

Hästsparkens energi – underlag för dimensionering av stallinredning och byggnadskonstruktioner

MADELEINE MAGNUSSON, SLU & MAGNUS KARLSTEEN, CHALMERS

Bakgrund

Anslagsenergin vid en hästspark kan erhållas genom mätning av hastigheten hos en hästhov vid en hästspark samt beräkningar av impulsen utifrån rörelsemängdsändring vid anslag. I tidigare studier (von Wachenfelt et al. 2011 och von Wachenfelt et al. 2013) har man registrerat den kraft som en boxmellanvägg blivit utsatt då häst sparkade mot den och den tid som kraften verkade mot väggen och på så sätt tagit fram impulsvärden som orsakades i anslaget av en spark. I Wachenfelt et al. (2011, 2013) gjordes ingen registrering av hovens hastighet vid anslaget, utan i stället genomfördes teoretiska beräkningar. Det är dock av intresse att mäta hastigheten hos en hästhov vid en hästspark, eftersom hastigheten kommer att påverka effekterna av en eventuell träff på en vägg, ett föremål eller en människa.

Målet med projektet var att kvantifiera hovens hastighet vid en hästspark och därefter beräkna påverkan från en hästsparkens anslagsenergi på inredning och byggnads-konstruktioner.

Fem sparkbenägna hästar rekryterades till projektet och mätningar utfördes i deras hemmiljö. Hästarna sparkades då de provocerades genom att andra hästar utfodrades, andra hästar lämnade stallet, nya hästar placerades i boxen bredvid, genom att lyfta hoven eller att icke brunstigt sto presenterades för hingst.



Foto: J. Yngvesson

Mätning av hovens acceleration vid utspark

Mätningar av hovens acceleration vid utspark gjordes med hjälp av rörelsesensorer med inertialsystem som mäter accelerationen i 3-D, Pro-Move-mini Wireless Inertial Sensing Platform (Inertia-technology, Enschede, The Netherlands). Sensorer placerades mitt på framsidan av båda bakhovarna i höjd med kronranden (figur 1). För att kontrollera att sensorerna fungerade placerades kontrollmätare på framsidan av skenbenen på båda bakbenen. Sensorerna

sattes fast på bakbenen med hjälp av elastiskt självhäftande bandage. Sensorerna placerades på liknande sätt vid samtliga mätningar. Sensorerna samlade in data med 200 Hz för High-g accelerometer (Range $\pm 400g$) och Gyroscope (Range $\pm 2000^\circ/s$). Accelerationen uppmättes i 3 riktningar i ett koordinatsystem i förhållande till sensorn.

Anslagsenergin vid en hästspark kan erhållas genom mätning av hastigheten hos en hästhov vid en hästspark samt beräkningar av impulsen utifrån rörelsemängdsändring vid anslag. I tidigare studier (von Wachenfelt



Figur 1. Placering av rörelsesensorer på framsidan av hästens bakben.

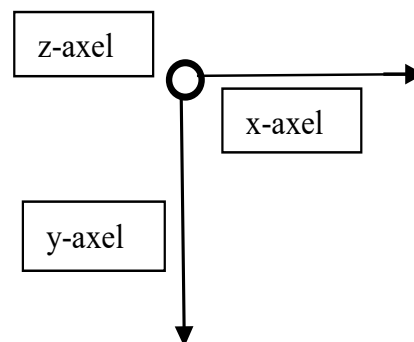
et al. 2011 och von Wachenfelt et al. 2013) har man registrerat den kraft som en boxmellanvägg blivit utsatt då häst sparkade mot den och den tid som kraften verkade mot väggen och på så sätt tagit fram impulsvärden som orsakades i anslaget av en spark. I Wachenfelt et al. (2011, 2013) gjordes ingen registrering av hovens hastighet vid anslaget, utan i stället genomfördes teoretiska beräkningar. Det är dock av intresse att mäta hastigheten hos en hästhov vid en hästspark, eftersom hastigheten kommer att påverka effekterna av en eventuell träff på en vägg, ett föremål eller en människa.

Målet med projektet var att kvantifiera hovens hastighet vid en hästspark och därefter beräkna påverkan från en hästsparks anslagsenergi på inredning och byggnads-konstruktioner.

Fem sparkbenägna hästar rekryterades till projektet och mätningar utfördes i deras hemmiljö. Hästarna sparkades då de provocerades genom att andra hästar utfodrades, andra hästar lämnade stallet, nya hästar placerades i boxen bredvid, genom att lyfta hoven eller att icke brunstigt sto presenterades för hingst.

Mätning av hovens acceleration vid utspark

Mätningar av hovens acceleration vid utspark gjordes med hjälp av rörelsesensorer med inertialsystem som mäter accelerationen i 3-D, Pro-Move-mini Wireless Inertial Sensing Platform (Inertia-technology, Enschede, The Netherlands). Sensorer placerades mitt på framsidan av båda bakhovarna i höjd med kronranden (figur 1). För att kontrollera att sensorerna fungerade placerades kontrollmätare på framsidan av skenbenen på båda bakbenen. Sensorerna sattes fast på bakbenen med hjälp av elastiskt självhäftande bandage. Sensorerna placerades på liknande sätt vid samtliga mätningar. Sensorerna samlade in data med 200 Hz för High-g accelerometer (Range $\pm 400g$) och Gyroscope (Range $\pm 2000^\circ/s$). Accelerationen uppmättes i 3 riktningar i ett koordinatsystem i förhållande till sensorn.



Figur 2. Rörelseriktning vid mätning av accelerationen i 3D.

För varje mätning börjar data som används vid en tidpunkt i mätningen då accelerometern är stilla. Då är den enda acceleration som påverkar sensorn gravitationen. Med den informationen så vet man för den tidpunkten relationen mellan det fasta och rörliga koordinatsystemet. Sensorerna

innehåller också gyroskop, som mäter rotations-hastigheter för sensorn kring de tre av sensorn definierade axlarna. Denna information används för att fortsätta veta relationen mellan de två koordinatsystemen. Från denna information kan en rotationsmatris, R , skapas som överför en uppmätt acceleration från ett koordinatsystem till ett annat enligt:

$${}^A a = {}^B_A R \cdot {}^B a$$

där ${}^A a$ är accelerationen i koordinatsystem A, ${}^B a$ är accelerationen i koordinatsystem B, och ${}^B_A R$ är rotationsmatrisen från koordinatsystem B till A. För varje ny mätning uppdateras rotationsmatrisen med hjälp av rotationshastigheten för att ge en korrekt överföring när sensorn rör på sig. Metoden som användes till detta finns mer ingående beskriven i Valenti et al. (2015). Därefter roteras accelerationen och gravitationen, $g = [0, 0, 9.81]$, dras ifrån för att få accelerationen som faktiskt ger en hastighet för hoven. Accelerationen integreras därefter numeriskt med trapetsmetoden med MATLABs funktion "cumtrapz" (MATLAB R2018a) för att ge hastigheten i de tre riktningarna.

För att få en korrekt hastighet är det viktigt att starttiden för förloppets väljs från en tidpunkt då sensorns hastighet och acceleration är känd. Lättast är det när sensorn är stilla. För de sparkar som dessutom slutade med hoven stilla så har detta också tagits hänsyn till för att ge ett mer tillförlitligt resultat.

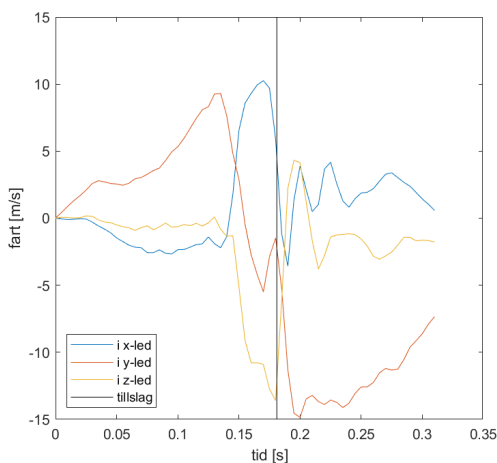
Resultat

Sparkhastighet

För att sparkarna skulle kunna analyseras behövdes det tydligt framgå av mätdata vad startvärdet var då hästen höll hoven stilla före spark eller att

startvärdet kunde identifieras via dokumenterande film. För att inte störa hästarna när de provocerades filmades de på avstånd. Hästar som stod inne i box vid provokation filmades inte så att hovarna syntes, utan spark identifierades via hästens position, rörelse och ljud.

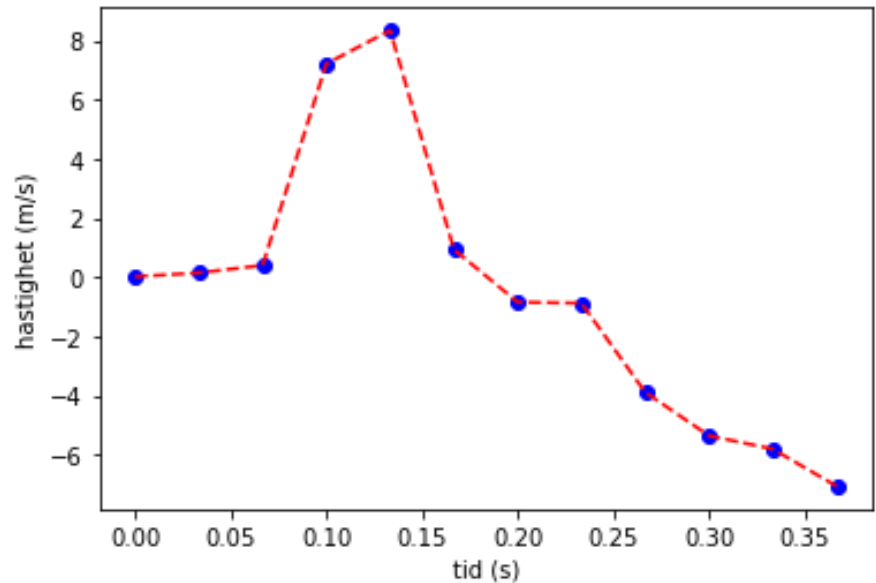
Den häst som sparkade mest explosivt var ett halvblodssto på 167 cm (ca 625 kg) som sparkade då hon presenterades för en hingst genom att ledas fram till hans box. Ett exempel på en spark från denna hästens uppsmätta maxhastighet vid sparken är cirka 10 m/s i y-led visas i figur 3.



Figur 3. Beräknad totalhastighet (m/s) efter uppmätt acceleration i tre riktningar för bakhov vid spark.

Hästarna sparkade på olika sätt och hästhovens rörelse är inte densamma i varje spark. Någon häst sparkade efter det att man lyft benet och sparkade rakt ut i luften och träffade aldrig någon vägg, medan andra hästar sparkade från marken och träffade en vägg.

Sparken i figur 3 var visuellt mer explosiv än de övriga uppmätta sparkarna, och det syns också på den höga hastigheten på 10 m/s som uppnåddes efter en kort tid. Hastigheten i sparken är i samma storleksordning



Figur 4. Beräknad hastighet (m/s) i y-led extraherat från position i dokumentationsfilm för bakhov vid spark.

som von Wachenfelt et al. (2013) redovisade. Här drog man slutsatsen att en boxvägg bör tåla en impuls på 750 J för en spark med hastigheten 10 m/s, vilket är fullt rimligt utifrån de hastigheter som uppmäts i detta projekt.

I en helt ny studie fann man att gångarter kan analyseras med hjälp av analys genom kamerabaserad teknik (Elander, 2022) och videoanalysteknik har även visats lovande för analys av hästsparkar (Fürst et al. 2016).

Slutsats

Baserat på tidigare resultat och detta projekt så bör en boxvägg dimensioneras för att tåla 750 J för att tåla en spark ifrån en stor häst.

För en framtida testmetod behöver mätningarna kompletteras med en kamerabaserad metodik, med kapacitet för det snabba förlopp som en hästspark har. Det skulle avsevärt förbättra de grova slutsatser som kan dras från dokumenteringsfilmerna i figur 4.

En samarbetsstudie mellan SLU

(Magnusson, Yngvesson) och Chalmers (Karlsteen, Bankel) planeras för att genomföra nya mätningar och beräkningar av hållfasthet i boxvägg. Utifrån den variationen i sparkar och mellan hästar vi har sett i denna studie så behövs ca 10 hästar och fem sparkar per häst för att kunna kvantifiera hur en spark genomförs och vilken belastning en vägg i en hästbox behöver dimensioneras för.

Tack till

Vi tackar först och främst Stiftelsen Hästforskning för finansiering av det här projektet.

Vi tackar även forskaren Johan Bankel, Chalmers och docent Jenny Yngvesson SLU för synpunkter på faktabladet.

Referenser

Elander, E. 2022. Gait phase identification of the equine gait walk and trot using both wearable and camera-based technologies. Master Thesis in Electrical Engineering, Chalmers, Gothenburg, Sweden. 46 p.

- Fürst, A., L. D. Galuppo, C. E. Judy, J. Auer & J. R. Snyder. 2016. Evaluation of the Tekscan F-SCAN system for measurement of the kicking force in horses. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 158(9):623-629. DOI: <https://doi.org/10.17236/sat00082>
- von Wachenfelt, H., C. Nilsson & M. Ventorp. 2011. Säkra häststall - hästens sparkbelastning på inredning och byggnadskonstruktioner. Rapport 2011:20 Malldokument JBT (slu.se)
- von Wachenfelt, H., C. Nilsson & M. Ventorp. 2013. Measurement of kick loads from horses on stable fittings and building elements. Biosystems Engineering, Vol. 116: 487-496
- Valenti, R.G., I. Dryanovski & J. Xiao. 2015. Keeping a Good Attitude: A Quaternion-Based Orientation Filter for IMUs and MARGs. Sensors, 15, 19302-19330; doi:10.3390/s150819302

-
- Faktabladet är utarbetat inom LTV-fakultetens område Djurmiljö och byggnadsfunktion [Djurmiljö och byggnadsfunktion | Externwebben \(slu.se\)](#)
 - Projektet är finansierat av Stiftelsen hästforskning [Startsida – Stiftelsen Hästforskning \(hastforskning.se\)](#)
 - Projektansvarig/författare Madeleine Magnusson, madeleine.magnusson@slu.se, Institutionen för Biosystem och teknologi
 - På webbadressen <https://pub.epsilon.slu.se/> kan detta faktablad hämtas elektroniskt
-