

**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Metodik för analys av arbetsställningar vid traktorkörning

**A method for analysis of working postures in tractor
driving**

**Gösta Friberg
Staffan Klensmeden**

**Institutionen för
lantbruksteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural
Engineering**

**Rapport 100
Report**

Uppsala 1985

ISSN 0347-9773

ISBN 91-576-2461-5

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
SAMMANFATTNING	1
BAKGRUND	1
PROJEKTETS MÅL	2
KRAV	2
MÄTPUNKTER	3
UTRUSTNINGSSALTERNATIV	4
Bildanalys	4
Ultraljud	5
Elektromagnetiska spolar	5
Optiska räknare	5
Trådtöjningsgivare/potentiometrar	6
POLARISERAT LJUS	6
Principen för mätning av vinkel med polariserat ljus	7
Tredioddetektorn	9
Eliminering av ströljus	11
Systemets uppbyggnad	11
Ljuskällesystemet	12
Detektorsystemets funktion	15
Kopplingsboxen	17
Elektronikboxen	17
Systemets noggrannhet	17
ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN	18
SUMMARY	19

SAMMANFATTNING

Förare av jordbrukstraktorer tvingas i de flesta arbeten att inta ofördelaktiga arbetsställningar. Två företeelser av negativ karaktär dominerar: 1) den vridna arbetsställningen vid övervakning av bogserade eller burna redskap och 2) den lutande sitsen vid plöjningsarbeten.

För att göra det möjligt att kvantifiera och beskriva graden av olägenheter vid olika arbeten, föreslå och testa förbättringar samt erhålla vederhäftiga och entydiga argument för dylika förbättringar, krävs en metod för registrering av vridningar och sidlutningar. En dylik registreringsutrustning måste vara:

- funktionell och tillförlitlig
- användbar under fältförhållanden
- applicerbar i flertalet traktorer
- utformad på sådant sätt att försökspersonens beteende ej bringas avvika från det normala.

En rad tekniska lösningar på en dylik registreringsutrustning har inom projektets ram framtagits, provats och i de flesta fall underkänts efter teoretisk och/eller praktisk utvärdering.

En helt ny metod, som bygger på utsändning och detektering av polariserat ljus, uppfyller dock kraven på ett tillfredsställande sätt. Från en ljusramp i traktorns tak skickas ljus genom en första polarisationsfilm för att därefter nå på föraren fastsatta fotodioder. Dessa fotodioder, som reagerar på ljus genom att alstra mätbara spänningar, är i sin tur täckta med ytterligare ett lager polarisationsfilm. Dioderna placeras på lämpliga ställen för att indikera vridningar i aktuella delar av rörelseapparaten. Genom att ljuset på detta sätt passerar två polarisationsfilmer, varav en är rörlig, kommer det ljus som når fotodioderna att variera med vridningsrörelsen. Därmed kommer också den alstrade elektriska spänningen att variera och vridningsgraden kan bestämmas.

En rad faktorer med avgörande betydelse för tillförlitligheten har åtgärdats. I nuvarande utformning är noggrannheten så god som $\pm 5\%$. Noggrannheten kan sannolikt förbättras ytterligare.

BAKGRUND

Lantbrukarkåren som helhet liksom vissa specialiserade yrkesgrupper inom denna, uppvisar en förhöjd ryggbesvärsfrekvens jämfört med genomsnittspopulationen. Tecken tyder också på att ryggbesvären debuterar i anmärkningsvärt tidiga åldrar för dessa kategorier. Till detta kan man tänka sig många förklaringar. En förklaring är att den mycket omfattande mekaniseringen och storleksrationaliseringen har gjort vissa arbeten mera monotona och långvariga än tidigare. Effekterna av ogynnsamma arbetsställningar har till följd av detta accentuerats. Nya, till människan dåligt anpassade arbetsställningar, har därtill skapats i många av de maskinsystem som utvecklats.

Traktorkörning upptar en mycket stor del av de lantbrukssysselsattas arbetstid och är oftast förbunden med övervakning och manövrering av bogserade eller burna redskap. Detta medför långvarigt arbete i kraftigt vridna arbetsställningar i kombination med stötar och vibrationer. Epidemiologiska studier visar att närmare hälften av alla lantbrukare regelbundet har besvär med stelhet, värk och trötthet i ryggen. Bland dem som kört traktor i mer än tjugo år finns 6,2 ggr fler fall av ländryggsjukdomar och 5,2 ggr fler fall av höftledssjukdomar jämfört med de lantbrukare som ej kört traktor. Dagens och morgondagens lantbrukare kan förväntas vistas på traktorn längre tid än tidigare.

Antagandena om samband mellan å ena sidan vridna arbetsställningar i kombination med stötar och vibrationer och å andra sidan uppkomsten av olika ryggsjukdomar har från forskningshåll ännu inte klargjorts på ett sådant sätt att traktortillverkare och besvärsfria traktorförare föranletts att vidtaga åtgärder.

Åtgärderna kan vara av många olika slag, från långsiktiga, övergripande lösningar med fullständig eliminering av problemen till dellösningar där tiden för, eller graden av, vridna arbetsställningar minskas. Varje möjlig lösning är behäftad med praktiska, ekonomiska eller funktionella problem. De ergonomiska vinsterna måste kvantifieras och ställas i relation till dylika begränsningar. För- och nackdelarna med olika åtgärder måste med andra ord kvantifieras och dokumenteras för att dessa ska få praktisk tillämpning.

För att möjliggöra forskning kring uppkomstmekanismerna och utvärdering av åtgärderna påbörjade inst f Lantbruksteknik 1982 ett mindre forskningsprojekt i syfte att ta fram en automatisk registreringsmetod för vridningsrörelser under fältförhållanden. Bidrag till projektets genomförande har lämnats av Skogs- och jordbrukets forskningsråd.

PROJEKTETS MÅL

Målet har varit att ta fram en fältmässig registreringsutrustning för i första hand vridningsrörelser i nacke och ryggkotpelare samt för snett intagna sittställningar i förhållande till sitsens orientering. Härutöver sågs det värdefullt om utrustningen i sig, eller ett komplement till denna, kunde registrera förarens eventuella sidlutningar.

I målsättningen har också legat att utrustningen skall fungera automatiskt utan manuell övervakning, ge kontinuerliga mätvärden samt, inte minst, vara förenlig med god projektekonomi.

KRAV

Följande krav ställs på en mätutrustning av detta slag:

- funktionskrav (utrustningen skall kunna leverera signaler som snabbt, enkelt och med stor kapacitet kan lagras undan för att senare databehandlas och presenteras),
- tillförlitlighetskrav (varje enskild, specifik signal skall alltid representera en och samma vridningsgrad oavsett förarens placering i hytten - vertikalt eller horisontellt -, hans lutning etc),
- krav på användbarhet under fältförhållanden (utrustningen skall kunna nyttjas mobilt samt motstå de påfrestningar som uppkommer vid körning i terräng),
- applicerbarhet i flertalet av marknadens traktorer (utrustningen skall kunna användas i försökspersonernas naturliga miljöer),
- reproducerbarhetskrav (utrustningen skall vara utan inflytande på försökspersonernas beteenden),
- ekonomikrav (utrustningen skall vara tekniskt enkel samt begränsat beroende av manuell övervakning),

MÄTPUNKTER

Traktorföraren vrider sig bakåt, vanligtvis i högervarv, för att övervaka arbetsresultatet och redskapsfunktionen samt för att i tid upptäcka riskfaktorer som kan leda till skador på redskapet.

En bakåtvridning kan bestå av tre moment.

För det första placerar sig föraren snett på sitsen. Detta representerar i sig ej någon reell vridning av rörelseapparatens skelettdelar, men beteendet leder till ett obekvämt sittande, minskat svankstöd för ländryggen samt påfrestande lägen och rörelser för benen vid manövrering av kopplings- och bromspedaler. Vid plöjning leder denna förflyttning i sitsen till en besvärande framåtlutning med balansproblem och statisk muskelbelastning som resultat.

För det andra roterar föraren kotpelaren i brösttryggen och slutligen vrids huvudet genom att kotpelaren roteras i nacken. Oftast erfordras en maximal vridning av såväl brösttrygg som nacke för att fullgod sikt bakåt skall uppnås.

De nämnda tre momenten, var för sig och sammantagna i olika kombinationer, är av intresse att registrera. Målet är att kunna dokumentera

- vridningarnas resp lägesförflyttningarnas storlek
- antalet vridningar resp lägesförflyttningar per tidsenhet
- tidsåtgången för intagna vridna arbetsställningar.

För var och en av dessa tre punkter är avsikten att dokumentera uppgifter om såväl den totala vridningen i rummet som den reella vridningen i de olika kroppspartierna (den inbördes vridningen mellan nacke och brösttrygg resp mellan brösttrygg och höftparti). Detta leder till att flera mätpunkter måste väljas.

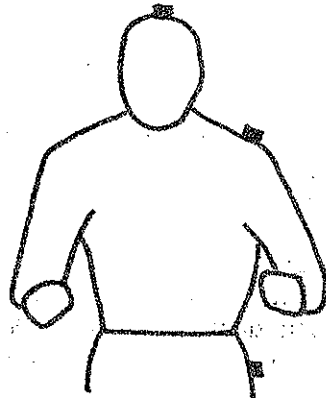


Fig 1 Mätpunkternas placering på huvud, axlar och höfter.

Huvudets mätpunkt indikerar vridningen i nacken, axelns mätpunkt karakteriserar vridningen i brösttryggen och höftens mätpunkt avslöjar förarens val av sittställning.

Huvudets vridning (rotationen i nacken) kan kvantifieras på ett entydigt sätt, medan det är betydligt svårare att på ett tillfredsställande sätt kvantifiera bröstryggens rotation. En relativt god uppskattning av vridningsgraden erhålls emellertid om mätpunkterna placeras på axlarna. För normal traktorkörning i jordbruksarbete är därvidlag vänster axel att föredra. Den relativt goda rörligheten i skulderpartiet medför att axlarnas vridningsrörelse inte nödvändigtvis är kopplad med bröstryggens. Vid vridning åt höger (den normala situationen i jordbrukstraktorn) tenderar den högra axeln att föras framåt, inte minst om ratt- eller reglagemanövrering utförs samtidigt med vridningsrörelsen. Vänster axel följer på ett mera karakteristiskt sätt kotpelarens rotation.

Höftpartiets lägesförflyttning i sitsen ställer anatomiskt sett krav på endast en mätpunkt, men av praktiska skäl kan två mätpunkter erfordras för vissa registreringsmetoder.

UTRUSTNINGSSALTERNATIV

Projektarbetet har till stor del gått ut på att utifrån den tekniska utrustning i form av datorer, datorprogram, mätbandspelare, mättraktorer m m som redan finns tillgängliga vid institutionen, försöka finna en registreringsutrustning som uppfyller tidigare redovisade kriterier.

Härvidlag har en rad olika tekniska lösningar, byggande på redan existerande teknik, tagits fram, modifierats, testats och utvärderats. I de flesta fall har ideerna kunnat avfärdas efter teoretisk eller praktisk prövning. Eftersom resurserna varit begränsade har dock endast ett fåtal lösningar provats praktiskt.

F n framstår en metod som mycket användbar. Denna metod bygger på utsändning och detektering av polariserat ljus. Metoden beskrivs noggrant under avsnittet "Polariserat ljus".

Nedan följer kortare beskrivningar av de tekniska lösningar som framtagits men vederlagts.

Bildanalys

Som en följd av att institutionen förfogar över ett datorprogram för automatisk bildbehandling och därtill tillräcklig datorkapacitet, har möjligheterna att filma föraren och automatiskt behandla bilderna undersökts.

För tillräckligt många traktormodeller vore det möjligt att genom takluckan filma försökspersonerna rakt ovanifrån. Normalt tål inte film- och videokameror att i skakande miljö placeras vertikalt. En marknadsundersökning gav dock vid handen att ett fåtal kameramodeler är av sådan konstruktion att vertikal filmning under fältförhållanden är möjlig.

Filmningen kan alternativt ske med kameran placerad horisontellt. Detta arrangemang fordrar dock adekvat placerade speglar. Med hjälp av ett prisma placerat framför kameraobjektivet skulle denna variant också medge en registrering av förarens lutande sittställningar.

Väl kontrasterande mätpunkter, t ex lysdioder, kan via filmen och med hjälp av bildanalysprogrammet registreras i ett koordinatsystem, varefter vinkelbestämningar lätt låter sig göras.

Trots att denna metod är fullt framkomlig, har vi tvingats uppge idén tills vidare p g a att en komponent i vår datorutrustning saknas. Komponenten erfordras för att man på ett tidsmässigt godtagbart sätt skall kunna överföra den ansenliga mängd data som måste analyseras i ett bildbehandlingsprogram. Kostnaden för en dylik "länk" beräknas vara betydande, varför vi ej funnit det möjligt att praktiskt testa denna metod.

En mera raffinerad metod kan av allt att döma vara att direkt utnyttja videokamerans bilduppbyggnadsmekanism vilken ju utgörs av ett finmaskigt "koordinatsystem". Därigenom skulle man slippa omvägen över en "fysisk" bild. Utvecklingen av en dylik metod torde vara fullt möjlig.

Ett något anspråkslösare alternativ är att manuellt behandla bildmaterialet med hjälp av optiska koordinatsökare. Detta system kan brukas med omedelbar verkan, men är arbetskrävande och mindre flexibelt. Som testutrustning för jämförande studier med andra mätmetoder kommer vi dock att utnyttja även denna metod.

Ultraljud

Möjligheterna att utnyttja ultraljud för avståndsbestämning har undersökts. Marknaden tillhandahåller kombinerade sändare och mottagare av behändigt format och till överkomligt pris.

Huvudproblemet med dessa är den höga ljudtrycksnivån, de korta avstånden i en traktorhytt och de varierande innerkonturerna. Minst tre ljudkällor erfordras och svårbevästrade problem antas uppstå med att eliminera sid- och framåtlutningars negativa inverkan på de registrerade mätvärdenas relevans.

Denna metod kan anses vara oframkomlig.

Elektromagnetiska spolar

En teoretiskt betraktat tilltalande metod skulle vara att omsluta föraren med ett elektromagnetiskt fält. Detta skulle kunna låta sig göras genom att man lindade in hytten med koppartråd så att en elektromagnetisk spole bildades i traktorns längdriktning.

Föraren kunde då förses med rörliga eller fasta spolar vars vridningar resp inducerade strömmar skulle kunna registreras.

Problemen med denna metod tillstöter vid det praktiska utförandet. För att eliminera ovidkommande magnetfält erfordras en omfattande lindning, med bl a siktproblem som följd. Vidare är det svårt att inuti en traktorhytt med dess oregelbundna konturer, skapa en homogen spole, vilket är nödvändigt för att uppnå ett pålitligt, homogent magnetfält.

Vissa betänkligheter riktas också mot att placera en försöksperson i ett magnetiskt fält, även om detta kan enses vara tämligen svagt. Metoden bedöms vara mycket svårframkomlig.

Optiska "räknare"

Man kan få en fotodiod att "räkna" övergångar mellan svarta och vita fält. Detta medger teoretiskt att man genom att fästa dylika dioder på föraren samt förse taket i traktorn med en cirkelskiva uppdelad i 360 svarta resp vita sektorer, skulle kunna räkna grader vid en vridning. Alternativt kan dioderna fästas i hyttskrovet varefter föraren i st fördes med gradindelningar.

Metoden har ej befunnits vara tillämpbar i praktiken, i första hand beroende på att föraren ej är fixerad i rummet.

Trådtöjningsgivare/potentiometrar

Den ursprungliga arbetsidén var att utnyttja olika typer av trådtöjningsgivare och/eller potentiometrar. Huvudets vridning kan mycket lätt registreras på detta sätt, betydligt svårare förefaller det emellertid vara att med denna utrustning, på ett entydigt sätt, mäta vridningar och förflyttningar i rygg- resp höftparti. Svårigheterna är dels av teknisk, dels av praktisk natur. Tekniskt är det svårt att applicera givarutrustningen på ett sätt som renodlat skulle indikera vridningar. Feltolkningar riskerar att bli följden av andra förflyttningsrörelser än rena vridningsrörelser. Vi har funnit det svårt att konstruera ett pålitligt kompensationsystem för att eliminera dylika felkällkor. Praktiskt vore det besvärande för föraren att vid undersökningstillfällena vara "uppbunden" i ett tiotal punkter i hytten. Detta förhållande skulle strida mot kravet om en opåverkad försöksperson.

POLARISERAT LJUS

Den metod vi valt att satsa på bygger huvudsakligen på två optiska hjälpmedel, polarisationsfilm och fotodioder samt på en del erforderlig elektronik. Den intressanta egenskapen hos polarisationsfilm är dess förmåga att släcka ut den ena av ljusets två svängningskomponenter. Med hjälp av två parallella, och med varandra i rät vinkel orienterade polarisationsfilmpplan, kan man således i det närmaste släcka ut infallande ljus helt och hållet. Genom att sedan vrida den ena filmen kan man öka ljusgenomsläpligheten till ett maximum.

Fotodioderna, med sin förmåga att alstra mätbara spänningar proportionella mot infallande ljusmängd, utgör den andra huvudkomponenten i mätutrustningen.

Principen för mätning av vinkel med polariserat ljus

Ljus från glödlampor, lysrör och solljus är opolariserat. Det innebär att ljuset, som kan betraktas som en vågrörelse, "svänger" i alla riktningar. Ett polarisationsfilter kan filtrera bort svängningar i alla riktningar utom en. Läger man ett polarisationsfilter över ett annat, kan man följaktligen filtrera bort en önskad mängd ljus genom att vrida filtren i förhållande till varandra. Se figur 2.

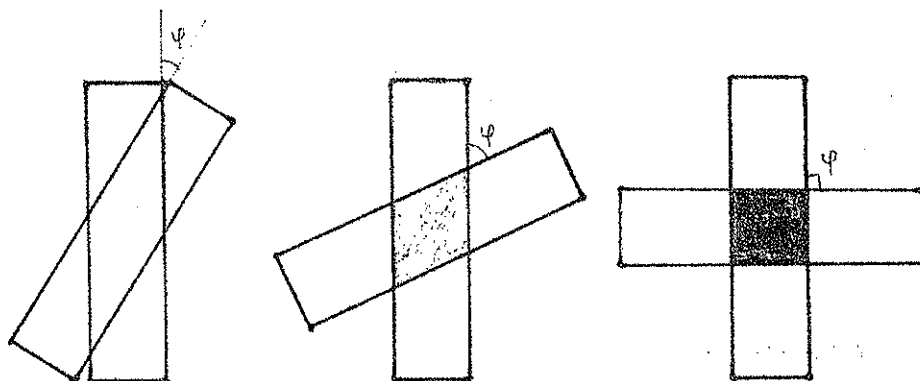


Fig 2. Överlappande polarisationsfilter.

När filtrens optiska axlar är parallella är transmissionen maximal, och när axlarna är vinkelräta är transmissionen minimal. Se figur 2. Detta samband går att beskriva med en formel enligt:

$$I = I_0 \cos^2(\varphi)$$

I_0 är den ljusmängd som passerar då filtrens optiska axlar är parallella. φ är vinkeln mellan axlarna.

Genom att mäta hur mycket ljus som passerar filtren kan vi uppskatta hur dessa är vridna i förhållande till varandra.

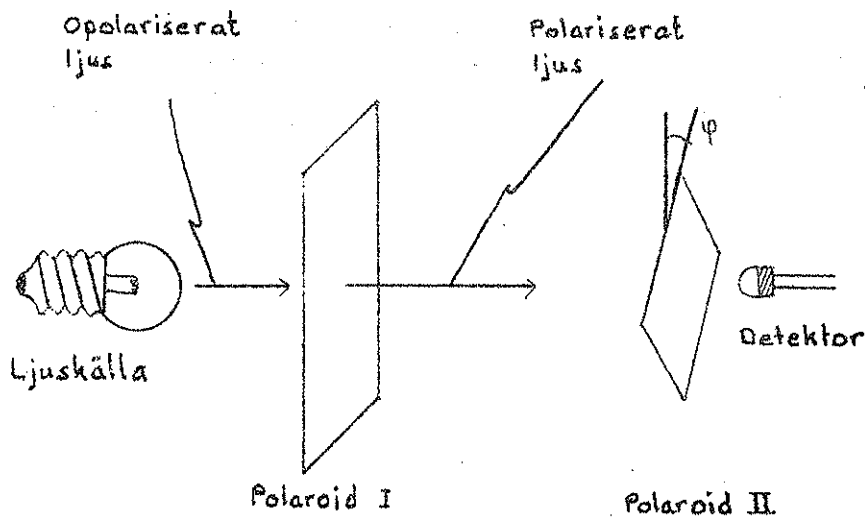


Fig 3. Princip för vinkelmätning med polariserat ljus.

I figur 3 har vi en glödlampa som ljuskälla och en fotodiod som detektor. Fotodioden ger en spänning som utsignal, vilken är proportionell mot belysningen. Genom att studera figuren kan vi notera följande:

Belysningen av detektorn minskar om polaroiden II vrides i förhållande till polaroiden I.

Belysningen av detektorn minskar då polaroiden II "lutar" i förhållande till polaroiden I. (Med "lutning" menas att polaroidernas ytnormaler ej sammanfaller).

Belysningen av detektorn minskar då avståndet mellan polaroiderna ökar.

Om polaroiden II vrides mer än 90° i förhållande till polaroiden I, så kommer belysningen att öka igen.

Icke polariserat ströljus kommer att påverka fotodiodens utsignal.

Detektorns utsignal blir således beroende av många andra faktorer än vridningsvinkeln mellan polaroiderna. Vill vi ha en detektor som endast ger utslag för vinkeln och dessutom har ett större mätområde än ovanstående får vi använda en förfinad variant av denna. En sådan metod som utvecklats och testats på inst f lantbruksteknik beskrivs nedan.

Tredioddetektorn

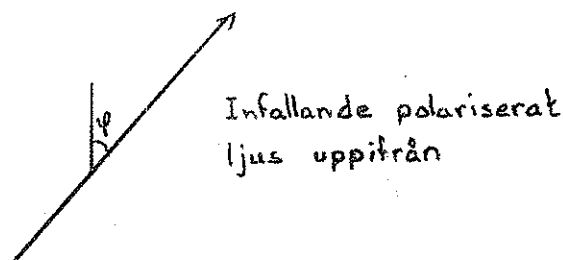
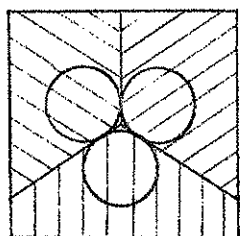


Fig 4. Tredioddetektorn.

Tre fotodioder monteras i samma plan så nära varandra som möjligt. Dessa täcks med polaroider med optiska axlarna i 120° vinkel (figur 4.) Om vi nu betraktar utspänningarna från de tre fotodioderna, då dessa belyses med polariserat ljus uppifrån så kan vi ställa upp följande samband:

$$U_A = I_0 \cos^2(\varphi)$$

$$U_B = I_0 \cos^2(\varphi + 60^\circ)$$

$$U_C = I_0 \cos^2(\varphi - 60^\circ)$$

U_A , U_B , och U_C är utspänningar från fotodioderna.

I_0 är proportionell mot det infallande ljusets intensitet.

φ är vinkeln mellan polaroiden A:s optiska axel och det infallande ljusets polarisationsriktning.

Nu tänker vi oss att vi med en voltmeter mäter fotodiodernas utspänningar samtidigt, och på något sätt (t.ex. för hand eller i en mikrodata) bildar kvoten:

$$U = \frac{2U_A - U_B - U_C}{U_A + U_B + U_C} = \frac{2I_0 \cos^2(\varphi) - I_0 \cos^2(\varphi + 60^\circ) - I_0 \cos^2(\varphi - 60^\circ)}{I_0 \cos^2(\varphi) + I_0 \cos^2(\varphi + 60^\circ) + I_0 \cos^2(\varphi - 60^\circ)}$$

Denna kvot kan med viss möda reduceras till

$$U = \cos(2\varphi)$$

U är endast vinkelberoende! Avståndsändringar och lutningar inverkar enbart på I_0 som ju är lika för alla tre fotodiодerna. (Detta under förutsättning att avståndet mellan fotodiодerna är mycket mindre än avståndet mellan detektorn och ljuskällan).

I figur 5 visas spänningar U_A , U_B och U_C samt kvoten U.

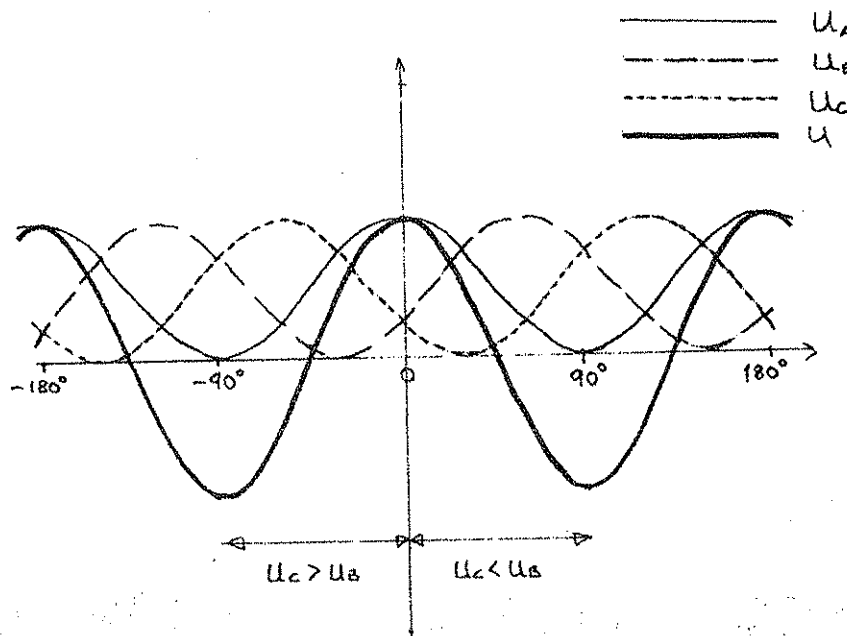


Fig 5. Utspänningar från fotodiодerna som funktion av vridningsvinkel (U_A , U_B , U_C), samt den konstruerade kvoten $U = (2U_A - U_B - U_C) / (U_A + U_B + U_C)$

Av diagrammet framgår att:

U ligger symmetriskt kring Y - axeln.

I intervallet $(-90, 0)$ är $U_C < U_B$.

I intervallet $(0, 90)$ är $U_C > U_B$.

Genom att betrakta kvoten U och samtidigt jämföra U_C och U_B ser vi att varje värde på

U i intervallet $(-90, 90)$ svarar mot en unik vinkel. För intervallen $(-90, -180)$ resp $(90, 180)$ garanteras varje mätvärdes entydighet av de anatomiska begränsningar i rörelseomfång som vår rörelseapparat uppvisar. T. ex torde det vara tämligen sällsynt med individer som kan vrida huvudet förbi axellinjen. Vid den slutliga databearbetningen kan således orealistiska vridningskombinationer uteslutas. Resultatet blir att vi kan erhålla entydiga mätvärden för hela intervallet $(-180, 180)$.

Eliminering av ströljus.

I det praktiska fallet med ljuskälla och tredioddetektor monterade i en traktor så kommer fotodiодerna att belysas inte bara av polariserat ljus från en ljusramp, utan även av en viss mängd solljus. Detta ljus är opolariserat, och går in lika mycket i alla tre fotodiодerna, vilket gör att U får ett avstånds- och lutningsberoende bidrag.

För att komma bort från denna olägenhet så matar vi ljuskällan med en pulserande likspänning med fix frekvens.

Signalerna från fotodiодerna får som utsignal samma frekvens som ljuskällan. Alla frekvenser utom denna frekvens filteras bort. Man kan säga att detektorn "känner igen" vilket ljus som kommer från ljuskällan och förstärker detta samtidigt som den dämpar allt övrigt ljus.

Systemets uppbyggnad

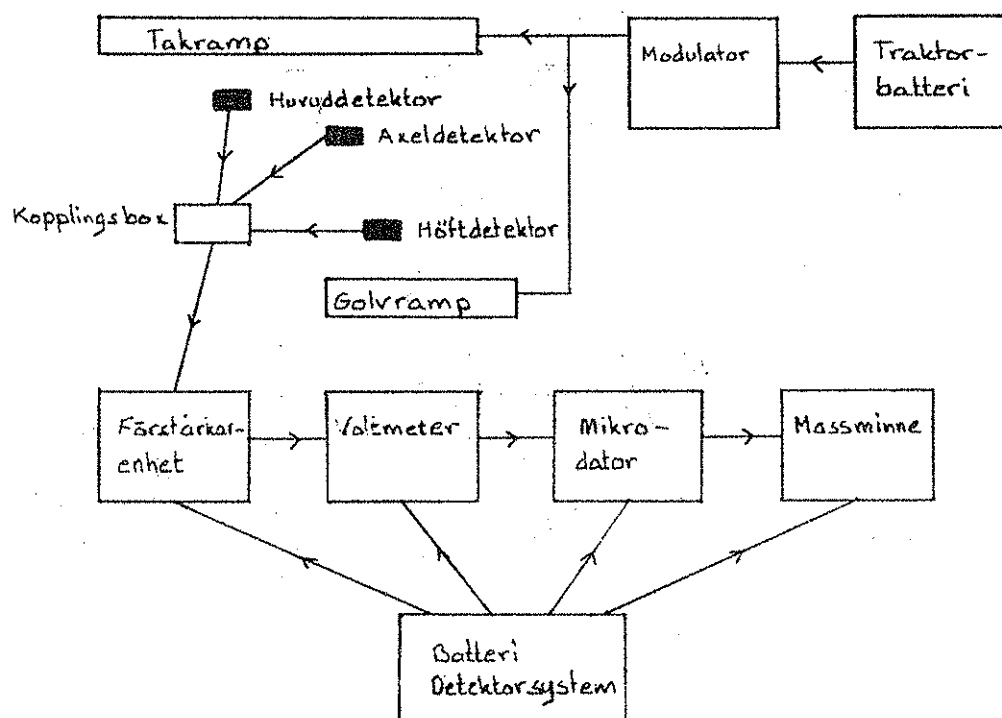


Fig 6. Blockschemata för hela mätsystemet.

Systemet är uppbyggt av två delsystem, ljuskällesystemet och detektorsystemet.

Ljuskällesystemet drivs från traktorns batteri, medan detektorsystemet, som drar liten effekt (1W) drivs från två separata blyackumulatorer.

De båda systemen är skilda åt för att undvika störningar och eliminera risken för felkoppling.

Ljuskällesystemet

Ljuskällesystemet, vars syfte är att sprida polariserat ljus i traktorhytten, består av två ljusrampar samt en modulator.

Ljusramperna är placerade enligt fig 7.

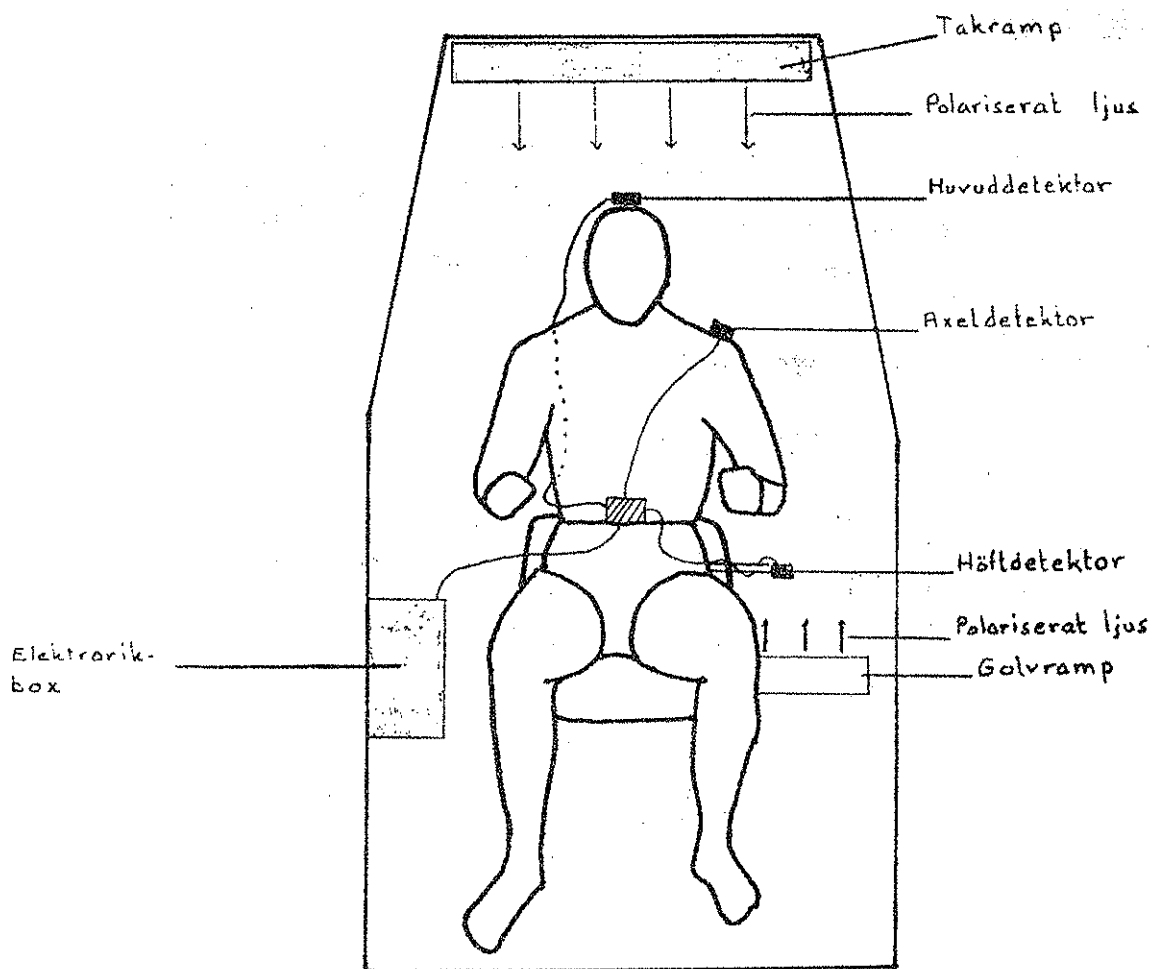


Fig 7. Delarnas placering i ljuskällesystemet.

Som tidigare nämnts måste ljuset från ramperna moduleras för att detektorsystemet skall kunna skilja det polariserade ljuset från solljuset.

Detta sker i modulern genom att spänningen till lamporna "hackas upp" med en frekvens av 100 Hz. För att öka moduleringsgraden hos lamporna, som är vanliga glödlampor och reagerar trögt på spänningsändringar, så har vi valt att använda 6 - voltslampor. Dessa drivs med 12 volts pulserande spänning. Pulslängdsförhållandet hos den matande fyrkantspänningen väljs sedan så att lampornas märkeffekt ej överskrids.

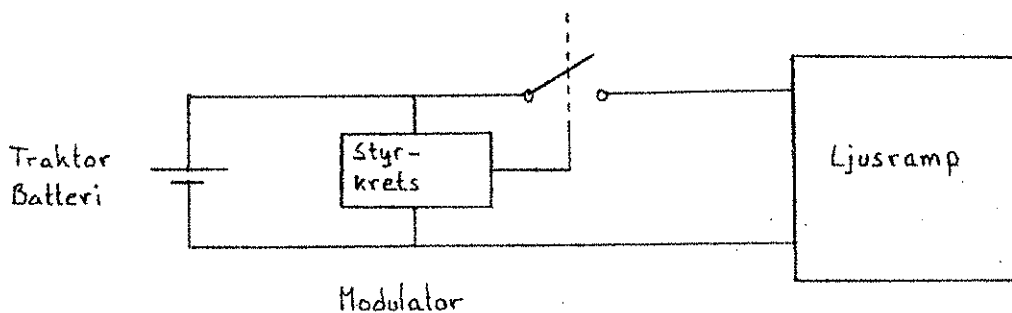


Fig 8. Modulering av ljus från ljusramp.

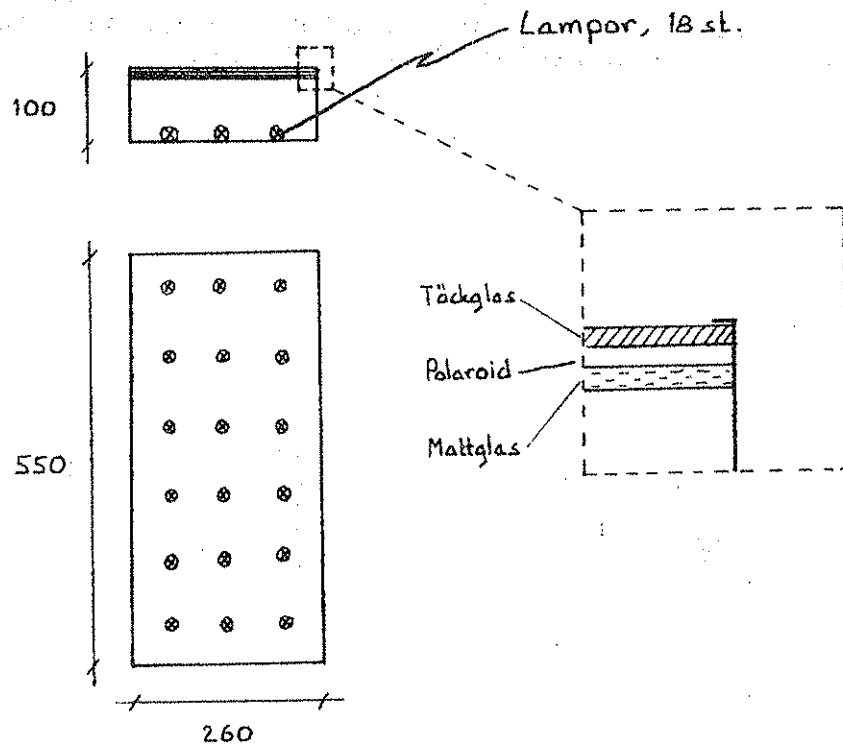


Fig 9. Golvrampen

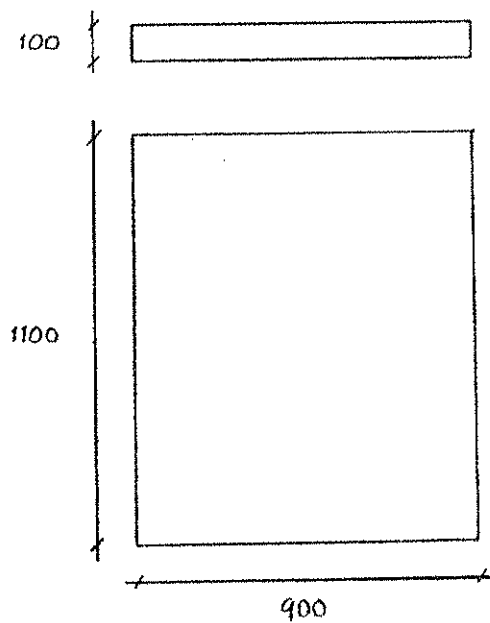


Fig. 10. Takrampen. Denna är uppbyggd på samma sätt som golvrampen.

Detektorsystemets funktion

Detektorsystemet, som har till uppgift att bearbeta signaler från fotodiодerna samt lagra dessa värden för senare bearbetning, fungerar i princip på följande sätt: (Endast en fotodiод med kringelektronik är utritad).

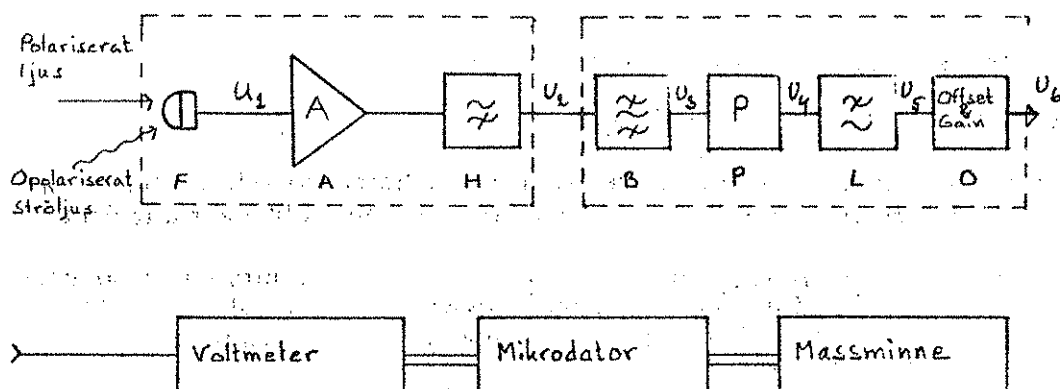


Fig 11. Detektorsystemet

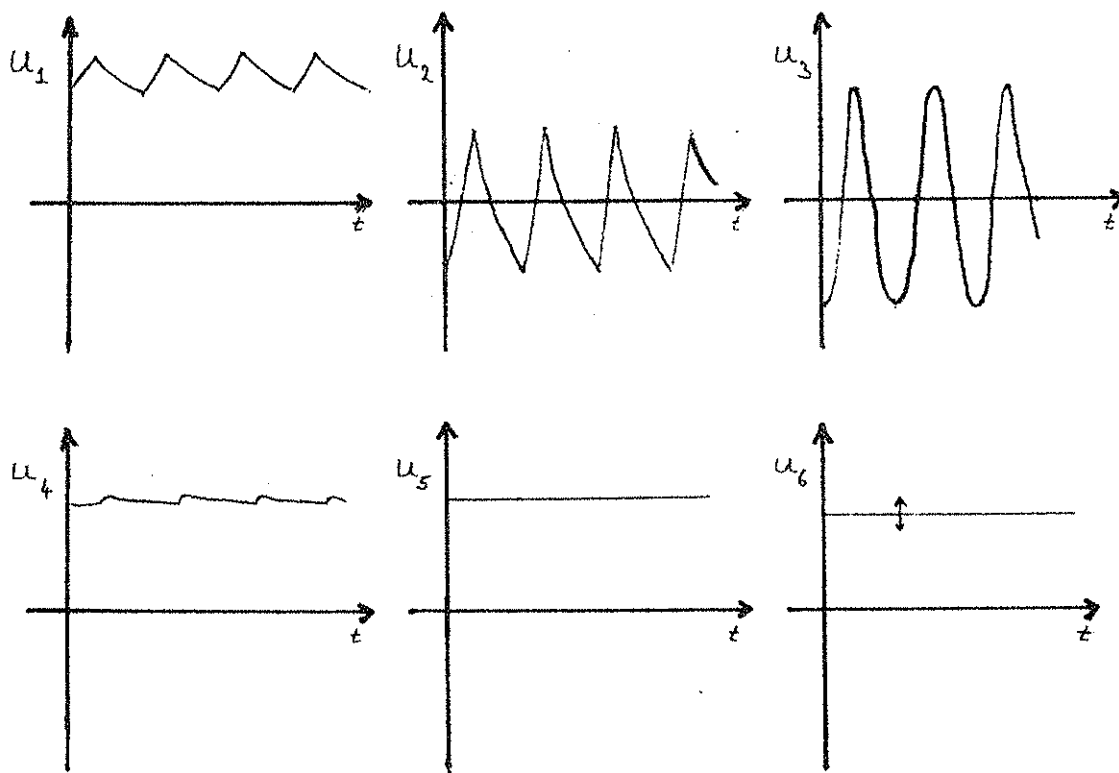


Fig 12. Spänningarnas utseende i olika delar av detektorsystemet.

Polariserat ljus från ljusrampen, samt ströljus utifrån träffar fotodioden. Detta ger upphov till en utspänning från densamma, U_1 enligt fig 12.

Samtidigt som signalen förstärks så filtreras största delen av likspänningskomponenten bort (U_2).

Detta sker inuti tredioddetektorn. Då det ej är möjligt att filtrera bort hela likspänningen direkt, och resterande signal ej är sinusformad, så tas signalen genom ett bandpassfilter, samtidigt som den förstärks ytterligare. (U_3).

Peakdetektorn, som följer toppvärdet av U_3 ger en signal enligt (U_4).

Lågpassfiltret "slätar" ut samma signal (U_5).

I den efterföljande Offset & Gain enheten finns möjligheter till kalibrering av förstärkning och offset. Detta för att kompensera för fotodiodernas något olika karakteristika (U_6).

U_6 är en spänning som är proportionell mot intensiteten av infallande polariserat ljus. Signalerna från samtliga fotodioder genomgår ovanstående signalbehandling. Från varje tredioddetektor (3 st) får vi alltså tre utspänningar U_{6A} , U_{6B} , och U_{6C} , ur vilka vridningsvinkeln kan beräknas.

Samtliga utspänningar (9 st) skickas till en voltmeter. En mikrodator som kommunicerar med voltmeteren, läser av denna en gång i sekunden, och lagrar dessa värden i sitt interna minne. Efter 30 minuter är minnet fullt, och minnesinnehållet måste dumpas till ett massminne. Mikrodatorn som sköter insamlingen av data, har samtidigt olika kontrollfunktioner. I datorns fönster visas kontinuerligt den aktuella vridningsvinkeln för varje givare. Datorn ger larm då utsignalerna antar orealistiska värden. På så sätt har man alltid kontroll över att datainsamlingen fungerar tillfredsställande under fältexperiment.

Kopplingsboxen

Kopplingsboxen har endast till uppgift att sammanföra ledarna från tredioddetektorerna till elektronikboxen samt göra det så enkelt som möjligt för föraren att ansluta sig till mätsystemet. Det är naturligtvis väsentligt att föraren kan röra sig så fritt som möjligt i traktorhytten.

Elektronikboxen

Elektronikboxen har måtten 470x270x250 mm och innehåller följande:

Förstärkarenhet: - Denna består av ett antal europakort monterade i rack. Plats för extra kort finnes för en eventuell framtida expansion av systemet.

Batterier: - Två st 12v blyackumulatorer typ MC- batteri.

Voltmeter: - HP 3421 A. Voltmeter med HP- IL interface.

Voltmetern har en upplösning på 3 1/2 - 5 1/2 siffra, vilket kan väljas godtyckligt. Voltmetern drivs från en intern ackumulator.

Mikrodator: - HP - 75 C. Kommuniserar med massminne och voltmeter via HP-IL interface. Välutvecklad BASIC, samt 32K RAM.

Massminne: - HP 82161A Bandkassetminne. Varje kassett rymmer 132 K vilket motsvarar data för två timmars försök.

Systemets noggrannhet.

Preliminära experiment visar en noggrannhet i vinkelbestämning av $\pm 5^\circ$

Med vissa förbättringar borde man kunna nå en noggrannhet av $\pm 1^\circ$

Den största bidragande orsaken till fel är för närvarande fotodiernas känslighet för ljus som ligger utanför polarisationsfiltrens aktiva område. Ett polarisationsfilter polariserar enbart i ett visst våglängdsområde. Glödlamporna i ljusramperna har ett brett spektrum, från infrarött upp till violett. Det infraröda ljuset polariseras ej av filtret. Med ett optiskt IR- filter borde ovanstående problem kunna lösas.

ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

Den framtagna utrustningen avsågs ursprungligen att användas inom kommande arbetsmiljöprojekt vid institutionen för arbetsmetodik och teknik.

Huvudmålsättningen för dessa arbeten är att ta fram och utvärdera olika lösningar på problemet med vridna och lutande arbetsställningar vid traktorkörning. För att olika förbättringsåtgärder skall få en genomslagskraft gentemot tillverkare och brukare är det nödvändigt att de testas omsorgsfullt och förses med vetenskapligt verifierade argument.

I linje med detta är det också vår avsikt att komma sanningen närmare vad beträffar eventuella kombinationseffekter av vridna/lutande arbetsställningar och skakningar/vibrationer. Härvidlag kommer en automatisk registreringsutrustning för arbetsställningar väl till pass att användas parallellt med vibrationsmätningens utrustning.

Andra tänkbara uppgifter kan bli att testa olika traktorers och redskaps utformning med avseende på siktförhållanden, reglageplaceringar och redskapsplaceringar.

Utanför jordbruksnäringen är det vår förhoppning att utrustningen skall komma till användning för förbättringsarbeten i andra arbetsfordon, typ truckar, lastmaskiner etc.

Även vid stationära arbetsplatser där vridningsrörelser kan antas utgöra ett besvärande arbetsmiljöproblem kan utrustningen komma till användning.

SUMMARY

Farm tractor drivers are forced to twist their bodies in order to observe the equipment and the work result behind the tractor.

To make it possible to quantify and describe the degree of these inconveniences, to test and present different kinds of improvements and to get unambiguous arguments for these improvements, we have to use some kind of equipment that measures the twisted postures and collects the information.

The equipment must be

- functional and reliable
- useable under field conditions
- useable in different kinds of tractors
- designed in a way that allows the driver to act normally.

We have within the frame of this project, found a number of different solutions. Most of them have been rejected after theoretical or practical tests.

A quite new method, based on outspreading and detecting polarized light, satisfies the requirements in a sufficient manner.

From a source in the ceiling, light is sent through a polarization film. This polarized light hits a number of photocells attached to some special points on the driver. These photocells, which are able to produce a measurable current (or voltage) when illuminated, are covered with a second polarization film.

Thanks to the fact that the light passes two polarization films, of which one is turnable, the produced voltage will vary with the rotation of the driver.

Some interacting factors with influence on the reliability, e.g. the inclination of the driver, the distance between the light source and the photocells, the sunlight etc, have been neutralized. The precision is today about $\pm 5^\circ$ but can probably be improved. With an optical IR-filter between the secondary film and the photocell, the precision will be about $\pm 1^\circ$

The rotation of the driver can be measured in the interval of ± 180 degrees. Photocells on his head, shoulders and hips will expose how much he rotates his back spine and neck and in which position he sits on the seat.

The equipment will also tell us the period of time he spends in different working postures and how many times he has to rotate.

The equipment collects the data automatically and continuously. The working posture is determined every one second. The experimental sequences may be as long as desired. A computer analyses the collected data and the results are delivered without almost any kind of manual help. The researcher can focus his attention on the interpreting, the conclusions and the presentation of the results.