

JTI-rapport

Lantbruk & Industri

330

Hälsoeffekter vid automatisk nivellering av stol vid traktorkörning

Niklas Adolfsson
Anna Torén
Kurt Öberg



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

2004

Hälsoeffekter vid automatisk nivellering av stol vid traktorkörning

Health effects of driving an agricultural tractor with a tilting chair

Niklas Adolfsson
Anna Torén
Kurt Öberg

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2004**
Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary	8
Bakgrund.....	9
Syfte	10
Specifika frågeställningar	10
Material och metoder	11
Datorsimulering.....	11
Fältförsök	11
Försökspersoner.....	11
Utrustning	12
Bekvämlighet/obekvämlighet och arbetsfunktion	14
Arbetsgång.....	15
Databearbetning.....	16
Resultat	17
Datorsimulering.....	17
Insamlade primärdata	18
Förarnas genomsnittliga laterala böjning	20
Belastningsdos.....	20
Bekvämlighet/obekvämlighet	23
Arbetsfunktion.....	23
Resultatsammanfattning	23
Diskussion.....	24
Referenser	25
Bilaga 1. Lutningsgivarnas kalibreringsfunktioner.	27
Bilaga 2. Formuläret som användes för utvärdering av bekvämlighet/obekvämlighet (efter Helander & Zhang, 1997).....	29
Bilaga 3. EVA-diagram över ryggens laterala böjning.....	31
Bilaga 4. Förarnas betyg av bekvämlighet/obekvämlighet.....	35
Bilaga 5. Förarnas betyg av arbetsfunktion	37

Förord

Exponering för lateral böjning i ryggen vid plöjning ökar risken för ländryggsbesvär hos lantbrukare. Eftersom traktorbeståndet i Sverige är gammalt och omsättningstakten låg kan en snabb förbättring av arbetsmiljön erhållas genom användning av ergonomiska hjälpmedel. Ett sådant hjälpmedel är den utrustning för automatisk nivellering som håller sitsen i horisontellt läge när traktorn lutar. Men införandet av ergonomiska hjälpmedel kan också förvärra arbetsmiljön ur andra synvinklar. Därför är det viktigt att vetenskapligt utvärdera hjälpmedlen, något som genomförts i detta projekt av automatisk nivellering.

Fältstudierna har varit förlagda till Sätuna gård utanför Uppsala, som också välvilligt ställde en plog till vårt förfogande. Från SitRight RKN AB har vi lånat den automatiska nivelleringsplattan som användes i försöken. Projektledare har varit forskningsledare Anna Torén, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Fältstudierna och databearbetningen har utförts av biträdande forskare Niklas Adolfsson och forskningstekniker Claes Jonsson vid JTI. Ergonom Kurt Öberg, Ergonomitjänst, har bidragit med värdefulla råd och synpunkter under hela projektarbetet, från planering till rapportering.

Projektet finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning.

Till alla som deltagit i projektet riktar JTI ett stort tack.

Uppsala i mars 2004

Lennart Nelson

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Exponering för lateral böjning i ryggen vid plöjning ökar sannolikt risken för ländryggsbesvär hos lantbrukare. Syftet med detta projekt var att reducera belastningsdosen vid lateral ryggböjning samtidigt som bekvämlighet och arbetsfunktion förbättrades och eventuella obehag minskade vid plöjning med stol utrustad med automatisk nivellering.

Traktorstolen i en traktor utrustades med en elektriskt styrd nivelleringsplatta som automatiskt förde stolen till horisontalläge när den var *på*. Tio professionella traktorförare deltog frivilligt i försöken. De fick plöja med automatisk nivellering *på* respektive *av* i en slumpmässig ordning. Fyra lutningsgivare monterades på förarens överkropp, förarens höft, traktorsitsen och traktorn för registrering av lutningen under plöjning. Förarna fick skatta olika faktorer som representerade bekvämlighet, obekvämlighet och arbetsfunktion efter körning med nivelleringen *på* respektive *av*.

För att kunna beräkna belastningsdosen simulerades ländryggsbelastningen med ett datorbaserat simuleringsprogram, Jack®. Utifrån denna simulering klassificerades lateral böjning i tre exponeringsnivåer (grönt 0-5°, gult 5-15°, rött >15°). Sedan genomfördes en s.k. Exposure Variation Analysis där belastningsdosen kvantifierades utifrån de uppmätta mätvärdena i fält.

Vid plöjning på vänster sida minskade den genomsnittliga laterala böjningen för samtliga förare från 4,0 grader åt höger med nivellering *av*, till 0,5 grader åt vänster med nivellering *på*. Sju av förarna minskade sin exponering för lateral böjning inom gul exponeringsnivå och ökade exponeringen inom grön nivå med nivelleringen *på* jämfört med *av*.

Vid plöjning på höger sida var den genomsnittliga laterala böjningen över samtliga förare 2,2 grader åt vänster med nivelleringen *av* och 2,3 grader åt höger med nivelleringen *på*. Två förare minskade belastningen inom gul nivå och ökade inom grön med nivelleringen *på* jämfört med *av* och för de övriga åtta förarna kunde ingen säker skillnad i belastningsdosen visas.

Samtliga förare utom en skattade plöjningen med nivelleringen *på* som mindre obekväm och mer bekväm än plöjning med nivelleringen *av*. För frågorna kring arbetsfunktionen skattades faktorerna stolsform som bättre av fem förare och total arbetsfunktion som bättre av åtta förare vid nivelleringen *på* jämfört med *av*. För de andra faktorerna inom arbetsfunktion var det inte någon större skillnad i skattningen. Åtta förare rankade sitt helhetsintryck av nivellering *på* som bättre än nivellering *av*.

Sammantaget kan sägas att hälsoeffekterna vid användning av automatisk nivellering vid plöjning är positiva: belastningsdosen för lateral böjning reducerades med nivelleringsfunktionen *på* vid plöjning på vänster sida, bekvämligheten förbättrades markant, obekvämligheten minskade mycket och arbetsfunktionen förbättrades delvis.

Förarnas beteende i hytten vad gäller lateral böjning påverkas sannolikt av att reglagen är fast placerade till höger om föraren. Det innebär att med en friare reglageplacering i traktorn skulle den positiva hälsoeffekten med automatisk nivellering vid plöjning kunna förväntas bli ännu bättre.

Summary

Exposure to lateral bending of the back while ploughing probably increases the risk that farmers will suffer from lumbar problems. The object of this project was to test the use of an automatic self-levelling seat for reducing the exposure to lateral bending of the back while ploughing and simultaneously improving the sitting comfort and functionality and decreasing discomfort.

An electrically controlled levelling disc, mounted on the tractor seat, automatically brought the chair into a horizontal position when activated. Ten professional tractor drivers voluntarily participated in the tests. These drivers ploughed with the automatic levelling device either activated (*on*) or deactivated (*off*). Four tilt sensors were mounted on the driver's upper body, the driver's hips, the tractor seat and the tractor itself in order to register the inclination during ploughing. The drivers rated various factors that related to comfort, discomfort and functionality after driving with the automatic levelling on and off, respectively.

To calculate the level of exposure to lumbar load it was simulated using a computer-based program, Jack®. From this simulation, lateral bending was classified into three levels of exposure (green 0-5°, yellow 5-15° and red > 15°). Then, based on the field measurements, the level of exposure was quantified by utilising a so-called Exposure Variation Analysis.

When the self-levelling was activated, seven of the drivers reduced their exposure to lateral bending from the yellow level to the green level while ploughing on the left side. While ploughing on the right hand side, two of the drivers reduced their exposure to lateral bending from the yellow level with self-levelling *off* to the green level with the self-levelling *on*. For the remaining eight drivers no significant difference in load was observed.

All of the drivers, with the exception of one, rated ploughing *with* levelling as more comfortable, and less uncomfortable, than when ploughing *without* levelling control. With regard to working functionality, five drivers rated seat shape as better and total functionality as being better with self-levelling control than without it. For the other factors relating to working functionality there were no significant differences in the ratings. As an overall impression, eight drivers preferred the use of the self-levelling seats.

All in all, one can conclude that the effects on health from the application of automatic levelling while ploughing are positive. The exposure to lateral bending, while ploughing on the left hand side, is reduced with the levelling function activated while comfort was noticeably improved, discomfort was significantly reduced and the working functionality was partially improved.

The drivers' behaviour in the cabin, with respect to lateral bending, is most probably influenced by the fixed placement of the controls on the drivers' right hand side. This implies that a more flexible placement of the controls in the tractor may further increase the positive health effects of using the automatic levelling while ploughing.

Bakgrund

Arbete med motordrivna fordon är associerat med ländryggsbesvär. Sannolikt är långvarigt sittande i kombination med helkroppsvibrationer de största bidragande orsakerna (Riihimäki, 1991). Förarna av lantbrukstraktorer utsätts dessutom för vridna arbetsställningar och lateral böjning av ryggen. Vridna arbetsställningar har visat sig bidra till risken för ländryggsbesvär, men vad gäller lateral böjning är bilden inte lika klar. Endast ett fåtal studier av hälsoeffekter till följd av lateral böjning har genomförts. Punnet et al. (1991) visade att exponering av lateral böjning var associerat med ländryggsbesvär hos fabriksarbetare. Lateral böjning ingår i definitioner för icke-neutrala bålställningar vilka visats sannolikt addera till risken för ländryggsbesvär (Riihimäki, 1991). Lateral böjning innebär en påfrestning på kroppen. Så sent som år 2001 presenterades en avhandling som visade på muskelaktiviteten vid lateral böjning hos både ytliga och djupt liggande muskler (Huang, 2001). Vid lateral böjning utan yttre belastning koaktiveras de ipsilaterala musklerna med upp till 60 % av de contralaterala musklernas nivå, och detta sker redan vid en lateral böjning på 15° (Huang et al., 2001). Vid plöjning sitter föraren av lantbrukstraktorn i ett fordon som hela tiden i plöjdraget har en lutning på ca 8°. I vanlig terräng kan lutningen dessutom överstiga 8°, till exempel om traktorn används till skogsbruk. Mot bakgrund av "Askunge-syndromet", dvs. att muskelfibrerna rekryteras i en förutbestämd ordning där den som aktiveras först också stängs av sist (Hägg, 1991), är risken för trötthet i hela bålmuskulaturen, och därigenom skador, sannolik. Den stora koaktiveringen innebär dessutom att muskulaturen inte får vila ens när lantbrukaren kör växel-plog.

Arbetsmoment där lateral böjning i kombination med helkroppsvibrationer förekommer finns framför allt inom jord- och skogsnäringen, men där har studierna främst inriktat sig på eventuella åtgärder. Inom skogsbruket är behovet av automatisk nivelleringsmer uttalat än inom jordbruket. Maskinerna körs över mycket ojämn terräng och föraren sitter nästan kontinuerligt, dock ej statiskt, i icke-neutral sittställning. Produktivitetshöjningar vid körning med nivellerad hytt har påvisats (Gellerstedt, 1998). I Nordiska Ergonomiska Riktlinjer för Skogsmaskiner (Frumerie, 1998) rekommenderas i första hand att hela maskinen horisontteras (nivelleras), i andra hand hytten och i tredje hand stolen. Vidare anges 7° som rekommenderat minsta vinklingsbarhet för nivelleringsutrustningen både framåt/bakåt och i sidled.

Inom jordbruket är terrängen inte lika ojämn som inom skogsbruket. Framför allt är det vid plöjning som föraren tvingas, enligt ovan, inta en kroppsställning innefattande lateral böjning under tidvis långa perioder. Lantbrukare i Uppland plöjer i genomsnitt 80 timmar per år (Torén, 1999) men arbetet är intensivt under begränsade perioder.

Lösningar för nivelleringsmer har förekommit i olika studier. Sjøflot (1980) presenterade en mekanism som utvecklats på Norwegian Institute of Agricultural Engineering. Denna mekanism kunde lutas upp till 10° och användes i praktiska experiment. Ett norskt företag tog upp tillverkningen men det var svårt att få respons från utländska stoltillverkare. Nielsen (1986) redovisar en kulle som låses med ett hydrauliskt påverkat fjädersystem som kan frigöras elektriskt genom en knapptryckning. Därefter förs kroppen till önskad sidolutning och när knappen

släpps låses stolen i det önskade läget. Stolen kunde nivelleras upp till 15° med denna mekanism.

Hansson et al. (1990) utförde en ergonomisk granskning av ett tiotal jordbruks-traktorer av olika storlek. En av traktorerna byggdes om med ett stolsunderrede som kunde nivelleras automatiskt eller manuellt med hjälp av elektriska ställdon. Plattan krävde 100 mm i bygghöjd, vilket gjorde den olämplig att montera på vissa traktormodeller. I granskningen redovisades dock att lösningar för niveller-ring endast finns på prototypstadiet.

En nivelleringsmekanism måste vara kontinuerligt justerbar och lätt att manövrera till de önskade individuella positionerna under körning. Den får inte påverka stabiliteten hos stolen eller fjädringen (Sjøflot, 1980). Vidare är det inom lantbruket intressant med en nivelleringsmekanism som påverkar stolen då majoriteten av lantbrukstraktorerna i Sverige (60 %) beräknas vara över 15 år gamla. En mekanism som påverkar stolen bör då kunna monteras på befintliga traktorer för att få till stånd en förändring i traktormiljön någorlunda snabbt.

De nivelleringsplattor som säljs idag kostar 10 000-15 000 kronor och har en bygghöjd på ca 6-11 cm beroende på modell och fabrikat. Två exempel på fabrikat är Sit Right RKN AB samt Wip AB.

Mot bakgrund av det ovan beskrivna gör vi antagandet att lateral böjning vid plöjning ökar risken för ländryggsbesvär hos lantbrukare. Genom att reducera exponeringen för lateral böjning minskar också risken för ländryggsbesvär. Eftersom det finns en fungerande lösning för automatisk nivellering på marknaden som skulle kunna användas i traktorer finns nu också möjligheten för enskilda lantbrukare att reducera exponeringen för lateral böjning. Men ännu har ingen visat hur stor reduktionen av exponeringen är. Vid införande av automatisk nivellering i traktorhytten påverkas också upplevelsen av bekvämlighet och obekvämlighet. Dessa är dessutom kopplade till arbetsfunktionen. Förändringarna i dessa faktorer måste sålunda studeras när förändringar i förarhytten görs, så att införda förändringar verkligen förbättrar den totala arbetsmiljön och inte inför nya problem. Därför har detta projekt initierats.

Syfte

Syftet med detta projekt är att reducera belastningsdosen vid lateral ryggböjning samtidigt som bekvämlighet och arbetsfunktion förbättras och obekvämligheten minskar vid plöjning med stol utrustad med automatisk nivellering.

Specifika frågeställningar

- Hur stor är belastningen i ländryggen vid lateral böjning i olika vinklar mellan 0 och 15°?
- Hur stor är belastningsdosen vid plöjning *med* respektive *utan* automatisk nivellering?
- Hur förändras komfort/obehagsupplevelsen vid körning *med* respektive *utan* automatisk nivellering?
- Hur förändras arbetsfunktionen vid plöjning *med* respektive *utan* automatisk nivellering?

Material och metoder

Datorsimulering

I Jack®, ett datorprogram för simulering av människans rörelser, gjordes en simulering av belastningen i ländryggen vid lateral böjning hos tre datormanikiner med olika storlek. Manikinerna representerade den 5:e, 50:e och 95:e percentilen av en brittisk population bestående av män i åldrarna 19 till 65 år (tabell 1; Pheasant, 1986).

Tabell 1. Längd och vikt hos de manikiner som användes vid simuleringarna.

Percentil	Längd, cm	Vikt, kg
5:e	162,5	55
50:e	174,0	75
95:e	185,5	94

Manikinerna placerades på en sits som först var horisontell och sedan lutades lateralt 5, 10 och 15 grader. Ur simuleringarna beräknades värden på ryggens belastning, såsom kompression mellan ländryggskotorna L4-L5, skjuvning mellan L4-L5 och L3-L4, och musklernas aktivitet i bålen. Utifrån dessa resultat definierades gränserna för belastningen som användes vid kvantifiering av belastningsdosen hos förarna vid fältförsöken.

Fältförsök

Försökspersoner

Tio traktorförare ställde upp för att frivilligt delta i försöken. Kriterierna var att de skulle vara professionella traktorförare, att de var mellan 20 och 50 år gamla och körde traktor i minst 500 timmar per år. Förarna tillfrågades om sin ålder, vikt, längd, antal år de kört traktor, antal år de arbetat med nuvarande arbetsuppgifter samt antal timmar de kört traktor det senaste året (tabell 2).

Tabell 2. Förarnas ålder, vikt, längd, antal år de har kört traktor, antal år de arbetat med nuvarande arbetsuppgifter samt antal timmar de kört traktor det senaste året.

	Ålder, år	Vikt, kg	Längd, cm	Antal körår	År med nuv. arbetsuppg.	Traktortim. per år
FP1	38	87	185	25	21	600
FP2	32	70	172	15	15	600
FP3	24	100	189	10	3,5	350
FP4	51	88	178	46	32	500
FP5	51	82	183	41	36	550
FP6	24	105	191	13	4,5	800
FP7	36	92	178	20	20	600
FP8	20	75	171	16	4	500
FP9	34	87	184	20	20	500
FP10	38	95	183	25	25	1000
Medelvärde	34,8	88,1	181,4	23	18	600
SD	11,2	11,0	7,0	13	12	121

Åtta förare uppgav att de känner av att traktorn lutar när de plöjer och två ansåg att de inte känner av att traktorn lutar när de plöjer. Alla tio förarna uppgav att de på något sätt brukar ändra sin sittställning i hytten. Två förare ansåg att de kände av obehag i ryggen när de plöjer och tre att de inte kände av obehag. De resterande fem förarna uppgav att de inte kände obehag i ryggen men väl i nacken när de plöjer.

Besvär i rörelseorganen

Försökspersonerna fick besvara Nordiska ministerrådets frågeformulär om muskuloskeletala besvär (Kuorinka et al., 1987). Av de tio förarna svarade sju att de hade känt av besvär i nacken den senaste 12-månadersperioden. Två av dessa hade haft besvär i nacken under de senaste sju dagarna. Två förare hade känt av besvär i axlarna/skuldrorna, tre förare i nedre delen av ryggen och tre förare i höften under den senaste 12-månadersperioden. En förare hade varit tvungen att stanna hemma på grund av besvär i nedre delen av ryggen.

Utrustning

Traktor med redskap

En Valtra 6600 av 1996 års modell och en 4-skärig helburen växelplog (Överum) användes vid försöken.

Stol

Stolen i traktorn, en Grammer (DS85H/90A), utrustades med en elektriskt styrd nivelleringsplatta (Sit Right RKN AB). Nivelleringsplattan kunde kompensera en lutning på ± 13 grader.

Monteringen medförde inga större problem men en del modifieringar behövde ändå göras. Den tapp som stolen var monterad på i traktorn togs bort och ersattes med en svetsad ram. Detta gjordes för att få ner bygghöjden då nivelleringsplattan byggde 9 cm. Den inbyggda vridplattan demonterades för att förarna inte skulle använda den. Förarna fick dock vrida på sig i stolen om de ville göra det.

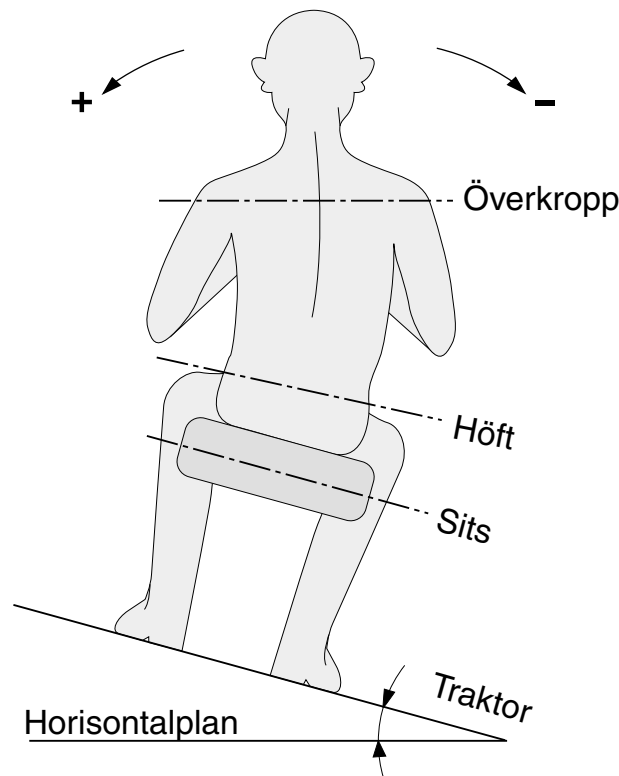
Med nivelleringsfunktionen inkopplad blev sitsen automatiskt förd till horisontalläge, i sidled. Då funktionen var urkopplad höll sitsen alltid samma lutning i sidled som traktorn. Nivelleringsplattan var inställd på att kompensera lutningar upp till 13 grader och reaktionstiden på den automatiska nivelleringen var inställd på mellanläget under alla försök.

Mätutrustning

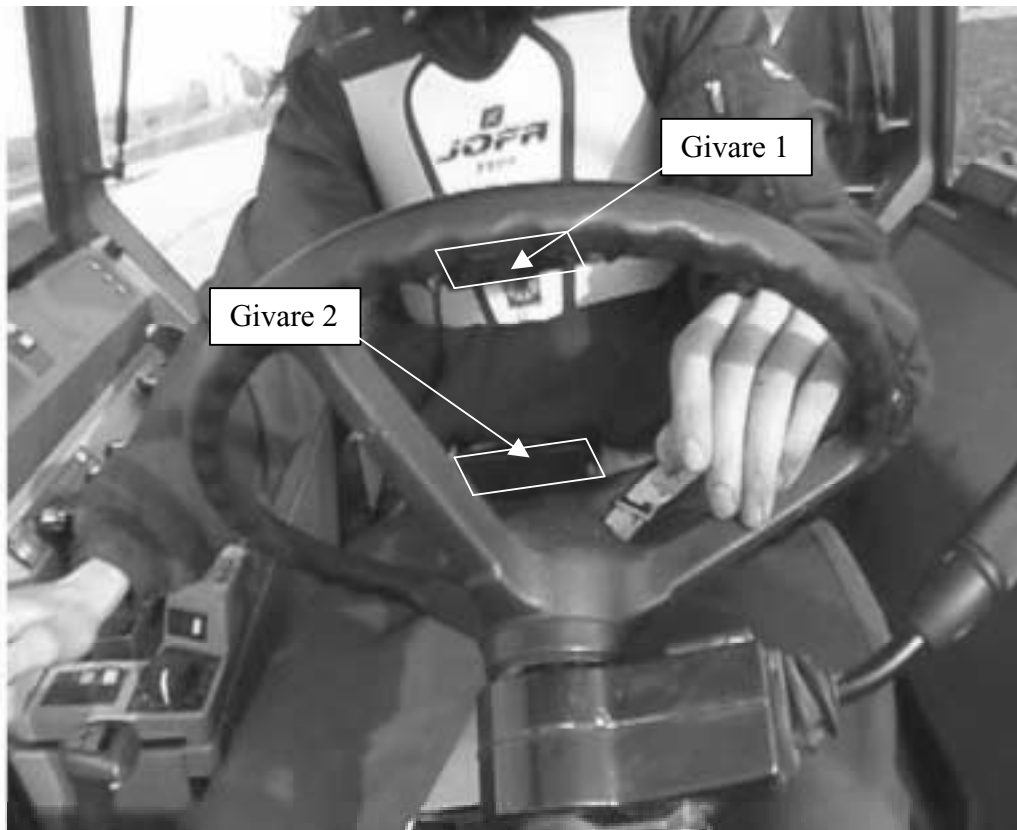
Fyra lutningsgivare (hallgivare; Sit Right RKN AB) användes för att registrera lutningen. Varje givare kalibrerades med hjälp av en pernumeter där lutningen först ökades och sedan minskades till ett antal givna positioner. Givarnas kalibreringsfunktioner visas i bilaga 1.

Givare 1 fästes på en modifierad ishockeyväst som föraren fick sätta på sig. Givaren satt då i brösthöjd fram på föraren och registrerade överkroppens lutning. Givare 2 fästes i ett skärp, som sedan spändes fast med givaren framtill på förarens höft. Givare 3 fästes horisontellt med skruv bak på sitsen ovanför nivelleringsmekanismen och givare 4 fästes vågrätt med skruv på traktorhytten. Givarna mätte sålunda lutningen hos förarens överkropp, höft, traktorsitsen och traktorn (figur 1). *Lutning åt höger* i färdriktningen definieras fortsättningsvis med *negativa värden* och *lutning åt vänster* definieras med *positiva värden*. Via en portabel datalogger (Biometrics Ltd) samplades mätvärdena med en frekvens av 5 Hz.

En digital videokamera (Panasonic NV-DS99) användes för att dokumentera förarnas rörelser i hytten under mätningarna. Kameran placerades på vindrutans strax ovanför ratten utan att påverka förarnas sikt (figur 2).



Figur 1. De undersökta lutningarna: överkropp, höft, sits och traktor. Lutning åt höger i färdriktningen ger negativa värden och lutning åt vänster ger positiva värden.



Figur 2. Förare under plöjning med givarna påmonterade och nivelleringen inkopplad.

Bekvämlighet/obekvämlighet och arbetsfunktion

En översiktlig litteraturstudie över checklistor för komfort/obehag genomfördes för att välja en checklista som var mest relevant att använda just i detta fall. Den checklista som valdes var Chair Evaluation Checklist utvecklad av Helander & Zhang (1997). Skalan tar sin utgångspunkt i den senaste teorin i ämnet om att komfort och obehag är beroende av varandra. Checklistan översattes till svenska varvid det engelska ordet *comfort* översattes till *bekvämlighet* och *discomfort* översattes till *obekvämlighet*. Den översatta versionen visas i bilaga 2.

För utvärdering av upplevd arbetsfunktion, dvs. hur väl föraren anser sig kunna arbeta i förarhytten, användes ett efter Schackel et al. (1969) modifierat frågeformulär (Hansson, 1998). Förarna fick utvärdera stolsegenskaper såsom inställbarhet, stolens form, möjlighet till vridning i stolen under körning, pedal-, reglage- och rattmanövrering, sikt, total arbetsfunktion samt slutbedömning av stolen. Varje egenskap utvärderades på en femgradig skala från *dåligt* (1) till *bra* (5). Dessutom ställdes en fråga om hastigheten på nivelleringen, dess reaktionstid, på en femgradig skala från *för snabb* (1) till *för långsam* (5). Slutligen rangordnade förarna sitt helhetsintryck av nivelleringsfunktionen, dvs. vilket alternativ, *av* eller *på*, som de föredrog.

Arbetsgång

Försöken började med att försökspersonerna fick information om vad som skulle hända under försöket. Vid ett sådant här försök är det mycket viktigt med en noggrann och värdeneutral instruktion till förarna. Det innebär att försökspersonalen inte diskuterade nivelleringsfunktionens för- och nackdelar innan försöket och att förarna fick samma information om vilka frågor som skulle ställas till dem efter körningen. En kort beskrivning av försöksutrustningen och mätmetodiken gavs också.

Därefter fick försökspersonerna sätta på sig västen och skärpet och försökspersonalen såg till att de sattes på så rakt som möjligt för att minimera antalet felkällor.

Varje traktorförare fick köra traktorn under plöjning med nivelleringsfunktionen av respektive *på* enligt en ordning som slumpats fram (tabell 3).

Tabell 3. Försöksplan för i vilken ordning respektive förare körde med nivelleringsfunktionen av respektive *på*.

	Körning 1	Körning 2
FP1	Av	På
FP2	Av	På
FP3	På	Av
FP4	På	Av
FP5	På	Av
FP6	På	Av
FP7	Av	På
FP8	Av	På
FP9	Av	På
FP10	På	Av

Förarna fick börja med att köra i ungefär 15 minuter innan registreringarna startades. Detta var viktigt för att förarna skulle vänja sig vid traktorn, stolen, västen, skärpet och nivelleringen (i de fall den var *på*). Sedan körde de i minst 15 minuter med givarna och videokameran påslagen varvid registrering gjordes. Varje körning med registrering började och slutade med att förarna satt i en körställning med rak rygg i tio sekunder för att senare kunna korrigera mätvärdena om givarna hade suttit snett.

Efter varje körning fick de fylla i frågeformulären om bekvämlighet/obekvämlighet och arbetsfunktion. Efter den andra och sista körningen rangordnade förarna de två körningarna efter vilken de tyckte var bäst.

Databearbetning

Mätvärdena från lutningsgivarna fördes över från dataloggern till en PC och därefter till ett kalkylprogram (MS Excel 97). Endast mätvärden från ett antal plöjdrag bearbetades (tabell 4). Ett drag definierades av att mätvärdena från givaren på traktorn visade konstant lateral lutning.

Tabell 4. Antal plöjdrag och den sammanlagda tiden som ingick i analysen av varje försökspersons data.

Försöks- person	Nivellering av		Nivellering på	
	Antal drag	S:a dragtid mm:ss	Antal drag	S:a dragtid mm:ss
FP1	4	15:42	4	16:42
FP2	4	13:45	4	12:59
FP3	4	11:58	4	11:45
FP4	4	13:25	6	12:56
FP5	4	11:57	4	12:18
FP6	4	11:33	6	19:20
FP7	4	14:10	6	20:19
FP8	6	15:41	6	15:22
FP9	4	14:52	4	17:12
FP10	4	11:20	4	11:52
Medel	4,2	13:26	4,8	15:04

Mätvärdena från fältförsöket multiplicerades sedan med respektive kalibreringsfunktion (bilaga 1). Därefter nivåjusterades mätvärdena från givarna på överkroppen och höften med tanke på att de eventuellt hade suttit snett på föraren. Det gjordes genom att ett medelvärde från mätvärdena från de 10 sek. då förarna suttit rakt subtraherades från motsvarande givares mätvärden i körningen. För att ta bort de störningar som givarna påverkades av, såsom skakningar och annan elektronisk utrustning, gjordes en filtrering med hjälp av rullande medelvärden. Det innebär att fem efterföljande mätvärden beräknades om till ett medelvärde och detta gjordes sedan rullande genom alla mätvärden.

Därefter beräknades medelvärden och standardavvikelser (SD) för samtliga givare uppdelat på om föraren plöjde på höger eller vänster sida om traktorn. Plöjning på *vänster sida* definieras som att det plöjda ligger på vänster sida och plöjning på *höger sida* som att det plöjda ligger på höger sida. Traktorn lutade åt det håll som det plöjdes på, eftersom däcken på den sidan går i fåran efter det senaste plöjningsdraget. Vid beräkningen av ryggens laterala böjning subtraherades, för varje enskilt mätvärde, överkroppens lutning med höftens lutning.

Den laterala ryggböjningen delades in i sex vinkelområden som klassificerades i tre exponeringsnivåer. Klassificeringen gjordes utifrån Huang (2001) och de i detta projekt genomförda simuleringarna. De tre exponeringsnivåerna är färgkodade för att underlätta förståelsen och tolkningen av resultaten: grönt (lateral böjning -5° - 0° och 0° - 5°), gult (lateral böjning -15° - 5° och 5° - 15°) respektive rött (lateral böjning $<-15^{\circ}$ och $>15^{\circ}$). Böjning inom grönt område innebär en acceptabel belastning, gult område innebär en högre belastning som bör utredas

vidare med avseende på tid och variation och eventuellt åtgärdas. Vridning inom rött område innebär hög belastning med hög risk för besvär i ryggen och all vridning inom området bör elimineras.

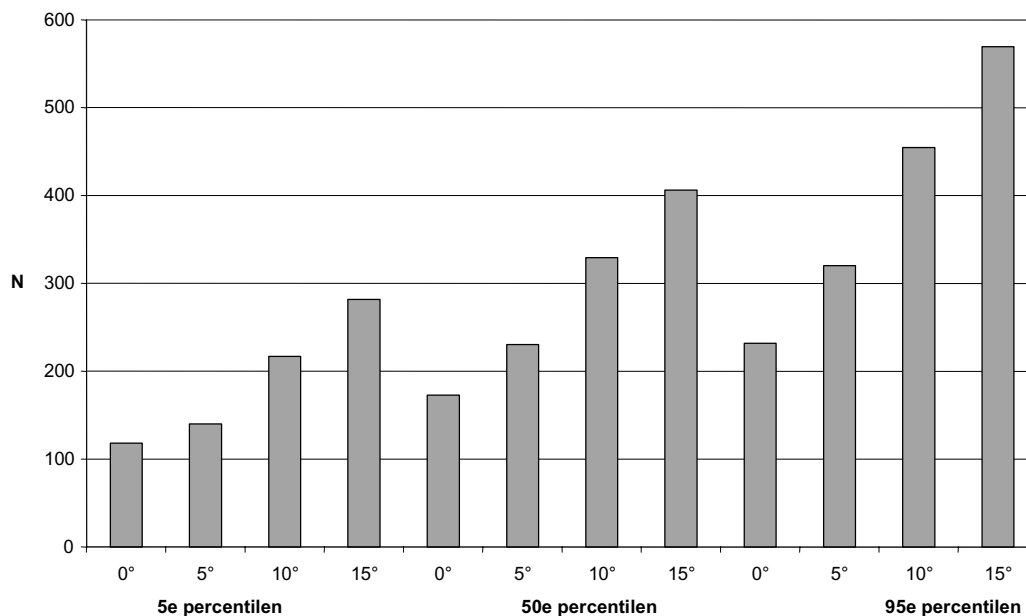
Den tid som förarna satt med lateral böjning inom olika vinkelområden klassificerades också i fyra tidsintervall: 0,2-1 sek., 1,2-5,0 sek., 5,2-10,0 sek. och längre än 10,0 sek.

För varje förare, körning och sida som plöjningen skedde på summerades sedan andelen körtid som föraren lateralt böjde ryggen inom varje vinkelområde och tidsintervall (Exposure Variation Analysis; Mathiassen & Winkel, 1991). Resultaten ritades upp i s.k. EVA-diagram. Varje EVA-diagram är en representation av belastningsdosen och genom tolkningen av dem kunde sedan förändringen i belastningsdosen vid plöjning med nivelleringen *på* respektive *av* analyseras.

Resultat

Datorsimulering

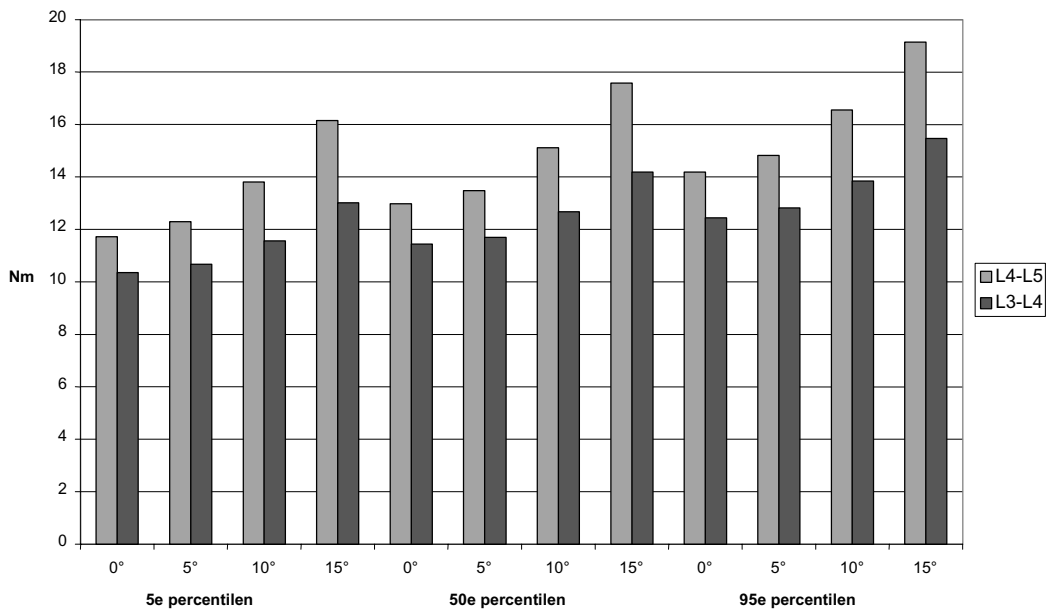
Resultaten från simuleringarna visade att kompressionen mellan ländryggskotorna L4 och L5 ökade då lutningen ökade (figur 3). För manikinen inom 50-percentilen ökade ländryggskompressionen med 33 % vid en ökning av lutningen från 0° till 5°, med 42 % när lutningen ökade från 5° till 10°, och med 23 % när lutningen ökade från 10° till 15°.



Figur 3. Simulerad ländryggskompression (N) i L4-L5 hos de tre manikinererna vid olika lateral lutning.

Resultaten från simuleringen av vridmomentet mellan ländryggskotorna, L3-L4 och L4-L5, visas i figur 4. Vridmomentet mellan L4-L5 i 50-percentilen ökade med 4 % mellan 0° och 5°, 12 % mellan 5° och 10° samt 16 % mellan 10° och 15°.

Muskelkrafterna liksom skjuvningskrafterna ökade med ökad lutning, men på grund av begränsningar i simuleringsmodellen var de inte tillräckligt verklig-hetstroga och redovisas därför inte.



Figur 4. Simulerat vridmoment (Nm) mellan L3-L4 respektive L4-L5 hos de tre manikinerna vid olika lateral lutning.

Insamlade primärdata

Här redovisas resultaten från de fyra givarna var för sig. Siffrorna redovisar givarens lutning jämfört med horisontalplanet.

Tabell 5 visar att medelvärdena för överkroppens lutning var i stort sett lika mellan nivellering *av* och *på* oavsett på vilken sida föraren plöjde. I genomsnitt lutade förarna överkroppen sju grader åt höger då traktorn lutade åt höger och knappt tre grader åt vänster då traktorn lutade åt vänster.

Förarna lutade höften i genomsnitt drygt fyra grader mindre då nivelleringsfunktionen var *på* än när den var *av*, oberoende av åt vilket håll traktorn lutade (tabell 6). Höften lutade mer åt höger vid plöjning på höger sida än åt vänster vid plöjning på vänster sida.

Tabell 5. Medelvärden och SD för uppmätt lutning av överkroppen hos förarna vid plöjning med nivelleringen av respektive på (grader).

	Plöjning på vänster sida		Plöjning på höger sida	
	Nivellering av	Nivellering på	Nivellering av	Nivellering på
FP1	1,3	-0,3	-5,0	-5,8
FP2	10,7	10,8	-11,4	-6,1
FP3	-2,6	-2,5	-5,1	-6,5
FP4	-4,7	-5,7	-7,5	-9,2
FP5	4,4	4,0	-3,3	-2,9
FP6	1,7	3,0	-7,6	-11,6
FP7	1,5	3,4	-8,3	-4,2
FP8	-0,5	-0,8	-8,3	-5,7
FP9	15,1	14,0	-9,4	-8,2
FP10	0,7	1,8	-7,0	-9,6
Medelvärde	2,8	2,7	-7,3	-7,0
SD	6,0	5,9	2,3	2,7

Tabell 6. Medelvärden och SD för uppmätt lutning av höften hos förarna vid plöjning med nivelleringen av respektive på (grader).

	Plöjning på vänster sida om traktorn		Plöjning på höger sida om traktorn	
	Nivellering av	Nivellering på	Nivellering av	Nivellering på
FP1	6,6	1,3	-7,0	-2,7
FP2	12,7	8,9	-10,6	-6,5
FP3	3,2	-1,1	-8,8	-2,4
FP4	1,5	-5,2	-8,1	-7,6
FP5	5,4	-1,5	-9,0	-6,2
FP6	3,9	0,1	-8,8	-3,6
FP7	4,8	2,2	-10,2	-2,7
FP8	6,1	1,9	-6,9	-0,3
FP9	17,1	13,4	-15,7	-10,5
FP10	5,7	2,6	-9,3	-4,5
Medelvärde	6,7	2,3	-9,4	-4,7
SD	4,7	5,3	2,5	3,0

Tabell 7 visar de sammanlagda medelvärdena och SD över samtliga förare för sitsens respektive traktorns lutning relativt horisontalplanet. Då utrustningen var av lutade sitsen drygt nio grader åt vänster då förarna plöjde på vänster sida och drygt tre grader åt höger då plöjning skedde på höger sida. Sitsens lutning med nivelleringen på var ca två grader. Traktorns lutning under plöjningen var i genomsnitt fem och en halv grad oavsett på vilken sida förarna plöjde.

Tabell 7. Medelvärden och SD för sitsens och traktorns genomsnittliga lutning vid plöjning med nivelleringen av respektive på (grader).

	Plöjning på vänster sida om traktorn		Plöjning på höger sida om traktorn	
	Nivellering av	Nivellering på	Nivellering av	Nivellering på
Sits				
Medelvärde	9,3	2,1	-3,4	1,9
SD	0,7	0,2	0,9	0,2
Traktor				
Medelvärde	5,6	5,3	-5,6	-5,9
SD	0,7	0,6	0,7	0,9

Förarnas genomsnittliga laterala böjning

Förarnas genomsnittliga laterala böjning redovisas i tabell 8. Ett *negativt* värde betyder här att överkroppen lutar mer åt *höger* än höften och ett *positivt* värde att överkroppen lutar mer åt *vänster* än höften. De värden som skuggmarkerats är de förare hos vilka den genomsnittliga laterala böjningen minskade vid plöjning på samma sida med nivelleringen *på* jämfört med *av*.

Tabell 8. Medelvärden och SD för ryggens laterala böjning för respektive förare vid plöjning på vänster och höger sida om traktorn (grader). De värden som skuggmarkerats är de där den laterala böjningen minskade vid plöjning på samma sida med nivelleringen *på* jämfört med *av*.

	Plöjning på vänster sida				Plöjning på höger sida			
	Nivell. av		Nivell. på		Nivell. av		Nivell. på	
	Medelvärde	SD	Medelvärde	SD	Medelvärde	SD	Medelvärde	SD
FP1	-5,3	1,5	-1,6	2,2	2,0	1,5	-3,2	1,6
FP2	-2,0	4,1	1,8	2,7	-0,7	2,2	0,3	2,6
FP3	-5,8	2,7	-1,4	2,3	3,6	1,9	-4,1	1,8
FP4	-6,5	2,3	-0,5	2,3	0,6	2,0	-1,6	2,3
FP5	-1,0	3,2	5,5	4,5	5,8	2,5	3,3	2,8
FP6	-2,2	4,3	2,8	3,4	1,2	3,3	-8,0	2,1
FP7	-3,4	4,5	1,2	3,7	1,9	3,1	-1,5	2,8
FP8	-6,6	3,8	-2,7	3,1	-1,4	2,4	-5,3	2,4
FP9	-2,0	2,5	0,5	5,0	6,3	2,4	2,3	3,2
FP10	-5,0	3,5	-0,8	4,5	2,3	4,5	-4,9	4,1
Medelvärde	-4,0	3,2	0,5	3,4	2,2	2,6	-2,3	2,6
SD	2,1	1,0	2,4	1,0	2,5	0,9	3,5	0,7

Vid plöjning på vänster sida minskade åtta förare sin genomsnittliga laterala böjning med nivelleringen *på* jämfört med *av*. En förare ökade sin laterala böjning. Den genomsnittliga laterala böjningen för samtliga förare minskade med 3,5 grader med nivellering *på* jämfört med *av*.

Vid plöjning på höger sida minskade fyra förare sin genomsnittliga laterala böjning med nivelleringen *på* jämfört med *av* och sex förare ökade sin genomsnittliga laterala böjning. Den genomsnittliga laterala böjningen över samtliga förare var lika stor men åt andra hållet med nivelleringen *på* jämfört med nivelleringen *av*.

Belastningsdos

Bilaga 3 visar EVA-diagram över ryggens laterala böjning för varje försöksperson. Repetitiviteten, dvs. andel av körtiden inom korta eller långa tidsintervall förändrades inte entydigt mellan körningarna. Därför räknades medelvärdet ut för den procentuella andel av tiden som förarna hade ryggen böjd inom respektive vinkelintervall och visas i tabell 9-12.

Vid plöjning på vänster sida minskade sju av förarna sin exponering för lateral böjning inom gul nivå och ökade exponeringen inom grön nivå med nivelleringen *på* jämfört med *av*. Två förare minskade sin exponering inom gröna nivån och ökade inom gula nivån. Hos en förare förändrades inte exponeringen. Den genomsnittliga andelen körtid för samtliga förare minskade inom gula nivån och ökade inom gröna nivån vid nivellering *på* jämfört med nivellering *av*.

Vid plöjning på höger sida minskade körtiden hos två förare inom gula nivån och ökade inom gröna nivån medan de övriga förarna ökade exponeringen eller var lika utsatta för lateral böjning vid plöjning med nivelleringen *på* jämfört med *av*. Den genomsnittliga andelen körtid för samtliga förare ökade något inom gula nivån och minskade något inom gröna nivån vid plöjning med nivelleringen *på* jämfört med *av*.

Resultaten visade också en asymmetrisk fördelning av den laterala böjningen vid körning med nivelleringen *av* samt vid plöjning på höger sida med nivelleringen *på*. Det var endast vid plöjning på vänster sida med nivelleringen *på* som den laterala böjningen i ryggen var symmetrisk.

Tabell 9. Den summerade andelen av körtiden som varje förare hade ryggen lateralt böjd inom respektive exponeringsnivå (procent). Plöjning på vänster sida, nivellering *av*.

	<-15	-15--5	-5-0	0-5	5-15	>15
FP1	0	59	40	0	0	0
FP2	0	27	44	24	6	0
FP3	0	61	38	1	0	0
FP4	0	75	25	0	0	0
FP5	0	10	52	34	3	0
FP6	1	21	49	28	1	0
FP7	0	53	39	8	1	0
FP8	0	64	32	3	1	0
FP9	1	6	81	11	2	0
FP10	0	53	39	8	1	0
Medelvärde	0	43	44	12	1	0
SD	0	24	15	12	2	0

Tabell 10. Den summerade andelen av körtiden som varje förare hade ryggen lateralt böjd inom respektive exponeringsnivå (procent). Plöjning på vänster sida, nivellering på.

	<-15	-15--5	-5-0	0-5	5-15	>15
FP1	0	7	70	23	1	0
FP2	0	2	17	72	9	0
FP3	0	4	72	23	1	0
FP4	0	2	56	41	2	0
FP5	0	1	11	35	53	1
FP6	0	3	15	55	26	0
FP7	0	17	33	44	5	0
FP8	0	26	54	19	1	0
FP9	0	19	20	39	22	0
FP10	0	17	33	44	5	0
Medelvärde	0	10	38	40	13	0
SD	0	9	23	16	17	0

Tabell 11. Den summerade andelen av körtiden som varje förare hade ryggen lateralt böjd inom respektive exponeringsnivå (procent). Plöjning på höger sida, nivellering av.

	<-15	-15--5	-5-0	0-5	5-15	>15
FP1	0	0	9	88	3	0
FP2	0	3	65	32	0	0
FP3	0	0	1	76	22	0
FP4	0	0	36	62	1	0
FP5	0	0	1	36	63	0
FP6	0	1	37	51	11	0
FP7	0	2	39	26	33	0
FP8	0	7	65	28	0	0
FP9	0	0	0	29	71	0
FP10	0	2	39	26	33	0
Medelvärde	0	1	29	45	24	0
SD	0	2	25	23	26	0

Tabell 12. Den summerade andelen av körtiden som varje förare hade ryggen lateralt böjd inom respektive exponeringsnivå (procent). Plöjning på höger sida, nivellering på.

	<-15	-15--5	-5-0	0-5	5-15	>15
FP1	0	12	86	2	0	0
FP2	0	2	47	45	7	0
FP3	0	30	68	2	0	0
FP4	0	6	74	20	0	0
FP5	0	0	12	60	28	0
FP6	0	91	9	0	0	0
FP7	0	58	33	6	3	0
FP8	0	59	38	2	0	0
FP9	0	0	24	57	18	0
FP10	0	58	33	6	3	0
Medelvärde	0	32	42	20	6	0
SD	0	33	26	24	10	0

Bekvämlighet/obekvämlighet

Samtliga förare utom en gav genomsnittligt lägre betyg åt obekvämlighetsfaktorerna och genomsnittligt högre betyg åt bekvämlighetsfaktorerna vid plöjning med nivellering *på* jämfört med *av* (bilaga 4). Varje delfaktor inom obekvämlighet skattades i genomsnitt lägre och varje delfaktor inom bekvämlighet skattades i genomsnitt högre vid plöjning med nivellering *på* jämfört med *av*. De delfaktorer med störst differens var frågorna om föraren känner sig stel, känner sig rastlös, har det obekvämt, om stolen är rymlig och har det bekvämt.

Arbetsfunktion

Frågorna om arbetsfunktion rankades i stort sett lika oavsett om nivelleringen var *på* eller *av*. Enda undantagen var stolsformen och total arbetsfunktion. Fem förare skattade stolsformen som bättre vid nivelleringen *på*, fem förare skattade den lika. Den totala arbetsfunktionen skattades som bättre vid nivellering *på* av sex förare och som bättre vid nivellering *av* av två förare. Sikten skattades av två förare som bättre vid nivellering *på*, och av två förare som bättre vid nivellering *av*. Pedalmanövreringen skattades bättre av en förare med nivelleringen *på* och bättre av två förare med nivellering *av*. Ryggstödet passform och spakmanövrering skattade en förare nivellering *på* som bättre och en förare nivellering *av* som bättre. När det gällde inställbarhet, vridningsmöjligheter i stolen och ratt rörelser skattade samtliga förare nivellering *på* respektive *av* som lika.

På frågan om reaktionstiden tyckte två förare att den var för långsam och en förare att den var för snabb. Resten av förarna (sju stycken) gav den betyget 3.

När det gäller helhetsfunktionen så skattade åtta förare nivellering *på* som bättre än nivellering *av*, en förare tyckte tvärtom och en förare ansåg att de båda alternativen var likvärdiga. Den förare som tyckte att nivellering *av* var bättre angav som främsta skäl att gaspedalen och handreglagen kom längre bort med nivelleringen *på* vid plöjning på höger sida.

I den slutliga rankningen ansåg nio av tio förare att nivellering *på* var bättre än nivellering *av*.

Resultatsammanfattning

Vid plöjning på vänster sida minskade åtta förare sin genomsnittliga laterala böjning med nivelleringen *på* jämfört med *av*. En förare ökade sin laterala böjning. Vid plöjning på höger sida minskade fyra förare sin genomsnittliga laterala böjning med nivelleringen *på* jämfört med *av* och sex förare ökade sin genomsnittliga laterala böjning. Vid plöjning på vänster sida med nivellering *på* minskade den genomsnittliga laterala böjningen för förarna med 3,5 grader. Vid plöjning på höger sida var den genomsnittliga laterala böjningen över samtliga förare lika stor men åt höger med nivelleringen *på* och åt vänster med nivelleringen *av*.

Vid plöjning på vänster sida minskade sju av förarna sin exponering för lateral böjning inom gul nivå och ökade exponeringen inom grön nivå med nivelleringen *på* jämfört med *av*. Två förare minskade sin exponering inom grön nivå och ökade inom gul nivå. Hos en förare förändrades inte exponeringen. Vid plöjning på höger sida minskade två förare belastningen inom gul nivå och ökade inom grön

medan de andra åtta förarna ökade exponeringen eller var lika utsatta för lateral böjning vid plöjning med nivelleringen *på* jämfört med *av*.

Samtliga förare utom en rankade plöjningen med nivelleringen *på* som mindre obekvämt och mer bekväm än plöjning med nivelleringen *av*. För frågorna kring arbetsfunktionen skattades faktorerna stolsform som bättre av fem förare och total arbetsfunktion som bättre av åtta förare vid nivelleringen *på* jämfört med *av*. För de andra faktorerna var det inte någon större skillnad för körning med nivelleringen *på* respektive *av*. När det gäller helhetsfunktionen så rankade åtta förare nivellering *på* som bättre än nivellering *av*, en förare tyckte tvärtom och en förare ansåg att de båda alternativen var likvärdiga. Nio av tio förare föredrog nivellering *på*.

Diskussion

Sammantaget kan sägas att hälsoeffekterna vid användning av automatisk nivellering vid plöjning är positiva. Belastningsdosen för lateral böjning reducerades med nivelleringsfunktionen *på* vid plöjning på vänster sida, men ingen reduktion kunde påvisas med nivelleringen *på* vid plöjning på höger sida. Förarnas subjektiva uppfattning av nivelleringsfunktionen var dock övervägande positiv. Bekvämligheten förbättrades markant, obekvämligheten minskade markant och arbetsfunktionen förbättrades delvis.

Förarna höll överkroppen i samma lutning vid plöjning på höger sida oavsett om de plöjde med nivelleringen *på* eller *av*, och höll överkroppen i samma lutning vid plöjning på vänster sida oavsett om de hade nivelleringen *på* eller *av*. Det var höftens lutning som förändrades vid körning med nivelleringen *på* eller *av*. Höften följde med stolen och överkroppen hölls i samma lutning oavsett nivellering *på* eller *av* (utom hos en förare). Detta är sannolikt en effekt av reglagens placering, inte minst för erfarna förare som är vana vid att luta sig mot reglagepanelen. Dessutom lutade både överkropp och höft mer åt höger vid plöjning på höger sida än åt vänster vid plöjning på vänster sida. Förarna kan kanske slappna av mer vid plöjning på höger sida och sitter och ”arbetar mot” lutningen vid plöjning på vänster sida. Detta styrks av att stolen lutar mer åt vänster vid plöjning på vänster sida än åt höger vid plöjning på höger sida med nivelleringen *av*, dvs. tvärtom höftens och överkroppens lutning.

Vid plöjning på höger sida med nivelleringen *av* tyder resultaten på att förarna måste hålla överkroppen ifrån reglagen. I samtliga andra fall kommer föraren för långt bort från reglagen och lutar sig mot dem, dvs. reglagen kommer för nära när förarna plöjer på höger sida och för långt bort när de plöjer på vänster sida. Ytterligare studier av muskelaktiviteten av bålen vid plöjning skulle kunna styrka eller vederlägga ett sådant samband. Förarna är sannolikt mer hjälpta av nivelleringsfunktionen när de plöjer på vänster sida eftersom de ”får hjälp” att komma närmare reglagen. Detta innebär att med en friare reglageplacering i traktorn skulle den positiva hälsoeffekten med automatisk nivellering vid plöjning kunna förväntas bli ännu bättre.

Resultaten visade också en asymmetrisk fördelning av den laterala böjningen vid körning med nivelleringen *av* samt vid plöjning på höger sida med nivelleringen *på*. Det var endast vid plöjning på vänster sida med nivelleringen *på* som den laterala böjningen i ryggen var symmetrisk. Då satt också förarna som störst andel av tiden inom det gröna området.

Det är intressant att notera hur upplevelsen av bekvämlighet och obekvämlighet är så överväldigande positiv till automatisk nivellering samtidigt som de fysiska hälsoeffekterna var något mindre positiva. Det är tydligt hur mångfaktoriell upplevelsen av arbetsmiljön är och hur viktigt det är att mäta den subjektiva upplevelsen av en förändring i miljön tillsammans med fysisk påverkan på människokroppen.

Stolsformen skattades som bättre vid plöjning med nivelleringen *på* än *av* trots att stolsformen *i sig* inte ändrades utan en parameter under stolen (nivelleringen). Det visar hur stor effekt olika ergonomiska förändringar kan få på upplevelsen av hela arbetsmiljön.

En förare (FP2) tyckte inte att nivelleringen var att föredra då reglagen och gaspedalen kom längre bort ifrån föraren vid plöjning på höger sida. Ytterligare en förare (FP8) tyckte också att gaspedalen kom för långt bort då nivelleringen var *på* vid plöjning på höger sida. Båda dessa förare var relativt korta, 172 cm respektive 171 cm långa, vilket kan vara en förklaring till deras kommentarer. Samma vinkelutslag på stolen drabbar korta förare mer än långa förare då de ofta har kortare ben. Detta skulle kunna åtgärdas genom att stolens nivellering minskas åt ena hållet. Om reglagen byggs ihop med stolen, i t.ex. armstödet, skulle problemet med handreglagen kunna lösas, men inte problemet med gaspedalen.

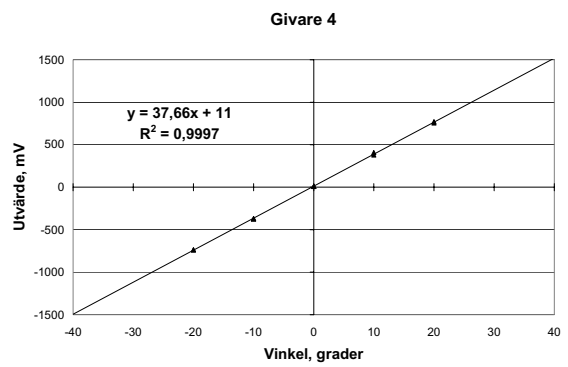
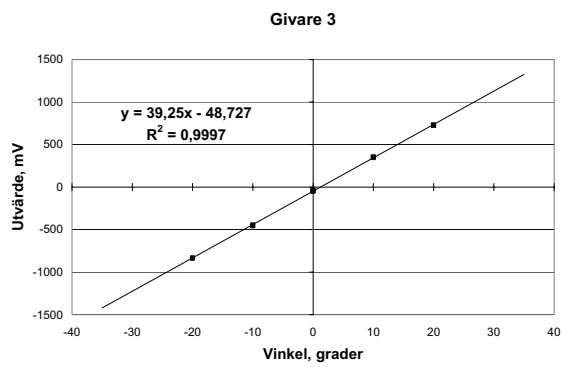
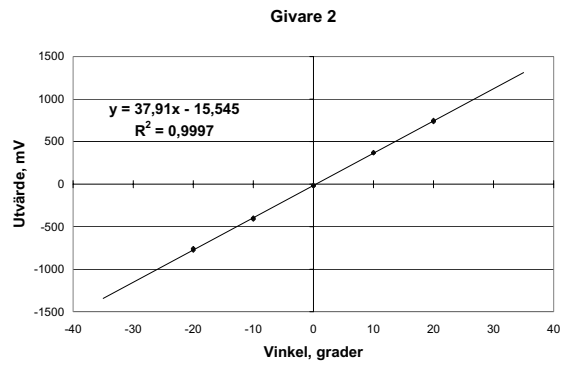
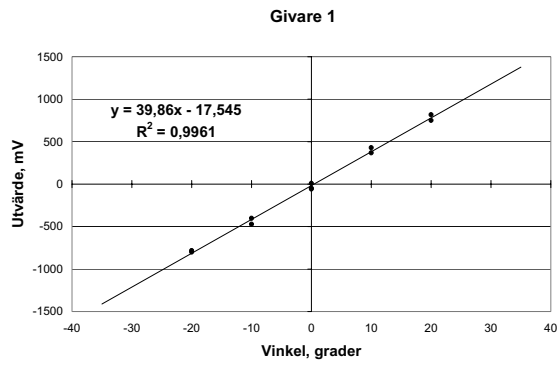
Den simulerade ländryggskompressionen var relativt låg jämfört med de värden som fås vid simulering av lyft av lättare föremål. Däremot utsätts föraren för denna relativt låga exponering under en längre tid vilket kan vara skadligt. Viktiga faktorer såsom vibrationer tas dock inte i beaktande vid simuleringen eftersom Jack® endast klarar statistiska beräkningar. Jack® ger dock indikationer på hur stor belastningen i en situation relativt en annan kan vara.

Referenser

- Frumerie G., 1998. Nordiska ergonomiska riktlinjer för skogsmaskiner. ISBN 91 7614 091 1 Uppsala.SkogForsk.
- Gellerstedt S., 1998. A self-leveling and swiveling forestry machine cab. Journal of Forest Engineering. Vol. 9, No 1. January 1998.
- Hansson J-E., Adolfsson K., Kilberg S. & Larsson L., 1990. Jordbrukstraktorn som arbetsplats. Undersökningsrapport 1990:15, Arbetsmiljöinstitutet, Solna.
- Hansson M.K.J., 1998. Komfort och funktion med sadelstol i jordbrukstraktor. Institutionsmeddelande 98:02. Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
- Helander M.G. & Zhang L., 1997. Field studies of comfort and discomfort in sitting. Ergonomics, 40 (9), 895-915.
- Huang Q-M., 2001. Asymmetric Lateral Loading of the Human Trunk – biomechanics and motor control. Karolinska Institutet, Stockholm.
- Huang Q-M., Andersson E. & Thorstensson A., 2001. Intra-muscular myoelectric activity and selective co-activation of trunk muscles during lateral flexion with and without load. Spine. Jul 1;26(13): 1465-72.
- Hägg G. M., 1991. Lack of relation between maximal force capacity and muscle disorders caused by low level static loads - a new explanation model. In Designing for everyone. Proceedings of IEA 11 (ed. Quéinnec. Y & Daniellou. F), 9-11. London: Taylor & Francis.

- Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom Å., Vinterberg H., Biering-Sørensen F., Andersson G. and Jørgensen K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*, 18, pp. 233-237.
- Mathiassen S.E. & Winkel J., 1991. Quantifying variation in physical load using exposure-vs-time data. *Ergonomics*, 34 (12), 1455-1468.
- Nielsen V., 1986. Traktorførerens arbejdsstilling ved fjernbetjening og overvågning. (The Tractor Driver's Body Posture in Remote Control and Surveillance) In Danish, summary in English. *SjF Beretning*, 26.
- Pheasant, S., 1986. *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and Design of Work.* Taylor & Francis.
- Punnet L., Fine L.J., Keyserling W.M., Herrin G.D. & Chaffin D.B., 1991. Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers *Scand J Work Environ Health* 17, 337-346.
- Riihimäki H., 1991. Low-back pain, its origin and risk indicators. *Scand J Work Environ Health* 17, 81-90.
- Shackel B., Chidsey K.D. & Shipley P., 1969. The assessment of chair comfort. *Ergonomics* 12(2), pp 269-306.
- Sjøflot L., 1980. Means of improving a tractor driver's working posture. *Ergonomics* 23 (8), 751-761.
- Torén A., 1999. Twisted trunk postures during tractor driving - with special reference to low-back load and exposure. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria*, 144.

Bilaga 1. Lutningsgivarnas kalibreringsfunktioner

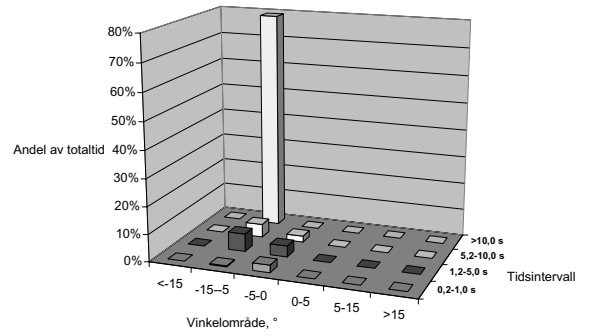
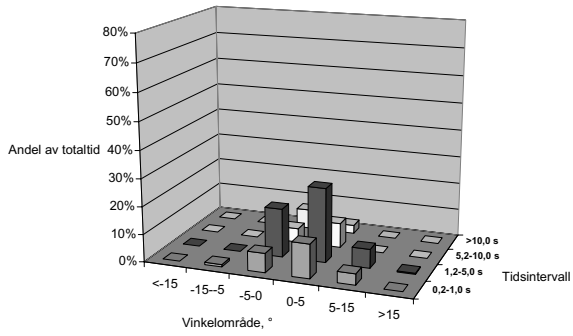


Bilaga 2. Formuläret som användes för utvärdering av bekvämlighet/obekvämlighet (efter Helander & Zhang, 1997).

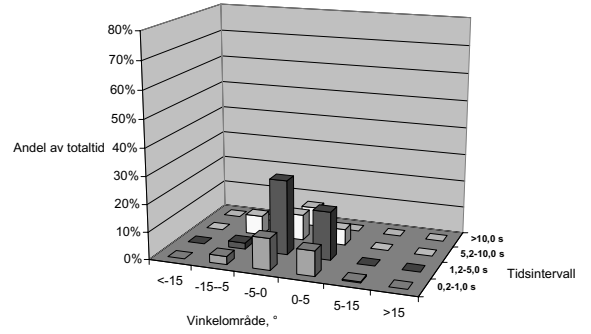
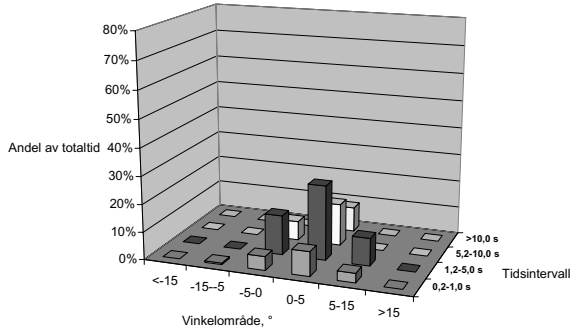
Uppskatta hur obekvämt och bekvämt stolen är. Faktorer som beskriver obekvämlighet är listade till vänster och faktorer som beskriver bekvämlighet är listade till höger. Markera med ett X var som helst på varje linje där det bäst beskriver dina känslor och intryck om stolen. OBS: 1= inte alls, 9= i högsta grad.

OBEKVÄMLIGHET										BEKVÄMLIGHET									
inte alls										inte alls									
måttligt										måttligt									
i högsta grad										i högsta grad									
Jag har ömma muskler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jag känner mig avslappnad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Benen känns tunga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jag känner mig utvilad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jag känner av ojämnt tryck från sitsen eller ryggstödet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Stolen känns mjuk	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jag känner mig stel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Stolen är rymlig	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jag känner mig rastlös	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Stolen ser bra ut	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jag känner mig trött	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jag tycker om stolen	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jag har det obekvämt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jag har det bekvämt	1	2	3	4	5	6	7	8	9

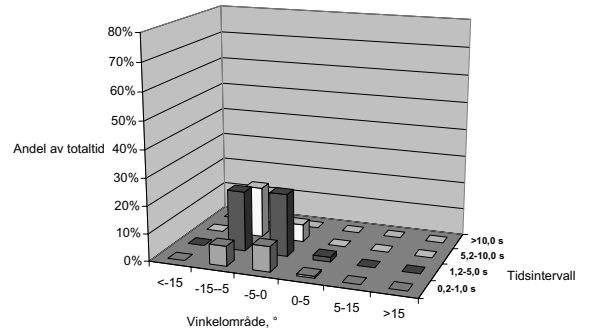
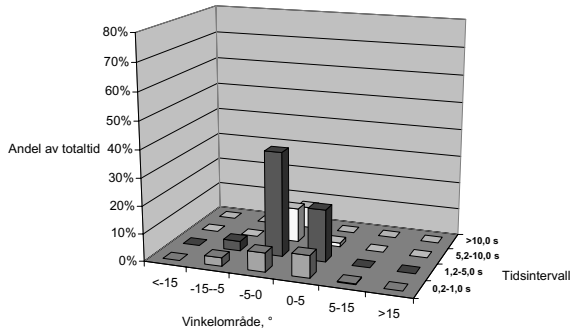
FP6



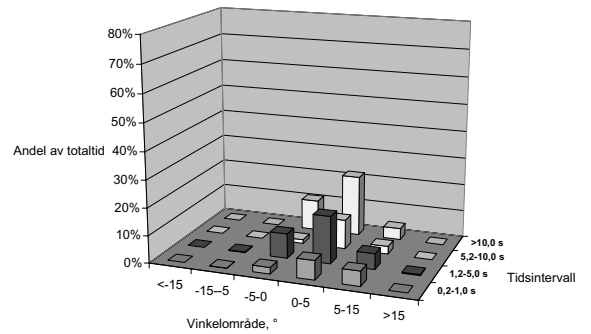
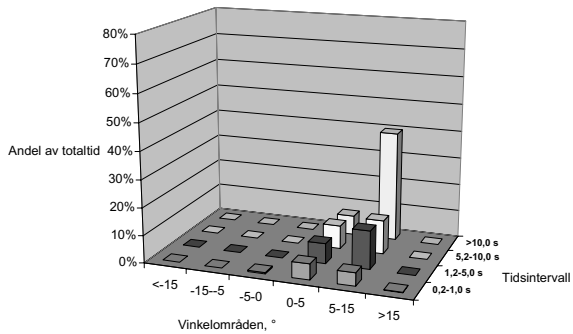
FP7



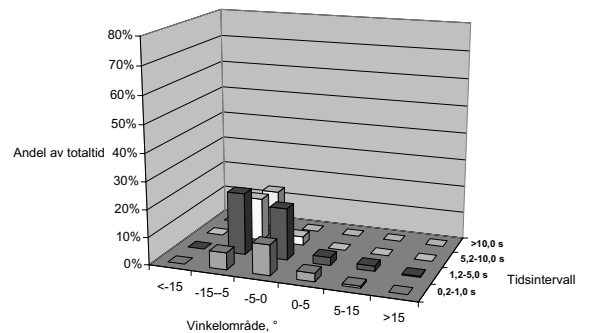
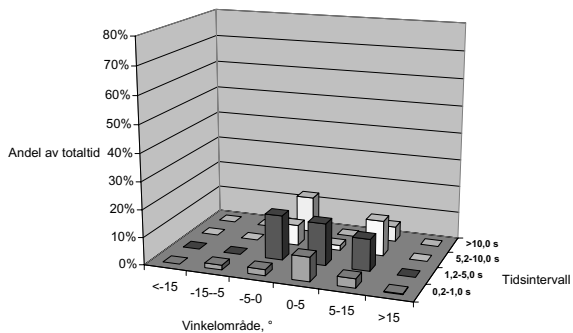
FP8



FP9



FP10

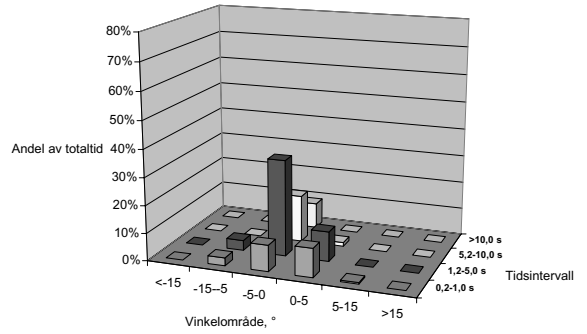
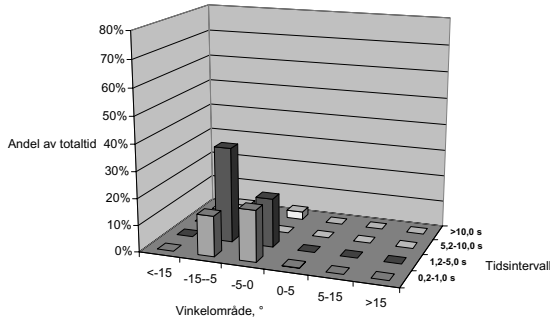


Plöjning på vänster sida

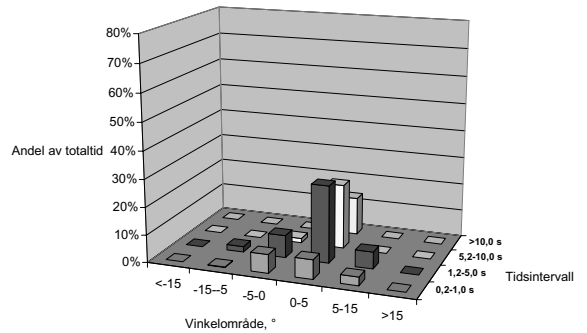
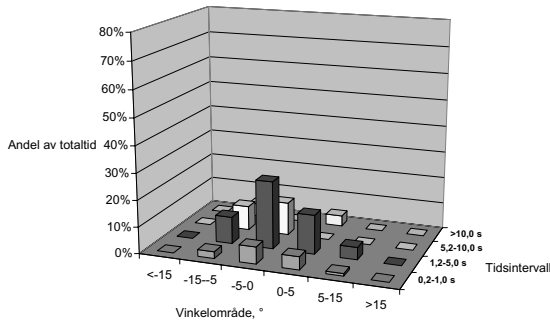
Nivelleringsfunktion av

Nivelleringsfunktion på

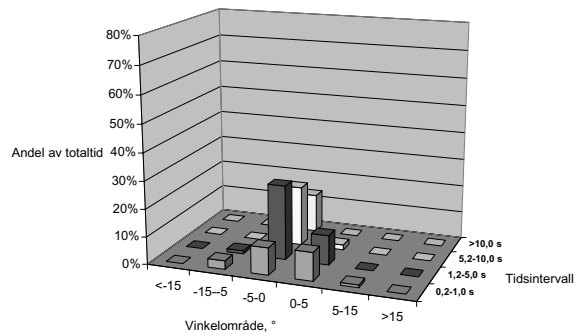
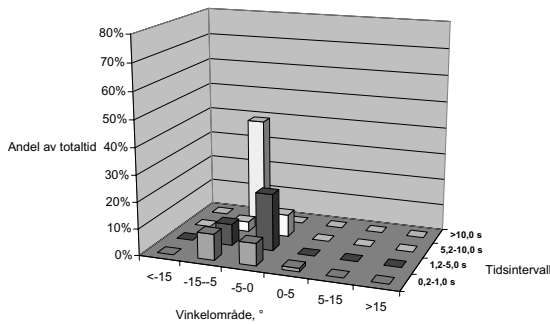
FP1



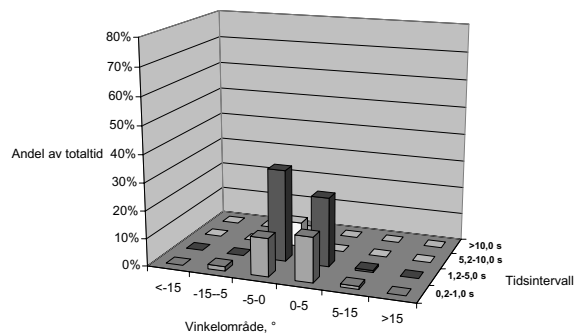
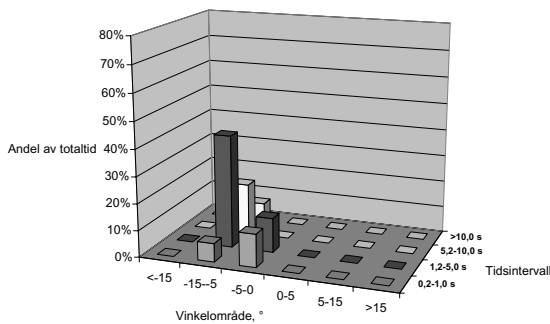
FP2



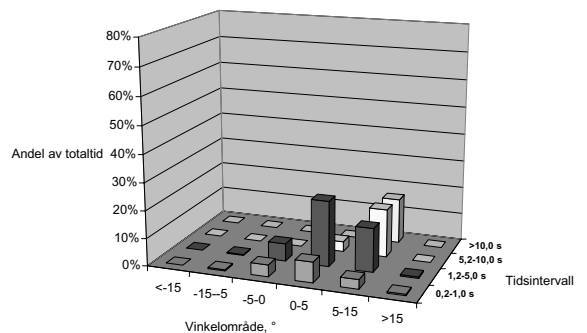
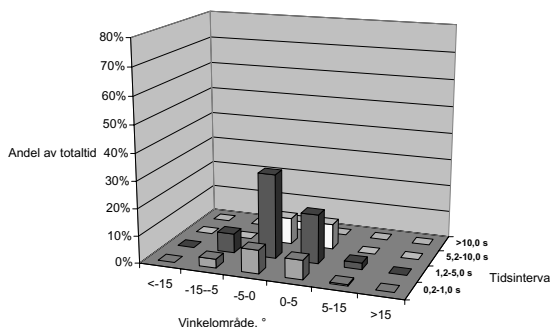
FP3



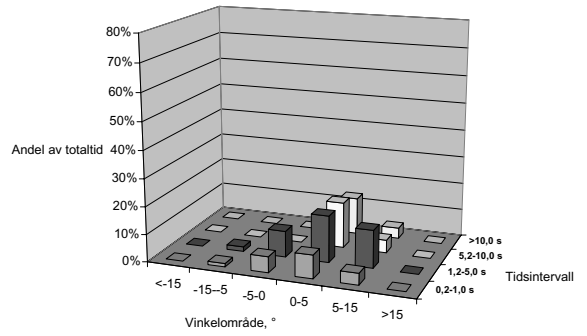
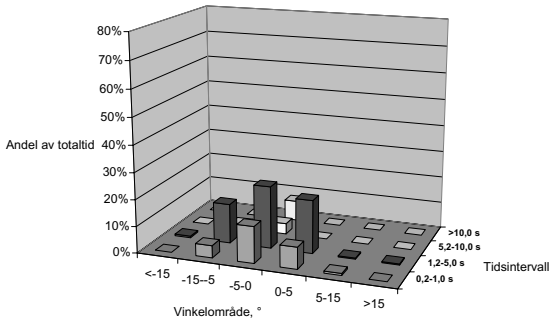
FP4



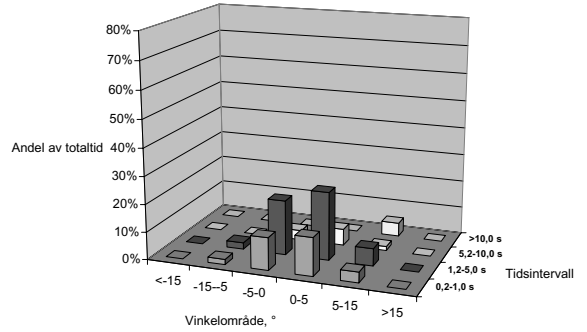
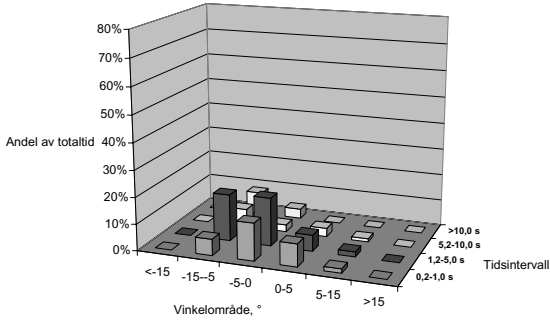
FP5



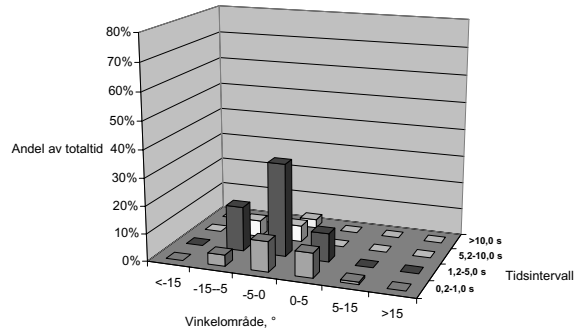
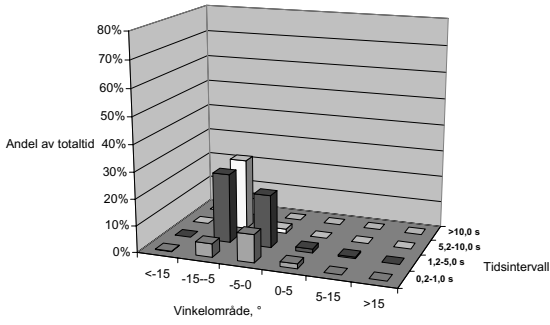
FP6



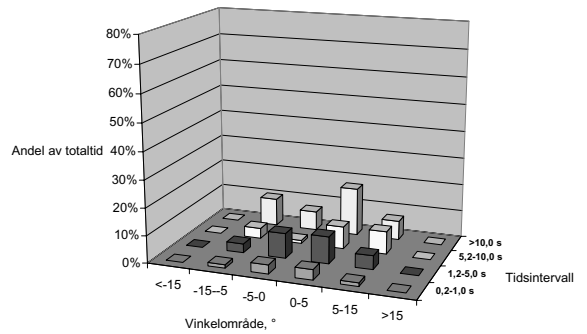
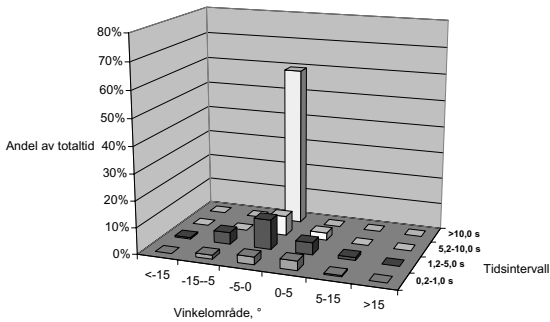
FP7



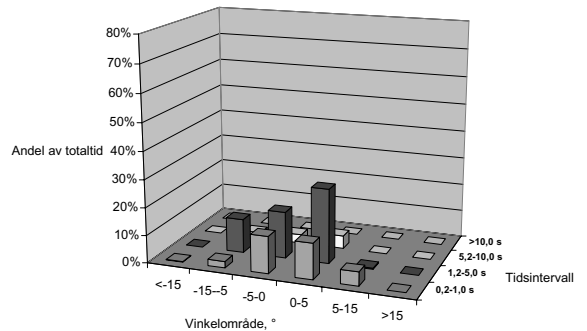
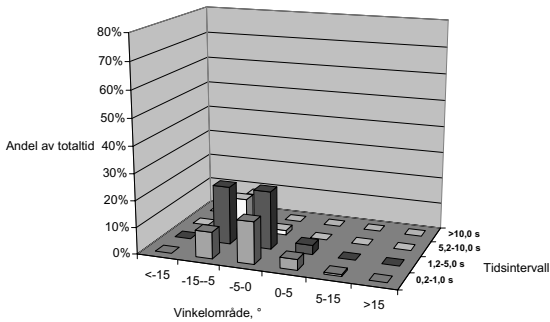
FP8



FP9



FP10



Bilaga 4. Förarnas betyg av bekvämlighet/obekvämlighet

	Obekvämlighet (skala: 1(=inte alls) - 9 (=i högsta grad))								Bekvämlighet (skala: 1(=inte alls) - 9 (=i högsta grad))							
	Ömma muskler	Tunga ben	Ojämnt tryck sits/ryggstöd	Känner sig stel	Känner sig rastlös	Känner sig trött	Har det obekvämt	Medel	Avslappnad	Utvilad	Stolen känns mjuk	Stolen är rymlig	Stolen ser bra ut	Tycker om stolen	Har det bekvämt	Medel
Nivelleringsfunktion av																
FP1	1	1	2	2	2	2	2	1,7	6	7	6	7	7	7	7	6,7
FP2	1	1	1	1	1	1	3,6	1,4	9	9	9	9	9	9	9	9,0
FP3	3,5	3	6	3	2	2	5	3,5	5	7	2	2	5	2	3	3,7
FP4	1	1	1	1	1	1	5	1,6	5	5	5	3	3	4	5	4,3
FP5	4	2	5	4	3	3	5	3,7	4	2,4	3	6	7	3	1	3,8
FP6	6	5	5	6	2	2	3	4,1	3	3	4	4	4	6	5	4,1
FP7	2	1	4	3	1	2	4	2,4	6	7	7	5	5	5	6	5,9
FP8	3	3	2,1	1,9	1,1	1,1	2,9	2,2	1,1	1,3	3,5	3	3,1	3,1	3,4	2,6
FP9	1,9	2,2	5,3	3,2	2,2	2,2	6,5	3,4	3,5	2,4	4,4	1,1	2,2	2,5	2,8	2,7
FP10	1,4	1,8	7,4	3,7	2,8	1,7	4,8	3,4	6,7	6,7	6,7	3,6	3,6	2,3	4,5	4,9
Medel	2,5	2,1	3,9	2,9	1,8	1,8	4,2	2,7	4,9	5,1	5,1	4,4	4,9	4,4	4,7	4,8
SD	1,6	1,3	2,2	1,5	0,8	0,6	1,3		2,2	2,6	2,1	2,4	2,2	2,3	2,3	
Nivelleringsfunktion på																
FP1	1	1	1	1,6	1	2	2	1,4	8	8	7	8	8	8	8	7,9
FP2	1,2	1,2	8,9	1,1	1,3	1,2	4,8	2,8	4,4	9	9	9	9	4,4	4,4	7,0
FP3	2	2	2	1	2	1	1	1,6	6	6	7	7	6	8	8	6,9
FP4	1	1	1	1	1	1	1	1,0	6	6	5	5	5	6	7	5,7
FP5	2	2	1	3	1	1	1	1,6	2	2	2	4	3	7	8	4,0
FP6	6,5	2	6	2	1	1	6	3,5	3	7	5	6	6	4	6	5,3
FP7	2	1	1	1	1	2	2	1,4	7	7	6	6	6	8	8	6,9
FP8	3,8	3	3,5	2,9	1,1	1,1	1,3	2,4	4	2	2,9	2,6	2,8	3	3,9	3,0
FP9	1	1,2	2,2	1,3	1,4	2,7	4,2	2,0	3,4	1,3	3,3	2,3	3,6	2,5	4,5	3,0
FP10	1	1,3	5,8	3,4	1,5	1,2	4,8	2,7	7,3	6,3	5,4	5,8	5,5	3,6	4,8	5,5
Medel	2,2	1,6	3,2	1,8	1,2	1,4	2,8	2,0	5,1	5,5	5,3	5,6	5,5	5,5	6,3	5,5
SD	1,8	0,7	2,8	0,9	0,3	0,6	1,9		2,0	2,7	2,1	2,2	2,0	2,2	1,7	

Bilaga 5. Förarnas betyg av arbetsfunktion

	Inställbarhet 1 = dålig 5 = bra	Stolform 1=dålig passf. 5=bra passf.	Ryggstöd 1=dålig passf. 5=bra passf.	Vridnings- möjligheter 1=dålig, 5=bra	Pedal- manövrering 1=dålig, 5=bra	Spakmanöv- rering, 1=dålig, 5=bra	Rattrörel- ser 1=dålig, 5=bra	Sikt 1=dålig 5=bra	Total arbets- funktion 1=dålig 5=bra	Slutbedömn. av stolen 1=dålig 5=bra	Medel	Reaktionstid 1=för snabb 5=för långs.
Nivelleringsfunktionen av												
FP1	5	5	5	2	5	5	5	5	4	4	4,5	-
FP2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-
FP3	4	3	3	2	3	2	4	4	2	2	2,9	-
FP4	5	2	4	2	5	5	5	5	2	3	3,8	-
FP5	5	2	5	2	5	4	5	2	2	3	3,5	-
FP6	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4,4	-
FP7	5	5	3	4	5	5	5	5	5	4	4,6	-
FP8	4	4	3	4	5	5	5	3	3	4	4	-
FP9	3	2	2	3	4	3	4	5	3	2	3,1	-
FP10	3	2	2	3	4	2	4	2	3	2	2,7	-
Medel	4,3	3,4	3,6	3,2	4,6	4,1	4,7	4,0	3,3	3,3	3,9	-
SD	0,8	1,3	1,2	1,2	0,7	1,3	0,5	1,2	1,2	1,1		-
Nivelleringsfunktionen på												
FP1	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	4,7	3
FP2	5	5	5	5	2	5	5	2	2	3	3,9	3
FP3	4	4	3	2	4	2	4	5	3	4	3,5	3
FP4	5	4	4	2	5	5	5	5	3	4	4,2	3
FP5	5	5	5	2	5	4	5	2	4	5	4,2	3
FP6	4	5	2	5	5	5	5	2	3	4	4	4
FP7	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	4,7	2
FP8	4	4	3	4	3	3	5	4	4	5	3,9	3
FP9	3	3	3	3	4	4	4	5	4	4	3,7	3
FP10	3	2	2	3	4	2	4	2	3	2	2,7	4
Medel	4,3	4,2	3,5	3,2	4,2	4,0	4,7	3,7	3,6	4,1	4,0	3,1
SD	0,8	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	0,5	1,5	1,0	1,0		0,6

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik. Vårt arbete ska ge dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vill du få fortlöpande information om aktuell verksamhet och nya publikationer från JTI?

Varje vecka skickar vi ut aktuella *webbnotiser* om aktuell forskning och utveckling, gå in på www.jti.slu.se för att anmäla dig (tjänsten är gratis).

Det tryckta nyhetsbrevet *Axplock från JTI* tar främst upp ämnen som rör lantbruk och industri, kommer ut tre gånger per år och är gratis.

Du kan också prenumerera på *JTI-informerar*, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö.

Vill du fördjupa dig ytterligare finns *JTI-rapporterna*, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

JTI-rapporterna och *JTI-informerar* kan du beställa som lösnummer från JTI eller hämtar hem gratis som pdf-filer från vår webbplats. Där hittar du också aktuella prislistor m.m.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):
tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00
e-post: bestallning@jti.slu*



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

JTI - Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA

Besöksadress: Ultunaallén 4

Webbplats: www.jti.slu.se

Telefon: 018 - 30 33 00

Telefax: 018 - 30 09 56

E-post: office@jti.slu.se