



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin
och husdjursvetenskap**

Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Hur interagerar travhästens hov med olika banunderlag?

Isabelle Fredricson

*Uppsala
2017*

Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet

ISSN 1652-8697 Examensarbete 2017:58

Hur interagerar travhästens hov med olika banunderlag?

Interaction of the trotter's hoof with the ground on different track surfaces

Isabelle Fredricson

Handledare: Lars Roepstorff, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Biträdande handledare: Elin Hernlund, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examinator: Anna Bergh, institutionen för kliniska vetenskaper

Examensarbete i veterinärmedicin

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurskod: EX0754

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serienamn och delnummer i serie: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Veterinärprogrammet 2017:58

ISSN: 1652-8697

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: hov, banunderlag, trav, biomekanik, hästar

Keywords: hoof-ground interaction, track surfaces, trot, biomechanics, horses

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

SAMMANFATTNING

Underlagets egenskaper och preparering påverkar hästens prestation och hållbarhet. En allmän uppfattning är att travhästarna presterar sämre på fibersandsunderlag än en traditionell travbana med sand, men tidigare studier har indikerat olika resultat. I denna studie har biomekaniska event mätts med höghastighetsfilmning på travhästar som har travat i 80 %, 90 % och 100 % av sin maxkapacitet på tre olika underlag (vaxad fibersand som preparerats på två sätt, samt en traditionell travbana av sand). Hovens uppbromsningslängd och -tid, steglängd, hastighet och stegfrekvens har analyserats. Underlagets egenskaper har mätts med en fallhejarbaserad mekanisk hov (OBST) som efterliknar hovens interaktion med marken och beskriver underlaget efter fem parametrar: ytfasthet, dämpning, elasticitet, grepp och enhetlighet. I detta examensarbete redovisas ytfasthet (vertikal acceleration) och dämpning (maximal belastning).

När hästarna travade i sin maximala kapacitet, nådde de en högre hastighet på det vaxade fibersandsunderlaget än på den traditionella travbanan. Den måttligt kompakterade fibersandbanan visade längst uppbromsningstid och kortast uppbromsningslängd. Den traditionella travbanan gav motsatt resultat. Dessa värden kan användas som ett mått på den kraft som uppstår under hovens uppbromsning. Den traditionella travbanans underlag hade avsevärt högre värden för maximal belastning (dämpning) och ytfasthet än underlagen med vaxad fibersand. Detta indikerar att vaxad fibersand skulle kunna ha en minskad risk för skador i hästens rörelseapparat. Hur banunderlag preparerats har en viktig betydelse i vilka egenskaper underlaget får. Studien visar att vaxat fibersandsunderlag kan prepareras på så sätt att den påminner om den traditionella travbanan. Fortsatta studier som mäter underlagets egenskaper i relation till biomekaniska event skulle kunna leda till utveckling av travbanor med underlag som ökar både prestation och hållbarhet.

SUMMARY

Track surface properties can affect both performance and risk of orthopedic health injuries of the horse. It is general supposed that synthetic track surface decrease trotter's performance compare to traditional crushed sand track. However, earlier studies indicate different results. In this study biomechanical parameters on trotters was measured by high speed cameras when the horses trotted in three different speeds (80 %, 90 % and 100 % of their maximal capacity) on three different track surfaces (synthetic waxed track prepared in two different ways and traditional crushed sand). Hoof break time, hoof break length, stride length, velocity and stride frequency was analyzed. Properties of the ground was measured by an Orono Biomechanical Surface Tester (OBST), a mechanical hoof that mimics the hoof and ground interaction and describe the properties of the surface in 5 parameters: impact firmness, cushioning, responsiveness, grip and uniformity. This master's thesis describe impact firmness (vertical acceleration) and cushioning (maximal load).

Horses trotting in maximal capacity achieved higher speeds on synthetic vexed track compare to crushed sand. The longest hoof break time and shortest hoof break length was on the moderately compacted synthetic waxed track. Crushed sand track indicated opposite results. These results can be used when measure hoof break force. Crushed sand has considerably higher values for maximal load and impact firmness compare to synthetic waxed track, thus indicate synthetic waxed track may reduce risk of musculoskeletal injuries. Preparation procedures on a track surface effect its properties. This study indicate that synthetic waxed track can be prepared in a way that the properties became similar to crushed sand track surfaces. Further studies to measure the properties of the ground in correlation to biomechanical parameters should develop track surfaces thus stimulate both performance and orthopedic health.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING.....	1
LITTERATURÖVERSIKT.....	1
BIOMEKANIK.....	1
KINEMATISKA MÄTMETODER.....	3
KINETISKA MÄTMETODER.....	3
ORONO BIOMECHANICAL SURFACE TESTER (OBST).....	3
UNDERLAGETS EGENSKAPER I RELATION TILL BIOMEKANISKA EVENT.....	4
MATERIAL OCH METODER.....	5
HÄSTMÄTNINGAR.....	5
HÄSTAR.....	5
UTRUSTNING.....	5
BANPREPARERING.....	6
DATAINSAMLING.....	7
DATABEARBETNING.....	7
MÄTNING AV UNDERLAG MED OBST.....	10
RESULTAT.....	10
HÄSTMÄTNINGAR.....	10
UPPBROMSNINGSTID.....	10
UPPBROMSNINGSLÄNGD.....	10
KVOT UPPBROMSNINGSTID OCH –LÄNGD.....	11
HÄSTARNAS HASTIGHET.....	11
STEGLÄNGD.....	11
STEGFREKVENS.....	12
MÄTNING AV UNDERLAG MED OBST.....	12
DISKUSSION.....	13
REFERENSER.....	15

INLEDNING

Underlagets egenskaper tros kunna påverka risken för uppkomsten av ortopediska skador hos travhästar som rör sig i hög hastighet (Chateau *et al.*, 2009). Underhåll och preparering av underlaget inverkar också på hästens rörelsemönster (Northrop *et al.*, 2013). Flera studier har indikerat att fibersandsunderlag minskar risken för skador i framförallt distala delarna av hästens ben (Robin *et al.*, 2009; Crevier-Denoix *et al.*, 2009), men sand är fortfarande det traditionella underlaget som används på travbanor.

Inom travsporten står prestationen i fokus. För hästarnas välmående och långsiktig prestation, har också hållbarheten en betydande roll. Det är därför viktigt med fortsatta studier som utvärderar och utvecklar underlagen samtidigt som biomekaniska parametrar belyses. Hoven har en viktig betydelse för interaktionen mellan underlaget och står därför i fokus i denna pilotstudie, där höghastighetsfilmning har kombinerats med en fallhejrabaserad mekanisk hov som mäter underlagets egenskaper.

Detta examensarbete är en del av ett större forskningsprojekt på travhästar i Cagnes sur Mer, Frankrike. Syftet med denna studie var att jämföra egenskaperna hos en vaxad fibersandsbana (preparerad på två olika sätt) med en traditionell travbana och se hur dessa påverkar biomekaniska event som steglängd, stegfrekvens, hastighet samt hovens uppbromsningstid och uppbromsningshastighet.

LITTERATURÖVERSIKT

Biomekanik

Ett steg består av fem olika faser; hovlandning, hovglidning, understöd, överrullning och svävning. (Parks, 2011).

- 1) Hovlandning (se fig. 1a): Hoven kommer i kontakt med underlaget, vanligtvis med den laterala trakten först (Van Heel *et al.*, 2004) tätt följt av att resterande hov kolliderar med underlaget. Denna fas utgör cirka 1-2 % av steget (Back *et al.*, 1995).
- 2) Hovglidning (se fig. 1b): Kroppens rörelse i framåt-nedåtgående riktning hindras av benet, som således får en ökad belastning. Tyngdpunkten förflyttas över hoven när kotleden är sträckt i sin lägsta punkt (Stashak, 2006). Den höga belastningen ger en ökad skaderisk i denna fas. (Parks, 2011).
- 3) Understödsfas (se fig. 1c): Kotleden extenderar till en position liknande den som sker när hästen belastar sitt ben i vila. Hovens acceleration upphör, medan de vertikala krafterna når höga nivåer (Thomason & Peterson, 2008). När belastningen i hovväggen ökar samtidigt som hoven ej förflyttas, vidgas hovkapseln och komponenterna i flexionsapparaten bär upp hästens tyngd. Kotbenen börjar sedan räta upp sig och benet lyfts från marken.
- 4) Överrullningsfas (se fig. 1d+e): Påbörjas när trakten lyfts från underlaget och avslutas när tån lämnar underlaget (Parks, 2011).

- 5) Svävningssfas (se fig. 1f): Benet lyfts och hoven når sin maximala höjd snart därefter. Hoven har ingen kontakt med marken.

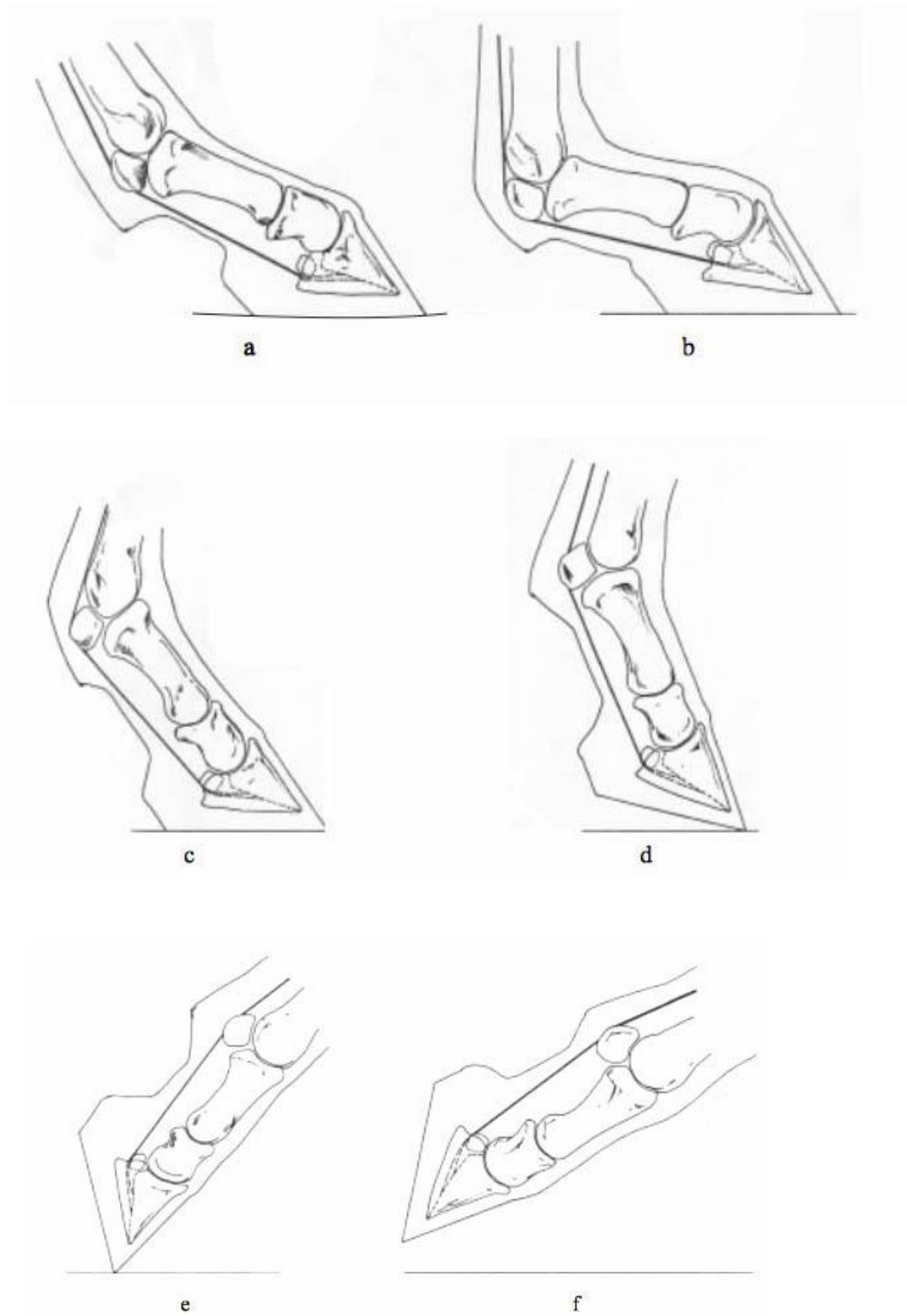


Fig. 1: Hästens rörelse i trav från landningsfasen till svävningssfasen (Stasak, 2006).

Kinematiska mätmetoder

För att objektivt studera hästarnas rörelsemönster kan kinematiska mätmetoder användas. Kinematik är ett begrepp inom fysiken som beskriver kroppens rörelse utan beaktande av rörelsens orsaker. Läget hos en kropp är en funktion av tiden och centrala begrepp är position, hastighet, acceleration. Dessa fysikaliska storheter beskrivs med vektorer. I ett tredimensionellt koordinatsystem används komponenterna X, Y och Z för att beskriva vektorns position i förhållande till det referenssystem som valts. I ett högerorienterat koordinatsystem representerar x-axeln rörelseriktningen framåt i horisontell riktning, y-axeln är vinklad 90 grader åt sidan från x-axeln i horisontell riktning och z-axeln är riktad vertikalt i uppåtgående riktning.

En typ av kinematisk mätmetod är höghastighetsfilmning där kameror sänder ut infrarött ljus som reflekteras av reflexmarkörer. Reflexmarkörer fästes på hästen, som sedan rör sig inom en kalibrerad mätvolym framför kamerorna. När reflexmarkörerna ses av två kameror samtidigt inom det kalibrerade området, kan en tredimensionell position av reflexmarkörerna sedan skapas. Informationen lagras i en persondator och kan bearbetas i kamerasytemets mjukvara, där en tredimensionell bild av hästens rörelse skapas utifrån reflexmarkörernas position (Clayton & Schamhardt, 2001)

Kinetiska mätmetoder

Kinetik beskriver sambandet mellan kroppars rörelse och de krafter som verkar på kropparna. Kraften kan beräknas med Newtons 2:a lag, där den kraft (F) som verkar på en kropp är proportionell mot kroppens massa (m) och mot kroppens acceleration (a). Den kraft som uppstår mellan hov och underlag kallas Ground Reaction Force (GRF). Genom åren har olika tester används för att studera kinetiska variabler som GFR. Under 70-talet gjordes studier med en kraftmätningsskiva (Pratt & Connor, 1976). Senare har en dynamisk hästsko används (Roepstorff & Drevemo, 1993; Crevier-Denoix *et al.*, 2009; Setterbo *et al.*, 2009; Robin *et al.*, 2009; Chateau *et al.*, 2008) och senaste forskning baseras på till exempel en fallhejrabaserad mekanisk hov, såsom Orono biomechanical surface tester (OBST).

Orono biomechanical surface tester (OBST)



Bild 1: *Orono biomechanical surface tester.*

Orono biomechanical surface tester (OBST) är en fallhejrabaserad mekanisk hov (se bild 1) som efterliknar hoven vad gällande dess landningshastighet, vinkel vid belastningsfasens början, belastningshastigheten samt den maximala belastningen. Konstruktionen gör att den kan efterlikna både hovens initiala stöt under landningsfasen samt förhållandet under belastningsfasen. Interaktionen mellan den mekaniska hoven och underlaget kvantifieras med hjälp av en treaxlig lastcell, två treaxliga accelerometrar och två potentiometrar. Den stöt som uppkommer vid hoven och markens första kontakt samt under belastningen, kan mätas i tre riktningar. Hårdhet, skjuvhållfasthet, elasticitet och deformation av underlaget kan mätas. 12 kanaler med data samlas in och analyseras, som möjliggör att ett stort antal variabler kan beräknas. Resultatet av mätningarna sammanfattas och beskrivs som fem olika parametrar: ytfasthet, dämpning, elasticitet, grepp och enhetlighet.

1. Ytfasthet: Stötkrafterna som uppstår vid landningsfasen. Bestäms huvudsakligen genom den vertikala accelerationen av hoven som sker vid den första kontakten med underlaget. Ytfastheten beskriver hårdheten i ytlagret, stötens kraft och omfattningen av hovens rotation ner i underlaget.
2. Dämpning: Underlagets förmåga att ta upp och dämpa belastningen när hästen lägger hela sin kroppsvikt på benet vid understödsfasen. Bestäms huvudsakligen av den maximala vertikala belastningen. Ett kraftigt kompakterat underlag med låg dämpning ger upphov till stora vertikala krafter.
3. Elasticitet: Underlagets förmåga att återge energi till hästen vid överrullningsfasen, när hoven tar spjörn för frånskjut i steget. Bestäms genom den hastighet och kraft som underlaget fjädrar tillbaka med i samband med avlastningsfasen att hoven lämnar marken.
4. Grepp: Påverkar hur mycket hästens hov glider i samband med isättningen vid landningsfasen samt vid avtrampet. Har även en stor betydelse vid belastningsfasen när hästen svänger. Bestäms genom den horisontella glidningens längd, med hänsyn tagen till den horisontella belastningen.
5. Enhetlighet: Beskriver hur enhetligt och jämnt underlaget är. Beräknas som den genomsnittliga variationen av de fyra första parametrarna.

Underlagets egenskaper i relation till biomekaniska event

Variationen av de dynamiska reaktionerna på hästens hov från underlaget, tyder på att valet av underlag kan påverka gångarternas biomekanik (Barry *et al.*, 1991).

Flertalet studier har gjorts för att analysera biomekaniska event på olika banunderlag. Setterbo *et al.* (2009) jämförde hovens acceleration och GFR på fullblodshästar med hjälp av en dynamometrisk hästsko på banunderlag av sand, gräs och syntetiskt fibersand (vaxad kiselsand, polypropylenfiber, gummi). Den vertikala accelerationen på fibersanden under landningsfasen var lägre än på både gräs och sand, vilket således gav en lägre stöt vid hovlandningen.

Flera studier har indikerat en lägre skaderisk på fibersand jämfört med traditionell sand. I studier på travhästar visade sig vaxad fibersand orsaka en lägre påfrestning på strukturer i det distala frambenet jämfört med sand (Robin *et al.*, 2009; Crevier-Denoix *et al.*, 2009). När hoven kommer i kontakt med underlaget, sker ett glidmoment som medför att den longitudinella

kraften är lägre än den vertikala. Kraften vid hovens uppbromsning blir således lägre och gradvis förskjuten. Ingen signifikant skillnad kunde ses i hastighet hos travarna mellan de två underlagen. Robin *et al.* (2009) ansåg dock i sin studie att vaxad fibersand kunde minska travhästens prestation, då steglängden vid samma hastighet var kortare på vaxad fibersand än traditionell sand. I samma studie sågs att stegfrekvensen var högre på den vaxade fibersanden.

Chateau *et al.* (2009) jämförde också samma underlag och kunde se stora skillnader, även om studiens omfattning var liten och resultaten bedömdes som preliminära. Kraftens amplitud under belastningsfasen var reducerad till cirka hälften jämfört med sand. Declerationen under hovens uppbromsning var dessutom långsammare. Tiden för hovens uppbromsning mättes till 35,5 ms på vaxad fibersand och 29,7 ms på traditionell sand. I en studie av Gustås *et al.* (2006) var tiden för hovens uppbromsning 30-50 ms, oavsett hastighet på underlag av stenmjöl.

Den rörelse och kraft som uppkommer vid hovens isättning har i tidigare studier skilt sig mellan fram och bakben, där bakhovens glidmoment varit större. (Back, 2001; Gustås *et al.*, 2004). Accelerationsmomentet har dock visat sig lika mellan fram- och bakhov (Gustås *et al.* 2004) samt mellan olika steg hos samma individ (Back *et al.*, 2006).

MATERIAL OCH METODER

Hästmätningar

HÄSTAR

Studien var en del av ett större forskningsprojekt i Cagnes sur Mer. Sex franska travare, ston, hingstar och valacker i åldern tre-åtta år och vikten 450-580 kg, kördes av erfarna kuskar på en travbana med traditionellt sandunderlag samt en galoppbana med vaxad fibersand. Urvalet baserades på att samtliga tränare stationerade på anläggningen tillfrågades om de ville delta i studien. Deltagande hästar skulle vara i full träning. Totalt medverkade fyra kuskar, varav tre av dem körde sina egna hästar.

UTRUSTNING



Bild 2: Reflexmarkörernas position på hästen.

Totalt 26 sfäriska reflexmarkörer, 12-15 mm i diameter, fästes lateralt på hästens högra fram- och bakben. På hovarna limmades tre markörer fast på ett metallföremål som sedan fästes på

hoven med hjälp av lim och silvertejp. Totalt fästes tre markörer på varje hov i proximal, dorsal och palmar/plantar position lateralt. Övriga markörer limmades fast i kluster på en platta som sedan fästes på metacarpal/tarsalben samt på radius och tibia med silvertejp (se bild 2).

14 kameror (Qualisys AB, Oqus 300) var placerade i banans ytterspår för att filma hästens högra sida i en till två travsteg. Mätvolymen var 10 m, där hästarna travade tre-fyra meter från kameran. Kamerorna registrerade reflexmarkörernas tredimensionella position 800 gånger per sekund.

BANPREPARERING



Bild 3: Galopp master.

På galoppbanan preparerades två banor intill varandra, den ena måttligt kompakterad (Prep med komp) och den andra kraftigt kompakterad för att bättre passa travhästar i hög fart (Prep hög komp). Först frästes båda underlagen upp med en typ av jordfräs, en så kallad rotary tiller. Därefter harvades den ena fibersandbanan med en galopp master (se bild 3) som är en typ av harv. Prepareringen avslutades med att kompaktera båda banor med en vält. Travbanan preparerades på samma sätt som vid en tävlingsdag.

Tabell 1: Olika banor och dess metod för preparering

Banans benämning	Underlag	Preparering, ordningsföljd
Prep med komp (Bana B)	Vaxad fibersand	Rotary tiller- Galopp master- vält (2-3 ggr)
Prep hög komp (Bana A)	Vaxad fibersand	Rotary tiller- vält (>4 ggr)
Travbana (Bana C)	Traditionell travbana, sand	Sladd

Det vaxade fibersandsunderlaget var en sammanblandning av hackade syntetiska fiber i olika längder, elastiska fibrer samt höggradigt tvättad silikatsand. Allt hade en beläggning av vax.

DATAINSAMLING

Innan datainsamling från varje häst påbörjades värmdes hästarna upp och deras utrustning kontrollerades. För att kamerorna skulle veta sin position i förhållande till varandra och koordinatsystemet, skedde en kalibrering av mätvolymen innan höghastighetsfilmningen påbörjades. I randomiserad ordningsföljd kördes varje häst i tre olika hastigheter (80 %, 90 % och 100 % av sin maxkapacitet) på de tre olika banorna. Varje häst filmades i en-två steg. Totalt filmades och protokollfördes 63 körningar frånräknat de filmer när hästen stod stilla (stance phase) vid kalibreringen.

DATABEARBETNING

Insamlad data (totalt 63 filmer) bearbetades först i programvaran Qualisys Track Manager (QTM), genom att namnge och identifiera alla reflexmarkörer under de en-två steg som registrerats per körning (se fig. 2, 3)

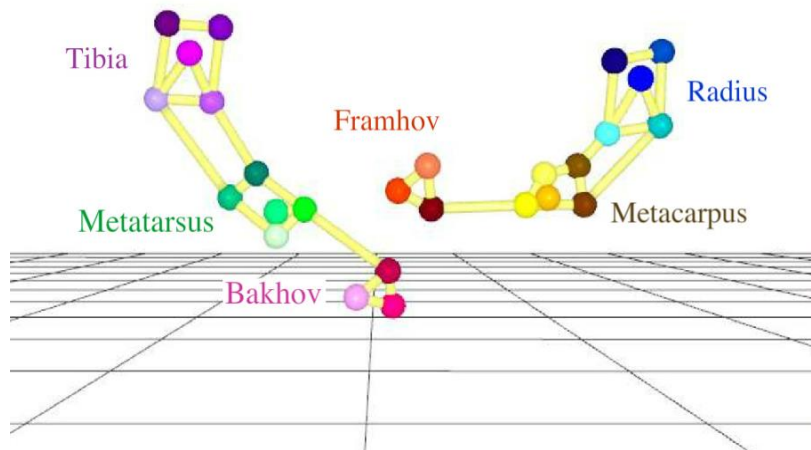


Fig. 2: Markörernas positioner vid bearbetning i QTM:s mjukvara.

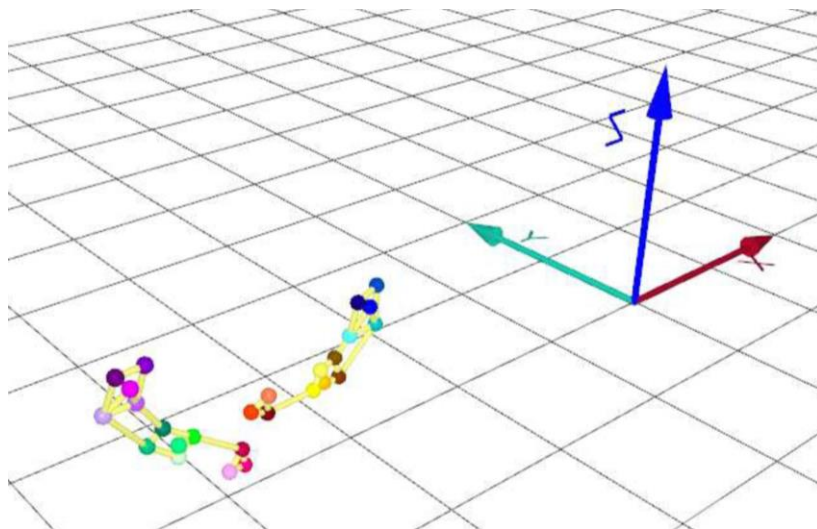


Fig. 3: Markörernas positioner i förhållande till vektorn x, y och z.

Markörerna namngavs baserat på dess anatomiska position i varje kluster: Tibia (TiPrPl, TiPrDo, TiCe, TiDiPl, TiDiDo), metatarsus (MtPrPl, MtPrDo, MtCe, MtDiPl, MtDiDo), bakhov (HoofHindPl, HoofHindPr, HoofHindDo), framhov (HoofFrontPl, HoofFrontPr, HoofFrontDo), metacarpus (McPrPl, McPrDo, McCe, McDiPl, McDiDo), radius (RaPrPl, RaPrDo, RaCe, RaDiPl, RaDiDo).

Av 63 filmer bedömdes 57 stycken innehålla tillräckligt mycket data för att vidare analyseras i MatLab dit de exporterades. Baserat på reflexmarkörernas positioner, skapade programvaran en visualisering av hästens rörelsemönster i olika diagram (se fig. 4, 5).

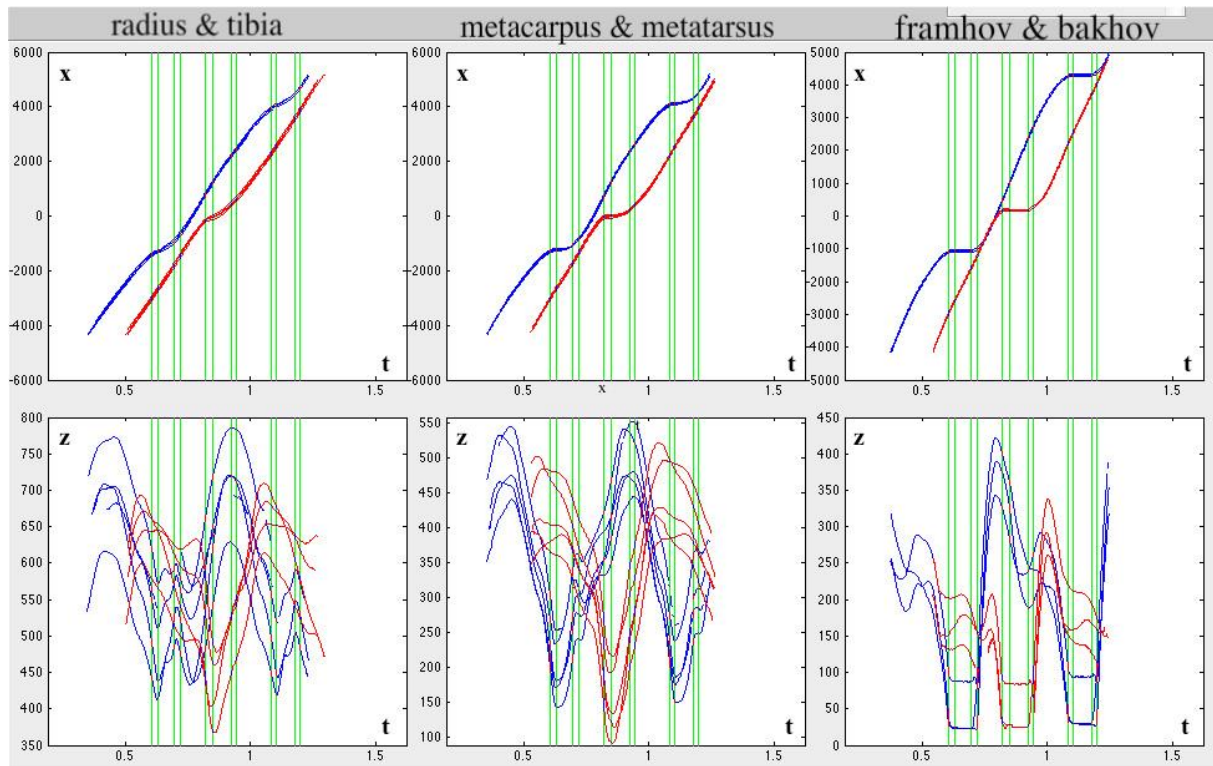


Fig. 4: Visualisering av hästens rörelsemönster i MatLab. Blå linje representerar framben och röd linje representerar bakben.

Upp till fyra tidpunkter definierades i varje fram-och bakbenssteg (se fig. 5). Om färre antal definierades, berodde detta på att filmningen påbörjats mitt i en stegcykel. Antalet fram-och bakbenssteg avgjorde således totalt antal data från varje diagram. Varje tidpunkt namngavs efter framben (F), bakben (H) samt vilken ordningsföljd i stegcykelns fas de representerade (1-4 första steget, 5-8 andra steget, osv). Från de definierade faserna av steget, beräknades sedan olika variabler (se tabell 2). Beräkningarna utfördes med programmerade formler. Avvikande data, så kallade outliers, kontrollerades och bortsorterades om de hade en standardavvikelse (SD) >2.

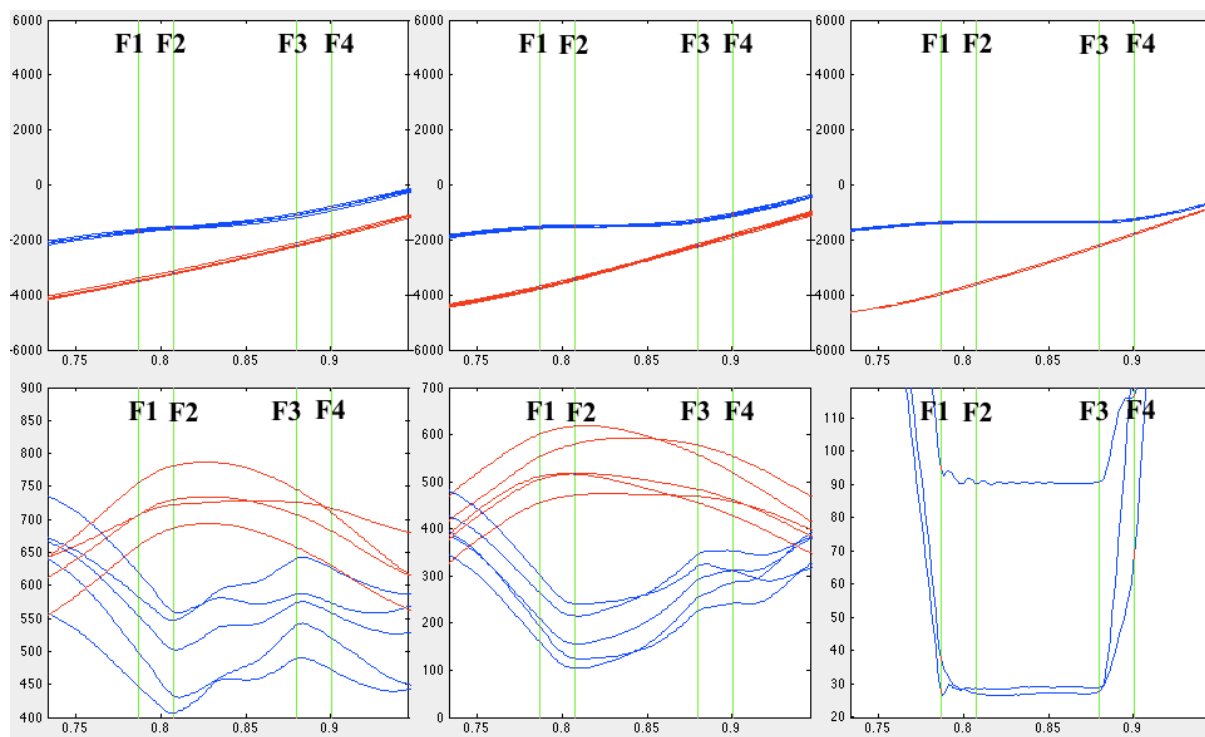


Fig. 5: Visualisering i MatLab av frambenets första stegcykel. F1 representerar hovens första kontakt med underlaget, F2 när rörelsen i horisontell riktning har avstannat, F3 starten på överrullningsfasen och F4 slutet på överrullningsfasen.

Tabell 2: Metod för beräkning av olika biomekaniska event

Variabel	Metod för beräkning
Hastighet (m/s)	De proximala markörernas lutning (tibia, radius, metacarpus och metatarsus) på x-t grafen.
Steglängd (mm)	Indirekt mätning genom hastigheten ($v=s/t$) och stegfrekvensen ($1/T$). Direkt mätning genom att mäta avståndet (Δx) mellan de två positioner i x-t grafen där hoven har full kontakt med marken, exempelvis F2-F6.
Fram- och bakhovens uppbromsningstid (ms)	Hovens första kontakt med underlaget (F1, H1, F5, H5) till rörelsen i horisontell riktning har avstannat (F, H2, F6, H6). Exempelvis F1- F2, H5-H6.
Fram- och bakhovens uppbromsninglängd (mm)	Hovens första kontakt med underlaget (F1, H1, F5, H5) fram till rörelsen i framåtriktade horisontell riktning har avstannat (F2, H2, F6, H6).
Fram- och bakhovens uppbromsningskraft	Kvoten av hovens uppbromsningstid och -längd

Data sammanställdes i Excel. Sambandet mellan hastighet och varje variabel visades i diagram, samtliga hästar på varje underlag. Avvikande värden dubbelkontrollerades. En statistisk bearbetning gjordes sedan i SAS (SAS Institute Inc.) med The Mixed Procedure. Responsvariabler var uppbromsningstid framhov, uppbromsningstid bakhov, uppbromsningslängd framhov, uppbromsningslängd bakhov, vilka innan de analyserades kollades grafiskt för normalitet. Oberoende fixa effekts-variabler var underlag, steglängd, hastighet och stegfrekvens. Dessa variabler kontrollerade modellerna för dessa effekter (modellen reducerades inte). Häst analyserades som upprepad effekt. Tvåvägs jämförelser gjordes mellan banorna. Gränsen för ett statistiskt signifikant p-värde sattes till $<0,05$. Statistisk analys av hastigheterna har gjorts separat i ett parat t-test.

Mätning av underlag med OBST

De tre olika banprepareringarna mättes med den mekaniska hoven. Varje mätning upprepades tre gånger på samma ställe, för att en eventuell kompaktion av underlaget skulle kunna studeras. De 12 sensorsignalerna kunde användas att beräkna 24 variabler, som sedan kunde sammanställas i boxplot för att åskådliggöra medianvärde och spridning. I denna studie redovisas den vertikala accelerationen (ytfastheten) samt den maximala belastningen (dämpningen).

RESULTAT

Hästmätningar

I samtliga tabeller är standardavvikelsen angiven inom parantes.

Uppbromsningstid

En signifikant skillnad kunde ses mellan den måttligt kompakterade fibersandbanan och den traditionella sandbanan (se tabell 3). Uppbromsningstiden för både fram- och bakhov var längst på den måttligt kompakterade fibersandbanan och kortast på den traditionella travbanan. Uppbromsningstiden för hästens bakhov var längre än framhoven.

Tabell 3: Medelvärde av hovens uppbromsningstid när hästarna travade i maximal hastighet vid tre olika typer av banprepareringar. Enbart signifikanta värden redovisas ($p < 0,05$)

Responsvariabel	Uppbromsningstid framben (ms)	Uppbromsningstid bakben (ms)
Prep med komp	26,3 (0,56)	32,8 (1,18)
Prep hög komp	25,1 (0,53)	31,5 (1,12)
Travbana	24,5 (0,50)	29,1 (1,07)
Stat skilln med komp-travbana	0,02	0,03

Uppbromsningslängd

För både fram- och bakhoven var uppbromsningslängden kortast på den måttligt kompakterade fibersandbanan och längst på travbanan (se tabell 4). Travbanan hade liknande värden som den fibersandbanan vilken hade kompakterats kraftigt.

Tabell 4: Medelvärdet av hovens uppbromsningslängd när hästarna travade i maximal hastighet vid tre olika typer av banprepareringar. Inga värden hade statistisk signifikans

Responsvariabel	Uppbromsningslängd framben (mm)	Uppbromsningslängd bakben (mm)
Prep med komp	43,6 (2,5)	58,3 (5,4)
Prep hög komp	48,5 (2,4)	61,2 (5,0)
Travbana	48,7 (2,3)	63,6 (4,9)

Kvot uppbromsningstid och -längd

En signifikant skillnad i kraft på framhoven kunde ses mellan den måttligt kompakterade fibersandbanan och den traditionella travbanan, där kraften var störst på travbanan (se tabell 5). Resultatet för bakhoven indikerar detsamma.

Tabell 5: Kvot uppbromsningstid och -längd på tre olika banunderlag. Statistiska värden redovisas

Responsvariabel	Kvot Fram Uppbromsningstid (s) och -längd (mm)		Kvot Bak Uppbromsningstid (s) och -längd (mm)	
	Prep med komp	1701	(80)	1797
Prep hög komp	1881	(76)	2197	(161)
Travbana	2001	(72)	2166	(153)
Stat skilln med komp-travbana	0.01		0.11	

Hästarnas hastighet

Medelvärdet av samtliga mätningar visar att hästarnas hastighet är högst på den vaxade fibersandbanan med måttlig kompaktering och lägst på den traditionella travbanan (se tabell 6).

Tabell 6: Beräknad medelhastighet vid tre olika typer av banprepareringar, när hästarna travar i 80 %, 90 % och 100 % av sin maxkapacitet

Bana/Kapacitet	Hastighet (m/s)			Total
	80 %	90 %	100 %	
Prep med komp	11,3 (1,09)	12,4 (0,44)	12,4 (1,15)	11,79 (1,42)
Prep hög komp	10,9 (0,87)	11,4 (0,92)	12,3 (1,01)	11,47 (1,22)
Travbana	10,6 (1,27)	10,8 (0,62)	11,9 (0,62)	11,08 (1,12)

Steglängd

Steglängden ökade när hästarna travade på en ökad procent av sin maxkapacitet (se tabell 7) Det visar samtliga värden utom ”prep med komp” 90 %. Den kraftigt kompakterade fibersandbanan visade större likhet med travbanan än fiberbanan som var mindre kompakterad. Resultatet från den indirekta mätningen (som beräknades från hastigheten) samt den direkta

mätningen (avståndet mellan två punkter i MatLab) skilde sig. De indirekta mätningen hade generellt kortare steglängder.

Tabell 7: *Steglängden beräknad på två olika sätt vid tre olika typer av banprepareringar, när hästarna travar i 80 %, 90 % och 100 % av sin maxkapacitet*

	Steglängd (m)							
	Indirekt mätning (v)			Total	Direkt mätning (avstånd)			Total
Bana/Kapacitet	80 %	90 %	100 %		80 %	90 %	100 %	
Prep med komp	5,23 (0,34)	5,46 (0,30)	5,43 (0,28)	5,30 (0,42)	5,27 (0,30)	5,54 (0,39)	5,47 (0,24)	5,36 (0,42)
Prep hög komp	5,25 (0,39)	5,05 (0,39)	5,39 (0,18)	5,19 (0,40)	5,13 (0,31)	5,28 (0,45)	5,52 (0,28)	5,29 (0,41)
Travbana	5,00 (0,38)	5,16 (0,23)	5,39 (0,31)	5,17 (0,37)	5,11 (0,35)	5,25 (9,20)	5,44 (0,30)	5,24 (0,36)

Stegfrekvens

Stegfrekvensen var kortast på travbanan och högst den måttligt kompakterade fibersanden (se tabell 8). Ökad hastighet gav högre värde på stegfrekvensen.

Tabell 8: *Beräknad stegfrekvens vid 3 olika typer av banprepareringar, när hästarna travar i 80 %, 90 % och 100 % av sin maxkapacitet*

Bana/Kapacitet	Stegfrekvens (m/s)			
	80 %	90 %	100 %	Total
Prep med komp	2,16 (0,19)	2,27 (0,08)	2,28 (0,16)	2,22 (0,16)
Prep hög komp	2,09 (0,14)	2,25 (0,09)	2,27 (0,13)	2,19 (0,15)
Travbana	2,11 (0,14)	2,09 (0,07)	2,22 (0,12)	2,14 (0,12)

Mätning av underlag med OBST

Vid jämförelse av de tre olika banprepareringarna ses högre värden för både ytfastheten och den maximala belastningen ses på den traditionella travbanan (se fig. 6).

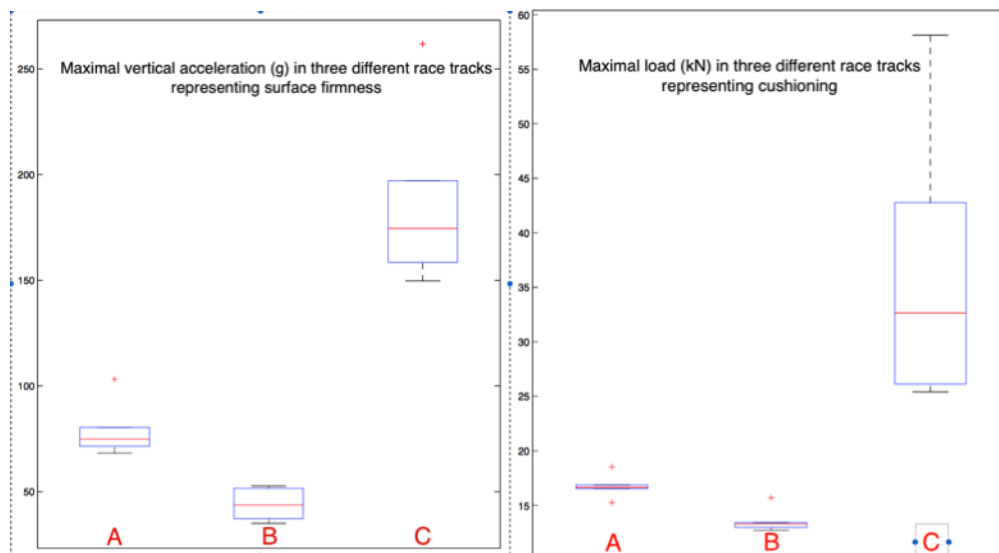


Fig. 6: Resultat av underlagsmätning på vaxad fibersandbana som kompakterats kraftigt (A), vaxad fibersandbana som kompakterats måttligt (B) samt traditionell travbana (C). Röd linje visar medianvärde, ytterändarna max- och minvärdet och asterisker s.k. outliers. Boxen representerar 25-75 percentilen. Till vänster beskrivs yfasteheten, maximal vertikal acceleration (g). Till höger beskrivs dämpningen, maximal belastning (kN). Inga jämförelser var signifikant skilda.

DISKUSSION

Hästarna har en tendens att trava i en högre hastighet på vaxad fibersand än på den traditionella travbanan. Den statistiska analysen av hastigheten är gjord med parat t-test och ingen signifikant skillnad kan fastställas. Resultatet är ändå intressant, eftersom den allmänna uppfattningen hos kuskarna som regelbundet tränade sina hästar på det vaxade fibersandsunderlaget i Cagnes sur Mer, var att de inte kunde köra full distans i samma tempo som vid traditionellt sandunderlag. En möjlig förklaring kan vara att som resultatet av mätningarna med OBST visar, har måttligt kompakterad fibersand minskad yfastehet och ökad dämpning vilket kan medföra att sulkyn rullar något tyngre. För att bibehålla en hög hastighet en längre sträcka är det möjligt att en högre kondition krävs hos travhästarna.

Resultaten av tidigare studier har visat att ingen signifikant skillnad i hastigheten föreligger mellan sand och vaxad fibersand (Robin *et al.*, 2009; Crevier-Denoix, 2009). Robin *et al.* (2009) ansåg att prestationen ändå kunde vara försämrade på vaxad fibersand eftersom steglängden där var kortare, vilket den dock inte var i denna studie. Tidigare studier har visat att steglängden ökar linjärt med hastigheten (Leach & Drevemo, 1991; Barry *et al.*, 1995). Vid en given hastighet kan hästarna dock antingen välja att öka steglängden eller stegfrekvensen. I denna hastighet sågs en tendens att både stegfrekvensen och steglängden större på den måttligt kompakterade fibersandbanan, vilket kan förväntas också ge den högst uppmätta hastigheten.

I denna studie ses en intressant jämförelse mellan två olika sätt att beräkna fram steglängden, där den ena metoden baseras på kroppens hastighet (indirekt mätning) och den andra är ett uppmätt avstånd mellan två hovavtryck (direkt mätning). Den uppmätta steglängden, där ett enda steg har mätts, är sannolikt mest relevant. Den indirekta mätningen som baseras på hästens

hastighet, kan ha falskt låga värden. Detta skulle kunna bero på ett metodfel eller avrundningsfel.

I en studie där hoppryttare utvärderade banunderlag, hade de en allmän uppfattning om att fibersand hade en hög friktion (Hobbs *et al.*, 2014). I denna studie var det en signifikant skillnad i hovens uppbromsningstid mellan den måttligt kompakterade fibersandbanan och den traditionella travbanan. En signifikant skillnad kunde ses mellan den måttligt kompakterade fibersandbanan och den traditionella sandbanan. Uppbromsningstiden på både fram- och bakhov var längst på den måttligt kompakterade fibersandbanan och kortast på travbanan. Den vaxade fibersandbanan hade en längre uppbromsningstid. Anledningen skulle kunna vara att hästen ändrar sitt rörelsemönster på de olika banorna, eller är det inte högre friktion på den vaxade fibersandbanan. Resultaten indikerar att om banunderlaget skulle bytas från det traditionella, kan rätt underhåll av vaxad fibersand medföra att hovens uppbromsningstid liknar den som blir vid den traditionella sandbanan. Uppbromsningstiden på hästens bakhov var längre än framhoven. Det beror på att bakbenet landar med större horisontell hastighet och således får en längre uppbromsningstid.

Uppbromsningslängden var kortare på den måttligt kompakterade fibersandbanan än på den traditionella travbanan, men inga värden var signifikanta. En höggradigt signifikant skillnad kunde dock ses mellan fram- och bakben, vilket stämmer överens med resultat från tidigare studier (Back, 2001; Gustås *et al.*, 2004). Vid mätning av hovens uppbromsningstid- och längd är det viktigt att även ta reda på hovens uppbromsningshastighet. Även om hästen travar i konstant hastighet kan hoven landa i olika grad av landningshastighet. Detta har inte gjorts i denna studie, men material finns att analysera.

Resultatet av underlagsmätningen visar också att travbanan hade tydligt högre värden avseende både ytfasthet och maximal belastning (sämre dämpning), vilket i praktiken innebär att de är hårda. Det kan innebära ökad skaderisk. Tidigare studier har indikerat att fibersandsunderlag reducerar risken för ortopediska skador jämfört med traditionella sandunderlag (Robin *et al.*, 2009; Crevier-Denoix, 2009).

Chateau *et al.* (2010) indikerar i sin studie som jämför travhästar på sand och asfalt, att bättre dämpning ger en kortare steglängd och ökad stegfrekvens. Resultaten stämmer inte med de från denna studie, då den måttligt kompakterade fibersandunderlaget hade längst steglängd både vid indirekt och direkt mätning. Ett tydligt samband kunde dessutom ses mellan ökad steglängd och en ökad hastighet.

För alla beräknade biomekaniska event, bedöms värdena när hästen travar i 100 % av sin maxkapacitet som mest relevanta. Det kan vara svårt att veta om en förändring i belastning och acceleration beror på underlaget eller om hästen kompenserat genom att ändra sitt rörelsemönster. Belastningen på hoven kan också minskas genom att hästen ändrar sitt biomekaniska mönster, till exempel att hästen oftare landar asymmetriskt på hovens lateralsida för att på så vis gradvis öka belastningen som uppstår vid landningsfasen. (Parks, 2011). Det är troligt att hästen i mindre grad förändrar sitt rörelsemönster vid trav i maxhastighet. Hovens

uppbromsningslängd och -tid har i denna studie därför fokuserat på skillnaden mellan banunderlag när hästen travar i sin maximala kapacitet.

Kvoten på uppbromsningstiden och -längd kan liknas den kraft som hoven bromsas upp med och hör ihop med accelerationen (genom Newtons andra lag). Accelerationen kan beräknas från skillnaden i sträckan och hastigheten. I denna studie har exakta uträkningar för kraft och acceleration ej utförts, men värden från denna studie skulle kunna användas för att noggrannare räkna ut detta. I denna studie kan kvoten endast indikera att kraften var störst på den traditionella travbanan, därefter på den kraftigt kompakterade fibersandbanan. Minst kraft vid hovens uppbromsning sågs således på den måttligt kompakterade banan, vilket stämmer överens med teorierna om dämpning och ytfasthet som diskuterats ovan. Att hästen inte påtagligt ändrar sitt rörelsemönster och hovens horisontella hastighet, är en förutsättning för att resonemanget ska gälla. Om den horisontella hastigheten på hästens hov minskar, stämmer inte analysen av kvoten på hovens uppbromsningstid och -längd. Den horisontella hastigheten skulle således behöva studeras närmare för att slutsatser ska kunna dras.

Northrop *et al.* (2013) ansåg att underhåll och preparering av underlaget också inverkar på hästens rörelsemönster. En intressant aspekt i denna studie, är att vaxad fibersand kunde prepareras på två olika sätt och därigenom ge signifikanta skillnader i egenskaper samt effekt på biomekaniska variabler som hovens uppbromsningstid och längd, stegfrekvens, hastighet och steglängd.

Hastigheten, steglängden och stegfrekvensen användes vid den statistiska bearbetningen för att kontrollera modellerna samt att få ett mer generellt värde som tar bort hästarnas individuella variation på hovens uppbromsningstid och -längd.

Vetenskapliga artiklar inom området analyserar många gånger underlagets egenskaper och dess påverkan på biomekaniska event med olika metoder och utföranden. Det försvårar jämförande av olika data. Mer studier behövs för att enhetligt kunna karakterisera banornas egenskaper och dess interaktion med hoven samt grundläggande biomekaniska event. Det kan utveckla både möjlighet till prestation och hållbarhet.

REFERENSER

- Back, W., Schamhardt, H.C., Savelberg, H.H., van den Bogert, A.J., Bruin, G., Hartman, W. & Barneveld, A. (1995). How the horse moves 1: Significance of graphical representations of equine forelimb kinematics. *Equine Veterinary Journal*, vol 27, ss. 31-38.
- Back, W., Van Schie, M.H. & Pol, J.N. (2006). Synthetic shoes attenuate hoof impact in trotting warmblood horse. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, vol 3, ss. 143-151.
- Barry, E., Landjerit, B. & Wolter, R. (1991). Shock and vibration during the hoof impact on different track surfaces. *Equine Exercise Physiology*, vol 3, ss. 97-106.
- Barry, E., Auvinet, B. & Couroucé, A. (1995). Gait evaluation of race trotters using accelerometric device. *Equine Veterinary Journal*, vol 27, ss. 156-160.

- Burn, J.F. (2006). Time domain characteristics of hoof-ground interaction at the onset of stance phase. *Equine Veterinary Journal*, vol 38, ss. 657-663.
- Chateau, H., Robin, D., Simonelli, T., Pacquet, L., Pourcelot, P., Falala, S., Denoix, J.M. & Crevier-Denoix, N. (2008). Design and validation of a dynamic horseshoe for the measurement of three-dimensional ground reaction force on a moving horse. *Journal of Biomechanics*, vol 42, ss. 336-340.
- Chateau, H., Robin, D., Falala, S., Pourcelot, P., Valette, J.P., Ravary, B., Denoix, J.M. & Crevier-Denoix, N. (2009). Effects of a synthetic all-weather waxed track versus a crushed sand track on 3D acceleration of the front hoof in three horses trotting at high speed. *Equine Veterinary Journal*, vol 41, ss. 247-251.
- Chateau, H., Holden, I., Robin, D., Falala, S., Pourcelot, P., Estoup, P., Denoix, J.M. & Crevier-Denoix, N. (2010). Biomechanical analysis of hoof landing and stride parameters in harness trotter horses running on different tracks of a sand beach (from wet to dry) and on an asphalt road. *Equine Veterinary Journal*, vol 38, ss. 488-495.
- Clayton, H.M. & Schamhardt, H.C. (2001). Measurement techniques for gait analysis. I: Back, W. & Clayton, H.M. (red), *Equine Locomotion*. I uppl. London: Saunders, ss. 55-76.
- Crevier-Denoix, N., Pourcelot, P., Ravary, B., Robin, D., Falala, S., Uzel, S., Grison, A.C., Valette, J.P., Denoix, J.M. & Chateau, H. (2009). Influence of track surface on the equine superficial digital flexor tendon loading in two horses at high speed Trot. *Equine Veterinary Journal*, vol 41, ss. 257-261.
- Gustås, P., Johnston, C., Roepstorff, L., Drevemo, S. & Lanshammar, H. (2004). Relationships between fore- and hindlimb ground reaction force and hoof deceleration patterns in trotting horses. *Equine Veterinary Journal*, vol 36, ss. 737-742.
- Gustås, P., Johnston, C., Hedenström, U., Roepstorff, L. & Drevemo, S. (2006). A field study on hoof deceleration at impact in Standardbred trotters at various speeds. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, vol 3, ss. 161-168.
- Hobbs, S., Northrop, A., Mahaffey, C., Martin, J., Clayton, H., Murray, R., Roepstorff, L. & Peterson, M. (2014). Equine surfaces white paper. *Fédération Equestre Internationale*. Tillgänglig: <http://inside.fei.org/system/files/Equine%20Surfaces%20White%20Paper.pdf>
- Leach, D.H. & Drevemo, S., (1991). Velocity dependent changes in stride frequency and length of trotters on a treadmill. *Equine Exercise Physiology*, vol 3, ss. 136-140.
- Northrop, J., Dagg, L.A., Martin, J.H., Brigden, C.V., Owen, A.G., Blundell, E.L., Peterson, M.L. & Hobbs, S.J. (2013). The effect of two preparation procedures on an equine arena surface in relation to motion of the hoof and metacarpophalangeal joint. *The Veterinary Journal*, vol 198, ss. 137-142.
- Parks, A.H. (2003). The foot and shoeing. I: Ross, M. & Dyson, S. (red), *Lameness in horses*. 2 uppl. Missouri: Elsevier Saunders ss. 282-309.
- Pratt, G.W. Jr., O'Connor & J.T. Jr. (1976). Force plate studies of equine biomechanics. *American Journal of Veterinary Research*, vol 37, ss. 1251-1255.
- Robin, D., Chateau, L., Pacquet, L., Falala, S., Valette, J.P., Pourcelot, P., Ravary, B., Denoix, J.M. & Crevier-Denoix. (2009). Use of a 3D dynamometric horseshoe to assess the effects of an all-weather waxed track and a crushed sand track at high speed trot: preliminary study. *Equine Veterinary Journal*, vol 41, ss. 253-256.

- Roepstorff, L. & Drevemo, S. (1993). Concept of a force-measuring horseshoe. *Acta Anatomica*, vol 146, ss. 114-119.
- Setterbo, J.J., Tanya, B.C., Garcia, C., Ian, M.S., Campell, P., Reese, J.L., Morgan, J.M., Kim, Y., Hubbard, M. & Stover, S.M. (2009). Hoof accelerations and ground reaction forces of Thoroughbred racehorses measured on dirt, synthetic, and turf track surfaces. *American Journal of Veterinary Research*, vol 79, ss. 1220-1229.
- Stashak, T.S. (2006). *Practical guide to lameness in horses*. 2 uppl. Oxford: Blackwell Publishing.
- Thomason, J.J. & Peterson, M.L. (2008). Biomechanical and mechanical investigations of the hoof-track interface in racing horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, vol 24, ss. 53-77.
- van Heel, M.C.V., Barneveld, A., van Weeren, P.R., & Back, W. (2004). Dynamic pressure measurements for the detailed study of hoof balance: the effect of trimming. *Equine Veterinary Journal*, vol 36, ss. 778-782.