



Säkra häststall - hästens sparkbelastning på inredning och byggnadskonstruktioner

*Safe horse stables – kick loads from horses on
fittings and building constructions*

Hans von Wachenfelt, Christer Nilsson & Michael Ventorp

Lantbrukets byggnadsteknik

Department of Rural Buildings and Animal Husbandry, SLU Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2011:20

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-86373-71-9

Alnarp 2011



LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK

Rapportserie

Säkra häststall - hästens sparkbelastning på inredning och byggnadskonstruktioner

*Safe horse stables – kick loads from horses on
fittings and building constructions*

Hans von Wachenfelt, Christer Nilsson & Michael Ventorp

Lantbrukets byggnadsteknik

Department of Rural Buildings and Animal Husbandry, SLU Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2011:20

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-86373-71-9

Alnarp 2011

FÖRORD

För att undvika hästskador orsakade av underdimensionerade inrednings- och byggnadskonstruktioner krävs ökade kunskaper om de krafter och påkänningar hästen kan åstadkomma på sin fysiska närmiljö. Hittills har de flesta dimensioneringsunderlag byggts på erfarenhet, t.ex. har bärförmågan hos skadade konstruktioner beräknats.

Lasterna som djuren påverkar de konstruktioner de kommer i kontakt med kan såväl vara relativt långvariga som snabba, dynamiska stötförlopp. I JBR (SJV, 1995) finns vissa generella värden angivna på laster från djur. De är dock onyanserade och tar inte upp dynamiska laster orsakade av t.ex. sparkar.

Problemet med underdimensionerade galler har på senare tid diskuterats, delvis mot bakgrund av djurskyddsbestämmelserna (DSM, 2007), men även genom att industri och tillverkare saknar riktlinjer då man skall utveckla och anpassa byggdetaljerna.

Syftet med projektet var att betydligt minska risken för skador på och olyckor med häst. Oavsett boxuppfödning eller lösdrift måste skaderisken för såväl häst som skötare minimeras genom en korrekt hållfasthetsdimensionering och lämpligt val av material och utformning.

Målsättning med projektet har varit att få kunskap om de krafter som en häst påverkar sin omgivning genom sparkar och annan mekanisk belastning samt att föreslå beräkningssätt och provningsmetoder för såväl att rätt dimensionera nya konstruktioner för inredning och byggnadsdelar som att förbättra redan tillämpade system.

För att utröna vilka påkänningar som uppstår från hästar har en ”mätvägg” med lastgivare och datoriserat mätsystem monterats i ett antal häststallar. Dataunderlaget från mätningarna har analyserats och använts som underlag för utformning av en fallhejare, dvs materialprovningssätt.

Studien har finansierades av Jordbruksverket och har genomförts och sammanställts av Hans von Wachenfelt, Michael Ventorp och Christer Nilsson vid LBT, SLU, Alnarp. Ett speciellt tack riktas till hästvärdarna Johanna Gustafsson och personal på Uddetorpsskolan, Olle Lindgren, Jägersro och Katri Wäyrynen, Flyingeby. Tack riktas också till Magnus Nilsson, Anders Prahl och Ingvar Jonsson för byggande och hjälp med genomförandet av försöket och till Jan-Eric Englund för hjälp med statistiska råd vid bearbetningen av materialet.

Alnarp i maj 2011

Christer Nilsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3	
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5	
SAMMANFATTNING	7	
SUMMARY	9	
1	INTRODUKTION	11
1.1	Bakgrund	11
1.2	Syfte och mål	13
2	MATERIAL OCH METODER	14
2.1	Försöksuppställning	14
2.2	Mätväggs konstruktion	14
2.3	Kalibrering av mätvägg	15
2.4	Häst- och box typer vid mätning av hästsparkar	16
2.5	Beräkning av stötkraft från hästspark och fallhejare	18
2.6	Beräkning av impuls från hästspark och fallhejare	18
2.7	Statistisk analys	19
3	RESULTAT	20
3.1	Kalibrering av mätvägg	20
3.2	Registrering av hästsparkar mot mätväggen i fältförsök	20
3.3	Statistiska resultat från mätvägg	22
3.4	Samband fallhejare och mätresultat från mätvägg	22
3.5	Korrigeringar av mätvärden	24
3.6	Mätvärdesresultat från fältförsöken med mätväggen	25
4	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	27
4.1	Mätväggs konstruktion	27
4.2	Mätväggs kalibrering	27
4.3	Statistiska resultat från mätvägg	28
4.4	Fallhejare	28
4.5	Mätvärden från fältförsöken	28
4.6	Slutsatser	29
5	LITTERATUR	31

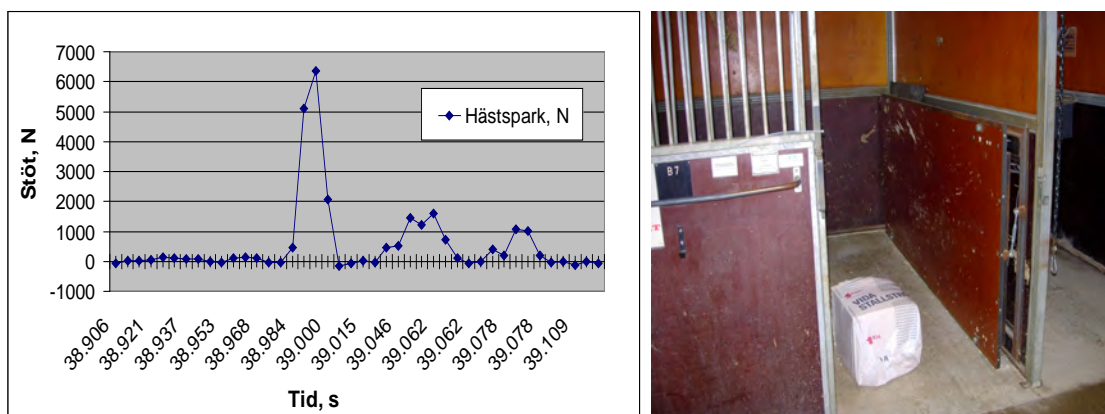
SAMMANFATTNING

Bakgrund och resultat

Hästar kan skada sig på inredning och boxmellanväggar (exempelvis galler) och riskerna för såväl djur som människa kan vara stora då hästen ska frias från att ha fastnat. Syftet med studien var att betydligt minska risken för skador på och olyckor med häst orsakade av hästsparkar. Oavsett hållning av hästar i enhästboxar eller i grupp i lösdrift måste skaderisken för såväl häst som skötare minimeras genom en korrekt hållfasthetsdimensionering och lämpligt val av byggnadsmaterial och utformning.

Genom insamling av mätdata från oprovocerade och provocerade hästar bestämdes de laster av hästsparkar som uppstår på inrednings- och byggnadskonstruktioner. Insamlingen av mätdata utfördes genom att en ”mätvägg” med lastgivare och datoriserat mätsystem placerades i ett antal hästboxar. Hästarna provocerades genom att variera häst i grannbox, utfodringstidpunkt, utsläpp till rasthagar efter andra hästar etc. Från ägarna insamlades uppgifter om hästarna med avseende på ålder, kön, ras, vikt, mankhöjd, mätplats, mätperiod och om hästen varit oprovocerad eller provocerad vid mättillfället. Dessutom registrerades uppgifter om hästboxens placering i stallet och om boxen hade täta boxväggar mot grannboxarna eller hade gallerförsedd ovan del av boxväggen.

Registrering av hästsparkar utfördes under totalt 6,5 månader och ca 500 registrerade mätvärden erhöles. Ett typiskt spark, registrerad av mätutrustningen visas i figur A. De flesta stötarna, ca 90 %, hade ett maximivärde under 1924 N. Den totala stötförloppstiden var kort. Hos 2 % av stötarna var varaktigheten mindre än 0,001 sekund och för en majoritet av stötarna, 93 %, låg den mellan 0,001 och 0,05 sekunder. Resterande stötar, 5 %, hade en varaktighet mellan 0,05 och 0,1 sekunder.

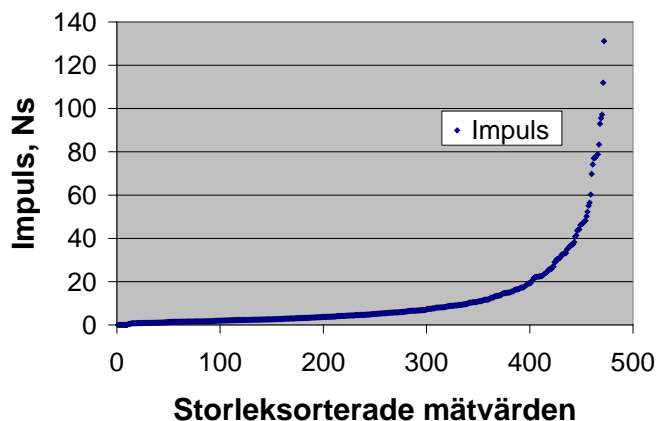


Figur A. Exempel på en hästspark registrerad av mätutrustningen, samt mätvägg placerad i en hästbox.

Figure A. A typical kick registered by the data acquisition system and the measuring wall placed in a horse box (Stöt=Impact force; Tid=time).

Stötarnas fördelning över dygnet visar att dessa sammanfaller med dagliga aktiviteter som utfodring morgon och kväll men också annan aktivitet, främst på förmiddagen. Resultaten uppvisade ingen signifikant skillnad mellan maximala stötkraften för provocerad häst jämfört med oprovocerad häst. För att kontrollera mätväggen, och erhålla ett samband mellan stötkrafter registrerade från hästsparkar respektive från en fallhejare i laboratorium, utfördes en mätserie där mätväggen placerades under en fallhejare. Ett samband erhöles mellan fallhejarens teoretiska rörelseenergi och

anslagsimpuls och de mätvärden som registreras med hjälp av mätväggen. Detta utnyttjades för kalibrering av mätväggen. I fältförsöken uppmättes en högsta stötkraft, orsakad av en hästspark, på 8722 N motsvarande ett impulsvärde på 131 Ns, figur B.



Figur B. Erhållna mätvärden (impuls), sorterade i storleksordning, för samtliga registrerade stötar från hästar.

Figure B. All registered kicks sorted by magnitude (impulse).

Slutsatser, råd till näringen och behov av vidare studier.

- Resultaten visar att metodiken i användandet av mätväggen fungerar och att mätväggen kan uppmäta hästsparkar riktade mot boxinredningsdetaljer.
- Mätväggens funktion kan karaktäriseras genom mätvärden erhållna med fallhejare.
- En direkt koppling erhöles mellan mätvärden registrerade från hästsparkar och från fallhejare. Fallhejarmetoden kan därför användas för provning av inredningsdetaljer.
- De i fältmätningarna registrerade stötförloppen var snabba, ofta kortare än 0.03 s, där ca 90 % hade ett maxvärde under 1924 N och det högsta uppgick till 8722 N.
- Den i undersökningen högsta registrerade impulsen, orsakad av spark, uppgick till 131 Ns vilket motsvarar ca 300 J anslagsenergi. Utgående från de registrerade mätvärdena och med hänsyn till en viss säkerhetsmarginal, bör man ställa kravet att en inredningsdetalj i traditionella hästboxar, avsedda för hästar upp till 700 kg, skall kunna motstå en påverkan på minst 350 J anslagsenergi eller 150 Ns impuls orsakad av dynamisk punktlast från motsvarande en hästsko som träffar i 45° lutning.
- Provocerade hästar sparkar hårdare och mer frekvent än oprovocerade hästar. Provokation kan utgöras av dagliga rutiner såsom utfodring och rastning. Hästsparkar uppträder dock även utspridda över hela det vakna dygnet, vilket tyder på att det är något mer än de dagliga rutinerna som påverkar.
- För att kunna få ett större och säkrare statistiskt material, och därmed noggrannare dimensioneringsvärden, bör mätningar utsträckta under flera år och med fler hästar involverade utföras. I synnerhet bör fler sparkbenägna hästar ingå. Det får anses vara troligt att det finns hästar som i enskilda sparkar kan åstadkomma kraftigare sparkar än vad som registrerades i studien.

SUMMARY

Background and results

In horse stables fittings and fixtures, e.g. grids, may cause horse injuries and the risk of an accident to animal as well as to man may also be high when releasing the horse after having got stuck.

The overall objective of the study was to reduce the risk of injuries and accidents related to horses when kicking. Irrespective of keeping horses in boxes or loose housed in groups the risk of injuries to horse as well as keeper must be minimized by a correct structural design and appropriate choice of building material and shaping.

Loads from horse kicks acting on stable fittings and fixtures were measured involving un-provoked as well as provoked horses. The data acquisition was carried out by using a measuring wall equipped with load cells and a computerized measuring system which was placed in a number of horse boxes. Horses were provoked by changing horse in neighboring box, varying time of feeding, being let out to exercise yard after other horses etc.

Data about the horses regarding age, sex, race, weight, withers height, and measuring period were supplied by the horse owners who also informed whether the horse had been provoked or not during the measuring period. Furthermore, information was registered concerning placing of the box in the stable and whether the box had massive walls adjacent to neighboring boxes or they were equipped with bars in the upper part.

Horse kicks were recorded during 6.5 months in total. About 500 actual values were registered. A typical kick registered by the data acquisition system is shown in Figure A. Most of the kicks, about 90%, had a maximum value below 1924 N. Total time of impact was short. 2% of the registered impacts had a duration less than 0.001 s and the majority of the impacts, 93%, had a duration between 0.001 and 0.05 s. The remaining impacts, 5%, had a duration between 0.05 and 0.1 s.

The distribution of the impacts over time showed that they coincided with daily activities such as e.g. morning and evening feeding but also other activities during morning time. No significant difference could be observed between maximum impact force caused by provoked and un-provoked horse respectively. In order to verify the measuring wall and to obtain a relationship between impact forces registered from actual horse kicks and a laboratory drop hammer respectively, a series of measurements were carried out when the wall was placed under the drop hammer. A relationship was obtained between the theoretical impact energy and impact impulse of the drop hammer and values registered by the wall. This relationship was used for calibrating the measuring wall. In the field trials the highest impact force measured was 8722 N corresponding to an impulse of 131 Ns, see Figure B.

Conclusions, advice to stakeholders and need for future studies

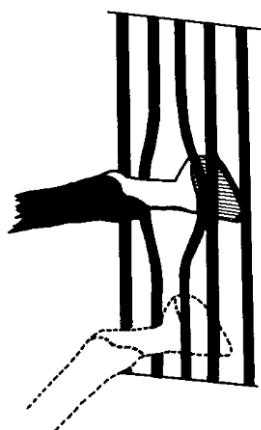
- The results show that the methodology of using the measuring wall is working.
- The measuring wall is able to measure horse kicks against box fittings.
- The characteristics of the measuring wall can be determined by a drop hammer test.
- A direct connection could be obtained between values registered from horse kicks and from drop hammer respectively. Therefore, the drop hammer method can be used for testing of fittings.
- Impacts registered in the field tests were rapid, often shorter than 0.03 s. 90% of the impacts had a maximum value below 1924 N and the highest one was 8722 N.
- The greatest impact, caused by a horse kick, registered in the investigation amounted to 131 Ns impulse corresponding to about 300 J impact energy. Considering the registered values and taking into account a certain safety margin, the impact resistance demand for traditional horse boxes, to be used for maximum 700 kg horses, should be at least 350 J equivalent to 150 Ns caused by a hit of a horse shoe inclining 45°.
- Provoked horses kick harder and more frequently than un-provoked horses. Provocations include daily routines such as feeding and exercising. However, horse kicks appear at any time when awake, implying that more than daily routines influence activity.
- In order to get extensive and more confident statistical data, leading to more accurate design values, measurements extended over several years and with more horses involved should be carried out. Most likely horses are able to kick harder than the horses included in our study.

1 INTRODUKTION

1.1 Bakgrund

I Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning (DSM, 2007), nedan benämnt L101, står i 3 kap. 10 § angående boxväggar och skiljeväggar att *"tillverkningsmaterial ska ha tillräcklig hållfasthet för att stå emot hästsparkar"*. Vidare att de bör vara utformade så att *"hästar inte kan fastna med hov, huvud eller käke"*. Det senare står som Allmänt Råd (AR) till 10 §. Ordet råd ska dock inte tas för råd eller rekommendation i allmän betydelse, utan anger hur man kan uppfylla tillhörande föreskrift. Dock kan andra lösningar vara godtagbara, men de måste då vara likvärdiga eller bättre än det som står i AR för att vara godkända. Vad som är likvärdiga eller bättre lösningar kan delvis utläsas av Djurskyddsmyndighetens föreskriftsmotiv nr 4/2007. I övrigt blir det upp till förprövningsgranskarens och djurskyddsinspektörens bedömning. Eftersom det citerade AR är ett funktionskrav, torde några andra lösningar inte bli aktuella. Däremot torde det, om brist på objektiva bedömningsgrunder råder, bli en *subjektiv bedömning av vad som förhindrar att hästen fastnar med hov, huvud eller käke*.

Tyvärr finns det för närvarande ingen sammanställd, officiell eller tillgänglig statistik över skador på häst som orsakats av inredning eller byggnadsdelar. En allmän uppfattning är dock, att skador på häst som uppkommer genom att hoven fastnar i boxgaller är förhållandevis vanliga. Stickprov från djursjukhusjournaler talar inte emot detta. I tidningen Ridsport 1994 svarade en tillverkare av prefabricerade hästboxar på en kunds klagomål över att kundens häst hade skadats på grund av att den fastnat i boxgallret med följande: *"Vad beträffar sviktande galler kan sägas att inga av de galler som finns på marknaden håller för kraftiga sparkar från en häst."*



Figur 1. Vänster: Scenario när en hov fastnar i ett stående galler som är för klen och/eller har olämpligt avstånd mellan gallerstängerna. Höger: En box med illa tilltygad väggutfyllnad och frontgaller (teckning: P. Michanek och foto: M. Ventorp).

Hittills har de flesta dimensioneringsunderlag byggts på erfarenhet, t.ex. har bärförmågan hos skadade konstruktioner beräknats. Lasterna, som påverkar de konstruktioner som djuren kommer i kontakt med, kan vara såväl relativt långvariga som

snabba, dynamiska stötförlopp. I JBR (SJV, 1995) finns vissa generella värden angivna på laster från djur. De är dock onyanserade och tar inte upp dynamiska laster orsakade av t.ex. sparkar.

Vid LBT genomfördes ett pilotprojekt med en ”sparksimulator” i form av en fallhejare 2007. Med hjälp av fallhejaren kunde den kinetiska energins (”stötenergins”) inverkan på boxgaller och plank studeras under specificerade förhållanden (Ventorp, 2007).

Kortfattat blev resultatet, att en artificiell ”hov” vid en stöt/”spark” med ca 324 J energi, dvs. en fallhejarvikt om 16 kg och 2 m fallhöjd, trängde igenom ett prefabricerat standardgaller för häst utfört av stående rundrör (längd 730 mm med fast inspänning i ändarna, rördimension 20 x 2 mm och ett röravstånd på 67 – 68 mm). Den konstgjorda hoven träffade då mitt emellan två gallerrör på gallrets halva spannvidd.



Figur 2. Test med LBT:s sparksimulator (foto: M. Ventorp).

Problemet med underdimensionerade galler har diskuterats, delvis mot bakgrund av djurskyddsbestämmelserna (DSM, 2007), i vår dialog med såväl tillverkare som myndigheter. Dessutom har till exempel skyddsnivån på stallfönster och dimensionering av boxmellanväggar och beklädnader i stallväggar som del av box diskuterats. Industrin och tillverkare saknar riktlinjer då man skall utveckla och anpassa byggdetaljerna. Detta gäller t.ex. frågan om det är acceptabelt att använda akrylplastfönster, säkerhets- eller skyddsglas utan skyddsgaller. Eftersom det saknas underlag för dimensionering och utformning, finns det stor risk för skilda bedömningar från myndigheters sida och allmän osäkerhet hos tillverkare, entreprenörer och hästhållare. Exempel på detta är fall som har varit under rättslig prövning. Härvid råder det stor tveksamhet hos myndigheter om vad som är säkert eller ej.

Således, för att i görligaste mån undvika skador på häst, i synnerhet allvarliga skador som äventyrar djurskyddet, orsakade av underdimensionerade inrednings- och byggnadskonstruktioner, krävs ökade kunskaper om de krafter och påkänningar hästen kan åstadkomma på sin fysiska närmiljö. Alternativet till att förhindra sådana skador torde annars vara att man behöver överdimensionera till orimlighet.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet var att betydligt minska risken för skador på och olyckor med häst. Oavsett hållning av häst i enhästboxar eller i grupp i lösdrift måste skaderisken för såväl häst som skötare minimeras genom en korrekt hållfasthetsdimensionering och lämpligt val av material och utformning.

Målet med undersökningen var att få kunskap om de krafter som en häst påverkar sin omgivning genom sparkar och annan mekanisk belastning samt att föreslå beräkningssätt och provningsmetoder för såväl att rätt dimensionera nya konstruktioner på inredning och byggnadsdelar som att förbättra redan tillämpade system.

Dimensioneringsunderlaget ska kunna tillämpas av tillverkare och byggentreprenörer inom hästsektorn för att objektivt kunna uppfylla myndigheternas föreskrifter, liksom att berörda myndigheter ska kunna hänvisa till objektiva studier vid kravställande. Underlaget ska också kunna användas i utbildningen samt i informationsmaterial till hästhållare.

Hypoteser i undersökningen:

- Hästsparken kan mätas och karakteriseras med hjälp av en mätvägg som monteras in i hästboxar
- Provocerade hästar sparkar hårdare än oprovocerade samtidigt som hästtypen har betydelse
- Med hjälp av de i fält uppmätta värdena kan en laboratoriemetod utformas i vilken konstruktioner och material kan provas och utsättas för motsvarande påkänningar.

2 MATERIAL OCH METODER

2.1 Försöksuppställning

För att mäta belastningen på byggnadsdelar vid en hästspark genomfördes mätningar av kraftens storlek (N) och varaktighet (s) samt vid vilken tidpunkt på dygnet stöten registrerades (h) med hjälp av en ”mätvägg” med lastgivare och datoriserat mätsystem. Mätdata erhöles i absoluta tal och möjlighet fanns att relatera dessa till hästarnas mankhöjd, tyngd och kön.

I försöken placerades mätväggen framför en boxmellanvägg hos ”sparkbenägna” hästar. Med det automatiserade mätsystemet insamlades kontinuerliga och långvariga mätserier med utgångspunkt att frekvensen sparkar var låg.

Med insamlad mätdata som bas föreslås en provningsmetod (fallhejare) och till denna, relevanta parametrar för metoden.

2.2 Mätväggens konstruktion

Mätsystemet baserades på fyra stycken parallellkopplade lastceller av typ PM20 dimensionerade att uppta en maxlast om 2000 kg för mätning av tryck- och dragkraft. De fyra lastcellerna var anslutna till en lastcellsförstärkare av typ GSV-3 med tillhörande mätprogram. Mätdatainsamlingen skedde med frekvensen 1 kHz. Mätsystemet levererades av företaget CA-mätsystem som också utförde en grundkalibrering enligt ackrediterad provningsmetod, SS-EN ISO/IEC 17025.



a) b)
Figur 3a. Infästning och placering av lastceller på bakstycke till mätvägg. Figur 3b visar givarens placering relativt mätskivan samt (överst) horisontell hållskruv.

De fyra lastcellerna placerades i vardera hörnet av en mätskiva av 22 mm plywood. Mätväggens bakstycke, där givarna var infästade, utgjordes av lågprofilerad 3 mm U-balk med tolv infästningspunkter på vardera övre och undre U-balk se figur 3. För att erhålla stabilitet sammanfogades U-balkarna med ett plattstål i vardera kortändan, vilket innebar att bakstycket blev en sammanhängande ramkonstruktion. Plywoodskivans

baksida försågs med tre U-profiler i 2 mm plåt, vilket förstärkte skivan i dess längdriktning. För att avlasta givarna från skivans vikt, då den fästs på boxväggen, förbands plywoodskivan med bakstycket med hjälp av två i vardera kortändan placerade vantskruvar. Då mätväggen placerades vertikalt mot en vägg fanns fyra skruvar som höll fast mätskivan mot bakstycket. De båda vantskruvarna justerades så att mätskivan var 'fritt rörlig' mot bakstycket.

För att givarna inte skulle påverkas av andra krafter än direkta horisontalkrafter försågs givarna med kulupplag mot mätskivan. Den fria rörligheten för mätskivan mot givarnas kulupplag uppgick till ca 0.015 m i sidled och 0,01 m längsled.

2.3 Kalibrering av mätvägg

Utöver grundkalibreringen från leverantören av mätsystemet, kalibrerades den sammansatta mätväggen dels horisontellt liggande på golv, dels vertikalt monterad mot en vägg. Den horisontella kalibreringen utfördes genom att en vikt om 32 kg placerades i nio mätpunkter längs fem längsgående linjer jämt fördelade över mätskivan. Dessutom utsattes skivan för en stöt från en 5 kg stålkula som släpptes från 1 meters höjd längs de ovan nämnda kalibreringslinjerna.

Den vertikala kalibreringen utfördes genom stötbelastning med en parallellupphängd 45 x 95 mm träregel utmed tre av de ovan nämnda kalibreringslinjerna, i mitten och utmed skivans kanter. Pendellängden var 1 m och det horisontella avståndet från pendelns nollpunkt (obelastad pendel) till släppunkten var 1.2 m.

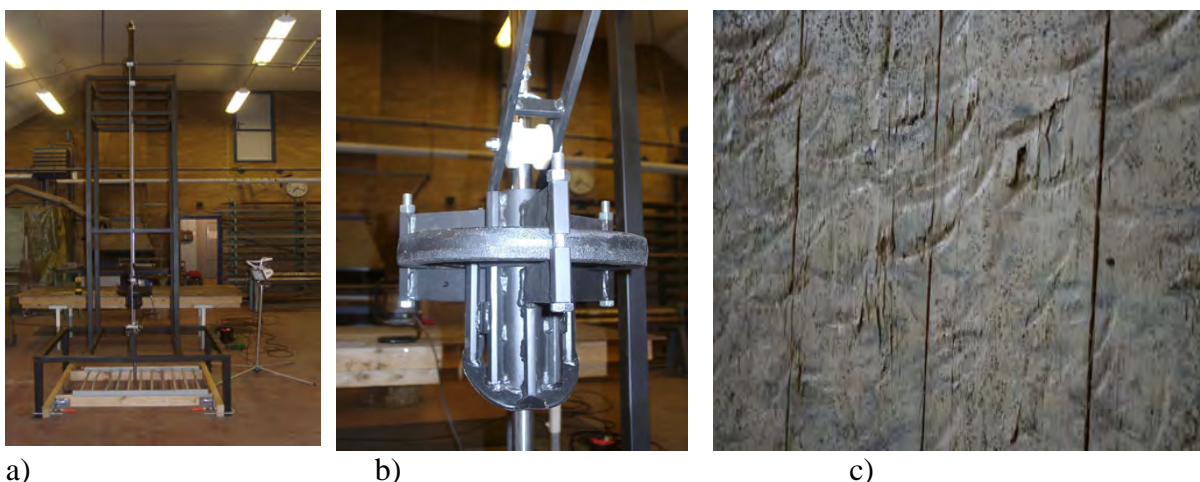
Ytterligare en kalibrering utfördes genom stötbelastning från en fallhejare mot horisontell liggande mätvägg från 0.5, 1.0, 1.5 och 2.0 m höjd med 6.5, 16.5, 26.5 och 36.5 kg vikt för att erhålla ett samband mellan hästsparkar och materialprovningsmetod, figur 2 och 4c. Tio provstötar per vikt och höjd utfördes.



a) Horisontell stötkalibrering med 5 kg stålkula från 1 m höjd. Figur 4b. Vertikal stötkalibrering med parallellupphängd 45 x 95 mm träregel. Figur 4c. Stötbelastning av mätvägg med hjälp av fallhejare.

Den utnyttjade fallhejaren (Ventorp, 2007) består av ram, axelstång och provkropp (figur 5a). Provkroppen kan hissas upp till önskad höjd, maximalt ca 2,3 m och den utlöses med en spak. I centrum av provkroppen finns ett centralt hål där axelstången är genomförd och provkroppen glider nedför stängen vid utlösning. För att friktionen

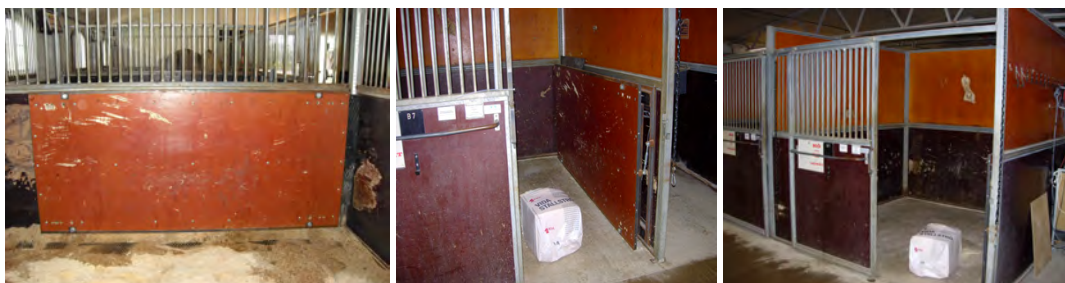
mellan provkropp och stång ska bli försumbar, har genomföringen ett lager av polyeten, samt att stången smörjs med ett tunt lager smörjfett. Provkroppen består nederst av en hästsko (storlek 2) som är fixerad mot övriga delar med 5 massiva stålstänger (figur 5b). Skon är placerad i 45° vinkel för att skospetsen initialt ska träffa det provade materialet. Träffbilderna vid träff av provkroppen mot mätväggen överensstämmer med träffbilder av verkliga sparkträffar (figur 5c).



a) Figur 5a. Fallhejare. b) Figur 5b. Provkropp. c) Figur 5c. Träffbild av reella sparkträffar.

2.4 Häst- och boxtyper vid mätning av hästsparkar

Den första mätomgången med mätväggen utfördes på Uddetorpsskolan utanför Skara. Mätväggen monterades framför en mellanvägg mot en grannbox och en datainsamlingsenhet placerade i ett förråd strax intill. Mätningar gjordes under två perioder, en med oprovocerad och en med provocerad häst. En häst i grannboxen användes som provokatör för sparkningar (hingst kontra sto). Hästboxen var utförd i plywood med stålreglar och galler från 1.4 m höjd samt golv av betong, figur 6a. Rikligt med strö, i form av sågspån, användes.



a) Figur 6. Mätvägg i Uddetorp (a) med öppna väggar och Jägersro (b, c) med täta väggar mot grannbox.

I den andra mätomgången placerades mätväggen i ett gäststall för travhästar på Jägersro Trav & Galopp. Travhästarna inkvarterades i stallet någon eller några dagar i samband med tävling, vilket innebar att boxen inte var belagd med hästar hela tiden. Hästboxen hade täta väggar av plywood med stålreglar och golv av betong med kutterspårsströ (figur 6c).

Under den tredje mätomgången placerades mätväggen i ett privat stall i Flyingeby, där hästarna dagligen tränades på för- och eftermiddag. Mätningar utfördes med både oprovocerad och provocerad häst. Provokation kunde ske genom utfodring, i vilken ordning hästarna fick gå ut eller genom vald häst i grannbox. Hästboxens väggar var utförda med liggande betongelement och stålreglar samt stålrörsgaller från 1.4 m höjd och rikligt med torv på golv av betong.



Figur 7. Mätvägg, exklusive skiva, i Flyingeby, hästbox med betongmellanväggar.

Tabell 1. Uppgifter, erhållna från försöksvärdarna om hästarna som deltog i försöken. Hästens vikt är skattad utifrån mankhöjd (för travare skattad genomsnittlig vikt- och mankhöjd)

Häst	Plats ¹	Ras	Född	Vikt, kg	Mankhöjd, m	Kön	Mätperiod	Provocerad
1	U	Sv varm ³	1996	550	1.65	Sto	100512-100612	Ja & nej
2	U	Sv varm	2001	660	1.70	Sto	100518-100612	Ja
3	Jä ²	Travare ⁴		500	1.60		100819-101108	?
4	Fly	Sv varm	1998	550	1.63	Sto	101212-110112	Ja & nej
5	Fly	Sv varm	2007	600	1.67	Sto	110112-110205	Ja & nej
6	Fly	Sv varm	2008	500	1.64	Sto	110205-110221	Ja & nej

¹⁾ U = Uddetorp, Jä = Jägersro, Fly = Flyingeby

²⁾ Gäststall med 11 olika hästar

³⁾ Sv varm = Svenskt varmblood (Sv halvblod)

⁴⁾ Varmblodiga travare

I tabell 1 redovisas grunddata om de hästar som ingick i försöken, under vilken period de användes samt om de var oprovocerade eller provocerade under mätperioden. Av tabellen framgår att det inte fanns några större fysiska skillnader mellan hästarna.

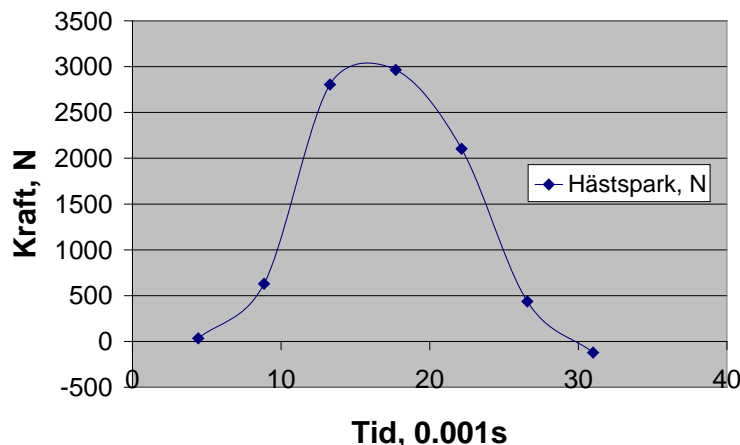
Några större skillnader i inhysning av hästarna förelåg inte heller vid jämförelse av hästboxarnas konstruktion, figur 6 och 7. Däremot fanns skillnader vad gällde möjligheten till kontakter med häst i grannboxen och ljusförhållandena i och kring boxen. På Uddetorp och Flyingeby var hästboxen öppen upptill mot grannbox och gång, medan Jägersroboxen hade tät vägg mot grannboxen. På Jägersro fanns dessutom inte ljus via vägg- eller takfönster eftersom boxraden var placerad i byggnadens tvärriktning.

2.5 Beräkning av stötkraft från hästspark och fallhejare

Avsikten med att använda mätväggen var att få fram ett dataunderlag på hur hårt hästar kan sparka samt föreslå hur dessa data kan omsättas i en provningsmetod för att kunna dimensionera nya konstruktioner på inredning och byggnadsdelar rätt.

Mätdata från fältmätningarna registrerades med hjälp av mät dator i en textfil som överfördes till excelark för vidare bearbetning. För att registreringarna endast skulle omfatta riktiga stötar (sparkar) utnyttjades en triggerfunktion för att styra mätningarna. Triggerfunktionen sorterade bort små stötar och påverkan som understeg 100 Newton (N) från att registreras som mätvärden, t.ex. om hästen lutade sig mot väggen. Vid start av mätsystemet inför respektive mätperiod nollställdes och triggades systemet.

Mätsystemet registrerade stötkrafter (N) mot väggen och tidpunkten (h) för stöten. Från mätvärdena beräknades följande parametrar: Stötens varaktighet, tidpunkt för maximivärde och maximalt stötvärde (Kangro, 1987). Dessa parametrar sammanfördes till en resultatmatris där en första granskning av värdena gjordes i Minitab™ (© 2007 Minitab Inc.).



Figur 8. Exempel på stötförlopp registrerat av mätvägg.

2.6 Beräkning av impuls från hästspark och fallhejare

För att beräkna stötenergin i en hästspark behövs uppgifter om såväl hästhovens hastighet i träffögonblicket som dess vikt, men dessa uppgifter fanns inte. Därför beräknades impulsen vid anslaget med hjälp av uppgifter om stötkraften och dess varaktighet i tiden. Impulslagen ger följande samband:

$$I = \int F dt = m \cdot \Delta v$$

där I = impulsen (Ns), F = kraften (N), m = massa (kg), Δv = hastighetsförändring vid stöt (m/s). Integralen motsvarar ytan under kurvan i figur 8. Vid beräkningarna approximerades kurvan till en triangel, varvid impulsvärdet kunde erhållas som stötkraftens maximala värde multiplicerat med halva stöttiden (Pastell et al., 2008). Impulsvärdet beräknades för såväl registrerade hästsparkar i boxar som för fallhejare på laboratorium, vilket gjorde det möjligt att ta fram samband dem emellan och kalibrera fältmätningssmetoden. Sambandet mellan värden uppmätta med fallhejare och de registrerade i fält togs fram med den metod som finns beskriven i avsnitt 2.2.

2.7 Statistisk analys

Den statistiska försöksuppställningen var av modell med block för provocerad respektive oprovocerad häst som faktor. En variansanalys utfördes i Minitab™ (© 2007 Minitab Inc.) för att bestämma effekten av provocerad eller oprovocerad häst.

En signifikansnivå om 5% användes genomgående i analysen. Den statistiska modellen var:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

μ = behandlingsmedelvärde (medelvärdet av registrerade impulser per häst) för oprovocerad respektive provocerad häst, α_i = hästtyp, e_{ij} = felterm, där i = häst nr (1, 2, 3, 4); j = upprepningar (1, 2, 3, 4).

3 RESULTAT

3.1 Kalibrering av mätvägg

Den sammansatta konstruktionen (mätväggen), provades för att kontrollera att den kunde leverera korrekta mätvärden över hela ytan. En första kontroll utfördes genom ”vägning”, d.v.s. en vikt placerades på mätväggen liggande på golvet. En andra kontroll utfördes genom att stötbelasta mätväggen med en kula, se figur 4a (Pastell et al., 2008). En tredje kontroll utfördes med mätväggen monterad på vägg med parallellupphängd 45 x 95 mm träregel, figur 4b.

I den första kontrollen ”vägdes” en vikt om 32 kg i nio olika punkter längs vardera fem mätlinjer (n = 40 per punkt), vilket gav ett medelvärde om 282 N (SD = 7.8). Den andra kontrollen utfördes genom att stötbelasta den liggande mätväggen med en 5 kg kula i nio olika punkter längs fem mätlinjer i skivans längdriktning (n = 3 per punkt). En viss variation förekom i mätväggens kortriaktning. Detta område visade sig vara mindre än 1 dm². Om man bortser från detta område uppgick mätväggens medelvärde till 796 N (SD = 251).

Den tredje kontrollen utfördes med väggmonterad mätvägg utmed tre linjer med nio mätpunkter vardera (n = 5 per punkt) och utföll med ett medelvärde på 224 N (SD = 79).

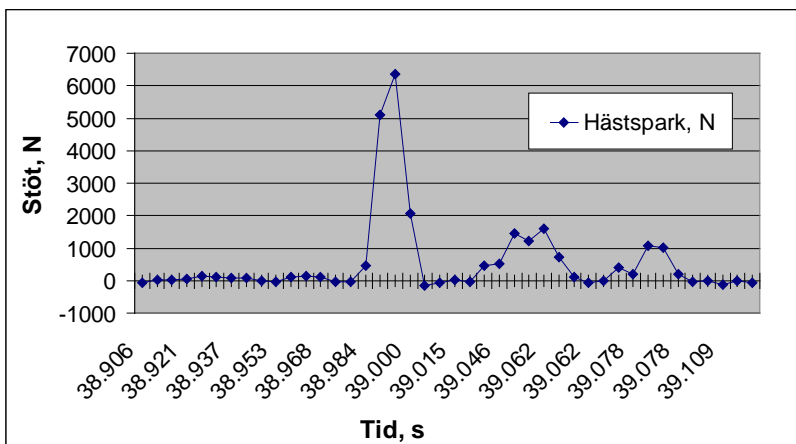
Mätsystemets värden underskattade de verkliga enligt första kontrollen, medan standardavvikelsen från de två sista metoderna visade att dessa inte gav acceptabla resultat. En fjärde kalibrering utfördes med fallhejare, se 3.4.

3.2 Registrering av hästsparkar mot mätväggen i fältförsök

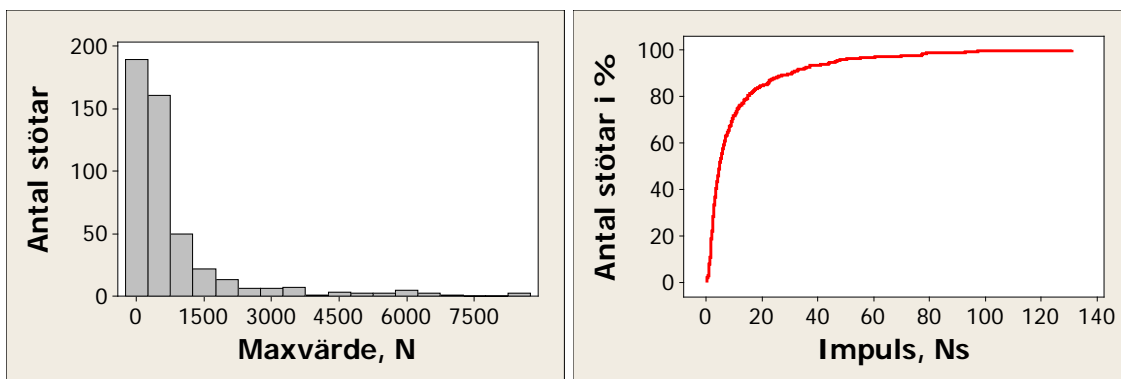
Registrering av hästsparkar utfördes i Uddetorp under 1 månad, Jägersro 3 månader och Flyingeby 2,5 månader, vilket gav en total fältmätningstid om 6,5 månader. Ca 500 registrerade mätvärden över 100 N erhöles under mätperioderna (210 oprovocerade och 263 provocerade mätningar). Efter fränsortering av registreringar orsakade av hästar som kliat sig, lutat sig mot mätväggen etc. återstod ca 470 mätvärden. Exempel på en spark, registrerad av mätutrustningen visas i figur 9. Mätvärdesresultaten åskådliggörs grafiskt i figurerna 10 och 11 med hjälp av olika parametrar såsom sparkens maximala värde och varaktighet, tidpunkt på dygnet då maximivärdet registrerades, samt sparkens impuls.

De flesta stötarna, ca 90 %, hade ett maximivärde understigande 1924 N. Värden mindre än 100 N sorterades bort genom en triggfunktion hos mätsystem och stötar med lång varaktighet plockades bort genom mätvärdesgranskning. Den förstnämnda typen av värden uppkom genom att hästen stötte till mätväggen med kroppen utan att sparka och de senare genom att hästen kliade sig mot mätväggen. Att så varit fallet kunde utläsas av de långa registreringsperioderna jämfört med den korta varaktigheten hos en spark.

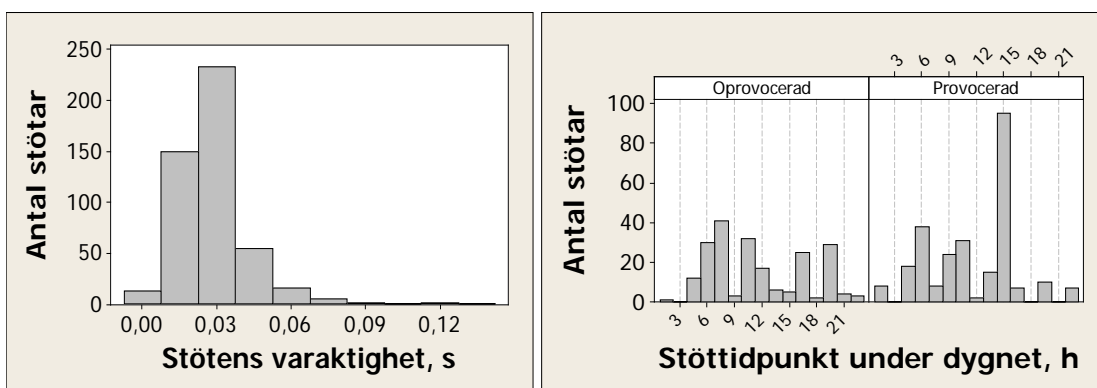
Stötförloppstiden var kort. För 2 % av stötarna var varaktigheten mindre än 0,001 sekund och för en majoritet av stötarna, 93 %, låg den mellan 0,001 och 0,05 sekunder. Resterande stötar, 5 %, hade en varaktighet mellan 0,05 till 0,1 sekunder.



Figur 9. Exempel på en hästspark registrerad av mätutrustningen. Pucklarna efter maximivärdet har orsakats av vibration i mätväggen efter träffen.



a) Fördelningen av registrerade maximala stötvärden (N) för samtliga stötar större än 100 N (triggvärde).
 b) Impulsvärdenas (Ns) kumulativa fördelning för samtliga stötar.



a) Fördelning av stötens varaktighet i sekunder för samtliga stötar.
 b) Oprovocerade respektive provocerade hästars ”aktivitet” mot mätvägg över dygnet.

Stötarnas fördelning över dygnet visar att dessa sammanföll med dagliga aktiviteter såsom t.ex. utfodring morgon och kväll men också annan aktivitet främst på förmiddagen. Den dominerande aktiviteten på eftermiddagen härrörde från provokation

av häst på Uddetorp. Någon uppdelning av hästarnas aktivitet med avseende på årstid har inte utförts.

3.3 Statistiska resultat från mätvägg

Efter logaritmering i Minitab™ blev datamaterialets impulsvärden normalfördelade med vissa outliers. Dessa värden (9 st) togs bort, då de var lika med noll eller låg mycket nära noll på grund av extremt kort stöttid. Modellen var ett blockförsök med provocerad eller oprovocerad häst som faktor.

Av de undersökta hästarna var travhästarna odefinierade med avseende på oprovocerad respektive provocerad häst. En variansanalys (ANOVA) utfördes för datamaterialet för oprovocerad häst med respektive utan travhästdata. Detta visade att mätvärdena från travhästarna hade samma standardavvikelse som för de oprovocerade hästarna, vilket gjorde att de klassades som oprovocerade hästar. Likaledes utfördes en Anova-analys av datamaterialet för oprovocerade respektive provocerade hästar, vilket visade att Uddetorphästarna signifikant skilde sig från de andra oprovocerade respektive provocerade hästarna.

En variansanalys (GLM) utfördes för att bestämma effekten av provocerad eller oprovocerad häst och hästtypens påverkan på impulsvärdet. Medelvärden per häst beräknades för maximpulsvärdet där Uddetorphästarna likställdes till en häst (då dessa hästar signifikant skilde sig från de andra oprovocerade och provocerade hästarna).

Resultatet visade ingen signifikant skillnad i impulsvärden för provocerad häst jämfört med oprovocerad häst, $p = 0.06$. Skillnad mellan hästtypen (dvs. storlek, ras, kön, mankhöjd, temperament) var små och antalet hästar för få (tabell 1). Baserat på skillnaden och storleken på standardavvikelsen mellan oprovocerad och provocerad häst kunde en power-test utföras. Power-testen visade att antalet hästar hade behövts utökas till 10 stycken för att signifikanta resultat skulle erhållas.

3.4 Samband fallhejare och mätresultat från mätvägg

För att kontrollera mätväggen och erhålla ett samband mellan stötkrafter registrerade från hästsparkar respektive från en fallhejare utfördes en mätserie där mätväggen placerades under fallhejaren, se figur 4c. Samma mät- och beräkningssätt användes som för stötarna från hästsparkar.

Vid genomförandet av provserierna med fallhejare och mätvägg konstaterades att mätvärdena plötsligt började avvika från tidigare erhållna värden i samma provserie. Detta upprepades även vid påföljande provserie. Efter att ha jämfört mätvärdenas fördelning i tiden beslöts att utföra en mätserie med mätväggens mätsystem otriggat.

Vid analysen av mätvärdena framkom att impulsvärdena var 11,4 % mindre i den triggade fallhejarprovningen än i den otriggade, vilket innebär att de mätvärden som erhållits i fältförsöken var lägre än de verkliga. En möjlig orsak är att triggerfunktionen

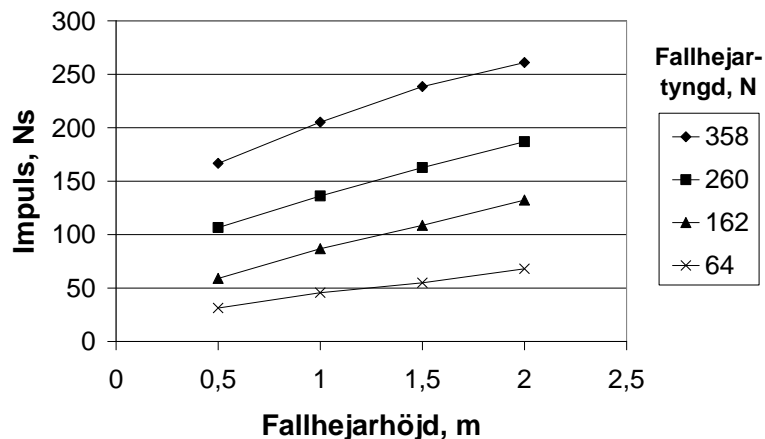
inte hann med vid de snabba tidsförloppen och att verkliga maxvärden på så vis inte blev registrerade.

Som konsekvens av detta har resultaten från provserierna med fallhejare med triggad respektive otriggad mätvägg använts för att korrigera de erhållna mätserierna från fältmätningarna, figur 13.

Tabell 2 och figur 12 visar samband mellan fallhejarens fallhöjd och vikt samt registrerad varaktighet för stöten, stötkraftens maxvärde och stötens impulsvärde hos horisontell mätvägg med otriggat mätsystem.

Tabell 2. Samband mellan fallhejarens fallhöjd och vikt samt den resulterande stötens varaktighet, stötkraftens maxvärde och stötens impulsvärde hos horisontell mätvägg med otriggat mätsystem (n=10)

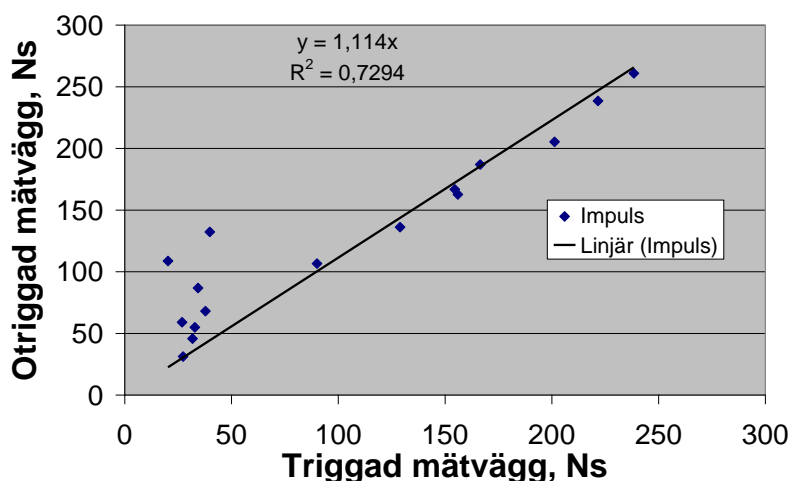
Fallhejar- parametrar	Varaktighet	Stötkraft, maxvärde	Impulsvärde
	s Medelv (SD)	N Medelv (SD)	Ns Medelv (SD)
0.5 m, 6.5 kg	0.016 (0.01)	3904 (234)	31 (2)
1.0 m, 6.5 kg	0.016 (0.01)	5708 (199)	46 (2)
1.5 m, 6.5 kg	0.016 (0.01)	6861 (414)	55 (4)
2.0 m, 6.5 kg	0.016 (0.01)	8496 (381)	68 (3)
0.5 m, 16.5 kg	0.015 (0.01)	7376 (251)	59 (2)
1.0 m, 16.5 kg	0.016 (0.01)	10845 (609)	87 (5)
1.5 m, 16.5 kg	0.016 (0.01)	13578 (571)	109 (5)
2.0 m, 16.5 kg	0.017 (0.01)	15564 (865)	132 (12)
0.5 m, 26.5 kg	0.025 (0.01)	8526 (206)	107 (3)
1.0 m, 26.5 kg	0.020 (0.00)	13606 (529)	136 (5)
1.5 m, 26.5 kg	0.020 (0.01)	16263 (1032)	163 (10)
2.0 m, 26.5 kg	0.021 (0.00)	17794 (1672)	187 (18)
0.5 m, 36.5 kg	0.031 (0.01)	10753 (426)	167 (7)
1.0 m, 36.5 kg	0.025 (0.01)	16418 (427)	205 (5)
1.5 m, 36.5 kg	0.024 (0.01)	19870 (895)	238 (11)
2.0 m, 36.5 kg	0.025 (0.01)	20872 (2116)	261 (26)



Figur 12. Samband mellan fallhejares fallhöjd och vikt (0.5, 1.0, 1.5, och 2.0 m fallhöjd och 6.5, 16.5, 26.5 och 36.5 kg vikt) samt resulterande impulsvärde hos horisontell mätvägg med otriggat mätsystem (n=10).

3.5 Korrigeringar av mätvärden

Det erhållna sambandet mellan triggad och otriggad fallhejare återges i figur 13 och användes för att korrigera mätvärdena från fältmätningarna. En andra korrigering utfördes med hänsyn till de i tabell 3 funna skillnaderna mellan registrerade och teoretiskt beräknade värden från provningen av otriggad fallhejare mot mätvägg. Detta samband användes vid kalibreringen av mätväggen genom att de registrerade impulsvärdena justerades med ledning av de teoretiskt framräknade impulsvärdena utifrån fallhejarens vikt och fallhöjd, figur 14.

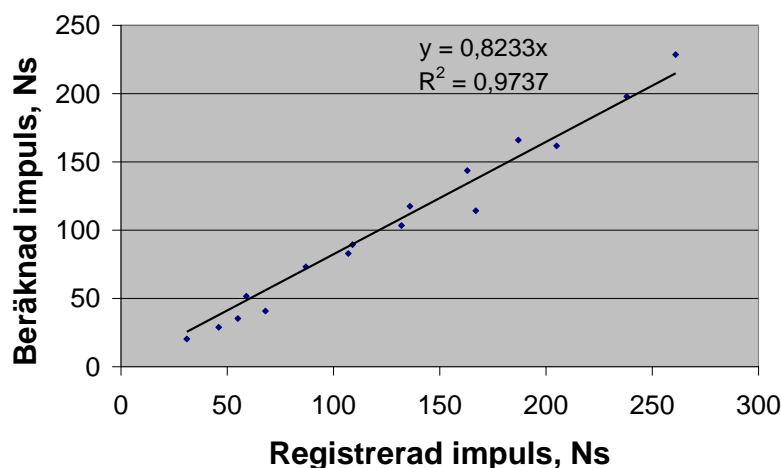


Figur 13. Samband mellan impulsvärden erhållna med triggat respektive otriggat mätsystem för horisontell mätvägg (n=10) vid 0.5, 1.0, 1.5, och 2.0 m fallhöjd och 6.5, 16.5, 26.5 och 36.5 kg vikt hos fallhejare. Kurvan användes för att korrigera de triggade mätvärdena erhållna från mätväggen i fältförsöken.

Tabell 3. Jämförelse mellan registrerade (otriggerade) och beräknade värden från mätvägg jämfört med teoretiskt beräknade värden. En jämförelse mellan från mätvägg beräknade impulsvärde med den teoretiskt beräknade impulsvärdet användes för kalibrering av mätväggens mätsystem

Mätvägg (registrerade och beräknade värden)				Teoretiskt (från fallhejarparametrar)		
Fallhejarparametrar		Impulsvärde	Anslagsenergi	Anslags-hastighet	Beräknat impulsvärde	Anslags-energi
Massa, m	Fallhöjd, h	$I_2 (= F * t/2)$	$T_2 (= I_2 * v_1/2)$	v_1	$I_1 = m * (v_1 - v_2)$	$T_1 (= mgh)$
kg	m	Ns Medelv	J	m/s	Ns 1)	J
6,5	0,50	31	49	3,13	20,3	32
6,5	1,00	46	102	4,43	28,8	64
6,5	1,50	55	149	5,43	35,2	96
6,5	2,00	68	213	6,27	40,7	128
16,5	0,50	59	92	3,13	51,6	81
16,5	1,00	87	193	4,43	73,1	162
16,5	1,50	109	296	5,43	89,4	243
16,5	2,00	132	414	6,27	103,3	324
26,5	0,50	107	168	3,13	82,9	130
26,5	1,00	136	301	4,43	117,4	260
26,5	1,50	163	442	5,43	143,6	390
26,5	2,00	187	586	6,27	165,9	520
36,5	0,50	167	262	3,13	114,2	179
36,5	1,00	205	454	4,43	161,7	358
36,5	1,50	238	646	5,43	197,8	538
36,5	2,00	261	818	6,27	228,5	717

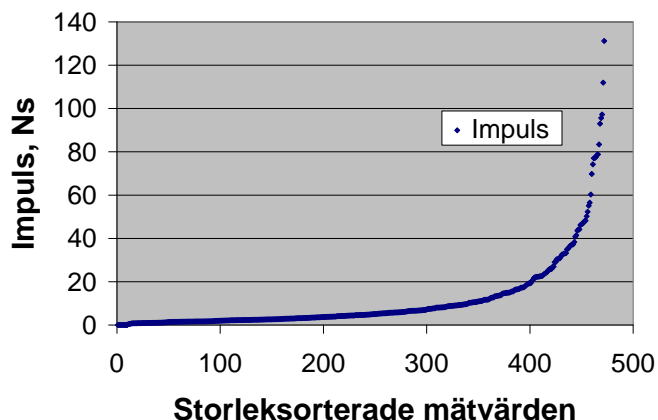
1) Angivna värden förutsätter fullständig oelastisk stöt ($v_2=0$)



Figur 14. Kalibreringskurva för mätväggen baserad på förhållandet mellan otriggerade, registrerade mätvärden (mätvägg) och teoretiskt beräknade värden (fallhejare).

3.6 Mätvärdesresultat från fältförsöken med mätväggen

Den med hänsyn till trigging och kalibrering korrigerade kumulativa mätvärdesserien visas i figur 15. Genom att avläsa hästsparkarnas impuls i figur 10b eller figur 15 erhålls ett impulsvärde som kan användas i tabell 2 eller figur 12 för att hitta motsvarande kombination höjd-vikt för fallhejare som ger motsvarande impulsvärde. De tjugo högsta registrerade mätvärdena framgår i detalj i tabell 4.



Figur 15. Erhållna mätvärden (impuls), sorterade i storleksordning, för samtliga registrerade stötar från hästar.

Tabell 4. Översikt av de tjugo högsta mätvärdena vid hästspark med respektive varaktighet, stötkraftens maxvärde och stötens impulsvärde. De flesta värdena är från samma häst

Mätdatum	Stötens varaktighet s	Max stötkraft N	Impulsvärde Ns
06/06/2010	0,031	3097	48
06/06/2010	0,046	2094	48
13/05/2010	0,031	3238	50
15/02/2011	0,032	3267	52
06/06/2010	0,031	3554	55
06/06/2010	0,032	3529	56
06/06/2010	0,031	3887	60
06/06/2010	0,016	8722	70
06/06/2010	0,032	4638	74
06/06/2010	0,047	3280	77
06/06/2010	0,047	3284	77
06/06/2010	0,031	5009	78
06/06/2010	0,031	5065	79
06/06/2010	0,047	3353	79
06/06/2010	0,031	5382	83
06/06/2010	0,032	5807	93
06/06/2010	0,031	6167	96
06/06/2010	0,031	6271	97
06/06/2010	0,031	7220	112
06/06/2010	0,031	8463	131

4 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

4.1 Mätväggens konstruktion

Mätväggens konstruktion kan påverka möjligheten att utföra en upprepning av försöket. Emellertid kan uppgifter om maximala stötvärden och dess varaktighet erhållna från provning med fallhejare mot mätvägg (vid olika fallhöjd och vikt) karaktärisera mätväggsfunktionen och indirekt karaktärisera mätväggens konstruktion.

Konstruktionen påverkas av impulsen genom att skivan ger efter, fjädrar vid stöten, se figur 9. Mätväggens eftergivlighet påverkas dels av plywoodmaterialet och dess dimensioner samt de förstärkningsjärn som den har på baksidan.

Systemet för avlastning av skivans vikt kan påverka mätresultatet. Montering av vantskruvarna utfördes så att vinkeln blev så liten som möjligt mellan skivan och bakstycket. Den lilla vinkeln som ändå uppstod verkar något dragande på mätskivan mot bakstycket. Innan mätning kontrollerades att skivan var fritt rörlig mot bakstycket, d.v.s. att skivan rullade mot givarnas kulupplag (den fria rörelsen var begränsad av U-profilens dimensioner). Felaktig injustering kunde medföra felaktiga mätvärden, då kulupplagens funktion inhiberades. För att mätskivan skulle behålla sin position relativt bakstycket hölls den på plats genom fyra skruvar med O-ringar av gummi, figur 3b. Genomföringarna i mätskivan för skruvarna gav skivan rörlighet i två plan om 0,01 m. Skruvarna var löst ansatta mot mätskivan och denna spänning tarerades bort med mätsystemet.

4.2 Mätväggens kalibrering

Kalibreringen av mätväggen utfördes med metoder som ansågs rimliga att återupprepa. Resultaten från kalibrering med hjälp av fallhejarmetoden verkar godtagbara vid jämförelse med de teoretiskt beräknade impulsvärdena i tabell 3. Skillnaderna mellan triggad och otriggad mätvägg kan ha påverkat utgången av de tidigare kalibreringarna, men detta har inte kontrollerats.

Förutom triggingen, så har stötförloppstiderna mycket stor inverkan på de erhållna impulsvärdena. En högre upplösning hade underlättat vid analysen av mätvärdena och förmodligen gett en mer korrekt bild av stötförloppet. För de lägre fallhejrhöjderna och lasterna var variansen låg för både stötförloppstiderna och maxstötvärdena, men variansen ökade vid högre fallhöjd och vikt. Detta speglas också i variansen för impulsvärdena.

Mätsystemet uppgavs ha en mätfrekvens på 1 kHz (upplösning 0,001 s), men i verkligheten stannade den på 0,016 s, vilket medförde färre mätvärdesregistreringar kring maxstötvärdet än om upplösningen varit 0,001 s. Från uppgifter i tabell 3 har den teoretiska varaktigheten för mätvägg monterad under fallhejare beräknats genom att jämföra den registrerade anslagsenergin med den teoretiskt beräknade anslagsenergin.

En något bättre samband med mindre spridning hade förmodligen erhållits om mätsystemets upplösning varit högre.

Att fallhejaren inte motsvarar en ideal situation med fritt fall har inte beaktats, d.v.s. att viss friktion uppstod kring fallhejarstången. Triggfunktionens påverkan på resultaten har inte diskuterats med leverantören av mätsystemet.

4.3 Statistiska resultat från mätvägg

Vid statistikkörningen framkom ingen skillnad i maxstötvärden med avseende på hästtyp (tabell 1) för någon av hästgrupperna oprovocerad och provocerad häst.

Inhysningen av hästarna skilde sig åt genom att de var inhysta i tät eller mer öppen hästbox med galler mellanvägg. Samtidigt var de 11 hästarna på Jägersro travhästar, medan övriga var ridhästar. Travhästarna hade, då de jämfördes med de övriga hästarna, klassats som oprovocerade hästar på grund av låga maxstötvärden samt en standardavvikelse hos dessa som direkt överensstämde med de dokumenterat oprovocerade hästarna. Om Jägersrohästarna påverkades av hästboxens utformning eller ej har inte provats vidare, d.v.s. att samma hästar och mätväggen placerades i en mer öppen box med boxgaller hos mellanväggen till grannboxen. Därför är det svårt att dra slutsatsen att dessa hästar påverkats av hästboxens utformning så att antalet hästsparkar blev mindre. Det anses dock allmänt att travhästar generellt har ett lugnare temperament.

För att få ett svar på om faktorn, provocerad eller oprovocerad, i den statistiska modellen var bärkraftig utfördes en variansanalys för de hästar som fanns. Då antal hästar som både provocerats och icke provocerats vid mätningarna var relativt få, behandlades de båda Uddetorps-hästarna som om de var samma häst. Orsaken till detta var att dessa hästar signifikant skilde sig från övriga hästar i Anova-testen. Huvudfaktorn i modellen visade sig vara stark då ett mindre antal hästar kunde ge nästan signifikant skillnad mellan hästgrupperna.

Inverkan av hästras eller hästens kön kunde tyvärr inte klarläggas i denna undersökning. Hästsparkar inträffar med olika frekvens och därför blir mätningarna utsträckta i tiden. Däremot visar det statistiska resultatet att metodiken i användandet av mätväggen fungerade, men att provoceringen kanske var otillräcklig.

4.4 Fallhejare

Metoden att använda fallhejare visade sig fungera väl tillsammans med mätväggen. Fallhejarmetoden kunde användas som ett kalibreringsinstrument för mätväggen och därmed kunde mätvärdena från fältförsöken kopplas till en laboratoriemetod. De relativt jämna resultaten från mätväggen vid prov i fallhejaren kunde karaktärisera mätväggens arbetsätt, och indirekt ge ett kvalitativt mått på mätväggens konstruktion.

4.5 Mätvärden från fältförsöken

De tjugo högsta impulsvärdena illustrerar tydligt hur stötens varaktighet påverkar impulsvärdet. Det högst uppmätta stötvärdet hade mycket kort varaktighet vilket medförde att impulsvärdet hamnade först på 13 plats av de tjugo högsta värdena. Hur representativa de uppmätta hästsparkarnas storlek är för hästbeståndet är svårt att avgöra då ett begränsat antal hästar ingår i undersökningen.

Vilket värde som ska användas vid provning av material, d.v.s. för dimensionering av hästboxar får tas fram enligt gängse statistiska överväganden. Det högsta mätvärdet från fältmätningarna motsvarade ett impulsvärde på 131 Ns, vilket i sin tur motsvarar en teoretisk anslagsenergi om ca 300 J enligt tabell 3 (fallhejrhöjd 2 m och 16,5 kg vikt). Denna anslagsenergi överensstämmer relativt väl med den som erfordras för att deformera ett standardgaller så att en hästhov kan tränga igenom, enligt vad som beskrivits ovan i rapportens introduktion. Baserat på nuvarande kunskapsnivå torde man kunna göra bedömningen att en inredningsdetalj i traditionella hästboxar avsedda för hästar upp till 700 kg skall kunna motstå en påverkan på minst 350 J anslagsenergi eller 150 Ns impuls i form av punktlast från motsvarande en hästsko. Den valda hästvikten (700 kg) används i SIS (2011). Härvid har de i denna undersökning uppmätta värden höjts med ca 15 % som bedömts vara en rimlig minsta säkerhetsmarginal. Då har hänsyn tagits till att den största hästen i våra mätningar vägde ca 660 kg samt att vi sannolikt inte registrerat det högsta sparkvärdet respektive häst kan åstadkomma.

Det skall i detta sammanhang påpekas att all dimensionering är sannolikhetsbaserad. Hänsyn skall tas till såväl spridningen i uppkomna laster som spridningen i materialegenskaper. Praktiskt kommer detta till uttryck i form av olika partialkoefficienter eller säkerhetsfaktorer. En koefficient kan väljas så att den höjer det dimensionerande lastvärdet och/eller sänker den beräknade bärförmågan hos konstruktionen. En sannolikhetsbaserad hållfasthetsberäkning har som konsekvens att "brottrisk" alltid finns. Högre last, än den som valts som dimensionerande, kan (med visserligen liten sannolikhet) uppkomma samtidigt som konstruktionen av någon anledning (tillverkningsfel, materialfel etc.) har lägre bärförmåga än den beräknade. Det är upp till den som föreskriver normvärde ("dimensionerande värde") och i viss mån konstruktören att bedöma vilka säkerhetsnivåer som skall tillämpas. Detta görs bl.a. utifrån konsekvenserna av brott i konstruktionen (ekonomiska, risk för människoliv, risk för djurlidande etc.).

Rimligtvis kan man räkna med att enstaka, högre sparkkrafter skulle ha registrerats i undersökningen om man kunnat få ett större och säkrare statistiskt material, d.v.s. mätningarna kunnat utsträckas under flera år och fler hästar kunnat studeras. Avsikten är att sådana, längre mätserier skall samlas in i ett kommande forskningsprojekt.

4.6 Slutsatser

- Resultaten visar att metodiken i användandet av mätväggen fungerar och att mätväggen kan mäta hästsparkar riktade mot boxinredningsdelar.
- Mätväggens funktion kan karaktäriseras genom mätvärden erhållna med fallhejare.

- De i fältmätningarna registrerade stötförloppen var snabba, ofta kortare än 0.03 s, där ca 90 % hade ett maxvärde under 1924 N och det högsta uppgick till 8722 N.
- En direkt koppling erhöles mellan mätvärden registrerade från hästsparkar och från fallhejare. Fallhejarmetoden kan därför användas för provning av inredningsdetaljer.
- Den i undersökningen högsta registrerade impulsen, orsakad av spark, uppgick till 131 Ns vilket motsvarar ca 300 J anslagsenergi. Utgående från de registrerade mätvärdena och med hänsyn till en viss säkerhetsmarginal, bör man ställa kravet att en inredningsdetalj i traditionella hästboxar, avsedda för hästar upp till 700 kg, skall kunna motstå en påverkan på minst 350 J anslagsenergi eller 150 Ns impuls orsakad av dynamisk punktlast från motsvarande en hästsko som träffar i 45° lutning.
- Provocerade hästar sparkar hårdare och mer frekvent än oprovocerade hästar. Provokation kan utgöras av dagliga rutiner såsom utfodring och rastning. Hästsparkar uppträder dock även utspridda över hela det vakna dygnet, vilket tyder på att det är något mer än de dagliga rutinerna som påverkar.
- För att kunna få ett större och säkrare statistiskt material, och därmed noggrannare dimensioneringsvärden, bör mätningar utsträckta under flera år och med fler hästar involverade utföras. I synnerhet bör fler sparkbenägna hästar ingå. Det får anses vara troligt att det finns hästar som i enskilda sparkar kan åstadkomma kraftigare sparkar än vad som registrerades i studien.

5 LITTERATUR

- DSM. 2007. Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning. Djurskyddsmyndigheten (Jordbruksverket), DFS 2007:6. Saknr L101.
- Kangro, A. 1987. Laster och stötar från djur, mätningar och analys (Loads from animals, Measurements and analysis). Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Lantbrukets byggnadsteknik. Rapport 55. Lund.
- Pastell, M., Kujala, M., Aisla, A-M., Hautala, M., Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I. & Ahokas, J. 2008. Detecting cow's lameness using force sensors. *Computer and Electronics in Agriculture* 64, 34-38.
- SIS. 2011. Ekonomibygnader – tillämpningar till Boverkets och Jordbruksverkets regler avseende utformning av ekonomibygnader för jordbruk, skogsbruk och trädgårdsnäring. Swedish Standards Institute. Förslag till Teknisk Specifikation, TS 37. Stockholm.
- SJV. 1995. Jordbruksverkets Bygg Råd (JBR) – Handbok Ekonomibygnader. Statens jordbruksverk. Jönköping.
- Ventorp, M. 2007. Göra häststallet säkrare går det? *Skånska Lantbruk*, 40:1, s. 14-17.