Tester -SRT-PENDELUM (Cooper Research Technology Ltd, Ripley, United Kingdom). Den mäter glidmotståndet mellan en gummiplatta (Slider 55) och golvytan. Gummiplattan är monterad längst ut på en pendelarm och träffar golvytan med en bestämd hastighet och är i kontakt med golvytan över en bestämd sträcka enligt ASTM (2013). Ju högre pendeln svänger, desto mindre energi förbrukas på grund av friktion mellan ytan och gummiplattan, och SRT-värdet blir lägre (SRT-pendel når först de högsta värdena på skalan; de lägre värdena är när pendeln svänger högre upp på skalan). Värdet som erhålls mäts i SRT-värden vilket visar på golvytans halksäkerhet och har ett bra samband med ytans friktionskoefficient (Ricotti et al., 2009). På varje golv mättes friktionen i 3 olika punkter, dels längs gångarna och dels på tvären. För varje mätpunkt gjordes 5 mätningar. Ett medelvärde av 15 mätningar i längsgående riktning bildade ett SRT-värde för respektive golv.

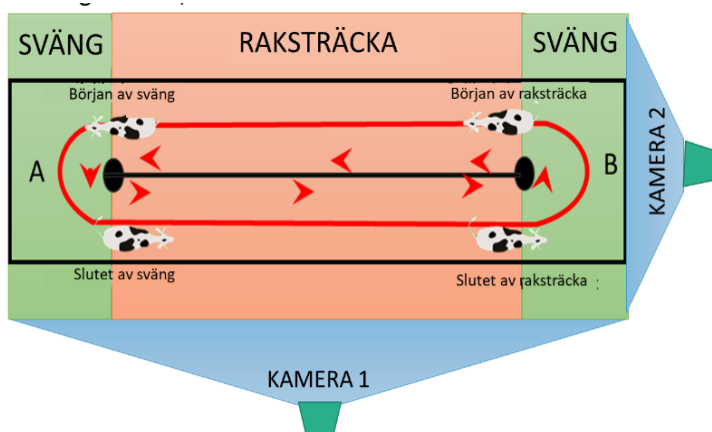
### Golvets texturdjup

För bestämning av ytstrukturen för testade betonggolv utvecklades en metod som kan beskrivas som modifierad ”sand patch test”. Testmetoden används för att bedöma ytans texturdjup (det genomsnittliga djupet för hålrum nedanför de högsta punkterna på ytan). Metoden anpassades till mindre ytor (till exempel betonggolvs yta mellan rillade spår) och finare ytstruktur genom användning av mindre volym av sand samt med mindre storlek på sandkornen. För detta användes ca 60 µl sand i form av mindre glaskorn (70-125 µm) med gul kontrastfärg vilket tillåter att objektivt uppskatta finare ytstruktur av äldre betonggolv i gödselgångar. Det genomsnittliga texturdjupet beräknades genom att dela kornvolymen (µl) med ytan som sandkornen spreds över (cm<sup>2</sup>). Mätningarna utfördes i labbmiljö med hjälp av golvets avgjutningar (först polymerisk avgjutning i fält med Plastic Padding Elastic (Loctite Technology) och sedan återställande av golvprofilen med hjälp av avgjutning i modellgips från representativa platser där också SRT-mätningarna utfördes. Varje yta testades 4 gånger (2 gånger på varje prov). Resultat uttrycktes i µl av glaskorn per cm<sup>2</sup> av yta.

### Utveckling av djurorienterad modell av manövrerbarhet för tester av halkrisk

För övergripande tester av golvets halksäkerhet utvecklades en unik djurorienterad modell av kornas manövrerbarhet där djurens rörelser skulle studeras när de passerar en raksträcka med begränsad bredd, sedan utan stopp passerar en 180-graders sväng och fortsätter i en raksträcka efter svängen. För implementering av modellen under fältförhållande på varje gård i försöket avgränsades i en gödselgång en 11-14 m lång teststräcka (beroende på praktiska förutsättningar

för avgränsningen) som delades på, i två 1,5 meter breda halv, så att korna kunde röra sig rakt framåt och göra en 180-gradig sväng (med radie på 1,5 meter). (Figur 1). Korna stimulerades att gå genom testbana med hjälp av två personer som med lagom avstånd gick bakom djuret. Direkt efter rörelsetestet återvände kon till sin grupp med tillgång till utfodring och liggplats. Utvalda mjölkkor separerades från flocken en och en och passerade teststräckan i lugnt tempo (ca 1,4 m/sek) ca 4 gånger medurs (höger varv) och 4 gånger moturs (vänster varv) på varje golvtyp. Ibland krävdes större antal varv för att erhålla en kontinuerlig rörelse genom raksträckor och sväng. Vid tecken på nervositet avbröts mätningarna och kon ersattes med en annan individ.



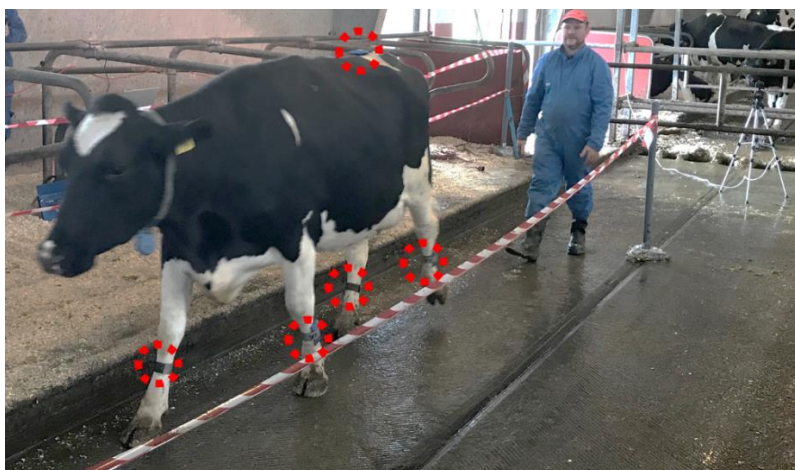
**Figur 1.** Testbana inom gödselgång för analys av djurens rörelser i raksträcka före 180-graders sväng, i 180-graders sväng och i raksträcka efter svängen.

## Videoanalys

Höghastighetskameror med inspelningsfrekvens på 120 bilder per sekund (GoPro Hero 5, USA) installerades (Figur1) vinkelrätt mot djurens rörelser vid raksträcka (kamera 1) och vid svängen (kamera 2). Under mätningarna gjordes videoinspelningar från sidan av en person som gick bredvid testbanan med en handkamera (Sony HDR-CX450, Sony, Japan). Genom videoanalys bestämdes djurens hastighet samt antal halkningar. Halkningar graderades som små (inte mer än ca 30 cm, som inte bidrog till synlig ändring av balans) och stora (mer än 30 cm med synlig ändring av kroppens balans). Halkningarna bestämdes separat för fram- och bakben och separat för passagen av raksträckor och i svängen.

## Rörelseanalys med IMU sensorer

Objektiv analys av biomekaniska data skedde i samarbete med institutionen för biomedicinsk teknik vid Lund Universitetet. Accelerometrisk analys utfördes med hästgångsanalyssystemet EquiMoves®. Korna var utrustade med 5 trådlösa IMU-sensorer (Inertia Measurement Unit, Inertia-Technology B.V., Enschede). Sensorerna placerades på följande ställen: på korset mellan bäckenets tubera sacrale (vidare kallad korset), samt utsidan av skenbenen för alla fram- och bakben. Överkroppssensor fästes på huden med lim, alla andra sensorer fästes med kardborrband runt skenbenen (Figur 2). Med dessa sensorer registreras accelerationer i tre riktningar och sensorernas rotationshastigheter runt sina respektive tre axlar. IMU-sensor på korset var inställd på ett intervall på  $\pm 8$  g för låg-g-acceleration,  $\pm 100$  g för hög-g-acceleration och 2000 grader/s för vinkelhastigheten. IMU-sensorerna på benen var inställda på ett intervall på  $\pm 16$  g för låg-g-acceleration,  $\pm 200$  g för hög-g-acceleration och 2000 grader/s för vinkelhastighet. Alla sensorer sattes till en samplingsfrekvens på 200 Hz och synkroniserades i tid med en noggrannhet på  $<100$  ns. Mätdata har analyserats och visualiserats med hjälp av programmering i Matlab.



**Figur 2.** En ko på testbana med 5 IMU-sensorer markerade med streckade röda ringar.

## Utvecklingsarbete av analysmetod för IMU mätdata

Målsättningen har varit att ur IMU mätdata utveckla en automatiserad metod för att bestämma en rad av kinematiska parametrar. För validering av den nya metoden användes videoanalyser av ett 20-tal passager över testbanan (Figur 1) där klövkontakt med golvet detekterades. I inledningen var fokus mest på att identifiera isättning och släpp ur accelerationen i vertikalriktningen. Det var dock svårt att utnyttja dessa mätvärden på grund av de höga frekvenser som signalen innehåller. Inspirerad av gånganalys av mänsklig gång (Purcell, 2006) inriktades därför analysen på accelerationen i färdriktningen. Isättningen av klöven gav ett tydligt maximum i signalen och det är även möjligt att identifiera släppet som ett minimum. Dock får man anpassa filtreringen av accelerationen i färdriktningen med olika brytfrekvenser vid isättning och släpp på grund av de olika frekvenssammansättningarna. Sensorernas rotationshastighet runt den horisontella axeln plockades direkt ur mätdata, integrerades numeriskt till rotationsvinkel och filterades för att undvika drift. På detta sätt erhöles en robust kurva över hur respektive bens vinkel varierar under en gångcykel. När isättning och släpp identifierats i mätdata kunde olika parametrar bestämmas som kan användas för att analysera gångkvalitet. Djurens passage genom testbanan delades i tre sekvenser: raksträcka före sväng, svängen och raksträcka efter sväng (Figur 1). För dessa sekvenser har vi bland annat tittat på hur tidsintervallen för samtidig kontakt med en, två och tre klövar varierar beroende på underlaget. Vi har också tittat på benens maximala vinkel under gångcykeln (motsvarar protraktionsvinkel), minimala vinkeln (motsvarar retraktionsvinkel) samt vinkel vid *midstance* där mittpunkten definierats genom att tidsintervallet för kontakt bestämts genom den tidigare beskrivna metoden med maximum och minimum av accelerationen i färdriktningen.

I dagsläget är analysen inte helt automatiserad, viss anpassning krävs för de olika individerna respektive underlagen, därför har bara en liten del av den IMU baserat objektiva data analyserats hittills. Analys av IMU data fortsätter inom ett annat, större, SLF-finansierat projekt (Utvärdering av funktion och ekonomi för alternativa golvlösningar i nötkreatursstall) vilket även inkluderar det här projektet.

## Statistisk analys

Beskrivningsstatistik och variansanalys för tekniska golvegenskaper och accelerometriska data genomfördes med hjälp av statistisk program Minitab® 16.2.4 (Minitab Inc.). Data för halkfrekvenser analyserades på gruppnivå som summa av halkningar per meter testbana som samtliga djur passerade. Frekvensdata analyserades med hjälp av binär logistisk regression med

logit link funktion (Minitab® 16.2.4, Minitab Inc.). Modellen inkluderade effekt av mönstertyp (gjuten eller rillad), spårtyp (enkelspår eller rutnät) och mönsters åldersklass (klass 1: 0 till 5 år gamla; klass 2: 5-9 år gamla och klass 3: äldre än 9 år) som fixa faktorer, samt effekter av gödselmängd på golvet (kg/m<sup>2</sup>), golvet's texturdjup för golvyta som kontinuerliga faktorer. Resultaten som tagits fram ges i form av oddskvoter (odds ratio, OR) och deras 95 % konfidensintervall.

## Resultat

### Tekniska golvtester

Det fanns en betydlig variation mellan enskilda golv i glidmotstånd och texturdjup (Tabell 1). Dock fanns ingen statistisk skillnad mellan grupper av olika mönster- eller spårtyper samt årsklasser. Att testa samspel mellan huvudfaktorerna var inte möjligt på grund av begränsad antal observationer i varje grupp.

**Tabell. 1.** Resultat av tekniska golvtester för varje undersökt gödselgång

Golvet's mönstertyp	Spårtyp	Årsklass	Glidmotstånd (SRT värde)		Texturdjup (µl/cm <sup>2</sup> )	
			Medel	SE	Medel	SE
Gjuten	rutnät	1	57,33	3,00	8,33	0,08
Gjuten	rutnät	2	39,07	0,23	3,65	0,10
Gjuten	enkelriktat	3	51,47	1,10	3,08	0,62
Rillad	enkelriktat	1	51,95	0,62	9,45	0,82
Rillad	enkelriktat	2	54,00	0,45	6,60	0,06
Rillad	enkelriktat	3	47,60	1,82	9,34	0,79
Rillad	rutnät	1	64,93	2,77	8,49	0,73
Rillad	rutnät	2	65,13	2,43	6,41	0,18
Rillad	rutnät	3	47,80	0,67	5,15	0,19

Hur olika mönster var utformade varierade, det fanns variation i spårens bredd, djup och avstånd mellan spår. Dessa skillnader skulle potentiell kunna ge konfounding effekt för golvanalyser, emellertid har den breda variationen av hur gjutning eller rillning utförs i dagsläget i bruksbesättningar inte tillåtet att analysera effekter av kombinationer av alla möjliga golvegenskaper då varje golv representerar en unik kombination av olika parametrar.

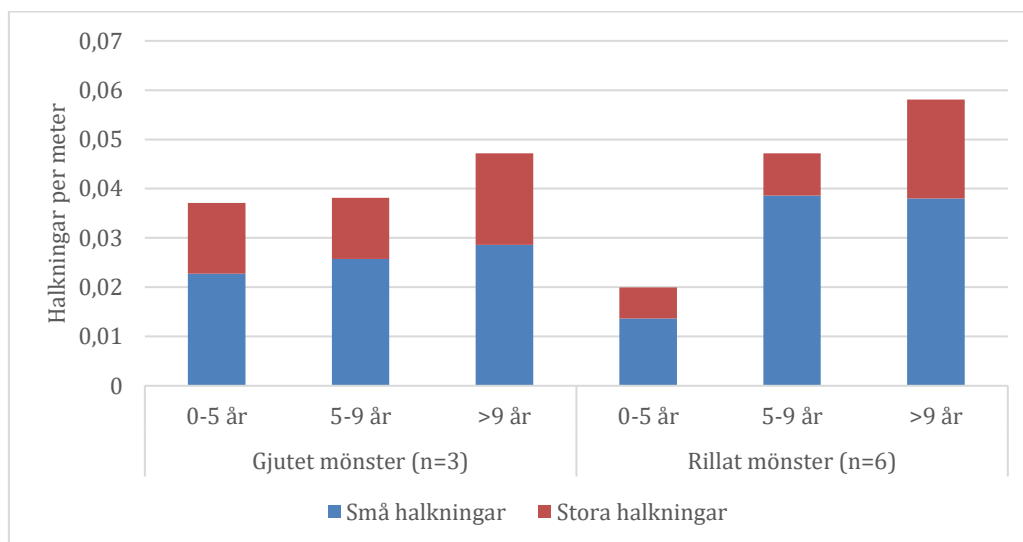
### Halkningsfrekvenser

Analys av halkningsfrekvenser behandlade totalt 370 halkningar över sammanlagt 8891 meter teststräcka på samtliga golv varav 110 var stora halkningar. Medelhastighet var 1,19 m/s och det fanns inga signifikanta skillnader i hastigheten mellan olika golvgrupper. Binär logistisk regression visade signifikant effekt av mönstertyp där gjutna mönster resulterade i högre odds för samtliga och stora halkningar (Tabell 2). Typ av spår hade endast effekt för samtliga halkningar där rutnät karakteriserades med lägre odds för halkningar än enkelriktade spår. Åldern på spåren hade signifikant effekt på halkrisken där nyare spår hade lägre risk för stora och små halkningar med något större risk för årsklass 2 än årsklass 3. Ökad mängd gödsel hade effekt för högre odds av samtliga halkningar och större texturdjup hade positivt samband med ökad halkningsrisk.

**Tabell 2.** Resultat av en binär logistisk regression analys av golvetts effekt på halkningsfrekvenser presenterade som oddskvoter (OR) och deras 95 % konfidensintervall

Förklaringsvariabel	Alla halkningar				Stora halkningar			
	P	OR	Nedre 95% KI	Övre 95% KI	P	OR	Nedre 95% KI	Övre 95% KI
<b>Mönstertyp</b>								
Gjutet (jmf rillat)	0,034	1,62	1,04	2,52	0,024	2,5	1,13	5,56
<b>Spårtyper</b>								
Rutnät (jmf enkelriktat spår)	<0,001	0,61	0,47	0,79	0,177	0,71	0,43	1,17
<b>Mönsters årsklass</b>								
2 (jmf 1)	<0,001	6,92	3,85	12,45	0,026	3,28	1,15	9,35
3 (jmf 1)	<0,001	2,56	1,7	3,84	0,002	3,19	1,54	6,59
Hygiennivå (kg/m <sup>2</sup> )	0,003	1,45	1,14	1,86	0,447	1,19	0,76	1,84
Texturdjup (µl/cm <sup>2</sup> )	<0,001	1,33	1,21	1,46	0,001	1,29	1,11	1,51

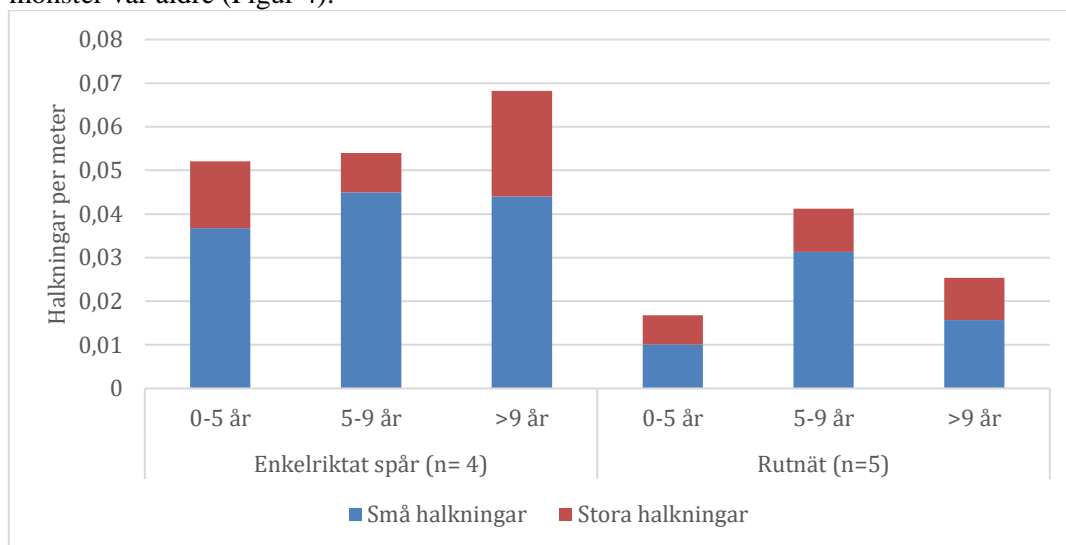
På grund av begränsat antal testade golv i varje kategori kunde vi inte analysera samspel mellan mönster- och spårtyper och årsklasser. Dock kan fördelningen vara intressant att uppskatta, därför presenteras frekvensdata för halkningar uppdelade i de olika kategorierna (Figur 3-4).



**Figur 3.** Frekvens av halkningar med olika magnituder (små < 30 cm, stora > 30 cm) per meter av testbanans sträcka i betonggödselgångar med olika mönstertyper och åldersklasser av mönster. Totalt 49 djur testades. Medelsträcka för varje golvyta var 181m (min 161m, max 210m). n = antal testade golv.

Figur 3 illustrerar att ny-rillat mönster är väldigt effektivt för minskning av halkrisk. Rillning som är äldre än 5 år var inte lika effektiv. Gjutet mönster var mindre effektivt än rillat mönster och det fanns mindre skillnader mellan olika årsklasser. Mönster som kan beskrivas som rutnät

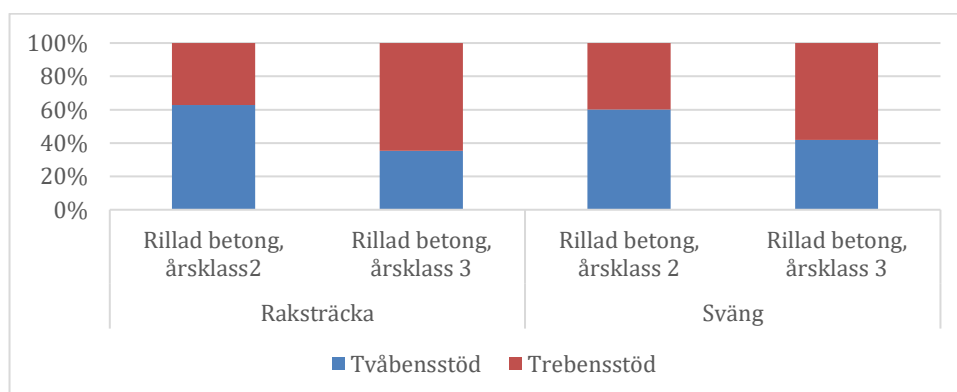
(korsade spår i flera riktningar) associerades med lägre halkrisk än enkelriktade spår även när mönster var äldre (Figur 4).



**Figur 4.** Frekvens av halkningar med olika magnituder (små < 30 cm, stora > 30 cm) per meter av testbanans sträcka i betonggödselgångar med olika spårtyper och s åldersklasser av mönster. Totalt 49 djur testades. Medelsträcka för varje golvyta var 181m (min 161m, max 210m). n = antal testade golv.

## IMU data

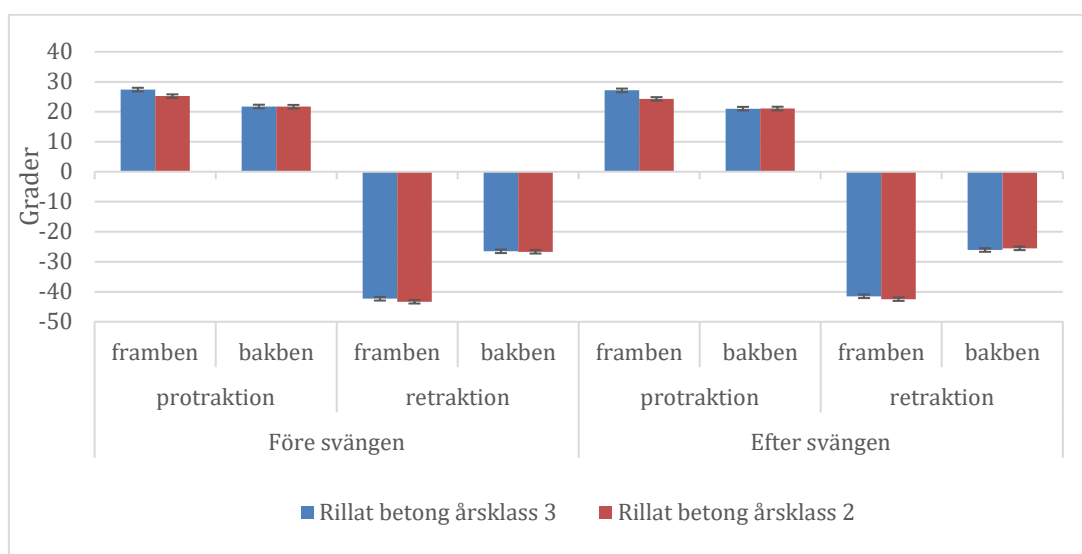
Kinematiska data från IMU sensorer representerar bara två betonggolv med rillat mönster (årsklass 2 och årsklass 3). Analys av tidsintervallen för sväningsperiod (swing) och understödsperiod (stance) både för raksträcka och i svängen visade inte på några signifikanta effekter av golvens egenskaper. Dock skildes proportionerna av två- respektive trebensstöd (vilket kan anses som parameter relaterad till rörelsebalans) mellan de två olika golven både på raksträcka och när djuren passerade svängen (Figur 5).



**Figur 5.** Fördelning av tidsintervallen av den totala understödsperioden mellan tvåbens- respektive trebensstöd på raksträcka och i svängen på två olika betonggolv.

Benens maximala framåtförlängning under gångcykeln (motsvarar protraktionsvinkel) och maximala bakåtförlängning (retraktionsvinkel) bestämdes endast för de raka sträckorna före och efter svängen (Figur 6). Det fanns signifikanta skillnader i framförallt protraktionsvinklar mellan olika underlag där största protraktionsvinkel observerades på det äldre betonggolvet med äldre mönster ( $P < 0,01$ ) vilket associerades också med större halkningsfrekvens på samma golv.





**Figur 6.** Maximala protraktions- och retraktionsvinklar (vilka motsvarar den maximala framåtförlängningen respektive den maximala bakåtförlängningen av benet i sagittalplan) för fram- och bakben under rörelser i raksträcka före och efter 180-graders sväng på två olika betonggolv (medelvärde  $\pm$  SE)

Figur 6 demonstrerar också signifikanta skillnader i protraktions- och retraktionsvinklar mellan bak- och framben, där framben hade både större protraktions- och retraktionsvinklar.

## Diskussion

Projektet resulterade i en utveckling av en effektiv modell för utvärdering av golvets halkrisk i fält. Den originella uppsättningen där kornas manövreringsförmåga utnyttjades gjorde det möjligt att för första gången visa effekterna av olika mönster på betonggolvet i gödselgångar. Att göra spår i betong är ett väletablerat sätt att minska halkningsrisken i nötkreatursstallar med lösdrift. Dock finns väldigt lite vetenskaplig grund för vilket mönster som är mest effektivt. Objektiv analys av kornas rörelsemönster har varit ett effektivt sätt att utvärdera golvets lämplighet för fria naturliga rörelser (Phillips och Morris, 2001; Telezhenko och Bergsten, 2005). De flesta tekniker för objektiv gånganalys är designade endast för rörelser på raka sträckor och med jämn gångtakt (Flower et al., 2007). Faktum är att vi i vår egen studie (Telezhenko et al., 2017) inte kunde se någon signifikant effekt av rillade spår när vi endast analyserade hur kor går på en rak sträcka. Orsaken till detta är att den nödvändiga friktionen för halkfria rörelser på raka sträckor är mycket lägre än om man jämför med rörelser som att vända, stanna eller börja rörelsen. Van der Tol, et al. (2005) visade att i en 90-graders sväng krävdes ca 10-15 % högre friktion än vid en rak rörelse och att vid avslut/start av rörelse krävdes 40-50 % högre friktion. Därför är det nödvändigt att etablera en rörelsemodell där korna är tvungna att byta rörelseriktning till det motsatta dvs kombinerar att djur saktar ner innan svängen, svänger och börjar rörelse i en annan riktning, för att effektivt testa halkfriheten för olika golvtyper. Sådan modell efterliknar dessutom den naturliga förflyttningen som djur gör i stallar vid sociala kontakter och vid hantering. Den centrala delen i förståelsen av golvets hållighet är friktion vilket är summan av olika komponenter (Grönqvist et al., 2001). Vidhäftning är friktionens komponent som orsakas av molekylära bindningar mellan klöv och golv. Spår i ytan främjar klämningen av vätskorna på ytan vilket gör vidhäftning och därmed friktion mer effektiv (Grönqvist et al., 2001). Hysteres är en annan komponent av friktionskraft, som uppstår på grund av fördröjd återhämtning av de elastiska delarna av klövens vikt bärande yta över en

spårkant. Dessutom kan slitage och mekanisk sammankoppling mellan klöv och en hård, grov golvyta orsaka höga friktionskrafter. När man rillar fasta golv brukar det resultera i fina vassa kanter vilka bidrar till högre hysteret än mer avrundade gjutna spår (Mckee och Dumelow, 1995). Därför hade vi bästa halkfriheten på ny-rillade golv i jämförelse med gjutna mönster. Den vassa kanten av rillade spår försvinner dock hos äldre golv vilket också visade sig i ökning på halkfrekvenser för äldre spår. Spår som riktades åt flera håll (som beskrivs som rutnät eller diamantmönster) var effektivare än spår i endast en riktning och det avspeglar en högre mekanisk sammankoppling med klöven (särskilt när korna måste ändra riktning på deras rörelser) i jämförelse med enkelriktade spår. Spårbredden och bredden mellan spår är ofta diskuteras, dock kunde vi inte testa den effekten i vårt försök på grund av begränsad tillgång till olika golvvarianter. Det krävs nya studier för att undersöka effekten av spårbredden där inte bara halkrisken bör utvärderas utan även aspekter av högre belastning och större klövslitage på golv med tätare spår. Friktion beror inte bara på mönster utan även på ytstrukturen på golvytan mellan spåren. För att testa effekt av mönster kontrollerade vi ytstrukturen genom att i analysen använda värdena för texturdjup för yta mellan spår. Vi har däremot inte använt SRT-värdena i vår analys av mönstereffekt för halksäkerheten för högre SRT-värden kunde förklaras delvis med kontakten med spår. Våra resultat visade dock att större texturdjup associerades med högre halkfrekvenser, trots att högre texturdjup brukar associeras med bättre friktion (Jackson, et al., 2005). Detta fenomen kan förklaras med att på gamla betonggolv (årsklass definierades för åldern på spåret och inte för själva betongytan) kan djupare textur vara ett tecken på kemiskt slitage som också brukar kombineras med avrundade toppar på förhöjningarna och därför skulle bidra med sämre friktion (Afonso, 2019). Sämre golvhygien var också en betydande faktor för ökad halkrisk och variationen i gödselmängd efter utgödslingen är beroende av olika golvprofiler och skrapornas effektivitet. Objektiv analys av IMU sensors data har en stor potential i utvärderingen av djurs gångbeteende associerade med passagen av 180-graders sväng. Ett stort utvecklingsarbete har genomförts för att möjliggöra sådan analys. Protraktions- och retraktionsvinklar har direkt samband med halkrisken och verkar vara väldigt användbara för att utvärdera djurens gångbeteende i olika situationer. Olika aspekter av understödsperiod kan vara väldigt informativa för bättre förståelse av vad som händer under tiden när klöven har kontakt med golvet. Arbetet med IMU data fortsätter i större pågående projekt som ska utvärdera flera olika golvtyper som inte var en del av denna studie (inklusive spaltgolv och gummibeklädda golv).

## Slutsatser

I projektet var det möjligt att utveckla en metodik för objektiv beskrivning av golvs halksäkerhet i fält. Rillade spår hade bättre halksäkerhet än gjutna spår och spår i form av rutnät halksäkrare än enkelriktade spår. Spår äldre än 5 år hade minskad förmåga för halksäkerheten. Större gödselmängder orsakade större halkningsrisk. Nya studier behövs där effekten för halkningsrisk beroende av spårbredd och avståndet mellan spår undersöks.

## Nytta för näringen och rekommendationer

Utformning av golv i gödselgångar för nötkreatur har stor betydelse för djurens hälsa och produktion. Resultaten i projektet underlättar för lantbrukarna att välja åtgärder för att minska halkrisken på slitna betonggolv. Rillning i rutmönster visade sig ha den bästa förmågan att minimera halkrisken på betonggångar. Man behöver se över behandlingen efter 4-5 år för att identifiera eventuella behov av nya åtgärder. Att förbättra renheten i gångarna är en annan viktig komponent för bättre halksäkerhet.

## Referenser

- Afonso M.L., Dinis-Almeida, M. and Fael, C.S., 2019, February. Characterization of the skid resistance and mean texture depth in a permeable asphalt pavement. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 471, No. 2, p. 022029). IOP Publishing..
- Albutt, R. W., J. Dumelow, J. P. Cermak, and J. E. Owen. 1990. Slip-Resistance of Solid Concrete Floors in Cattle Buildings. *Journal of Agricultural Engineering Research* 45(2):137-147.
- Alvasen, K., M. Jansson Mork, I. R. Dohoo, C. H. Sandgren, P. T. Thomsen, and U. Emanuelson. 2014. Risk factors associated with on-farm mortality in Swedish dairy cows. *Preventive veterinary medicine* 117(1):110-120.
- ASTM, A. (2013). Standard test method for measuring surface frictional properties using the British pendulum tester.
- Bergsten, C., E. Telezhenko, and M. Ventorp. 2015. Influence of soft or hard floors before and after first calving on dairy heifer locomotion, claw and leg health. *Animals (Basel)* 5(3):662-686.
- De Belie, N., J. J. Lenehan, C. R. Braam, B. Svennerstedt, M. Richardson, and B. Sonck. 2000. Durability of building materials and components in the agricultural environment, part III: Concrete structures. *J Agr Eng Res* 76(1):3-16.
- Flower, F. C., A. M. de Passille, D. M. Weary, D. J. Sanderson, and J. Rushen. 2007. Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without sole ulcers. *J Dairy Sci* 90(3):1235-1242.
- Grönqvist, R., Chang, W.R., Courtney, T.K., Leamon, T.B., Redfern, M.S. and Strandberg, L., 2001. Measurement of slipperiness: fundamental concepts and definitions. *Ergonomics*, 44(13), pp.1102-1117.
- Gooch, C. A. (2003). Flooring considerations for dairy cows. *Proceedings from building freestall barns and milking centers: methods and materials*. Ithaca (NY): Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, NRAES-148, 278-97.
- Jackson, N. M., Choubane, B., Holzschuher, C., & Gokhale, S. 2005. Measuring pavement friction characteristics at variable speeds for added safety. *Journal of ASTM International*, 2(10), 1-14.
- Mckee, C. I. and J. Dumelow. 1995. A Review of the Factors Involved in Developing Effective Non-Slip Floors for Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 60(1):35-42.
- Palmer, M. A., G. Olmos, L. A. Boyle, and J. F. Mee. 2012. A comparison of the estrous behavior of Holstein-Friesian cows when cubicle-housed and at pasture. *Theriogenology* 77(2):382-388. Phillips, C. J. and I. D. Morris. 2001. The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties. *J Dairy Sci* 84(3):623-628.
- Ricotti, R., Delucchi, M., & Cerisola, G. (2009). A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 353-357.
- Rushen, J. and De Passillé, A.M., 2006. Effects of roughness and compressibility of flooring on cow locomotion. *Journal of dairy science*, 89(8), pp.2965-2972.
- Rushen, J. and A. M. de Passille. 2009. Flooring options to minimize lameness and optimize welfare. *Advances in Dairy Technology*, Vol 21 21:293-301.
- Telezhenko, E., Magnusson, M., & Bergsten, C. (2017). Gait of dairy cows on floors with different slipperiness. *Journal of dairy science*, 100(8), 6494-6503.
- Telezhenko, E. and C. Bergsten. 2005. Influence of floor type of the locomotion of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 93:183-197.
- Telezhenko, E., C. Bergsten, M. Magnusson, and C. Nilsson. 2009. Effect of different flooring systems on claw conformation of dairy cows. *J Dairy Sci* 92(6):2625-2633.
- Van der Tol, P. P. J., Metz, J. H. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Back, W., Braam, C. R., & Weijs, W. A. (2005). Frictional forces required for unrestrained locomotion in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 88(2), 615-624.
- Vokey, F. J., Guard, C. L., Erb, H. N., & Galton, D. M. (2001). Effects of alley and stall surfaces on indices of claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. *Journal of dairy science*, 84(12), 2686-2699.

## **Del 3: Resultatförmedling**

Ange resultatförmedling av projektet, inklusive titel, referens, datum, författare/talare, och länk till presentation eller publikation om tillämpligt. Planerade publiceringar (med preliminära titlar) ska ingå i tabellen. Ytterligare rader kan läggas till i tabellen.

<b>Vetenskapliga publiceringar</b>	<b>'Effect of different floor patterns on dairy cows' locomotion behaviour', Journal of Dairy Science (planerad)</b>
<b>Övriga publiceringar</b>	<b>'Effekt av rillningen på halksäkerheten i gödselgångar'' LTV-faktablad, SLU (planerad)</b>
	<b>Floors and slipping risks. Lameness in Ruminants USA, 2022</b>
<b>Muntlig kommunikation</b>	<b>'Golv och klövar' Brink-Dagarna (planerad)</b>
<b>Studentarbete</b>	
<b>Övrigt</b>	<b>Resultat kommer också användas i lantmästare- och agronomutbildningar samt olika kommande externa föredrag</b>