



Undersøkelse av bevegelsesmønstre hos travhester

Fase to i Stall CC - prosjektet

Utvikling av verktøy for måling av kapasitet og kapasitetsutvikling hos travhester

Et oppdrag utført for Stall CC – Claus Clausen

Vidar Jakobsen

Svein Hetland

Per Tveit

Trine Løkke

Johnny Nilsson

LABORATORIUM FOR BEVEGELSESANALYSE

2000

Innhold

<i>Bakgrunn for prosjektet fra Stall CC</i>	3
<i>Sammendrag</i>	4
<i>Forord</i>	6
<i>Innledende betraktninger og tidligere forskning</i>	7
Vurderinger av eksteriør	7
Steglengde og stegfrekvens	7
Travteknikk og effektivitet	8
<i>Prosjektets målsetning</i>	10
Definisjoner og begrepsforklaringer	12
<i>Metode</i>	13
Materiale og forsøkshester	13
Modell av hesten	13
Dataopsamling	14
Signalbehandling av kinematiske data	14
Beskrivelse av avstander og vinkler	15
<i>Resultater</i>	16
<i>Diskusjon</i>	28
Innledende betraktninger	28
Hovenes hastighet når de treffer bakken	28
Forbeinas hastighet ved hovisett	32
Bakbeinas hastighet ved hovisett	33
Deformasjon og lagring av elastisk energi	33
Deformasjonen av forbeina	34
Aksjon forbein	32
Deformasjonen av bakbeina	39
Aksjon bakbein	40
Bevegelser i vertikalplanet	41
Stegsyklusasymmetrier	41
<i>Oppsummering og praktiske konsekvenser</i>	37
Prospekt	39
<i>Referanser</i>	40



Bakgrunn for prosjektet fra Stall CC

Undersøkelser som tar for seg bevegelser er tradisjonelt vanskelige, tidkrevende og kostbare. De forutsetter i tillegg personell med spisskompetanse innenfor bevegelseslære.

Dette prosjektet er initiert og finansiert av en privat instans Stall CC A/S. Prosjektet har sprunget ut fra stallens erfaringer innenfor et relativt kortvarig engasjement, 6-7 år, med travhester. Stallen sikter mot en allsidig virksomhet innenfor travsporten, og da med vekt på avl, oppdrett og salg av hester, samt samarbeid med travtrenere om trening av egne løpshester. Stall CC A/S ønsker å drive sin virksomhet på et faglig velfundert grunnlag og har derfor tatt initiativ til et FOU-arbeid parallelt med den praktiske og daglige virksomheten. Prosjektet er et ledd i selskapets arbeid med å kvalitets sikre egen virksomhet ved bl.a. å utvikle måleverktøy som kan identifisere de karakteristika ved hestenes eksteriør og bevegelser som har positiv sammenheng med deres prestasjonsevne. Slike karakteristika ønskes benyttet for å finne fram til hvilke kriterier som kan bli lagt til grunn for å predikere prestasjonsforutsetninger hos enkelthester. Måleverktøyet forutsettes utviklet på grunnlag av objektive kriterier for å komplettere det subjektive skjønn som er vanlig innenfor travsporten.

Stall CC A/S har valgt Norges idrettshøgskole som samarbeidspartner i prosjektarbeidet fordi denne institusjonen gjennom en årrekke har utviklet kunnskap og viten innenfor fagområdet bevegelseslære, og dermed bidratt til kompetanseheving og prestasjonsutvikling i norsk idrett. Selskapets valg av idrettshøgskolen er videre fundert på en oppfatning om at det er prinsipielle likheter mellom biomekaniske sider ved travhesters og menneskers løpsbevegelser. Likeledes har en vurdert det slik at den kunnskap og viten som er utviklet innenfor idretten har relativt stor overføringsverdi til de problemstillinger som er valgt for å kvalitets sikre selskapets virksomhet med travhester.

Terje Johannessen

Prosjektleder Stall CC



Sammendrag

Kunnskap om anatomi, bevegelsesmønstre og bevegelsesøkonomi i forhold til de spesielle kravene som stilles til hestene i travsport, er viktig ved utvelgelse av hester til denne sporten. Hensikten med denne studien var å prøve en avansert objektiv metode for studier av bevegelser og med denne metoden beskrive bevegelsesmønsteret til de aktuelle hestene. I tillegg var det et mål å prøve metoder for kartlegging av eksteriør, hos gode travhester og lovende unghester.

Sju gode travhester i alderen 2 til 6 år fra Stall CC ble valgt ut som forsøksobjekter.

For registrering av antropometriske data ble det gjort videoopptak i profil mens hestene sto stille. Analysen av disse ble utført i "NEAT" videoanalyseprogram. Systemet viste seg funksjonelt ved avbildning av eksteriør samt markering av vinkler og avstander.

Hestene fikk festet 26 reflekterende markører på utvalgte punkter på kroppen, i første rekke knyttet til leddakser i beina.

Etter oppvarming ble det gjennomført to løp hvor hesten travet i tilnærmet toppfart. Løpene ble gjennomført på Bjerke travbanen. Registreringene av markørene ble foretatt i et optoelektronisk system for bevegelsesanalyse (ProReflex) med en frekvens på 240 Hz. Det ble benyttet 6 kamera, 3 på hver side av travsporet. Selve analysen ble foretatt i Laboratorium for bevegelsesanalyser på Norges idrettshøgskole (NIH).

Fra opptakene er følgende beregninger gjort: lengde og posisjon av de ulike segmentene, vinkler og vinkelhastigheter i beinas ledd, hestens hastighet, hovenes hastighet i forhold til kroppen og i forhold til bakken, beinas lengde ved fotsett, minste lengde og når beina forlater bakken.

Denne studien viser at verdiene for steglengde og stegfrekvens for hestene i Stall CC stemmer godt overens med verdier for gode travere.

Vi finner at forbein og bakbein har forskjellige oppgaver i trav. Forbeinet holdes tilnærmet stivt bortsett fra kodeleddet, og det synes som om hovedoppgaven er å holde kroppen oppe i tyngdefeltet. Hos de beste hestene har hoven på forbeinet liten hastighet framover i forhold til bakken i isettet. De har lite stem og dermed liten brems. Bakbeina har langt mer hastighet framover i isettet, men det synes som om denne reguleres for ikke å få for stor hastighet når travhastigheten øker. Hoven settes i godt innunder kroppen, og beinet forkortes kraftig i første fase av aksjonen. Forkortingene fordeler seg ganske likt på bevegelser i kodeleddet og i resten



av beinet. Etter midten forlenges beinet igjen, til å bli lengre enn ved isett.

Deformasjonsarbeidet i isettet lagres trolig som elastisk energi i den første fasen av aksjonen, mens energien gjenvinnes som framdriftsarbeid i den siste fasen.

Det er relativt små bevegelser i vertikal retning og kort svevfasen.

Vi finner asymmetrier i stegsyklusen; høyre bak- og forbein i begge de diagonale beinparene lander alltid først.

Nøkkelord: trav, stegsyklus, steglengde, stegfrekvens, hastighet, hovhastighet, ProReflex, hov, arbeid, energi, elastisk energi, brems, asymmetri.



Forord

Denne rapporten er resultatet av et oppdrag fra Claus Clausen (Stall CC). Han ønsker å kombinere den subjektive intuisjonen hos kompetente travtrenere med det potensialet som finnes i kvalifiserte målemetoder for bevegelsesanalyse. Ambisjonen om på denne måten å forsøke å kvalitetssikre utvelgelsesprinsipp og treningsstyring i travsporten er temmelig unik og etter vår oppfatning et uttrykk for en human og profesjonell måte å forholde seg til hesten og assosiert virksomhet. Vi vil takke Claus for konstruktive og strukturerende diskusjoner, og innspill underveis i gjennomføringen av prosjektet. Vi håper at denne rapporten skal være brukbar som et utgangspunkt for de bevegelsesanalysene som Stall CC ønsker å anvende ved utvikling av en utvalgsmoell, samt en moell for treningsstyring. Vi ser også resultatene fra Stall CC's hester som et godt utgangspunkt for omfattende treningsplanlegging.

En takk vil vi også rette til Terje Johannessen for opprinnelig å ha initiert kontakten mellom Stall CC og NIH, og for hans kompetente innspill og positive påvirkning under prosjektprosessens gang.

Til slutt vil vi takke alle medvirkende fra Stall Holm samt veterinær Siv Hanche-Olsen for vilje til å prøve nye veier for ytterlig å kvalitetssikre sin virksomhet innen travsporten.

Svein Hetland

Vidar Jakobsen

Trine Løkke

Johnny Nilsson

Per Tveit



Innledende betraktninger og tidligere forskning

En stor utfordring innenfor hestesport generelt er å kunne forutsi prestasjonspotensialet til unge hester. Utvelgning av hester for avl og konkurranse har til nå i stor utstrekning foregått med utgangspunkt i egen prestasjon, prestasjon til foreldre og spesielle bygningstrekk. Utvelgelsen med tanke på spesielle bygningstrekk har vært basert på subjektivt skjønn etter ”ideelle” standarder.

Vurderinger av eksteriør

En studie av Magnusson (1985) viser at det forekommer store avvik i den subjektive vurderingen av hestens eksteriør utført av kvalifiserte personer. Magnusson konkluderer med at den subjektive bedømmingen av hestens eksteriør ikke kan benyttes til vurdering av hestens muligheter med tanke på prestasjon og helse.

Den vanlige oppfatningen er at de hestene som presterer best er karakterisert som grasiøse, har liten vekt, ikke for langt hode, høy manke og normal hovstørrelse. De er ikke innknepe ved haser og knær og de har store skuldre og store knevinkler.

De fleste studiene av eksteriør er imidlertid gjort ved hjelp av kamera og enkelt utstyr for måling av lengder og vinkler. Disse mer objektive målingene har som de subjektive vært brukt til å forutsi hestens prestasjonspotensiale. Dahlin og Jeffcott (1985) konkluderer imidlertid med at de metodene som brukes i dag ved utvelgelsen av hester til avl og konkurranse ikke er gode nok, og at det er stort behov for forbedring av disse.

Steglengde og stegfrekvens

Løpsmønsteret hos forskjellige hesteraser og i forskjellige gangarter er studert av mange (Dusek et al., 1970; Bayer, 1973; Drevemo et al., 1980; Dalin & Jeffcott, 1985; Leach & Cymbaluk, 1986; og Barrey et al., 1995). De to mest sentrale komponentene i løpsmønsteret er steglengde og stegfrekvens. Stegfrekvensen (SF) og steglengden (SL) er de to faktorene som bestemmer hastigheten i alle gangarter. Gjennomsnittshastigheten (v) kan beregnes ved produktet av stegfrekvens og steglengde: $v = SF \times SL$. Endringene i disse stegparametrene har vært studert i mange hesteraser og disipliner, bl.a. i trav. Steglengden øker lineært med hastigheten på gangarten, travet, mens stegfrekvensen øker langsommere og ikke-lineært. I akselerasjonsfaser, som for eksempel i starten av et løp, når imidlertid stegfrekvensen sin



maksimal verdi først, mens steglengden øker langsommere og når sitt maksimum noe senere. I undersøkelsene nevnt ovenfor er det god overensstemmelse mellom av steglengde, stegfrekvens og hestens hastighet.

Barrey et al.(1995) fant at gode travere har en stegfrekvens på 2,40 Hz eller høyere og en steglengde på 5,45 m eller lengre ved topphastighet. Den beste traveren i dette materialet hadde en hastighet på 14,22 m/s (km tid:1.10.3) med en steglengde 5,65 m og stegfrekvens på 2,52 Hz.

Persson et al. (1991) viser at yngre hester har kortere steglengde og lavere stegfrekvens ved et gitt pulsnivå (200 slag/minutt). Dersom vi antar at de undersøkte hestene har samme max-puls, innebærer dette at unge hester (yngre enn 5 år) ikke når samme hastighetsnivå som eldre hester.

Travteknikk og effektivitet

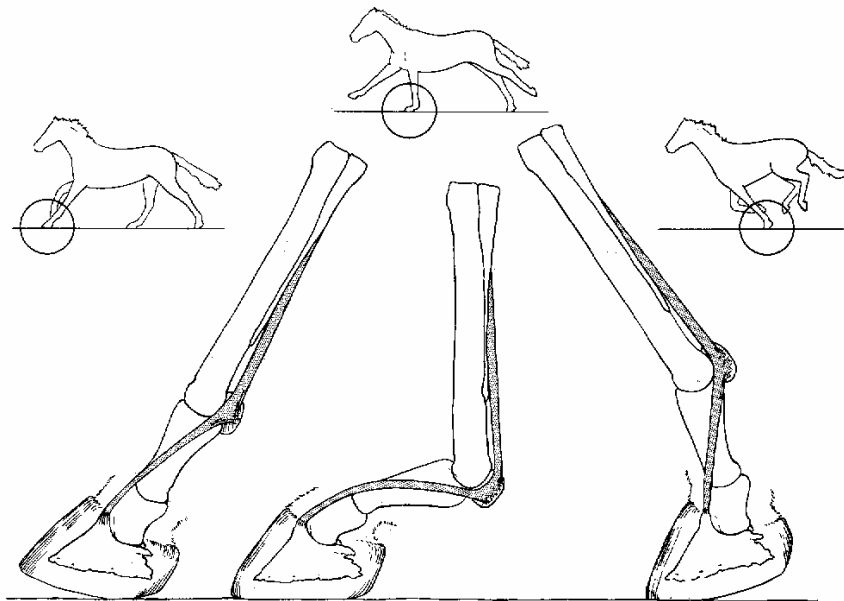
Back et al. (1994) har studert karakteristiske trekk i bevegelsesmønsteret hos hester ved 4 og 26 måneders alder. Deres studier viser at steget og tiden hoven er på bakken økte med alderen, mens svingetiden og bogvinkelen var uforandret. Leddenes vinkelmønstre var imidlertid så godt som like. Den gode korrelasjonen til noen av de kinematiske parametrene målt hos føll og voksne hester gjør det mulig å predikere kvaliteten på bevegelsesmønsteret hos voksne hester.

I 1990 gjorde Howard Seeheraen og hans kollegaer ved Tufts Universitet i Grafton, Massachusetts en studie av fullblods og varmbloods konkurransehester. Denne studien viser at det selv med store variasjoner i trening er bemerkelsesverdig små utslag i hestenes arbeidskapasitet. Varmbloodshestene har et langt mer intenst og omfattende trenings- og konkurranseopplegg enn fullbloodshestene. De målte arbeidskapasiteten på 26 varmbloods travhester og 16 fullblods galopphester under løp på tredemølle i forskjellige hastigheter. Til tross for hestenes radikalt forskjellige trenings- og konkurranseprogram, fant de ingen forskjell i arbeidskapasiteten hos de to gruppene. Det må derimot klargjøres at begge gruppene trente slik konkurransehester i de respektive disipliner trener, dvs med den intensitet og kvantitet som anses optimal for grenen. For eksempel ved toppfart på 45 km/t (km tid:1.20.0) hadde begge rasene en gjennomsnittlig hjertefrekvens på 230 slag/min. og et O₂-opptak på 160 ml/kg/min. Dette kan tyde på at forskjeller i prestasjon ligger på forskjellige karakteristiske mål i bevegelsesapparatet og teknikken i de ulike gangartene. Disse



forskjellene vil være avgjørende for energikostnadene under løpet. Hester med høyere energikostnad må kompensere med høyere energifrigjøring av metabolsk energi ved samme fart. Det vil derfor være viktig å legge vekt på bygningsmessige detaljer i bevegelsesapparatet og utvikling av løpsteknikk hos unge hester.

I forbindelse med travteknikk er det aktuelt å se på det mekaniske arbeidet som hver enkelt hest utfører for å tilbakelegge en viss distanse i en viss fart. I tillegg til arbeidet hesten må utføre mot luftmotstand og sulkyens friksjon mot underlaget, vil friksjonen i isettet av hoven kunne forårsake brems og tap av bevegelsesenergi som må gjenvinnes i frasparket. Dette bremsearbeidet avhenger av hestens teknikk. Hvis hoven, idet den møter underlaget, har en bevegelse framover i forhold til dette, vil det skje en bremsing. Hos de hestene med best teknikk har hoven sannsynligvis mindre fart framover idet den møter underlaget enn hos hester med mindre god teknikk. Det er imidlertid viktig å være klar over at dette arbeidet ikke nødvendigvis trenger å være tapt energi. Med utgangspunkt i hestens konstruksjon er det nærliggende å tro at en stor del av dette bremsearbeidet lagres som elastisk energi i muskler og sener/bånd (se figur 1), og tilbakeføres som framdriftsarbeid i fraskyvet.



Figur 1 Skjematisk fremstilling av lagring og tilbakeføring av elastisk energi i sener/bånd i hestens forbein (Hildebrand, 1988).

Hestene har også bevegelser i vertikalplanet i trav som innebærer både sats, svev og landing. Disse bevegelsene er energikrevende uten at det bidrar direkte til farten. Dette fører til at hver gang en hov har kontakt med bakken, kreves det energi i strekkmuskulaturen i beinet for å



utvikle større vertikal kraft, enn den kraften som skal til for bare å stå oppreist. Den ekstra vertikale kraften mot bakken bremser opp bevegelsen nedover (bremsearbeid) i første del av kontakttiden. Deretter skapes det fart på kroppen oppover i siste del av kontakttiden, det utføres nok et arbeid. Arbeidet i landing og sats krever mindre metabolsk energi enn det en skulle vente ut fra arbeidets størrelse. På samme måte som betraktningen i horisontal retning, vil en større eller mindre del av bremsearbeidet i vertikal retning ikke bli omformet til varme, men bli lagret som elastisk energi i muskler og sener, og tilbakeføres som løftearbeid mot slutten av kontakttiden. Denne evnen til å lagre elastisk energi, kan variere noe med hestens bygning og travteknikk.

Det er imidlertid ikke bare det ytre arbeidet, luftmotstanden, sulkyen friksjon mot underlaget og framdrifts- og løftearbeidet som krever energi. I tillegg kreves det energi til å akselerere beina fram og tilbake. Dette energikravet øker når farten øker, og det utgjør en stadig større del av den totale energiomsetningen. Dersom hesten i tillegg utfører arbeid i sideretning, krever også dette energi.

Den mest effektive hesten er den som kan holde størst fart i forhold til energiforbruket.

Denne undersøkelsen er begrenset til studier av bygningsmessige karakteristika og travteknikk hos relativt gode travhester. Dette inngår som første steg for å finne et sikrere grunnlag for utvelgelse av unghester med potensiale for gode prestasjoner i trav.

Prosjektets målsetning

Målet med denne studien var å prøve registreringsmetoder med hensyn til travhestens bygningsmessige trekk, og studere travhestens bevegelsesmønster.

Når det gjelder bygningsmessige trekk var målsetningen å se på bogvinkelen og vinkler i alle ekstremitetsledd, og lengde på ulike deler av ekstremitetene når hesten står stille.

For å studere travteknikken vil vi se på

- spatiale og temporale parametre som eksempelvis steglengde, stegfrekvens og svingetid
- bolens bevegelser i horisontal og vertikal retning



- leddenes bevegelsesmønstre i trav i tilnærmet konkurransefart
- vinkler og vinkelendringer
- hovenes posisjoner og bevegelse



Definisjoner og begrepsforklaringer

Aksjon:	Den distansen (m) hestekroppen tilbakelegger i løpsretningen den tiden hoven har kontakt med bakken.
Asymmetri:	Ulikheter i bevegelser mellom kroppshalvdelene som eksempelvis at høyre bein sett alltid lander før venstre.
Bevegelsesmønster:	Karakteristiske trekk som kjennetegner en bevegelse.
Kontaktfase:	Den delen av et steg der hoven har kontakt med bakken.
Kontaktfasetid:	Den tiden (s) i et steg der hoven har kontakt med bakken.
Steg/ stegsyklus:	En full syklus, fra ett bein er i én posisjon til neste gang det er i den samme posisjonen.
Stegsyklustid/ syklustid:	Tiden fra f eks isettet av en hov i én syklus til isett av samme hov i neste syklus.
Steglengde:	Lengden (m) hesten har beveget seg i ett steg.
Stegfrekvens:	Antall stegsykluser per tidsenhet, eksempelvis antall stegsykluser per sekund (SF) oppgis i Hz.
Svingfase:	Perioden der beinet svinges fram mellom avsett og neste isett.
Svingfasetid:	Den tiden (s) en hov ikke har kontakt med underlaget, dvs pendler i luften.
Svevfase:	Den delen av en syklus der hesten ikke har kontakt med bakken.
Svevtid:	Den tiden (s) som en svevfase har.
Syklusfrekvens:	Antall sykluser per sekund (Hz).
Varighet:	Tidsavsnitt. For eksempel hvor lang tid en bevegelse tar.



Metode

Materiale og forsøkshester

I november 1999 ble sju hester fra Stall CC testet under trav på Bjerke Travbane (se tabell 1).

Tabell 1 Data om de enkelte hestene.

Navn	I Seventy Five	Valencia Broline	CC Super Bo	Kings Image	Kings Runner	Kings Brother	King Kruzer
Initialer	sf	vb	sb	ki	kr	kb	kk
Vekt	488	456	491	473	422	455	500
Alder	6	3	2	2	3	2	4
Kjønn	hoppe	hoppe	hingst	hoppe	hingst	hingst	hingst
Pers.	1.12.7	ikke startet	ikke startet	ikke startet	ikke startet	ikke startet	1.12.7

Modell av hesten

For å beskrive og analysere travhestens bevegelsesmønster har vi laget en bisagittal modell av hesten og modellert hesten med 22 segmenter ved hjelp av 26 markører. Disse ble plassert på følgende steder (høyre og venstre side) (se figur 2):

På hode og kropp (festet på seletøyet):

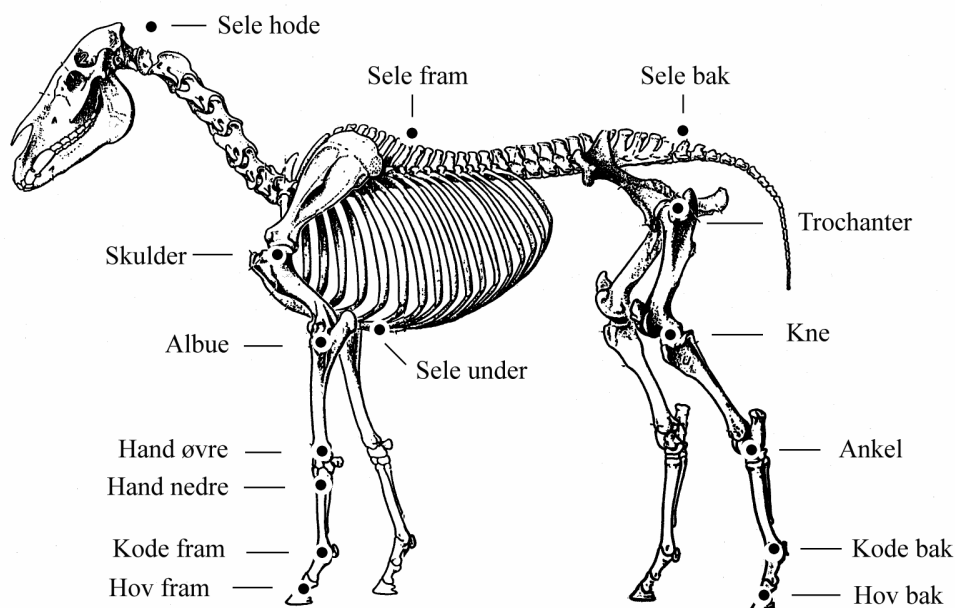
- hode, foran på rygg, bak på rygg, brystbein (under).

På begge forbeina (festet med lim og borelås/bånd):

- skulder, albue, hand øvre, hand nedre, kode, hov.

På begge bakbeina (festet med lim og borelås/bånd):

- trochanter, kne, ankel, kode, hov.



Figur 2 Markørplasseringen på forsøkshestene.

Dataoppsamling

Til å samle opp data for å studere travteknikken ble det benyttet et videoposisjoneringsystem som heter ProReflex, fra firmaet Qualisys¹. Dette er et system som kan bestemme punkters posisjoner i tre dimensjoner. ProReflex systemet består av kameraer som sender ut infrarødt lys med en gitt frekvens som kan reguleres opptil 240 Hz. Det infrarøde lyset reflekteres fra refleksmarkører (plastkuler), som er festet på hestene, tilbake til kameraene. Det reflekterte lyset registreres på en videobrikke som avleses av en PC. Deretter bestemmes markørenes posisjon 3-dimensjonalt ved krysspeiling. Opptaksperioden var 5 sek og opptaksfrekvensen var 240 Hz.

Det ble det gjennomført et opptak hvor hesten sto i ro, samt to opptak på innbyrdes ulike fartsnivå av hver hest. Fartsnivåene skulle stipuleres til 75 % av maksimal fart og maksimal fart. Hver hest kjørte med suksessiv fartsøkning på langsiden, slik at ønsket fart ble oppnådd i måleområdet (ca. 8 m).

For registrering av antropometriske data ble det gjort videoopptak i profil mens hestene sto stille. Analysen av disse ble utført i "NEAT²" videoanalysesystem.

Signalbehandling av kinematiske data

De kinematiske dataene fra ProReflex systemet ble analysert i MatLab³. MatLab er et matrisebasert system for signalbehandling og skreddersyng av funksjoner til beregninger av oppsamlede data. Det ble utviklet MatLab funksjoner for å utføre analyser av travhestens bevegelsesmønster. Her beregnes de avstander, hastigheter og vinkler som er relevante for analysen.

¹ Qualisys, Göteborgsvägen 74, 43363 Sävedalen, Sverige.

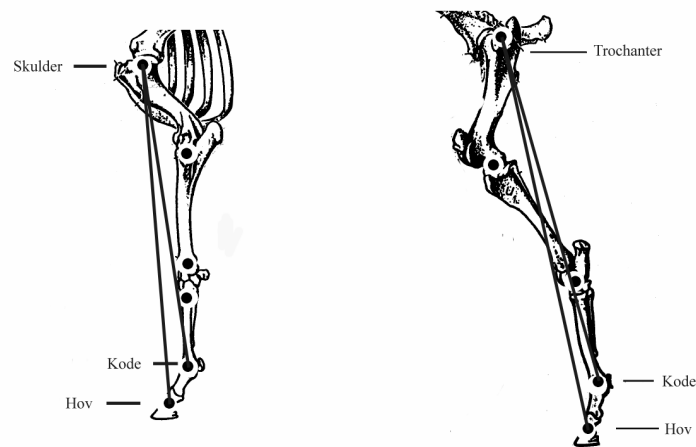
² Neat visions, inc. Palm Beach Gardens, Florida, USA.

³ The MathWorks, Inc., 24 Prime Park Way, Natick, MA 01760, USA.



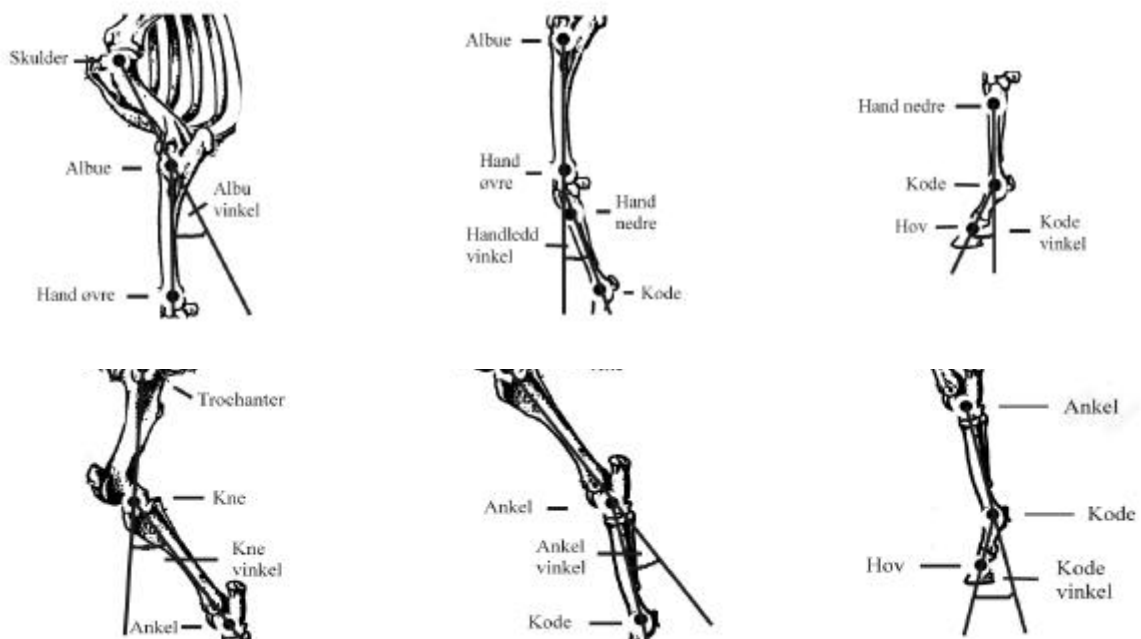
Beskrivelse av avstander og vinkler

For å beskrive lengdeendringen (deformasjonen) i hestens lemmer i kontaktfasen benyttes avstanden (m) fra skulder til hov og kode for forbeina og fra trochanter til hov og kode for bakbeina (se figur 3).



Figur 3 Viser avstandene i forbein og bakbein som er benyttet for å beskrive lengdeendringene på lemmene i kontaktfasen.

For å beskrive vinklene og vinkelendringene i beina i kontaktfasen benyttes albuevinkel, handleddvinkel og kodevinkel for forbein og knevinkel, ankelvinkel og kodevinkel for bakbeina. Hvordan vinklene uttrykkes er fremstilt i figur 4.



Figur 4 Viser hvordan vinklene i henholdsvis forbein og bakbein er uttrykt.



Resultater

I dette kapitlet presenteres tabeller som sammenlagt gir detaljinformasjon om enkelthester samt gjennomsnittsverdier. Tabellene er først og fremst beregnet på den leser som ønsker inngående informasjon om den enkelte hest. For den som vil ha en mer oversiktlig forståelse henvises det til en kortfattet beskrivelse i forbindelse med hver tabell og til diskusjonsavsnittet.

Resultatene for Kings Image (ki) kan være preget av at hesten manglet noe av det utstyr (belegg) den vanligvis bruker, noen av løpene er nærmest galopp. Alle resultatene for ki må leses med dette i tankene.

Tabell 2 Kinematiske data for de 7 undersøkte hester på forskjellige alderstrinn målt ved trav i høy hastighet. Hestene er oppført etter opptaksrekkefølge.

navn	I Seventyfive			Valencia Broil		CC Super Bo			Kings Image				K Runer		Kings Brother				King Kruzer			
initialer	sf_1	sf_2	sf_3	vb_1	vb_2	sb_1	sb_2	sb_3	ki_1	ki_3	ki_4	ki_5	kr_1	kr_2	kb_1	kb_2	kb_3	kb_4	kk_1	kk_2	snitt	std
hastighet(m/s)	12,07	11,60	13,58	10,44	12,91	8,11	9,24	10,98	8,97	8,70	9,02	9,33	10,50	13,24	10,71	12,90	10,31	12,62	11,39	12,62	10,96	1,69
km tid(sek)	22,9	26,2	13,6	35,7	17,4	2,03,4	48,3	31,0	51,5	55,0	50,9	47,2	35,3	15,5	33,4	17,5	37,0	19,2	27,8	19,3	31,8	13,5
frekvens(Hz)	2,21	2,26	2,44	2,07	2,41	1,91	1,99	2,37	1,87	2,03	1,93	1,88	1,88	2,12	2,14	2,40	2,12	2,33	2,34	2,51	2,16	0,21
steglengde(m)	5,46	5,14	5,56	5,04	5,36	4,25	4,63	4,66	4,80	4,29	5,00	4,98	5,57	6,24	5,01	5,37	4,87	5,37	4,86	5,02	5,07	0,46
kontakttid forbein(msek)	98	101	90	121	90	146	135	118	129	128	119	133	108		107	88	114	98	97	88	111	18
kontakttid bakbein(msek)	113	113	100	121	104	146	136	121	125	135	123	135	119		115	104	123	106	117	107	119	13
svingtid forbein(msek)	355	341	320	362	326	379	367	304	405	365	400	400	423	471	361	328	358	331	330	310	362	42
svingtid bakbein(msek)	340	330	309	362	311	379	365	301	409	358	396	398	412	471	354	312	349	323	310	291	354	46
syklustid (msek)	453	443	409	483	416	525	501	422	534	493	519	533	531	471	468	416	472	429	427	398	467	46
kontakttid forbein(%)	21,6	22,9	21,9	25,0	21,6	27,8	26,9	28,0	24,2	25,9	22,9	25,0	20,4		22,8	21,0	24,1	22,8	22,8	22,0	23,7	2,2
kontakttid bakbein(%)	24,9	25,4	24,4	25,0	25,1	27,8	27,1	28,7	23,4	27,3	23,7	25,4	22,5		24,5	25,0	26,0	24,8	27,3	26,9	25,5	1,6
svingtid forbein(%)	78,4	77,1	78,1	75,0	78,4	72,2	73,1	72,0	75,8	74,1	77,1	75,0	79,6		77,2	79,0	75,9	77,2	77,2	78,0	76,3	2,2
svingtid bakbein(%)	75,1	74,6	75,6	75,0	74,9	72,2	72,9	71,3	76,6	72,7	76,3	74,6	77,5		75,5	75,0	74,0	75,2	72,7	73,1	74,5	1,6
delay b-f_v-h(msek)	4,2	0,0	20,8			62,5	25,0	16,7	54,2	12,5	83,3	12,5			4,2	8,3	-8,3		12,5	0,0	20,6	25,9
delay b-f_h-v(msek)	-12,5	-8,3	-16,7		-12,5	0,0		-29,2		-16,7			-16,7		-8,3	-33,3	-20,8	-25,0	12,5	0,0	-13,4	12,2



I tabell 2 ser vi at hastigheten varierte fra 8,11 til 13,58 m/s. I Seventy Five (SF) oppnådde den høyeste hastigheten, 13,58 m/s, fulgt av Kings Runner (KR), 13,24 m/s. Det er interessant å merke seg at SF oppnådde sin topphastighet med en stegfrekvens på 2,44 Hz og en steglengde på 5,56 m. Kings Runner derimot oppnådde sin topphastighet med en stegfrekvens på 2,12 Hz og med en steglengde på 6,24 m.

Tabellen viser også at kontakttiden var langt kortere enn svingtiden. I gjennomsnitt var kontakttiden for forbeina og bakbeina 111 respektive 119 msec (23,7 respektive 25,5 % av syklustiden). Tilsvarende verdier for svingtiden var 362 og 354 msec (76,3 respektive 74,5 % av syklustiden). Forskyvningen i tid mellom diagonale beinpar viste at høyre for- og bakbein intr traff henholdsvis 20,6 og 13,4 msec før tilsvarende på venstre beinpar.



Tabell 3 Kroppens bevegelse i horisontal retning, aksjonen (m) og prosentvis fordeling, mens henholdsvis forbein og bakbein har kontakt med bakken. Aksjonen er oppgitt som en fremre og en bakre del. Tidspunktet når henholdsvis skulder eller trochanter er rett over hov skiller mellom fremre og bakre aksjon.

navn	I Seventyfive			Valencia Brol			CC Super Bo			Kings Image					K Runer		Kings Brother				King Kruzer			
initialer	sf_1	sf_2	sf_3	vb_1	vb_2	sb_1	sb_2	sb_3	ki_1	ki_3	ki_4	ki_5	kr_1	kr_2	kb_1	kb_2	kb_3	kb_4	kk_1	kk_2	snitt	std		
hastighet(m/s)	12,07	11,60	13,58	10,44	12,91	8,11	9,24	10,98	8,97	8,70	9,02	9,33	10,50	13,24	10,71	12,90	10,31	12,62	11,39	12,62	10,96	1,69		
km tid(sek)	22,9	26,2	13,6	35,7	17,4	2,03,4	48,3	31,0	51,5	55,0	50,9	47,2	35,3	15,5	33,4	17,5	37,0	19,2	27,8	19,3	31,8	13,5		
aksjon forbein(m)	1,196	1,199	1,228	1,255		1,177	1,230		1,133	1,103	1,224	1,226	1,232	1,220	1,121	1,137	1,212	1,260	1,116	1,109	1,188	0,053		
aksjon forbein fremre(m)	0,461	0,517	0,547	0,567		0,456	0,501		0,523	0,489	0,561	0,576	0,440	0,499	0,450	0,437	0,478	0,532	0,481	0,456	0,499	0,045		
aksjon forbein bakre(m)	0,735	0,682	0,680	0,688		0,721	0,729		0,610	0,614	0,663	0,649	0,792	0,721	0,671	0,700	0,734	0,729	0,635	0,653	0,689	0,048		
aksjon bakbein(m)	1,300	1,279	1,321		1,361	1,211	1,230	1,307		1,093			1,331		1,190	1,137	1,303	1,377	1,213	1,051	1,247	0,098		
aksjon bakbein fremre(m)	0,618	0,620	0,637		0,660	0,559	0,501	0,567		0,470			0,623		0,496	0,437	0,569	0,698	0,550	0,427	0,562	0,082		
aksjon bakbein bakre(m)	0,682	0,659	0,684		0,701	0,651	0,729	0,740		0,623			0,708		0,694	0,700	0,734	0,679	0,663	0,624	0,685	0,036		
aksjon forbein fremre(%)	38,5	43,1	44,6	45,2		38,8	40,7		46,1	44,3	45,8	47,0	35,7	40,9	40,2	38,4	39,5	42,2	43,1	41,1	42,0	3,2		
aksjon forbein bakre(%)	61,5	56,9	55,4	54,8		61,2	59,3		53,9	55,7	54,2	53,0	64,3	59,1	59,8	61,6	60,5	57,8	56,9	58,9	58,0	3,2		
aksjon bakbein fremre(%)	47,5	48,5	48,3		48,5	46,2	40,7	43,4		43,0			46,8		41,7	38,4	43,7	50,7	45,3	40,6	44,9	3,6		
aksjon bakbein bakre(%)	52,5	51,5	51,7		51,5	53,8	59,3	56,6		57,0			53,2		58,3	61,6	56,3	49,3	54,7	59,4	55,1	3,6		

Tabell 3 viser at aksjonen i hestenes bein, dvs den strekningen kroppen beveger seg når beina har kontakt med bakken, var i gjennomsnitt 1,118 m for forbein og 1,247 m for bakbein, dvs størst lengde for bakbein. Aksjonens fremre, bremsende, del var kortere enn den bakre, framdriftsskapende, delen. For forbeina var det henholdsvis i gjennomsnitt 42 og 58 % og for bakbeina 44,9 og 55,1 %.



Tabell 4 Hastighet (m/s) på hov i forhold til bakken ved isett og som differanse mellom kroppens hastighet og hovens hastighet, for henholdsvis forbein og bakbein.

navn	I Seventyfive			Valencia Bro		CC Super Bo			Kings Image				K Runer		Kings Brother				King Kruzer			
initialer	sf_1	sf_2	sf_3	vb_1	vb_2	sb_1	sb_2	sb_3	ki_1	ki_3	ki_4	ki_5	kr_1	kr_2	kb_1	kb_2	kb_3	kb_4	kk_1	kk_2	snitt	std
hastighet(m/s)	12,07	11,60	13,58	10,44	12,91	8,11	9,24	10,98	8,97	8,70	9,02	9,33	10,50	13,24	10,71	12,90	10,31	12,62	11,39	12,62	11,0	1,7
km tid(sek)	22,9	26,2	13,6	35,7	17,4	2,03,4	48,3	31,0	51,5	55,0	50,9	47,2	35,3	15,5	33,4	17,5	37,0	19,2	27,8	19,3	31,8	13,5
hastighet hov isett forbein(m/s)	3,83	3,59	3,59	3,67		3,47	3,10	4,38	3,25	2,67	3,45	3,91	3,53	3,91	3,39	3,10	3,66	4,55	1,63	1,77	3,39	0,74
hastighet hov isett bakbein(m/s)	6,84	6,28	6,31	5,45	6,90	4,60	5,08	6,34	5,10	5,15	6,03	5,58	5,36		5,54	6,13	5,30	6,42	7,81	7,59	5,99	0,87
diff hastighet kropp - hov forbein(m/s)	8,24	8,01	9,98	6,78		4,64	6,13	6,60	5,72	6,03	5,57	5,42	6,97	9,33	7,31	9,80	6,65	8,07	9,75	10,85	7,47	1,79
diff hastighet kropp - hov bakbein(m/s)	5,23	5,32	7,27	4,99	6,02	3,50	4,15	4,64	3,86	3,55	2,99	3,76	5,13		5,17	6,78	5,01	6,20	3,57	5,03	4,85	1,17
vertikal hastighet kropp isett(m/s)	-0,73	-0,82	-0,80	-0,89	-0,65	-0,72	-0,68	-0,71	-0,76	-0,77	-0,93	-0,77	-0,78	-0,92	-0,82	-0,73	-0,81	-0,69	-0,65	-0,66	-0,76	0,08
vert. hast. kropp isett i % av laveste	112,3	126,7	124,4	137,2	100,6	111	104,9	110,2	117,9	119,4	143,9	119,8	121,3	142,9	127,4	112,4	126,1	106,6	100	102,9	118	13

Tabell 4 viser at hoven på bakbeina har noe større hastighet framover i forhold til bakken i det den møter bakken, enn det hoven på forbeina har i det den møter bakken. I gjennomsnitt er hastigheten for bakbeina 5,99 m/s og for forbeina 3,39 m/s.

Den gjennomsnittlige differansen mellom kroppens hastighet og hovens hastighet ved isett for forbein er 7,47 m/s og for bakbein 4,85 m/s. Det vil si at forbeina har en høyere hastighet i retning bakover i forhold til bakken ved isett enn bakbeina.



Tabell 5 Avstand (m) fra skulder til hov for forbein og avstand fra trochanter til hov for bakbein i det hoven tar bakken (fotisett), i det tidspunkt av kontaktfasen hvor avstanden er minst (midten) og i det hoven forlater bakken (forlater). Differansen i avstand viser hvor mye beinet forkortes eventuelt forlenges mellom fotisett og midten, midten og forlater og mellom fotisett og forlater.

	avstand(m) fra skulder til hov for forbeina ved:			differanse i avstand(m) fra skulder til hov mellom:			avstand(m) fra trochanter til hov for bakbeina ved:			differanse i avstand(m) fra trochanter til hov mellom:		
	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater
sf_1	1,130	1,025	1,195	0,105	0,171	0,065	1,341	1,171	1,373	0,170	0,202	0,032
sf_2	1,137	1,025	1,186	0,112	0,161	0,049	1,338	1,160	1,326	0,178	0,167	0,011
sf_3	1,135	1,021	1,191	0,114	0,171	0,056	1,323	1,132	1,333	0,191	0,200	0,009
vb_1	1,141	1,019	1,215	0,121	0,196	0,074	1,329	1,181	1,337	0,148	0,156	0,007
vb_2							1,308		1,379			0,071
sb_1	1,133	1,028	1,210	0,105	0,182	0,077	1,341	1,204	1,375	0,137	0,171	0,033
sb_2	1,139	1,024	1,216	0,115	0,192	0,077	1,266	1,162	1,346	0,104	0,184	0,080
sb_3	1,136	1,031	1,201	0,106	0,171	0,065	1,337		1,355			0,018
ki_1	1,177	1,068	1,213	0,109	0,145	0,036	1,383	1,244	1,388	0,139	0,144	0,005
ki_3	1,176	1,072	1,222	0,104	0,150	0,046	1,386	1,231	1,405	0,155	0,174	0,019
ki_4	1,182	1,071	1,240	0,111	0,168	0,058	1,383	1,230	1,415	0,153	0,185	0,032
ki_5	1,174	1,052	1,235	0,121	0,183	0,061			1,431			
kr_1	1,144	1,043	1,219	0,101	0,176	0,075	1,384	1,198	1,370	0,186	0,173	0,014
kr_2	1,152	1,034	1,208	0,118	0,174	0,056						
kb_1	1,082	1,078	1,166	0,004	0,088	0,084	1,315	1,175	1,367	0,141	0,192	0,051
kb_2	1,068	1,070	1,163	0,003	0,092	0,095		1,033	1,364		0,332	
kb_3	1,085	0,985	1,144	0,100	0,159	0,059	1,304	1,160	1,368	0,144	0,208	0,064
kb_4	1,082	0,981	1,164	0,101	0,182	0,082	1,301	1,140	1,359	0,161	0,219	0,058
kk_1	1,114	1,001	1,170	0,113	0,169	0,056	1,345	1,170	1,334	0,175	0,163	0,012
kk_2	1,113	0,994	1,176	0,119	0,182	0,063	1,336	1,163	1,367	0,172	0,203	0,031
snitt:	1,132	1,033	1,197	0,099	0,164	0,065	1,337	1,172	1,368	0,157	0,192	0,032
std:	0,034	0,030	0,027	0,034	0,029	0,015	0,033	0,049	0,028	0,023	0,043	0,024

Tabell 5 viser at det skjer en lengdeendring i avstanden fra skulder til hov for forbein og i avstanden fra trochanter til hov for bakbein i kontaktfasen.

Etter fotisett forkortes forbeinet i gjennomsnitt 0,099 m før det strekkes ut i gjennomsnitt 0,164 m. Det vil si at forbeinet er strakere i det hoven forlater bakken enn i det hoven tar bakken. Den gjennomsnittlige lengdeendringen mellom fotisett og forlater for forbeinet er 0,065 m.

Bakbeinet forkortes etter fotisett i gjennomsnitt 0,157 m, for så og strekkes ut i gjennomsnitt 0,192 m. Den gjennomsnittlige lengdeendringen mellom fotisett og forlater for bakbeinet er 0,032 m.



Tabell 6 Avstand (m) fra skulder til kode for forbein og avstand fra trochanter til kode for bakbein i det hoven tar bakken (fotisett), i det tidspunkt av kontaktfasen hvor avstanden er minst (midten) og i det hoven forlater bakken (forlater). Differansen i avstand viser hvor mye beinet forkortes eventuelt forlenges mellom fotisett og midten, midten og forlater og mellom fotisett og forlater.

	avstand(m) fra skulder til kode for forbeina ved:			differanse i avstand(m) fra skulder til kode mellom:			avstand(m) fra trochanter til kode for bakbeina ved:			differanse i avstand(m) fra trochanter til kode mellom:		
	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater
sf_1	0,984	0,971	1,044	0,013	0,073	0,060	1,235	1,152	1,242	0,083	0,090	0,007
sf_2	0,996	0,974	1,044	0,023	0,070	0,047	1,228	1,135	1,209	0,093	0,074	0,019
sf_3	0,997	0,978	1,046	0,019	0,067	0,049	1,219	1,109	1,214	0,109	0,104	0,005
vb_1							1,205					
vb_2							1,179		1,191			0,012
sb_1	1,003	0,990	1,073	0,013	0,083	0,070	1,213	1,165	1,221	0,048	0,056	0,008
sb_2	1,000	0,972	1,086	0,028	0,113	0,086	1,237					
sb_3	1,006	1,008	1,070	0,002	0,062	0,064	1,184					
ki_1	1,008	1,015	1,050	0,007	0,035	0,042	1,233	1,189	1,237	0,043	0,047	0,004
ki_3	1,012	1,009	1,050	0,004	0,041	0,037	1,238	1,188	1,247	0,050	0,059	0,009
ki_4	0,998	0,968	1,051	0,030	0,083	0,053		1,174	1,250		0,077	
ki_5	1,009	1,002	1,052	0,007	0,050	0,044			1,258			
kr_1	0,977	1,000	1,039	0,023	0,039	0,062	1,241	1,153	1,209	0,088	0,056	0,032
kr_2												
kb_1	0,947	1,027	1,012	0,080	0,014	0,066	1,184	1,130	1,206	0,055	0,076	0,022
kb_2	0,947	1,022	1,006	0,075	0,016	0,059			1,208			
kb_3	0,943	0,936	0,999	0,007	0,063	0,056	1,188	1,122	1,224	0,066	0,102	0,036
kb_4	0,940	0,942	1,012	0,002	0,070	0,072	1,178	1,107	1,210	0,070	0,102	0,032
kk_1	0,968	0,952	1,016	0,016	0,064	0,048	1,207	1,130	1,185	0,077	0,055	0,022
kk_2	0,962	0,944	1,004	0,018	0,060	0,042	1,194	1,118	1,211	0,076	0,093	0,017
snitt:	0,982	0,983	1,038	0,021	0,059	0,056	1,210	1,144	1,220	0,071	0,076	0,017
std:	0,026	0,029	0,026	0,023	0,025	0,013	0,023	0,028	0,021	0,020	0,020	0,011

Tabell 6 viser tilsvarende data som i tabell 5, men legg merke til at det i denne tabellen er avstanden fra skulder til kode for forbein og avstanden fra trochanter til kode for bakbein som er oppgitt. Dette gir ved sammenligning med tabell 5 mulighet til å finne bevegelsen, svikten, som skjer i kodeleddet i kontaktfasen.

Tabellen viser at forbeinet etter fotisett forkortes lite, i gjennomsnitt 0,021 m, før det strekkes før hoven forlater bakken i gjennomsnitt 0,059 m. Den gjennomsnittlige lengdeendringen mellom fotisett og forlater for forbeinet er 0,056 m.

Bakbeinet forkortes etter fotisett i gjennomsnitt 0,071 m, for så og strekkes i gjennomsnitt 0,076 m. Den gjennomsnittlige lengdeendringen mellom fotisett og forlater for bakbeinet er 0,017 m.





Tabell 7 Vinklene i grader i albuleddet, handleddet og fremre kodeledd i det hoven tar bakken (fotisett), i det tidspunkt av kontaktfasen hvor avstanden er minst (midten) og i det hoven forlater bakken (forlater). Differansen viser endring i vinkel mellom fotisett og midten, midten og forlater og mellom fotisett og forlater.

	vinkelen (grader) i albuleddet ved:			differanse i vinkel (grader) i albuleddet mellom:			vinkelen (grader) i handleddet ved:			differanse i vinkel (grader) i handleddet mellom:			vinkelen (grader) i fremre kodeledd ved:			differanse i vinkel (grader) i fremre kodeledd mellom:		
	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater
sf_1	43,7	32,1	7,7	-11,6	-24,4	-36,0	4,0	14,5	-7,4	10,4	-21,8	-11,4	9,5	56,6	13,3	47,1	-43,3	33,7
sf_2	47,5	34,5	8,3	-13,1	-26,2	-39,2	5,3	15,5	-3,4	10,2	-18,9	-8,7	6,4	50,3	20,8	43,9	-29,4	23,0
sf_3	46,2	35,1	13,2	-11,1	-21,9	-33,0	5,1	14,4	-3,3	9,3	-17,7	-8,4	9,0	57,5	22,0	48,5	-35,6	26,5
vb_1	44,4	30,9	11,0	-13,5	-19,9	-33,4												
vb_2	49,6		8,3			-41,3	-0,7											
sb_1	54,7	40,4	23,0	-14,3	-17,4	-31,8	-1,0	11,1	-11,7	12,1	-22,8	-10,7	20,8	60,9	25,7	40,1	-35,1	14,4
sb_2	55,0	44,2	21,0	-10,8	-23,2	-34,0	2,2	13,2	-15,5	11,0	-28,7	-17,7	17,2	65,0	29,4	47,8	-35,6	18,4
sb_3	55,3	36,5	15,3	-18,8	-21,2	-40,0	1,1	14,3	-13,5	13,1	-27,7	-14,6	18,3	67,4	31,2	49,1	-36,1	17,8
ki_1	37,7	24,4	7,2	-13,4	-17,1	-30,5	-1,7	5,7	-7,2	7,4	-12,9	-5,5	15,3	69,6	20,7	54,3	-49,0	33,6
ki_3	34,6	22,7	11,8	-12,0	-10,9	-22,8	-1,5	6,7	-9,8	8,2	-16,5	-8,3	18,0	63,6	21,9	45,6	-41,7	23,7
ki_4	34,1	25,9	11,9	-8,3	-13,9	-22,2	1,2	-9,3	-21,9	-10,5	-12,6	-23,0	13,7	67,8	21,5	54,1	-46,3	32,7
ki_5	36,3	23,6	9,5	-12,6	-14,2	-26,8	0,6	10,1	-13,9	9,5	-24,0	-14,5	18,2	66,7	23,0	48,5	-43,7	25,5
kr_1	43,8	25,3	13,8	-18,5	-11,5	-30,0	4,6	17,5	-12,9	12,9	-30,3	-17,4	15,6	58,0	15,5	42,5	-42,5	27,0
kr_2	40,6	29,2	8,6	-11,4	-20,6	-32,0												
kb_1	61,8	42,0	23,4	-19,8	-18,5	-38,4	0,7	9,0	-7,8	8,2	-16,7	-8,5	17,4	60,7	22,3	43,4	-38,5	21,1
kb_2	61,8	43,2	24,1	-18,6	-19,1	-37,7	1,5	9,4	-6,0	7,9	-15,4	-7,6	24,0	59,4	18,8	35,4	-40,6	16,6
kb_3	62,1	42,1	23,2	-20,0	-18,9	-38,9	2,5	12,9	-7,4	10,3	-20,2	-9,9	12,6	58,1	21,0	45,5	-37,1	24,5
kb_4	63,2	41,3	26,4	-21,8	-14,9	-36,8	3,5	16,0	-6,9	12,5	-22,9	-10,4	12,7	59,4	21,6	46,6	-37,8	25,1
kk_1	50,5	30,5	14,1	-20,0	-16,4	-36,4	3,9	15,7	-6,5	11,8	-22,3	-10,4	12,6	57,6	21,1	45,0	-36,5	23,9
kk_2	47,1	32,7	7,4	-14,5	-25,2	-39,7	4,4	17,3	-6,0	12,9	-23,2	-10,4	11,8	53,4	14,5	41,7	-38,9	27,1
snitt:	48,5	33,5	14,5	-15,0	-19,0	-34,0	2,0	11,4	-9,5	9,4	-20,9	-11,5	14,9	60,7	21,4	45,8	-39,3	24,4
std:	9,4	7,2	6,6	-2,2	-0,6	-2,8	2,3	6,4	4,8	4,1	-1,6	2,5	4,5	5,3	4,6	0,8	-0,7	-3,8



Tabell 7 viser at det skjer en bøying av albuleddet under hele kontaktfasen, mens både handleddet og fremre kodeledd har en bøy og strekk fase fra hoven tar bakken til den forlater bakken.

Albuleddet bøyes fra hoven tar bakken til hoven forlater bakken i gjennomsnitt 34° .

Handleddet bøyes etter fotisett i gjennomsnitt $9,4^{\circ}$, for så og strekkes før hoven forlater bakken i gjennomsnitt $20,9^{\circ}$. Den gjennomsnittlige vinkelforandringen mellom fotisett og forlater for handleddet er $11,5^{\circ}$. Legg merke til at handleddet er tilnærmet strakt ved fotisett.

Fremre kodeledd bøyes etter fotisett i gjennomsnitt $45,8^{\circ}$, for så og strekkes før hoven forlater bakken i gjennomsnitt $39,5^{\circ}$. Den gjennomsnittlige vinkelforandringen mellom fotisett og forlater for fremre kodeledd er $24,4^{\circ}$.



Tabell 8 Vinklene i grader kneleddet, ankelleddet og bakre kodeledd i det hoven tar bakken (fotisett), i det tidspunkt av kontaktfasen hvor avstanden er minst (midten) og i det hoven forlater bakken (forlater). Differansen viser endring i vinkel mellom fotisett og midten, midten og forlater og mellom fotisett og forlater.

	vinkelen (grader) i kneleddet ved:			differanse i vinkel (grader) i kneleddet mellom:			vinkelen (grader) i ankelleddet ved:			differanse i vinkel (grader) i ankelleddet mellom:			vinkelen (grader) i bakre kodeledd ved:			differanse i vinkel (grader) i bakre kodeledd mellom:		
	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater	fotisett	midten	forlater	fotisett/ midten	midten/ forlater	fotisett/ forlater
				midten	forlater	midten				forlater	midten	forlater				midten	forlater	midten
sf_1	-10,3	-39,5	-35,2	-29,2	4,3	-24,9	22,8	50,5	15,9	27,6	-34,6	-7,0	15,2	60,6	13,0	45,4	-47,6	-2,2
sf_2	-7,1	-34,2	-37,3	-27,1	-3,1	-30,2	19,0	45,7	17,3	26,7	-28,4	-1,7	16,7	57,6	27,5	40,9	-30,1	10,8
sf_3	-9,6	-38,9	-33,4	-29,3	5,5	-23,8	20,0	51,7	12,3	31,7	-39,4	-7,7	19,5	55,5	24,2	36,0	-31,3	4,7
vb_1	-3,4						18,5											
vb_2	0,8	-27,3	-30,2	-29,2	4,3	-24,9	16,5	38,6	8,4	22,1	-30,1	-8,1	20,0	51,0	30,0	31,0	-21,0	10,0
sb_1	-7,2	-37,4	-35,7	-29,2	4,3	-24,9	19,1	39,1	15,6	20,1	-23,5	-3,5	26,1	62,3	27,2	36,2	-35,1	1,1
sb_2			-41,6				25,0		15,8			-9,2	16,7		19,0			2,4
sb_3	-6,0		-40,5			-24,9	23,1		17,6			-5,5	18,5		21,7			3,2
ki_1																		
ki_3	1,6		-26,3			-24,9	16,0		12,3			-3,7						
ki_4	-5,5	-40,7	-30,8	-35,2	10,0	-25,3	15,2	1,3	8,6	-13,9	7,2	-6,7			22,0			
ki_5	5,4		-29,9			-24,9	12,9		9,7			-3,3			17,0			
kr_1	-12,0	-39,4	-44,2	-27,5	-4,7	-32,2	22,9	42,0	12,0	19,1	-30,0	-10,9	16,5	59,9	17,9	43,3	-42,0	1,4
kr_2																		
kb_1	-14,3	-46,3	-44,9	-32,1	1,5	-30,6	21,3	46,0	15,1	24,7	-30,9	-6,1	23,1	52,8	14,7	29,7	-38,1	-8,4
kb_2			-45,0				23,2	45,3	10,5	22,1	-34,8	-12,7	23,8	27,4	18,1	3,6	-9,4	-5,8
kb_3	-13,5	-46,1	-41,7	-32,6	4,4	-28,2	20,7	51,3	12,1	30,7	-39,3	-8,6	22,6	51,1	15,2	28,5	-35,9	-7,4
kb_4	-18,5	-47,7	-45,8	-29,2	2,0	-27,3	26,0	54,7	12,2	28,7	-42,5	-13,8	17,0	50,8	23,2	33,7	-27,5	6,2
kk_1	0,1	-33,0	-35,2	-33,1	-2,2	-35,3	23,5	50,6	13,9	27,1	-36,7	-9,6	6,7	47,5	25,6	40,8	-21,9	18,9
kk_2	-10,8	-40,8	-38,3	-30,0	2,6	-27,5	22,7	51,1	12,5	28,4	-38,6	-10,1	9,9	50,9	20,8	41,1	-30,1	10,9
snitt:	-6,9	-39,3	-37,4	-32,4	1,9	-30,5	20,5	43,7	13,0	23,2	-30,6	-7,4	18,0	52,3	21,1	34,3	-31,2	3,0
std:	6,5	5,9	6,0	-0,6	0,1	-0,5	3,6	13,7	2,8	10,1	-10,8	-0,8	5,3	9,1	5,0	3,8	-4,1	-0,3



Tabell 8 viser at kneleddet bøyes etter fotisett i gjennomsnitt $32,4^\circ$, for så og strekkes før hoven forlater bakken i gjennomsnitt $1,9^\circ$. Den gjennomsnittlige vinkelforandringen mellom fotisett og forlater for kneleddet er $30,5^\circ$.

Ankelleddet bøyes etter fotisett i gjennomsnitt $23,2^\circ$, for så og strekkes før hoven forlater bakken i gjennomsnitt $30,6^\circ$. Den gjennomsnittlige vinkelendringen mellom fotisett og forlater for ankelleddet er $7,4^\circ$.

Bakre kodeledd bøyes etter fotisett i gjennomsnitt $34,3^\circ$, for så og strekkes før hoven tar bakken i gjennomsnitt $31,2^\circ$. Den gjennomsnittlige vinkelendringen mellom fotisett og forlater for bakre kodeledd er 3° .



Diskusjon

Innledende betraktninger

Under opptakene ble det innhentet et langt større datamateriale enn det som kan få plass i en begrenset rapport. Ved inspeksjon og bearbeiding av data har det kommet fram mange interessante forhold som har medført en del endringer i vurderingen av hva som er mest aktuelt å ta fram som resultater i rapporten.

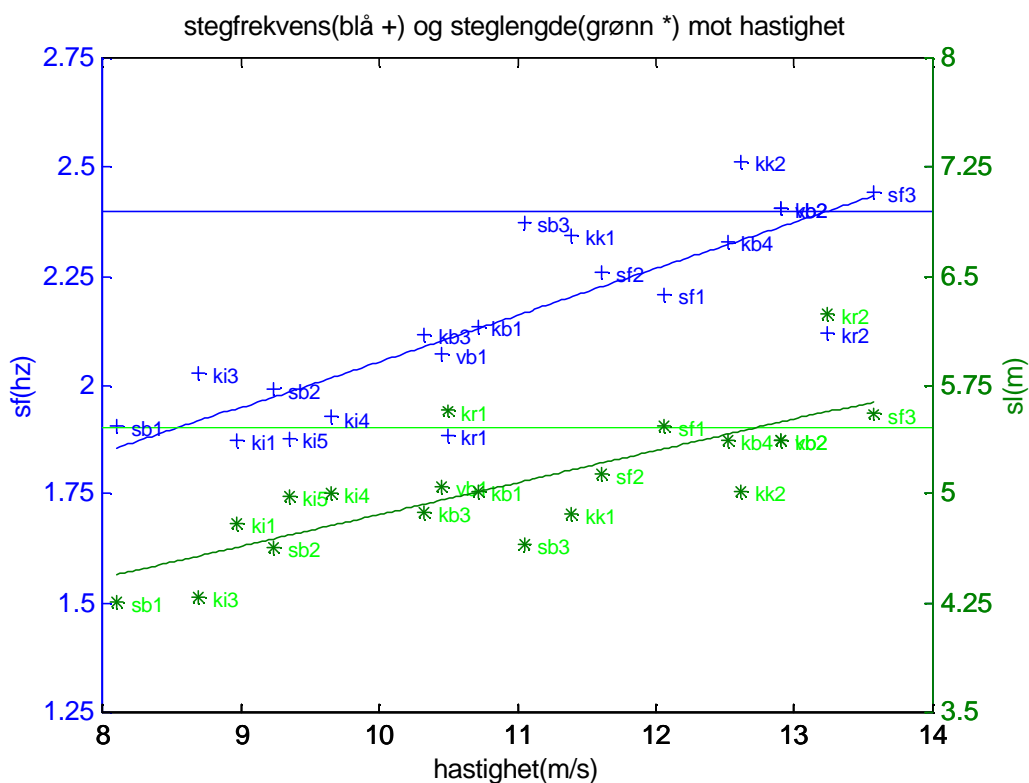
Vi har konsentrert oss om å avdekke, beskrive og diskutere travhestens tekniske løsninger og har delt inn etter hvilke forhold vi finner mest interessante. Valgene er dels gjort ut fra tidligere undersøkelser på mennesker og hester og dels ut fra kjennskap vi har til hestens spesielle anatomi.

Travet kan deles opp i sykluser som repeteres gjennom travet. Denne delen betegnes som stegsyklus. Ved å dele denne opp i mindre enheter, stegsyklusfaser, kan vi systematisere diskusjonen.

I tabell 2 i resultatdelen presenteres aktuelle data fra stegsyklusen hos de undersøkte hestene fra Stall CC. Tabellen viser steglengde, stegfrekvens, relativ og absolutt svingetid og kontaktid i tilnærmet topphastighet. Av tabell 2 går det fram at hver hest har hatt flere forsøk og at hastigheten som er målt i forsøkene varierer mye hos de enkelte hestene og hestene imellom. Planen var at hestene etter oppvarmingen først skulle trave i 75 % av maksimal hastighet, og siden i maksimal hastighet. Det var vanskelig å drive hestene så kontrollert fram, så det er usikkert hvilket nivå hastighetene ligger på i forhold til maksimal travhastighet. Forskjellene i hastighet kan også skyldes alder og utviklingsnivå, dvs at yngre hester ikke når samme hastighet som eldre (Persson et al., 1991).

På figur 5 er middelveiden for steglengde og stegfrekvens fra en undersøkelse på 24 franske konkurransehester lagt inn (Barrey et. al., 1995). Disse verdiene er lagt inn som horisontale linjer på figuren, midt på for steglengde og øverst for stegfrekvens. Gjennomsnittlig kilometertid for denne gruppen var 1:20,7 (12.07 m/s) og linjene må sees som gjennomsnittsverdi for hastigheter på dette nivået.





Figur 5 Viser hvordan steglengde (m) og stegfrekvens (hz) er ved ulike hastigheter (m/s) i vårt materiale. Det er tegnet inn initialer for hver hest. Aksen til venstre viser stegfrekvens (blå) og aksene til høyre viser steglengde (grønn). De heltrukne, vannrette linjene øverst og midt på viser hvilket nivå Barrey et al. (1995) mener henholdsvis stegfrekvens og steglengde bør ligge på ved høy hastighet.

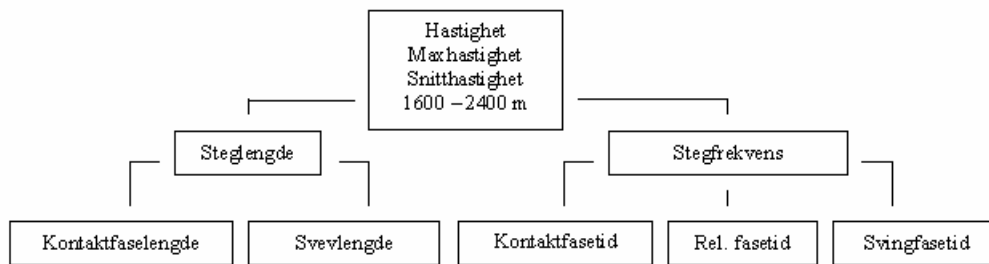
For å få en oppfatning av hvordan Stall CC's hester presterer i forhold til Barrey et al. sine hester, er middelverdiene for steglengde og stegfrekvens for Stall CC's hester plottet inn på figuren. Referansenivået for en travhest (i følge Barrey et al., 1995) er en stegfrekvens på 2,40 Hz eller høyere og en steglengde på 5,45 m eller lengre.

Toppresultatet fra den ovenfor nevnte referansegruppen var en hastighet, steglengde og stegfrekvens på 14,22 m/s (km tid:1.10.3), 5,65 m og 2,52 Hz, respektive (se figur 5). Disse resultatene er i overensstemmelse med tidligere undersøkelser (Bayer, 1973; Drevemo et al. 1980 og Dalin & Jeffcott, 1985).

Vi ser at verdiene for hestene fra Stall CC stemmer godt overens med de verdiene vi finner hos andre gode travere. Ytterligere målinger bør imidlertid foretas for å gi sikrere resultater. Steglengde og stegfrekvens og dermed travhastighet er rimeligvis avhengig av treningsgrad



og alder. I framtiden bør derfor disse parametrene studeres i ulike treningsperioder for dermed å kunne bidra til optimering av treningsstyringen.



Figur 6 Modell av faktorer som virker inn på hastigheten hos travhester, samt underlag for treningsstyring med utgangspunkt i hastighet, steglengde og stegfrekvens.

Figur 6 viser hvordan hastighet er avhengig av stegfrekvens og steglengde og at dette igjen er avhengig av andre faktorer som kan endres hos travhesten først og fremst som følge av treningsstyring. Modellen kan også gi en grov indikasjon på utviklingsnivå og potensiale ved erverving av hester.

Utgangspunktet i analysen er å studere hestens maksimale hastighet dvs den hastigheten som hesten kan prestere å utvikle på en kortere strekning (ca 60 – 100 m). Denne hastighetsverdien sier imidlertid lite om hestens prestasjonsevne på konkurransedistansene 1600 og 2400 m, men den kan gi god informasjon om de tekniske løsningene som ligger til grunn for fremdriften. Med det som bakgrunn kan man si noe om hva det koster å utføre et visst fremdriftsarbeid med den travteknikken de ulike hestene måtte ha (effektivitet).

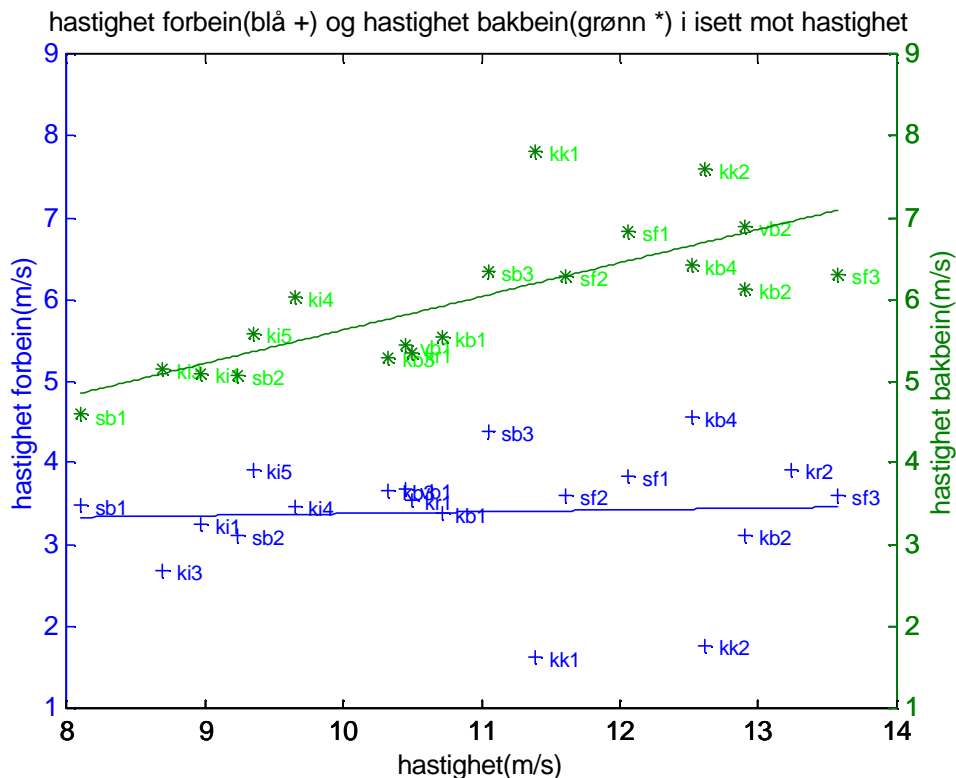
Ved beskrivelse og diskusjon av de tekniske løsningene, har vi valgt å se på følgende forhold:

- Hovenes hastighet når de treffer bakken.
- Hvilke vinkler leddene i beina har når de møter bakken, i ca midten av bakkekontakten og når de forlater bakken.
- Deformasjoner i hestens lemmer i den tiden de har kontakt med bakken.
- Mulig lagring av elastisk energi.
- Bevegelser i vertikalplanet.
- Stegsyklusasymmetrier



Hovenes hastighet når de treffer bakken

Hos mennesket og spesielt hos sprintere er det en fordel at foten har minst mulig hastighet framover i forhold til bakken idet den treffer underlaget. Dersom foten har stor fart framover i trefføyeblikket, vil det bli stor bremsevirkning. Det betyr at for å unngå brems, må foten bevegges fort bakover i forhold kroppen, slik at den har minst mulig fart framover i forhold til bakken.



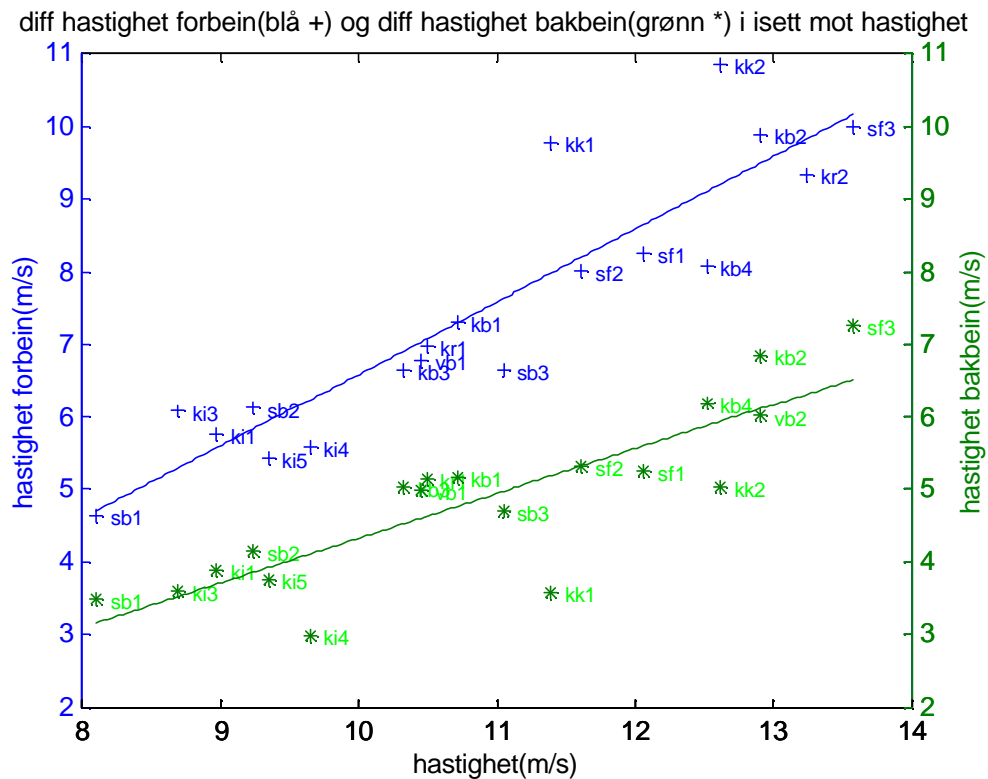
Figur 7 Hastighet (m/s) på hoven for forbein (blå +) og bakbein (grønn *) i fotisetet, ved trav for 7 hester i ulike hastigheter.

Ser vi på tabell 4 og figur 7 finner vi stor forskjell på hovens hastighet i forhold til bakken på forbein og bakbein. Hastigheten framover i forhold til bakken på forbeina ligger mellom 1,63 og 4,38 m/s, mens tilsvarende hastighet på bakbeina ligger mellom 4,60 og 7,81 m/s. Ser vi på differansen mellom kropp og hov, er det for forbeina mellom 4,64 og 10,85 m/s, mens differansen for bakbeina er fra 3,50 til 6,86 m/s.

Vi ser også av tabellen at hoven på både forbein og bakbein alltid har fart framover i forhold til bakken; dette gir bremsevirkning. Vi ser videre at forskjellen på hastigheten ved hovisett er markert forskjellig på de to beina. Denne forskjellen øker med økende hastighet (se figur 8).



Dette kan tyde på at forbein og bakbein har forskjellige oppgaver i trav. Dette kommer også til uttrykk i bygningen av de to beina. Det kan derfor være gunstig å se på forbein og bakbein hver for seg.



Figur 8 Differanse i hastighet (m/s) mellom kropp og hov for forbein (blå +) og bakbein (grønn *) i hovissettet ved trav for 7 hester i ulike hastigheter.

I fortsettelsen vil vi først se på hovens hastighet på de to beina og deretter diskutere arbeidsfordelingen på henholdsvis forbein og bakbein.

Forbeinas hastighet ved hovissett

Vi finner at hestene foretar en tydelig akselerasjon bakover av forbeina før hovene tar bakken. Dette er tydeligst ved store hastigheter. King Kruzer som har de beste prestasjonene, har den desidert laveste verdien og derved minst brems, selv om hastigheten på kroppen er stor. I Seventy Five har en hastighet framover på hoven på 3,59 m/s, men hun har også den høyeste hastigheten på kroppen, slik at forskjellen blir nærmere 10 m/s. Noe av det samme finner vi hos Kings Brother.

Vi har undersøkt et relativt lite materiale, men det kan synes som om de hestene som løper fortest, har størst forskjell i hastighet på kropp og hov. Hastigheten framover på hoven er



minst og derved får de minst brems. Dette bør kunne være et viktig kriterium ved vurdering av potensielle travere og styring av trening.

Bakbeinas hastighet ved hovisett

Av tabell 4 og figurene 7 og 8 kan vi se at hoven på bakbeina har langt større hastighet framover i forhold til bakken enn hoven på forbeina. Dette må nødvendigvis gi tilsvarende større bremsevirkning. Det er med andre ord langt mindre akselerasjon bakover av bakbeina enn av forbeina før hovisett. Dette ser vi i tabellen som differanse mellom hastighet på kropp og hastighet på hov for bakbein. King Kruzer skiller seg ut også her med en hastighet på henholdsvis 7,59 m/s på hov og 12,62 m/s (km tid:1.19.2) på kropp, som gir en differanse på 5,03 m/s mellom kropp og hov. For I Seventy Five er tilsvarende verdier 6,31 m/s, 13,58 m/s og differanse 7,27 m/s. For begge hestene må dette nødvendigvis gi stor bremsevirkning. I utgangspunktet skulle dette gi unødig stor energisløsing, noe mindre for I Seventy Five enn for King Kruzer. Ved å se på arbeidsfordelingen mellom forbein og bakbein, må man (siden hesten er en løpsspesialist) regne med at den relativt høye hastigheten framover på bakbeinets hov er hensiktsmessig. Denne differansen mellom kroppens hastighet framover og hovens hastighet bakover i forhold til kroppen øker med økende hastighet. Denne tendensen gjør seg gjeldende i hele materialet i undersøkelsen. Akselerasjonen bakover starter når hovens hastighet framover i forhold til kroppen stoppes. Deretter skapes det hastighet bakover i forhold til kroppen. Denne er større for forbeina enn for bakbeina. Massen i bakbeina er imidlertid mye større enn i forbeina og det trengs derfor tilsvarende større muskelkraft for å skape akselerasjon på bakbeina enn på forbeina.

Deformasjon og lagring av elastisk energi

Anatomien i bakbeina skiller seg mye fra forbeinas anatomi, og det på en måte som kan gi mulighet for lagring av elastisk energi. For å lagre elastisk energi i et legeme, må det deformeres på en måte som fører til økt spenning. Hos hesten må dette i tilfelle være at bremsekraften gir en midlertidig forkorting av beinet som går tilbake til full utretting før hoven forlater bakken.

For å studere dette er det gjort målinger av beinets lengde fra markøren i hoftelrådet til markøren på hoven ved isett, når hoven er rett under skulderleddet for forbeinet og under trochanter for bakbeinet og når hoven forlater bakken.



Lagringen av elastisk energi er et produkt av kraften som deformerer og deformasjonens størrelse. Stivheten i systemet bestemmer kraften og evnen til å rette ut igjen deformasjonen. Den naturlige bøyen i bakbeinet vil altså være bestemmende for hvor egnet det er for lagring av elastisk energi. Dersom beinet er for stivt, vil det bli liten deformasjon og derved mindre mulighet for lagring og utrettingen og dermed vil tilbakeføringen av energien komme for raskt. Er det for stor bøy i utgangspunktet, vil stivheten bli for liten. Dette vil medføre at en mindre kraft kan deformere beinet, noe som også vil føre til mindre lagringsevne. Et for bøyelig bein vil også føre til at tilbakeføringen av den elastiske energien til framdriftsarbeid kommer for seint.

Tabell 5 viser lengden av beinet definert som avstanden fra skulder til hov på forbein og fra trochanter til hov på bakbein fra isett til maksimal deformasjon (fotisett-midten), ekspansjonen fra maksimal deformasjon til avsett (midten-forlater) og differansen (fotisett-forlater) for henholdsvis forbein og bakbein. Vi ser at deformasjonen er i gjennomsnitt tilnærmet dobbelt så stor i bakbeina som i forbeina. Både forbein og bakbein er lengre i det hoven forlater bakken enn ved isett.

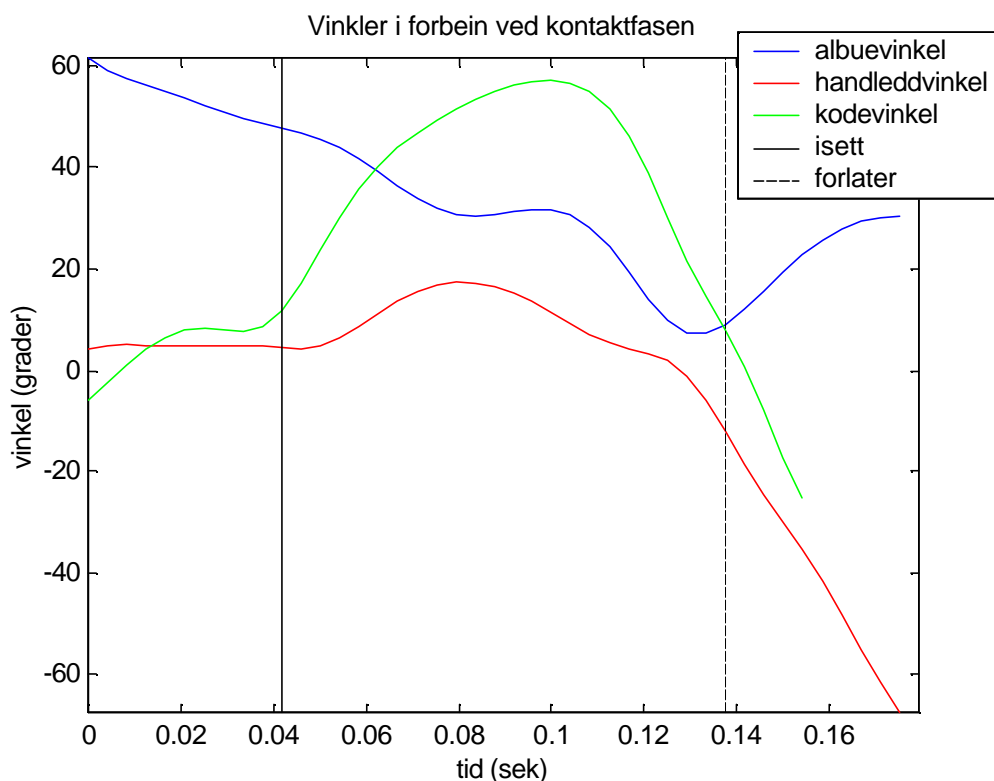
Det er tydelig at det er stor deformasjon i kodeleddet i aksjonsfasen, og det er derfor gjort målinger av avstanden fra henholdsvis skulder og trochanter til kodeledd for forbein og bakbein (tabell 6).

Deformasjonen av forbeina

Tabell 5 viser differansen i avstand fra skulder til hov for forbeina ved hovisett, når skulderleddet er rett over hoven (midten) og når hoven forlater. Differansen i lengde fra skulder til hov mellom fotisett og midten er i middel 0,099 m og tilsvarende differanse fra midten til hoven forlater er 0,164 m. Det vil si at beinet er lengre når det forlater enn når det møter bakken.

Hvis vi i tabell 6 ser dette i sammenheng med tilsvarende avstander mellom skulder og kode, finner vi at forkortingen mellom fotisett og midten er 0,02 m. Det meste av deformasjonen, 4 femdeler, skjer derfor hovedsakelig ved bøyning i kodeleddet og 1 femdel ved endringer i leddene over (se figur 9). Videre ser vi at beinet er betydelig lengre idet hoven forlater enn idet den møter. Tabellen viser at mesteparten av den ekstra forlengelsen må komme fra utretting i albueleddet.





Figur 9 Vinkelforandring i grader i forhold til tid i albue, handledd og kode (se fargekoder) under kontaktfasen. De vertikale linjene viser starten og slutten på kontaktfasen.

Stivheten i beinet er avhengig av vinkler i ledd og av bånd og muskler som virker over leddene. Eventuell lagring av elastisk energi må følgelig skje i disse strukturene (bånd og muskler) i de leddene som bøyes, i første rekke kode- og albueledd.

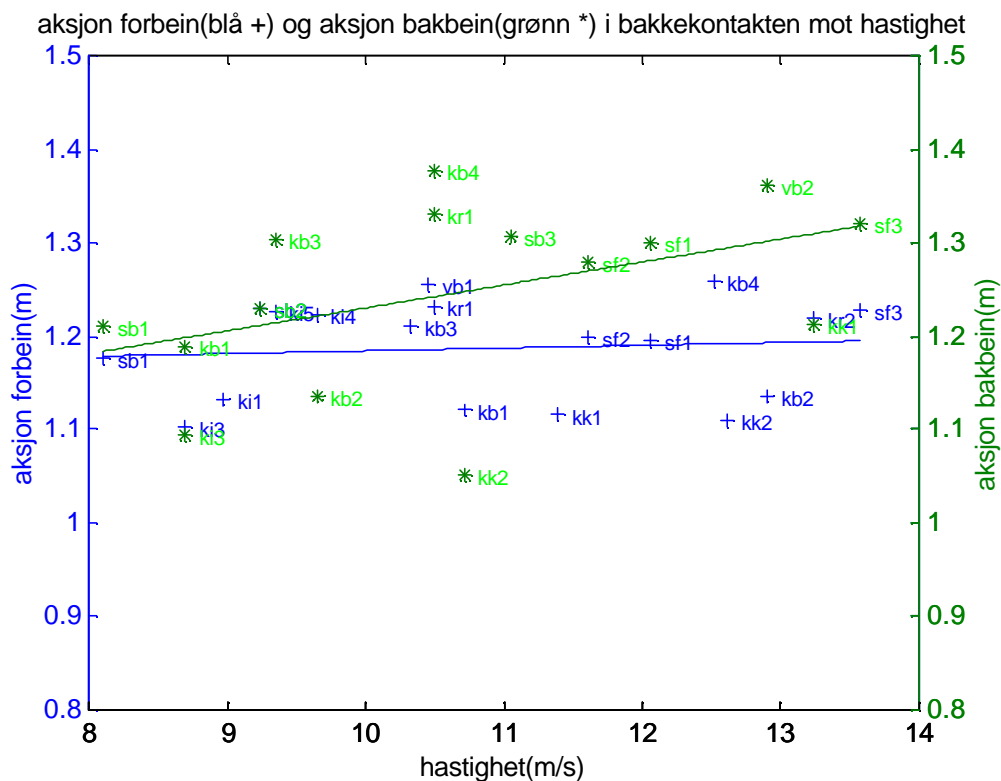
Aksjon forbein

Aksjon er definert som den distansen (m) hestekroppen tilbakelegger i løpsretningen når hoven har kontakt med bakken. Aksjonslengden for forbeina er fordelt med ca 40 % før og 60 % etter loddrett bein (se figur 11). Dette er en følge av at forbeinet akselereres relativt mye bakover i forhold til kroppen før isettet, slik at hastigheten på hoven blir liten i forhold til bakken. En stor del av hestens masse ligger over forbeina, slik at det kan se ut som om forbeina først og fremst har som oppgave å holde hesten oppe i tyngdefeltet på relativt strake bein. Med strakt bein er dette energimessig gunstig, fordi det stiller mindre krav til muskelenergi. Den nødvendige fjæringen finner vi i kodeleddet og sannsynligvis også i skulderbuen. For å unngå for mye brems, må det strake beinet settes godt under kroppen med minst mulig hastighet framover. Den lagrede energien i koden, samt muskelkraft i

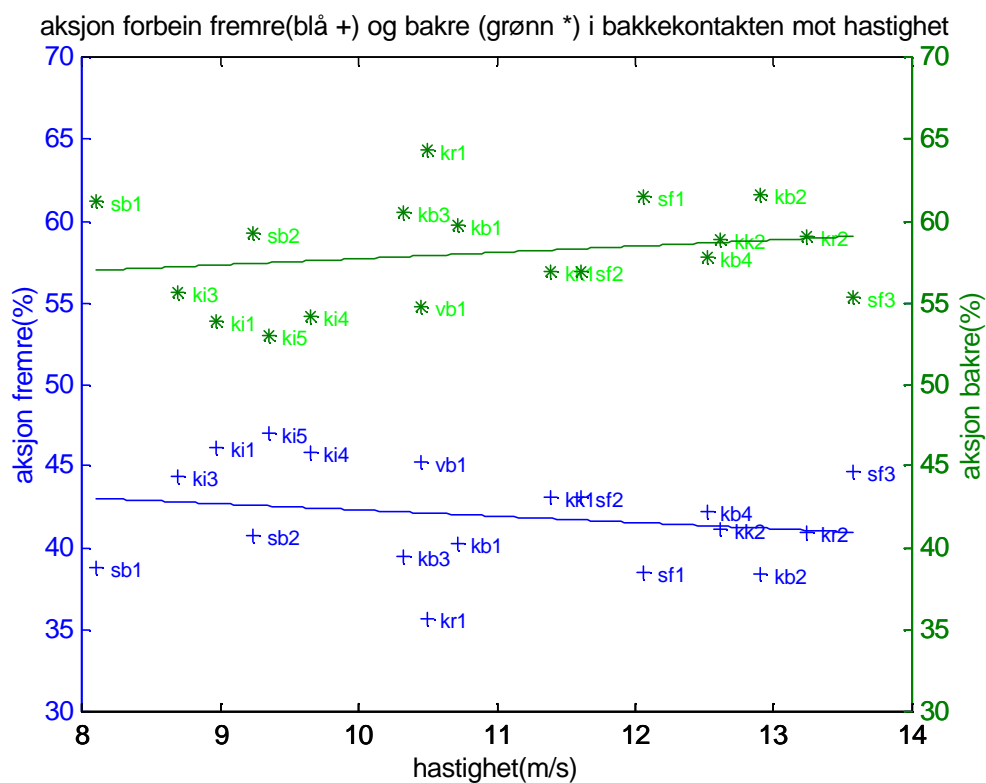


bakoverførere i skulderledd og strekkere i albuledd gir bidrag til forlengelse av bakre delen av aksjonen og derved bidrag til framdrift.





Figur 10 Aksjonslengde (m) for forbein (blå +) og bakbein (grønn *) ved trav for 7 hester i ulike hastigheter (m/s).



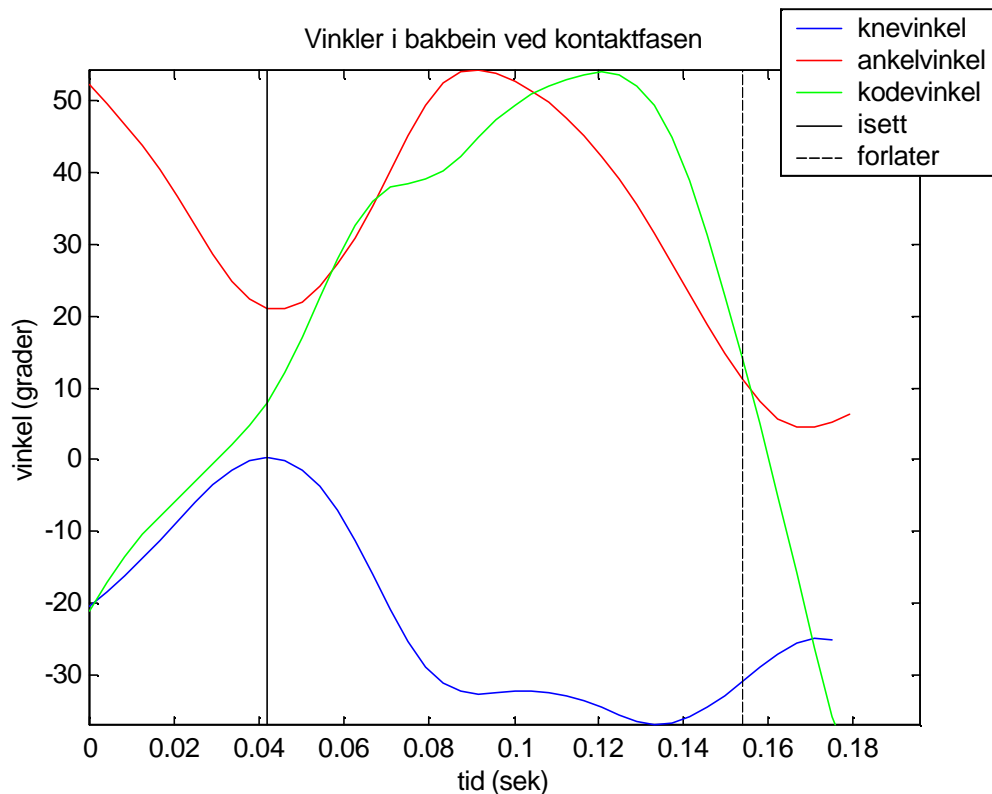
Figur 11 Aksjonslengde fremre- (blå +) og bakre del (grønn *) i prosent av total aksjonslengde for forbein ved trav for 7 hester i ulike hastigheter (m/s).





Deformasjonen av bakbeina

Tabell 5 og tabell 6 viser på tilsvarende måte for bakbeinet som for forbeinet lengden på bakbeinet i forskjellige posisjoner. Lengden måles fra trochanter til henholdsvis hov og kode. Differansen i lengde fra trochanter til hov mellom fotisett og midten er i middel 0,15 m og tilsvarende differanse fra midten til hoven forlater er 0,19 m. Det vil si at beinet er lengre når det forlater enn når det møter bakken.



Figur 12 Vinkelforandring i grader i forhold til tid i kneledd, ankelledd og kode (se fargekoder) under kontaktfasen. De vertikale linjene viser starten og slutten på kontaktfasen.

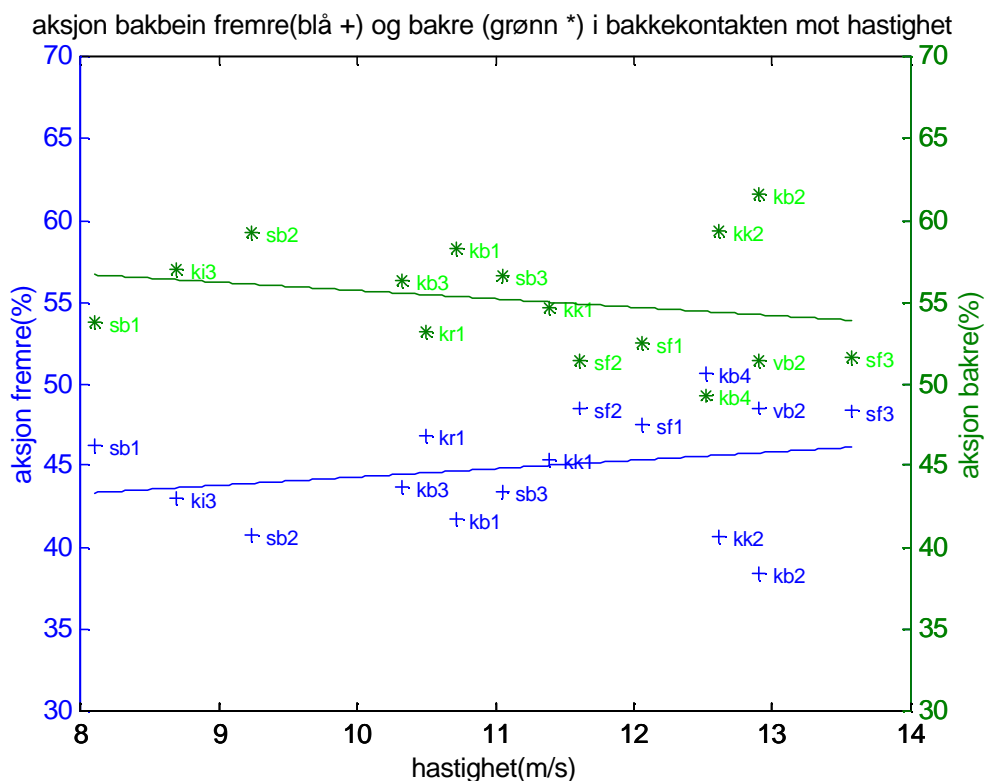
Hvis vi i tabell 6 ser dette i sammenheng med tilsvarende avstander mellom trochanter og kode, finner vi at forkortingen mellom fotisett og midten er 0,07 m. Det betyr at noe over halvparten av deformasjonen skjer i kodeleddet og resten ved endringer i leddene over (se figur 12). Videre ser vi at beinet er noe lengre idet hoven forlater enn idet den møter for alle hestene. Dette kan være et viktig kriterium for god travteknikk. Tabell 7 viser også at den ekstra forlengelsen må komme fra utretting i ankelleddet. Stivheten i beinet er avhengig av vinkler i ledd og av bånd og muskler som spenner over leddene. Eventuell lagring av elastisk energi må følgelig skje i disse strukturene (bånd og muskler) i de leddene som bøyes, i første rekke kode- og ankelledd. Av figur 12 ser vi at kneet er strakt ved hovisett, det bøyes deretter



ca 30° og holdes så bøyd til frasparket er nesten avsluttet. Leddet er med andre ord ikke med på fullføringen av beinets strekking, forlengelse. Det kan ved første betraktning se ut som spilt energi, men den lagrede energien gjenvinnes sannsynligvis ved akselerasjon framover av legg og fot.

Aksjon bakbein

Aksjonslengden for bakbeina fordeles likt før og etter midten. Det synes som om hovedoppgaven for bakbeina er å bidra til framdrift. Det relativt store stemmet kan synes uheldig på grunn av brems, men som vi har vært inne på tidligere, lagres sannsynligvis energien fra bremsearbeidet i bånd og muskler knyttet til alle leddene i bakbeina. Det meste av denne energien gis tilbake som bevegelsesenergi og derved som bidrag til hastigheten og fremføring av legg og fot. Det meste av bremsevirkningen i første del av aksjonen blir langt på vei oppveid. Denne måten å "spenne opp" muskulaturen rundt hofteledd og i ankelledd på, skaper også bedre muligheter for denne muskulaturen til å utføre konsentrisk arbeid i den siste delen av aksjonsfasen. Dette arbeidet er selvfølgelig også viktig for å oppveie luftmotstand og rullemotstanden (friksjonen) til sulkyen.



Figur 13 Aksjonslengde fremre- (blå +) og bakre del (grønn *) i prosent av total aksjonslengde for bakbein ved trav for 7 hester i ulike hastigheter (m/s).



Bevegelser i vertikalplanet

Tabell 4 viser at bevegelsene i vertikal retning er relativt små. Hestene har en svevfase som varer i ca ett sekund. Stemmet og tilbakeføring av elastisk energi på både forbein og bakbein, bidrar til bevegelsen oppover i svevet. Ved landing etter svevet oppstår nytt stem og ny lagring av elastisk energi. Denne energien og disse bevegelsene gir ikke noe direkte bidrag til framdriften. Dersom disse bevegelsene er små, vil de ikke kreve mye muskelenergi (Heglund, 1982). Det vil foregå en veksling mellom bevegelsesenergi, stillingsenergi og elastisk energi. King Kruzer er den hesten i Stall CC som har desidert minst vertikale bevegelser. Med store bevegelser i vertikal retning blir det høye og lange svev, med sterkt nedsatt frekvens, og frekvensen er som kjent en viktig faktor for hastigheten.

Stegsyklusasymmetrier

Et innebygget problem i hestesporten er at hesten gjennomfører trav i en hastighet som etter naturen skulle ha foregått i galopp. Problemet blir spesielt påtagelig i de høye hastighetene som travhester i dag klarer å holde, ettersom syklusvarigheten og dermed også kontakttiden og svingfasetiden blir kort. Den gjennomsnittlige kontaktfasetiden hos Stall CC's undersøkte hester ligger på ca 100 millisekunder (ms) (se tabell 2). Dette medfører at til og med en svært liten forstyrrelse og medfølgende forskyvning i hestens bevegelsesfaser kan lede til en så stor endring i stegfaserelasjoner at det lett skjer et skifte av gangart. Sannsynligvis er det slik at trav går over i galopp når et kritisk tidsgrensenivå passerer. Hvor denne eventuelle tidsgrensen ligger, er vi ikke kjent med. En undersøkelse av tidsforskjeller i stegvarigheten hos hester som ofte "feiler", skulle kunne gi svar på dette spørsmålet. Det er rimelig å tro at hestens grunnkolering i travbevegelsen er viktig for å redusere forskjeller og reduksjon i stegfasevarighet. Faseforskyvninger som kommer av koordinative mangler hos hesten, lar seg påvirke ved trening. Dette kan også gjelde for eventuelle "feil" som forårsakes av forskjell i styrke mellom muskelgrupper som har ansvar for fram- og bakbeinas bevegelser. Denne forskjellen i, eller mangelen på styrke, kan være koblet til både kontakt- og svingfasen. Ved studier av Stall CC's hester finner vi en gjennomsnittlig tidsforskyvning på ca 10 til 20 millisekunder mellom fram- og bakbein. I relasjon til hele syklustiden tilsvarer det en tidsforskyvning på 4 prosent, men i kontaktfasetiden dreier det seg om hele 10 – 20 %. Det er også et interessant funn at de undersøkte hestene i Stall CC viser en tendens til systematikk i tidsforskyvningen mellom hovisett, slik at høyre bak- og forbein i begge de diagonale



beinparene i trav alltid landet først (se tabell 2). Dette kan muligens relateres til den ”påtvungne” kurveløpingen ved banetrening. Om dette er problemet, skulle det kunne hjelpe med en tilstrekkelig ”dose” med kurveløping i høyrekurver eller alternativt drive mindre trening på rundbane. At de ulike bevegelsesfasene i hestens stegsyklus kan påvirkes, har vært vist av Clayton (1990). Her ble det vist at forandring av hovvinkelen ved ytre påvirkning resulterte i forandringer av stegsyklusen.

Oppsummering og praktiske konsekvenser

I denne studien har vi funnet interessante tendenser når det gjelder travhastighet, steglengde og stegsyklusfrekvens. Det er også interessant å notere forskjellen i vertikale bevegelser, hovhastighet, beinas deformasjon og aksjon under kontaktfasen.

Det er også grunn til å trekke fram forskjellen i bruken av forbeina og bakbeina.

Forbeina ser ut til å ha som primæroppgave å holde hesten oppe i tyngdefeltet, mens bakbeina står for framdriften. De beste hestene løser oppgaven til forbeina med lite tap av horisontal hastighet. Beina settes i bakken med lite stem (godt innunder seg) og med liten hastighet på hoven framover. Dette krever stor kraftutvikling i muskulaturen som skal akselerere beinet bakover (bl. a. latissimus dorsi). Kraftutviklingen i denne muskulaturen og i muskulaturen som fører beina framover (bl. a. brystmusklene) vil også være vesentlig for stegfrekvensen.

Det er all grunn til å se på trening og treningsmetoder som stimulerer til bedring av kraftutviklingen i denne muskulaturen.

Når det gjelder bakbeina, ser det ut til at hesten avstemmer hastighet og vinkel på beinet i forhold til bakken på en slik måte at ”bremsearbeidet” lagres som elastisk energi i bånd og i muskler rundt leddene. Den lagrede energien gis tilbake som framdriftsarbeid i siste del av frasparket. Denne eksentriske innledningen gir gunstige betingelser for stor kraftutvikling i frasparket. Rekruttering av muskelfibre er tilnærmet maksimal idet den siste delen av utrettingen starter. Her vil det være avgjørende med en godt utviklet strekkmuskulatur og god bevegelighet framover i hofta, slik at hesten får bakbeinet godt innunder seg og derved mulighet til stem, slik at strekkmuskulaturen ”spennes opp”. Hvis beinet settes ned lengre bak og med mindre hastighet framover, så vil stemmet og dermed oppspenningen bli dårligere.



Med tanke på å forbedre dette vil det være aktuelt med bevegelsestrening for hofteleddet og styrketrening for hele strekkapparatet i bakbeina.

Til slutt vil vi framheve funnene med hensyn til asymmetrier i stegsyklus.

Prosjektet omfatter bare 7 hester som bare har vært studert i et eneste oppsett, slik at man ikke med full sikkerhet kan hevde at de mønstrene som identifiseres, gjelder generelt. Vi anser likevel at det med hensyn til de hestene som er studert i Stall CC, er av interesse å være observant på noen av funnene i studien.

Nedenfor vil vi beskrive noen konsekvenser med utgangspunkt i disse funnene. Detaljerte anbefalinger angående trening og tester i forbindelse med innsamlede data ligger imidlertid utenfor målsettingen med dette prosjektet. Det vil derfor bare bli antydning av noen kortfattede forslag i denne sammenhengen.

Ettersom den hastigheten en hest greier å holde gjennom et løp, er direkte avgjørende for de resultatene som oppnås, så mener vi at analysen av hestene kan starte her. Det er interessant å notere forskjeller i hastighet for Stall CC's unghester i forhold til erfarne hester.

Forslagsvis kan en slik test omfatte både sprintevne (hastigheten som oppnås ved f eks "flygende" 50 –100 m) og evnen til å holde høy hastighet over en travdistanse (holde høy hastighet over tid).

For en hest som har evne til å oppnå stor hastighet, men manglende evne til å holde hastigheten gjennom hele travdistanse, bør det settes fokus på utholdenhetstrening av ulike typer (f eks trening som forbedrer evnen til O₂-opptak og evnen til å tåle melkesyre samt utholdende styrketrening).

En hest som har begrensninger i både sprintevne og utholdenhet bør studeres nærmere med hensyn til de stegsyklusparametrene som har direkte innvirkning på hastigheten, nemlig steglengde og stegfrekvens. Begrensningene kan ligge i en av eller i begge disse parametrene og følgen blir at man bør tittle nærmere på stegsyklusen med utgangspunkt i resultatene hentet fra Stall CC's hester. Her kan man studere om problemet ligger i for store vertikale bevegelser og/eller hovhastighet og beinaksjon i forhold til evnen til å lagre elastisk energi. For å få bedre oversikt over dette må man gjøre inngående analyser av vinkelendringer, hastigheter og akselerasjoner, noe som kan gjøres ved hjelp av de metodene som er brukt i dette prosjektet. En del av disse parametrene kan studeres med enkel videoteknikk, mens andre detaljer i travbevegelsen krever utstyr med en tidsopløsning (billedfrekvens) tilsvarende ProReflex.



Gjentakelser av enkle eller mer avanserte tester kan dels utgjøre en monitor på de ulike hestenes utviklingsnivå og prestasjonsevne, men kan også gi viktig tilbakekobling på om spesifikk trening i en treningsperiode har vært vellykket og gitt ønsket effekt.

Prospekt

En gunstig fortsettelse på dette prosjektet kunne være å arbeide videre med enkle (billige) testmodeller i kombinasjon med mer sjeldne avanserte studier med tyngre utstyr. Det bør også utvikles treningsmodeller for å påvirke de ulike stegsyklusparametrene. Her vil vi understreke betydningen av godt samarbeid mellom trenere og annet relevant personell samt biomekanikk-teamet. Den samlede effekten av de hestekyndiges store erfaring og mulighetene til å utnytte biomekaniske målemetoder, bør kunne gi resultater i det minste i et lengre perspektiv.



Referanser

- Back, W. et al.: Longitudinal development of the kinetics of 4-, 10-, 18- and 26-month-old Dutch Warmblood Foals, *Equine Veterinary Journal, Suppl. 17* (1994) 3-6
- Barrey, E., Auvinet, B. & Couroucé, A. Gait evaluation of race trotters using an accelometric device. *Equine Veterinary Journal, Suppl. 18* (1995) 156 – 160
- Bayer, A.: Bewegungsanalysen an trabenpferden mit hilfe der ungulographie. *Zentralbl. Veterinarmed.* 20 (1973) 209 – 221
- Dalin, G. & Jeffcott, L.B.: Locomotion and gate analysis. *Veterinary Clinics of North America: Equine practice*, Vol. 1, no. 3 (1985) 549 – 572
- Drevemo, S., Dalin, G. & Fredricson, I.: Equine locomotion. The analysis linear and temporal stride characteristics of trotting standardbreds. *Equine Veterinary*, 1980
- Dusek, J. et al. :Beziehungen zwischen Trittläge, Trittfrequenz und Geschwindigkeit bei Pferden. *Z. Tierzücht. ZüchtBiol.*, 87 (1970) 177-180
- Heglund, N.C., Fedak, M.A., Taylor, C.R. & Cavagna, G.A. Energetics and mechanics of terrestrial locomotion. IV. Total mechanical energy changes as a function of speed and body size in birds and mammals. *Journal of experimental Biology*, 97 (1982) 57-66
- Hildebrand, M.: *Analysis of Vertebrate Structure*, John Wiley & sons, Inc. New York, 1988, ISBN 0-471-82568-9
- Leach, D.H. and N. Cymbaluk: Relationships between stride length, stride frequency, velocity and morphometric of foals. *Am J Vet Res*, 47 (1986) 2090
- Magnusson, L-E.: *Studies on the conformation and related traits on standard bred trotters in Sweden. Ph. D. Thesis*, Skara, Sweden, 1985
- Persson, S.G.B. og Essén-Gustavsson, A.: Energy profile and the lokomotor pattern of trotting on an inclined treadmill. *Exercise Physiology* 3 (1991) 231 – 238
- Seeherman H.J. and E. A. Morris: Methodology an repeatability of a standadized exercise testfor clinical evaluation of fitnessin horses. *Equine Vet C J, Suppl.* 9 (1990) 20

