

Nr 120 · 1974

Maskinellt skogsarbete i konstljus

Ergonomiska aspekter på syn- och
belysningsförhållanden

En studie inom det internordiska (NSR-)
projektet ”Förhållandet mellan man
och maskin för skogsbrukets maskiner”

*Artificial lighting in forest machine operations
Ergonomic aspects of sight and light*

HÅKAN TELJSTEDT

Institutionen för skogsteknik

Abstract

ODC-302

A project studying work with mobile forest machines in artificial light was initiated in 1969 at the College of Forestry in collaboration with the National Institute of Occupational Health. The aim of the project was to investigate the existing lighting conditions and give suggestions for suitable lighting arrangements as well as other measures that can make work in artificial light easier and safer. The investigations have been done both as limited model tests and in connection with actual field work.

The existing lighting conditions were found to be unsatisfactory in the following respects: too low level and too uneven distribution of illumination on and around the machines and too high luminances on some machine-parts (glare) mainly on machines with light colours.

The lighting conditions can be improved through the use of broad beam lamps, stronger generators, more lamps and through black-painting certain parts of the machines.

Considerations of planning and organization for work in artificial light are discussed.

Ms. received 1974-07-31

Liber Förlag/Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-02097-1

Berlingska Boktryckeriet, Lund 1974

Innehållsförteckning

Förord	5	6 Resultat	29
1 Sammanfattning	6	6.1 Studie I	29
Summary	7	6.1.1 Förare	29
2 Bakgrund	8	6.1.2 Ljusbmätningar	30
3 Syfte	10	6.1.3 Tidsstudier	31
4 Syn och belysning	11	6.1.4 Hjärtfrekvens	33
4.1 Ljustekniska begrepp och enheter	11	6.1.5 Sammanfattning av resultat	34
4.2 Synen och ögat	14	6.2 Studie II	35
4.2.1 Ögats adaptation	14	6.2.1 Ljusbmätningar	35
4.2.2 Bländning	15	6.2.2 Tidsstudier	36
4.2.3 Åldersförändringar	15	6.2.3 Hjärtfrekvenser	37
4.3 Syn, belysning och arbete	15	6.2.4 Störningsmoment	38
4.3.1 Synprestation och belysning	16	6.2.5 Förarskattningar och intervjuer	38
4.3.2 Trötthet och belysning	20	6.2.6 Sammanfattning av resultat	39
4.3.3 Visuella prestationskrav vid maskinellt skogsarbete	20	6.3 Studie III	40
4.3.4 Tillgång av naturligt ljus för utomhusarbete	21	6.3.1 Ljusbmätningar	40
5 Genomförande	23	6.3.2 Intervjuer, skotning	41
5.1 Studie I	23	6.3.3 Intervjuer, fällning-lunning	46
5.1.1 Maskiner, förare	23	6.3.4 Ljusbmättningsresultat och subjektiva omdömen	49
5.1.2 Belysningsutformning, ljusbmätningar	23	6.3.5 Belysningsproblem och skiftarbete	49
5.1.3 Virke	23	6.3.6 Sammanfattning av resultat	50
5.1.4 Tidsstudier	23	6.4 Separata ljusbmätningar	50
5.1.5 Hjärtfrekvens	23	6.4.1 Kockum Processor 78 ATK	50
5.1.6 Studieschema	24	6.4.2 Logma	55
5.2 Studie II	24	6.4.3 Aktuella naturobjekts reflektionsfaktorer	56
5.2.1 Maskiner, förare	24	7 Diskussion och slutsatser	57
5.2.2 Belysningsutformning, ljusbmätningar	25	7.1 Kriterier på belysningssituationen	57
5.2.3 Körslinga, virke	25	7.1.1 Allmänt	57
5.2.4 Tidsstudier	25	7.1.2 Överordnade mål och kriterier	57
5.2.5 Hjärtfrekvens och störningsmoment	25	7.1.3 Gränsvärden för belysning	58
5.2.6 Förarskattningar och intervjuer	25	7.1.4 Kriterier som tillämpas i belysningssammanhang	58
5.2.7 Studieprogram	25	7.1.5 Kriterier i föreliggande studier och deras resultat	59
5.3 Studie III	26	7.1.6 Jämförelse mellan existerande rekommendationer och studiernas resultat	60
5.3.1 Maskiner, förare, belysningsutrustning och ljusbmätningar	26	7.1.7 Krav på ljusadapterat öga respektive färgseende	60
5.3.2 Förarintervjuer	26	7.2 Organisation och planering för arbete i konstljus	61
5.3.3 Studieprogram	26	7.3 Skiftarbete och arbete i konstljus	61
5.4 Separata ljusbmätningar	28	Referenser	63
5.4.1 Kockum Processor 78 ATK	28	Bilaga A Studie I	64
5.4.2 Logma T-310	28	Bilaga B Studie II	67
5.4.3 Aktuella naturobjekts reflektionsfaktorer	28	Bilaga C Studie III	73
		Bilaga D Separata ljusbmätningar	74

Förord

På initiativ av Nordiska Rådet lämnar regeringarna i Danmark, Norge, Finland och Sverige ekonomiskt stöd till skogstekniskt forsknings- och utvecklingsarbete av gemensamt nordiskt intresse. Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR) är ett samordnande organ för verksamheten. Denna redovisning är en delrapport från NSR:s projekt "Förhållandet mellan man och maskin för skogsbrukets maskiner".

I samband med en ergonomisk inventering av skogstraktorer som genomfördes år 1967 vid Arbetsmedicinska Institutet (i samarbete med Skogshögskolan och Forskningsstiftelsen Skogsarbeten) konstaterades bland annat att belysningsfrågorna utgjorde en punkt där det skulle vara värdefullt med kompletterande studier. Detta bedömdes som angeläget inte minst därför att man kunde se fram emot att de allt dyrare maskiner som successivt tas i bruk skulle medföra krav på längre utnyttjandetid och där-

med större andel arbete i konstljus. Våren 1969 igångsattes därför i samarbete mellan Skogshögskolan och dåvarande Arbetsmedicinska Institutet delprojektet "Maskinellt skogsarbete i artificiell belysning", vilket redovisas i denna rapport.

Ett varmt tack riktas till Älvdalens Skogsbruksskola, Stora Kopparbergs Bergslags AB och Svenska Cellulosaaktiebolaget samt till jägmästare S. G. Hultman, vilka på olika sätt har gjort det möjligt att genomföra detta arbete.

Skogshögskolans
institution för
skogsteknik
Per Olov Nilsson

Arbetskyddsstyrelsens
arbetsmedicinska avdelning
Nils Lundgren

1 Sammanfattning

Maskinellt skogsarbete i konstljus har studerats dels i form av modellförsök och dels genom studier i anslutning till praktiskt arbete.

Undersökningarna har påvisat väsentliga brister rörande konstljusförhållandena kring olika maskintyper:

- alltför låg belysningsstyrka på och kring maskinerna
- alltför dålig spridning av ljuset, dvs. koncentration av ljuset till små fläckar, vilka verkar störande mot en svagare upplyst omgivning
- alltför höga luminanser hos vissa maskindetaljer inom förarens synfält, vilka verkar irriterande mot en omgivning med låga luminanser. Det är främst ljusmålade maskiner som visats ge dessa störningar av synkomforten.

Åtgärder som visats medföra förbättringar är:

- högre belysningsstyrkor genom fler lampor och starkare generatorer
- förbättrad (jämnare) ljusspridning genom användning av bredstrålande armaturer
- minskad bländning genom svartmålning av maskindetaljer inom förarens synfält som ej behöver ses.

Studierna ger också vissa anvisningar om hur maskinellt skogsarbete i konstljus kan underlättas genom en organisation och planering som tar hänsyn till de speciella förhållanden som mörkerarbetet innebär. Sådana åtgärder utgör tillsammans med goda ljusförhållanden en förutsättning för att man skall uppnå komfortabla och säkra arbetsförhållanden.

Summary

The study is a part of a larger project covering joint Nordic investigations for the development of forest technology. The project was started on the initiative of the Nordic Council, and the studies involved are being carried out in Denmark, Finland, Norway and Sweden, financed by the respective governments. The coordinate organ of the project is the NSR (Nordic Council for Forest Work Science). The present study belongs to the project "Man and Machine", the supervising country of which is Norway.

Forest machines are to an increasing extent being operated in shift work in Sweden. This means that a lot of work has to be done during the dark hours which in turn creates a demand for better lighting.

A project studying work with mobile forest machines in artificial light was initiated in 1969 at the College of Forestry in collaboration with the National Institute of Occupational Health. The aim of the project was to investigate the existing lighting conditions and give suggestions for suitable lighting arrangements as well as other measures that can make work in artificial light easier and safer. The investigations have been done both as limited model tests and in connection with actual field work.

The existing lighting conditions were found to be unsatisfactory in the following respects:

- too low level of illumination on and around the machines
- too uneven distribution of illumination; light is often concentrated to small spots which are disturbing against a background with lower level of illumination
- too high luminances on some machine-parts (glare) which is irritating against a background with lower luminance. It is mainly machines with light colours that show up these disturbances.

The lighting conditions can be improved by the following measures:

- higher level of illumination through more lamps and stronger generators
- more even distribution of illumination through the use of broad beam lamps. Successful tests were carried out with Sealed Beam Lamps with a light spread of 80 by 40 degrees
- elimination of glare by black-painting of machine-parts in the operator's visual field which he does not need to see (e.g. grids for window protection, the boom support, the hood).

Mechanized forest work in artificial light also requires a planning and organization that is adapted to the special conditions. Examples on such measures are:

- areas with very rough ground should be done in day-light
- careful planning of strip roads is necessary to avoid areas with difficult terrain and ground with poor bearing capacity; roads should be very clearly marked, preferably with reflecting paint or plastic ribbons
- during the darkest part of the year, work in artificial light should be done when the ground is snow-covered (the snow creates higher levels of luminance and provides better contrast)
- good maps of the area should be available where the finished areas are immediately marked off
- good stacking and concentration of the timber (trees, stems) is important; this is easier to accomplish if the previous operation is done by machine
- the machines should be equipped with communication radio for safety and information
- special care should be taken to eliminate accident risks that might occur because of the darkness and to make sure that accidents are observed immediately.

In order to achieve safe and comfortable working conditions for work with mobile forest machines in artificial light, it is necessary to provide good lighting conditions as well as a careful planning and organisation.

2 Bakgrund

En allt större del av skogsarbetarkåren kommer i framtiden att vara maskinoperatörer. Redan idag är ca 7 000 skogsarbetare verksamma som maskinförare. Framtidsvisionen ”ingen fot på marken — ingen hand på virket” kommer enligt många bedömare att bli verklighet någon gång under 1980-talet.

Denna på senare år allt snabbare mekanisering har inneburit en utveckling mot större, tekniskt mer komplicerade och dyrbarare skogsmaskiner. Kravet på maximal utnyttjandetid av dessa maskiner blir allt starkare och redan idag praktiserar vissa och önskar andra skogsföretag införa skiftkörning i någon form. Antal maskiner i organiserad skiftgång kan uppskattas till omkring 350, dvs. antalet berörda förare är ca 700 (1972).

Med de nordiska ländernas geografiska läge och därmed rådande korta dagsljusperioder under vinterhalvåret har det hittills varit naturligt att avsluta skogsarbete i varje form i och med mörkrets inbrott. Eftersom alltså skogsmaskiner tidigare normalt inte brukats efter mörkrets inträde är det naturligt att man vid en genomgång av marknadens maskiner finner att dessa är utrustade med belysningsanordningar, vilka på goda grunder måste förmodas ge långt ifrån optimala ljusförhållanden.

I samband med en ergonomisk inventering av skogstraktorer som genomfördes år 1967 vid Arbetsmedicinska Institutet (i samarbete med Skogshögskolan och Forskningsstiftelsen Skogsarbeten) konstaterades också att belysningsfrågorna utgjorde en punkt där det skulle vara värdefullt med kompletterande studier.

Den grundläggande forskningen kring syn- och belysningsproblemen har oftast bedrivits under väl definierade, ofta laboratoriemässiga förhållanden. Generella samband — som givetvis utnyttjats i föreliggan-

de studier — har på så vis kunnat bestämmas. Appliceringen av dessa studier på den aktuella praktiska arbetssituationen är komplicerad. Flertalet studier har nämligen avsett arbeten med mycket stora synkrav, dvs. arbeten där synvinkeln är liten, kontrasten är låg eller objektens hastighet är stor. Synkraven vid arbete med mobila skogsmaskiner torde däremot i de flesta avseenden vara relativt små. Det som vidare på ett markant sätt skiljer den här studerade arbetssituationen från de tidigare nämnda är att:

- arbetet bedrivs utomhus, dvs. man får inget reflekterat ljus från omgivningen
- ljuskällorna måste placeras så att ett mer eller mindre ensidigt ljus erhålls vilket medför ogynnsamma skuggeffekter
- effektutbudet är begränsat vilket medför dels att det belysta området alltid blir avgränsat till en mindre yta och att man har små möjligheter att radikalt förbättra ljus-situationen genom höjning av belysningsstyrkan.

Några studier av ljusförhållandena vid arbeten med ovanstående karakteristika är inte kända. De rekommenderade värden som finns i den s.k. Luxtabellen torde i flertalet fall vara baserade på översiktliga resonemang. Dessutom utgör de ”försök till bästa avvägning . . . med hänsyn till å ena sidan fysiologiska och psykologiska faktorer beträffande synprestationsförmåga och ’synkomfort’ och å andra sidan tekniska och ekonomiska faktorer”.

Syftet med den föreliggande undersökningen är därför att studera vilka ergonomiska problem som uppstår då arbete med *mobila* skogsmaskiner utförs i konstljus samt att påvisa vad som bör göras, framför allt belysningstekniskt men även organisatoriskt, för att minimera belastningen på individen-föraren och åstadkomma goda produktionsbetingelser.

Arbeten som utförs i konstljus på *statio-*

nära arbetsplatser diskuteras inte speciellt i rapporten. Huvudsälet är att dessa arbets-situationer i mycket liknar vad som före-kommer på andra stationära utomhus-ar-betsplatser. Viss erfarenhet finns alltså re-dan. Vidare begränsas inte belysningsut-formningen av effektutbudet och kravet på strålkastarnas placering som vid mobila ma-skiner. Slutligen torde varje typ av stationär arbetsplats fordra sin speciella utredning. Därvid bör troligen särskild uppmärksamhet ägnas åt de zoner där mobila maskiner rör sig in och ut. De grundläggande synfysiolo-giska och belysningstekniska aspekter som behandlas i rapporten är dock generella och

således tillämpliga även på t.ex. fasta upp-arbetningsplatser.

Undersökningen, som består av tre del-studier samt några separata mätningar av ljusförhållande och prestation på upp-arbetningsmaskiner, har genomförts vid dåvaran-de Arbetsmedicinska Institutets arbetsfysio-logiska avdelning i samarbete med Institu-tionen för skogsteknik vid Skoghögskolan. Den utgör en del av ett större projekt med titeln "Förhållandet mellan man och maskin för skogsbrukets maskiner", vilket bedrivs inom ramen för det samnordiska forsknings-arbetet med anslag från Nordiska Skogsar-betsstudiernas Råd (NSR).

3 Syfte

Studiernas överordnade syfte har varit att skapa ett underlag för bedömning av

- lämplig utformning av belysningen på mobila skogsmaskiner
- möjligheterna att anpassa arbetsmetoder och organisation för maskinellt skogsarbete i konstljus.

Kriterierna på "lämplig belysningsutformning" har bestått av olika mått på hjärtfrekvens, prestation, störningar i arbetet samt bedömning av den fysiskt uppmätta ljusbilden och förarbedömningar av ljusförhållandena.

De tre delstudierna har haft följande målsättningar:

Studie I

Att genom tidsstudier, registrering av hjärtfrekvens och ljusmätningar utröna samband mellan belysningens utformning och arbetsbelastning och prestation. Studien, som var av pilotkaraktär, avsåg enbart lastning med griplastare av virke placerat enligt visst mönster.

Studie II

Att genom tidsstudier, registrering av hjärtfrekvens och störningsmoment, ljusmätningar och förarintervjuer få erfarenhet av

den inverkan som förändringar i belysningsstyrka, ljusfördelning och bländningsförhållanden har för

- förarens uppfattning om möjligheten att se att utföra sitt arbete i konstljus
- hjärtfrekvens
- precision och kvalitet på arbetet
- arbetsprestation.

Studien utfördes på skotningsarbete varvid skotarna kördes på fast övningsslinga och virkeshögarna var placerade i visst mönster.

Studie III

Att genom ljusmätningar och förarintervjuer konstatera utfallet av ett försök att förbättra belysningsförhållandena genom utbyte av originallamporna mot extremt bredstrålande lampinsatser. Studien genomfördes på skotare och fällare-lunnare som gick i praktisk drift.

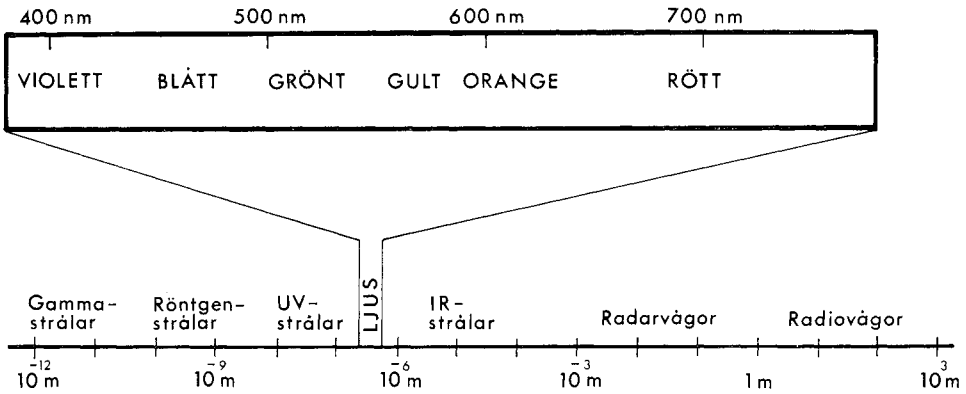
Separata ljusmätningar: Att genom uppmätning av ljussituationen på några upp-
arbetsmaskiner (delvis med modifierad belysning) dels få en uppfattning om originalbelysningens lämplighet och dels studera möjliga förbättringar, samt att genom belysningsstyrke- och luminansmätningar visa solljusets tidsmässiga tillräcklighet för aktuellt arbete respektive beräkna olika natur-
objekts reflektionsegenskaper.

4 Syn och belysning

4.1 Ljustekniska begrepp och enheter

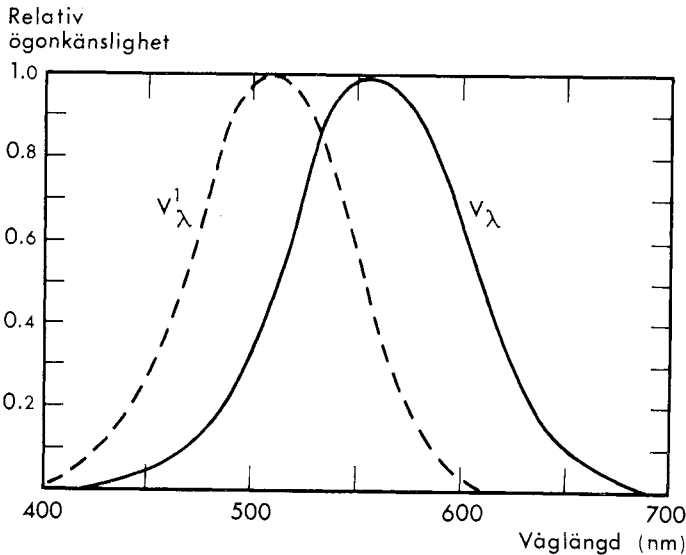
Ordet ljus förekommer i vårt språk i en mångfald olika betydelser beroende på det sammanhang som ordet används i. Även

inom belysningstekniken ges detta ord olika innebörder. Det är därför nödvändigt med en arbetsdefinition för ordet ljus. Eftersom upplevelsen av ljus dels beror på den fysi-



Figur 1. Det elektromagnetiska spektret (enl. Hultgren, Ottosson).

Figure 1. The electromagnetic spectrum (according to Hultgren, Ottosson).



Figur 2. Ögats känslighet som funktion av våglängden V = dagseende, V' = nattseende (enl. Hultgren, Ottosson).

Figure 2. The sensitivity of the eye as a function of wave-length V = visibility in daylight, V' = visibility in the dark (according to Hultgren, Ottosson).

Tabell 1. Ljustekniska enheter, beteckningar och samband.

Storhet	Beteckning	Samband	Enhet	Beteckning
Ljusflöde	Φ (F)		lumen	lm
Ljusstyrka	I	$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$	candela	cd
Belysningsstyrka	E	$E = \frac{d\Phi}{dA}$	lux	lx
Luminans	L	$L = \frac{I}{dA \cdot \cos \alpha}$	candela/m ²	cd/m ²
Ljusutbyte	π	$\pi = \frac{\Phi}{P}$	lumen/watt	lm/W

Table 1. Light-technical units, symbols and relationships.

Quantity	Symbol	Relationship	Unit	Code
Luminous flux	Φ (F)		lumen	lm
Luminous intensity	I	$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$	candela	cd
Illuminating power	E	$E = \frac{d\Phi}{dA}$	lux	lx
Luminance	L	$L = \frac{I}{dA \cdot \cos \alpha}$	candela/m ²	cd/m ²
Light effect	π	$\pi = \frac{\Phi}{P}$	lumen/watt	lm/W

kaliska sammansättningen hos den strålning som faller mot ögat och dels på det mänskliga synsystemets förmåga att värdera den erhållna informationen får man som definition att *ljus är visuellt utvärderad strålning*.

Ljus är fysikaliskt den del av det elektromagnetiska våglängdsområdet som stimulerar ögats känselkroppar till reaktion. Den elektromagnetiska strålning som ligger inom våglängdsområdet ca 400 nm till 750 nm (1 nanometer, nm = 10⁻⁹ m) ger således upphov till en upplevelse av ljus i det mänskliga ögat.

Känsligheten varierar inom detta område och är för det dagadapterade ögat maximal vid 555 nm och för det mörkeradapterade ögat vid 515 nm, figur 2. De i figuren angivna kurvorna, som är medelvärden ur omfattande försök, har internationellt antagits och ligger till grund för de belysningstekniska enheterna. De enheter som härefter

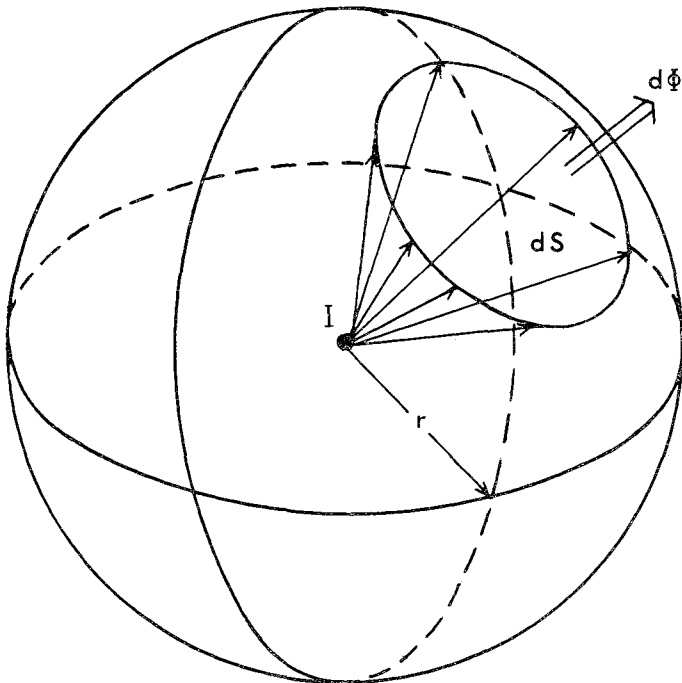
skall definieras är alla relaterade till det dagadapterade ögats spektrala känslighet, V_{λ} -kurvan.

Grundenheten för ljus i det internationella enhetssystemet (SI) är *candela* som betecknar *ljusstyrka* och som fått följande definition: 1 candela (cd) är ljusstyrkan hos en svart kropp med ytan 1/60 cm² som har en temperatur motsvarande platinas stelningspunkt (2042°K).

Till denna grunddefinition kan alla härledda belysningstekniska enheter refereras. Dessa har sammanställts i tabell 1.

Sambandet mellan de olika enheterna framgår bäst om man utgår från att först definiera ljusflöde.

Ljusflöde. Den från en strålningskälla utsända energin per tidsenhet kallas för strålningseffekt och mäts i watt (W). Som framgått av det tidigare värderas denna efter det dagadapterade ögats spektrala känslighets-



Figur 3. Förklaring till rymdvinkelbegreppet (enl. Hultgren, Ottosson).

Figure 3. Explanation of the concept "space angle" (according to Hultgren, Ottosson).

kurva, V_λ -kurvan. Den erhållna enheten kallas för ljusflöde och mäts i *lumen* (lm).

Sambandet mellan ljusstyrka och ljusflöde framgår enklast om man tänker sig en ljuskälla med ljusstyrka I placerad i centrum av en sfär med radien r , figur 3. Genom ett koniskt rymdvinkelsegment $d\omega$ som skär ut ytan dS på sfären strålar ljuskällan ut ljusflödet $d\Phi$. Ytan dS motsvarar rymdvinkeln $d\omega = \frac{dS}{r^2}$. Med dessa förutsättningar fås följande definition:

Ljusstyrka är förhållandet mellan det ljusflöde som lämnar en ljuskälla inom ett rymdvinkel-element och detta rymdvinkel-element

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

Beteckningen för ljusstyrka är I och enheten candela (cd).

Belysningsstyrka i en punkt på en yta är förhållandet mellan det ljusflöde som träffar ett ytelement och detta elements yta. Beteckningen är E och enheten lux (lx) = lm/m².

Detta kan skrivas

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

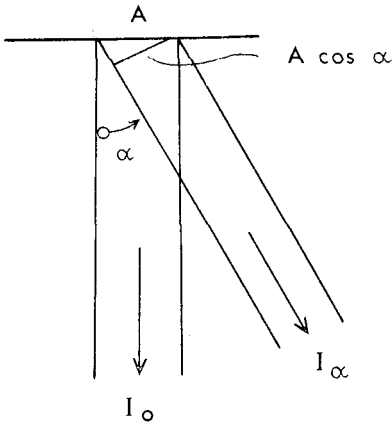
(Enheten för belysningsstyrka är ofta i anglosaxisk litteratur 1 footcandle = 1 lumen/foot² = 10,76 lux.)

Luminans är en ytas ljusstyrka per ytenhet. Strikt uttryckt har en lysande yta A en luminans L i en viss riktning α som är förhållandet mellan ytans ljusstyrka i denna riktning och ytans projektion på ett plan vinkelrätt mot den nämnda riktningen. Detta kan skrivas

$$L = \frac{I_\alpha}{A \cdot \cos \alpha}$$

vilket får sin förklaring i figur 4. Beteckningen för luminans är L och enheten cd/m². Äldre, nu ej rekommenderade enheter förekommer också.

Reflektion. Med reflektion förstås en ytas förmåga att återsända strålning som infaller mot ytan. Är ytan speglande talar man om *direkt (speglande) reflektion*. Om ytan istället är helt matt fås *diffus reflektion*, som



Figur 4. Förklaring till luminansbegreppet.
Figure 4. Explanation of the concept "luminance".

kännetecknas av att ytan får samma luminans i alla riktningar. Oftast har man en blandning av dessa båda typer vilket kallas *blandad reflektion*.

Reflektionsfaktorn definieras som förhållandet mellan det reflekterade och det infallande ljuset. Den är dimensionslös.

Verkningsgraden hos en ljuskälla (ljusutbytet) anges oftast som avgivet ljusflöde per tillförd effekt (lumen/watt). Vanliga glödlampor har ett ljusutbyte på 10—20 lm/W och halogenglödlampor 20—25 lm/W. Lysrör kan ge uppemot 60 och natriumlampor i vissa fall över 100 lm/W.

Verkningsgraden hos en *belysning*, dvs. ljuskälla + armatur, anges som förhållandet mellan uppmätt belysningsstyrka och totalt avgivet ljusflöde per m² arbetsyta.

Ljusflödesminskning sker med tiden för samtliga ljuskällor och armaturer. Den beror framför allt på svärtning av kolven och yttre nedsmutsning. Nedgången är dock mycket liten för bland andra halogenlampor och s.k. pressglaslampor (Sealed Beam Lamps).

4.2 Synen och ögat

En detaljerad beskrivning av ögats fysiologiska uppbyggnad och synsinnets funktion faller utanför ramen för detta arbete. Det är dock nödvändigt för förståelsen av under-

sökningen att en beskrivning ges av några väsentliga egenskaper hos synsinnet.

4.2.1 Ögats adaptation

Synprocessen är i hög grad beroende av den mängd ljus, som når näthinnan. Ögat förmår uppfatta såväl skuggor i stjärnljus som ljusheten hos snö i fullt solsken, dvs. luminanser vars förhållande till varandra uttryckt i fysikaliska termer är av storleksordningen 1:10¹². För att erhålla optimala synförhållanden fordras en noggrann inställning. Kunskap om denna anpassningsprocess är av avgörande betydelse för den praktiska utformningen av belysningen på och kring en arbetsplats. Känsligheten regleras dels genom storleken av pupillen och dels genom processer i näthinnan.

Den runda regnbågshinnan, med pupillen som en öppning i mitten är försedd med muskler, dels ringformade och dels radiära. Med hjälp av dessa muskler kan pupillen vidgas eller förträngas allt efter behovet. Regleringen är helautomatisk. Den tjänar i första hand till att skydda ögat mot förändringar i ljusintensiteten. Den kan dock influeras av andra faktorer än ljuset. Vid inställning för närseende minskar pupillen. Även vid trötthet förträngs den. Vid chocktillstånd och starkt känslöbetonade upplevelser vidgas pupillen. Farmakologiskt verksamma ämnen kan dessutom påverka pupillvidden i båda riktningarna.

Långt viktigare än regleringen av pupillvidden är den inställning av ljuskänsligheten, som sker i näthinnan, i vilken ögats ljuskänsliga sinesceller, "stavarna" och "tapparna", finns. Den går under benämningen *adaptation*.

Adaptationen åstadkoms dels genom reglering över nervsystemet och dels är den av fotokemisk natur. Vid anpassning till ökad ljusintensitet talar man om *ljusadaptation*. Den förlöper i två faser. Den första, den som utlöses över nervsystemet, sker snabbt. Den varar ca 1/20 sekund och nedbringar känsligheten till omkring 1/5. Denna fas berör hela näthinnan.

Den andra fasen är av kemisk natur. I

mörker då ljuskänsligheten är störst är näthinnan rik på ett ljuskänsligt pigment (synpurpur). När detta ämne utsätts för ljus bryts det ned. Reaktionen är reversibel. Anpassningen består i att ett jämviktsförhållande mellan nedbrytning och återuppbyggnad uppnås.

Om det inom synfältet förekommer skillnader i ljusintensitet sker en lokal adaptation i näthinnan, men även denna lokala adaptation har återverkningar på hela näthinnan.

En fullständig ljusadaptation kan ta upp till 30 minuter och mer beroende på skillnader mellan ljusintensiteterna.

Vid övergång från ljus till mörker (mörkeradaptation) är förloppet långsammare och adaptationen blir ej fullständig förrän efter ca en timme. Efter 25 minuter har den nått 80 % av den slutliga känsligheten.

4.2.2 Bländning

Fysiologiskt sett innebär bländning en markant störning av adaptationen förorsakad av att kontrasterna i synfältet antingen samtidigt (simultankontrast) eller i tidsföljd (successivkontrast) är alltför stora. En tredje form av bländning erhålls vid betraktande av så höga luminanser att adaptation inte är möjlig (absolut bländning).

Praktiskt kan man särskilja bländning av en ljuskälla som strålar *direkt* mot ögat respektive *indirekt* bländning då ljuset reflekteras mot ögat. Principiellt föreligger dock ingen skillnad. Det är endast storleken av luminanserna som avgör bländningsrisiken.

Ju kortare tid en bländning varat, desto snabbare återfås ursprunglig adaptation. En bländning kortare än en sekund orsakar endast obetydligt besvär.

Bländningsgraden beror på dels den relativa ljusheten hos störningskällan och dels på dess area. Dessutom bländar en ljuskälla mest om den befinner sig mitt i synfältet, mindre om den ligger i periferin och minst om den är belägen i synfältets övre del.

Risken för bländning blir större ju lägre luminanser ögat är adapterat till (figur 9).

4.2.3 Åldersförändringar

Synsinnet liksom övriga vävnader i vår kropp undergår karakteristiska åldersförändringar. Med början redan i barndomen förskjuts "närpunkten" så att den i 50-årsåldern normalt nått en punkt bortom komfortabelt läsavstånd.

Förutom denna förskjutning av närpunkten minskar pupillens förmåga att vidga sig, speciellt vid mörkerseende, då maximala pupillarean nedgår från ca 50 mm² hos 20-åringar till ca 14 mm² hos personer i 60-årsåldern. Vid dagseende blir skillnaden något mindre eller från 18 till 8 mm². Häri ligger en av orsakerna till att äldre människor, och då speciellt vid låga belysningsstyrkor, för att kunna se lika lätt som yngre behöver mer ljus. En annan orsak till ett ökat behov av ljus för äldre är att lensens ljusgenomsläpplighet minskat, samt att även andra delar av synsystemet, t.ex. näthinnan, utsatts för degenerativa förändringar.

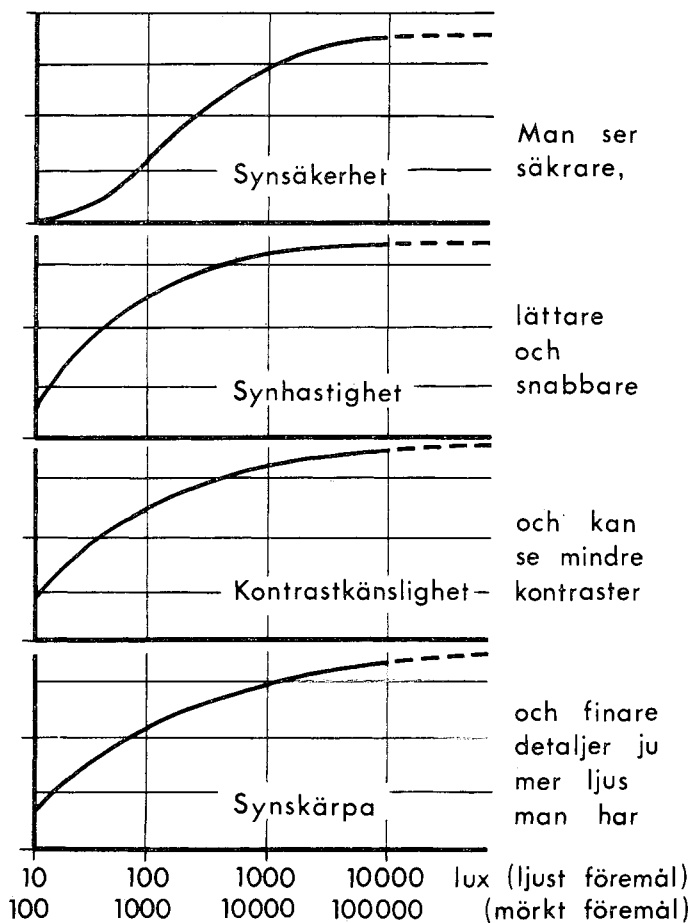
Med stigande ålder förlängs också adaptationstiden. Dessutom minskar i viss grad synskärpa och synhastighet. Ytterligare två åldersförändringar bör noteras, nämligen en ökad känslighet för bländning samt en minskning av kontrastkänsligheten, vilken dessutom relativt sett minskar mer vid låga luminanser.

Även om uppgifterna varierar om vilken ökning av ljusbehovet, som blir följden av dessa (synfysiologiska) åldersförändringar, kan man fastslå att äldre personer får ett avsevärt höjt behov av belysningsstyrka.

Vid användande av den svenska s.k. Lux Tabellen, där rekommenderade belysningsstyrkor för en stor mängd arbeten finns samlade, anges att dessa skall betraktas som minimivärden för personer upp till 40 år. För 50-åringar bör tabellens värden ökas med 50 % och för 60-åringar dubblas.

4.3 Syn, belysning och arbete

Synarbetets svårighetsgrad bestäms av å ena sidan siktförhållandena, objektens storlek (mätt som synvinkel), kontrasten mellan objekt och bakgrund, objektens rörlighet, personens ålder samt å andra sidan den luminansnivå och ljusfördelning som råder inom



Figur 5. Belysningsstyrkans betydelse för synsäkerhet, synhastighet, synskärpa och kontrastkänslighet.

Figure 5. The importance of the illuminating power for visual accuracy, speed, acuity and sensitivity of contrasts.

synfältet. För att synarbetet skall kunna ske utan alltför stor ansträngning för individen måste alltså ovanstående faktorer kombineras på visst sätt.

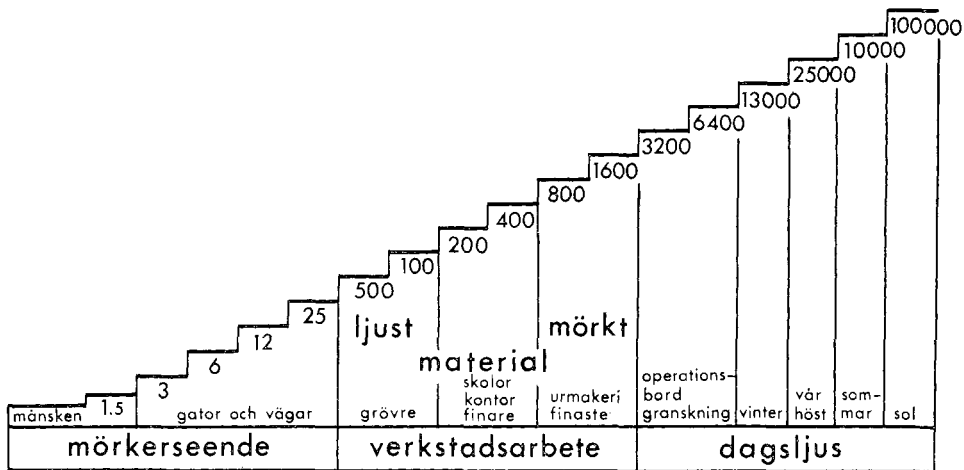
4.3.1 Synprestation och belysning

Man bör noga hålla isär prestation i bemärkelsen ändrad produktionsvolym och ren synprestation. Den senare definieras ofta som produkten av precision och hastighet och fastställs vid särskilda synprov under laboriermässiga förhållanden.

En mängd undersökningar har visat att man ser bättre med mer ljus, vilket illustreras av principsambanden i figur 5.

Synskärpa definieras principiellt som inverterade värdet av den minsta synvinkel under vilken ett testobjekt kan uppfattas. Detta betyder — något förenklat — förmågan att urskilja små detaljer.

Kontrastkänslighet och *kontrast*. Kontrast är olikheten i luminans hos två objekt som jämförs. När man vill ange storleken hos en kontrast är det lämpligare att använda ett förhållande än skillnaden mellan luminanser. Detta beror på att ögat uppfattar skillnader i luminans på en relativ istället för en absolut basis. Vanligen uttrycks kontrasten som skillnaden mellan ytornas luminanser dividerad med den ena ytans luminans: $C = (L_1 - L_2)/L_2$. *Kontrastkänslighet* definie-

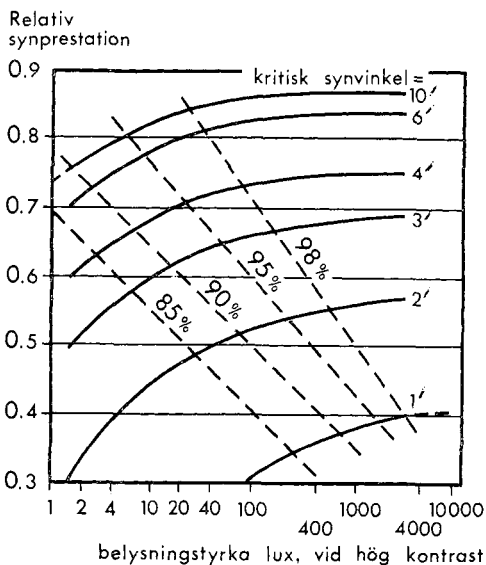


Figur 6. En översikt av belysningens styrka i lux hos naturligt och artificiellt ljus. Varje steg motsvarar en ungefär likstor förändring av den subjektivt uppfattade ljusheten. De angivna användningsområdena skall uppfattas som blott exempel (enl. Ronge).

Figure 6. A key diagram showing the illuminating power in lux of natural and artificial light. Each step corresponds with approximately the same change of the subjectively apprehended intensity of light. The quoted ranges of application should be considered examples only (according to Ronge).

Figur 7. Den relativa synprestationsförmågan (produkten av snabbhet och precision) ökar med stigande belysning till ett för varje detaljstorlek karakteristiskt gränsvärde. De sneda streckade linjerna sammanbinder de punkter som motsvarar 85, 90, 95 och 98 % av den i vart fall maximala prestation (enl. Ronge).

Figure 7. The relative visual capacity (the product of speed and precision) increases by increasing illumination up to a limit value characteristic for each size of a detail. The sloping, dotted lines connect the points which correspond to 85, 90, 95 and 98 per cent of the maximum capacity for each separate case (according to Ronge).

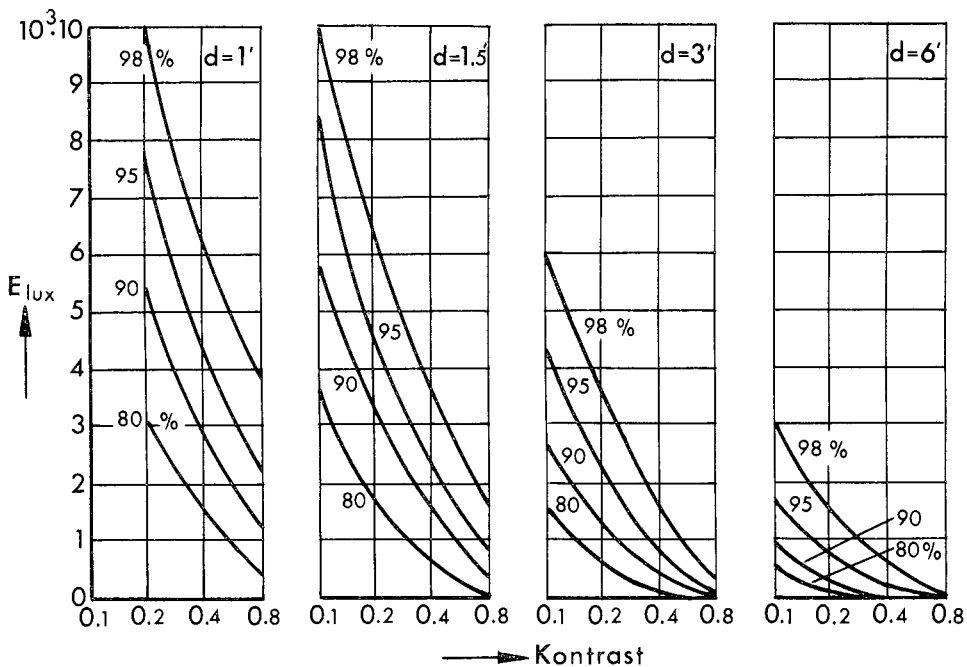


ras nu som inverterade värdet av minsta uppfattbara kontrast. Kontrasten är i sig beroende av belysningsstyrkan, men ju lägre den är desto större kontrast krävs för att denna skall uppfattas.

Synhastighet definieras som inverterade värdet av den erforderliga exponeringstiden

(i sekunder) för att hinna identifiera ett föremål.

Det subjektiva intrycket av ljus är en logaritmisk funktion av den betraktade luminansen. En illustration till detta ges i figur 6, som visar en översikt av belysningens styrka hos naturligt och artificiellt



Figur 8. Samband mellan objektstorlek (1—6 bågminuter), kontrast (0,1—0,8), prestation (80—98 % av den i vart fall maximala) och belysningsstyrka. (Jansen enligt försök av Weston.)
 Figure 8. Correlations between the size of the objects (1—6 arc-light minutes), contrast (0.1—0.8), effect (80—98 per cent of the maximum for each separate case) and illuminating power (from Jansen according to experiments by Weston).

Ijus. Av figuren framgår att en fördubbling av belysningsstyrkan motsvarar en subjektivt sett lika stor förändring i ljushet oavsett på vilken nivå man befinner sig. Med ett exempel ur figuren fås att en ökning från 6 till 12 lux (en fördubbling i absoluta tal, en ökning med 6 lux) upplevs som en lika stor förändring i ljushet som en ökning från 100 till 200 lux (en fördubbling; i absoluta tal en ökning med 100 lux).

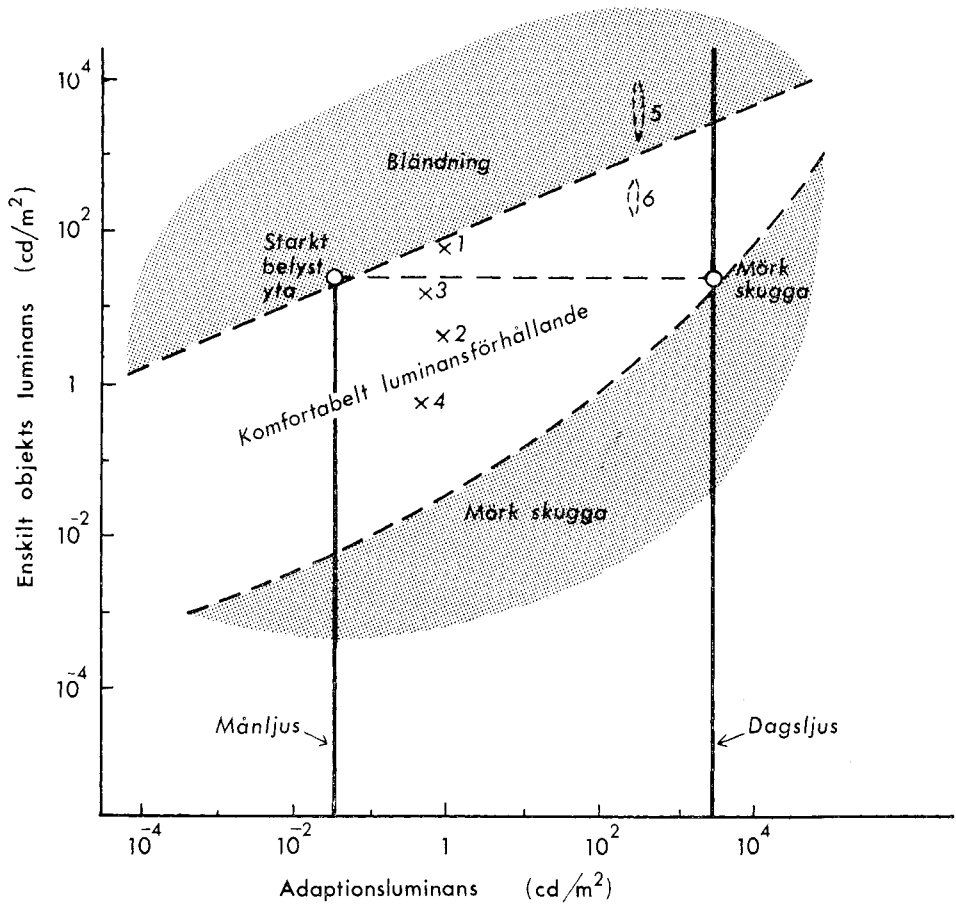
Synfunktionernas variation med den fysiskt uppmätta ljusintensiteten kan alltså beskrivas med exponentialfunktioner. Praktiskt betyder detta att om man vill uppnå en viss ökning av någon synfunktion, så krävs det större ökning av belysningsstyrkan ju högre denna är.

Syndetaljens storlek och kontrast ger i kombination med belysningsstyrkan (och vissa andra faktorer) en viss prestation. För maximal prestation vid stora och kontrastrika detaljer (större än ca 6 bågminuter) fordras blott några 10-tal lux, medan vid

små detaljer (ner emot 1 bågminut) samma absoluta nivå icke kan uppnås ens med högsta möjliga belysning (figur 7).

En ytterligare illustration av dessa samband ges i figur 8, där även kontrastens betydelse framgår. Prestationsnedsättningen p.g.a. små objekt (och låga belysningsstyrkor) motverkas alltså av en hög kontrast. Det bör observeras att båda dessa diagram avser ett standardiserat synarbete utfört under kontrollerade laborieförhållanden med — i jämförelse med skogsmaskinförarnas arbete — små syndetaljer.

Även om synuppgiften på en arbetsplats är så lätt att en — ur synfysiologisk aspekt — belysningsstyrka på bara något 10-tal lux egentligen skulle räcka, visar dock erfarenheter från såväl praktiken som från speciella försök att en högre belysningsstyrka ger bättre arbetsresultat. Detta anses ha psyko-fysiska orsaker som t.ex. en ökad motivation och arbetsberedskap och en höjning av vakenhetsnivån.



Figur 9. Schematisk bild av området för särskiljbara luminanser vid varje adaptionsnivå (efter Hopkinson & Collins, 1970).

Figure 9. Skeleton picture of separable luminances at each level of adaptation (after Hopkinson & Collins, 1970).

Hittills har i huvudsak talats om belysningsstyrkans betydelse. Det bör dock med skärpa påpekas att individens ljusupplevelse bestäms av luminansen, dvs. det mot ögat återkastade ljuset. Det är en funktion av dels belysningsstyrkan, dels reflektionsegenskaperna hos de objekt som belyses. Vid en jämförelse mellan arbetsuppgifter där objekten har samma reflektionsegenskaper spelar det naturligtvis ingen roll om man använder "belysningsstyrka" istället för "luminans".

Även ljusets fördelning, luminansfördelningen, har stor betydelse för prestationen. Om ögat utsätts för alltför varierande luminanser antingen genom växlingar i belysningsstyrkan, genom att blicken vandrar

mellan olika luminanser eller synobjekten är rörliga, t.ex. maskindelar i rörelse, uppstår starkt störande adaptionsprocesser. Det har angetts att en rytmisk växling mellan luminanser med förhållandet 1:5 ger lika stark synnedsettning som vid minskning av belysningsstyrkan från 1000 till 30 lux.

Tillämpat på skogsmaskinförarens arbetsplats innebär detta att förhållandet mellan adaptionsluminansen, dvs. den genomsnittliga luminans till vilken ögat anpassat sig, och ett enskilt objekts luminans ej bör vara för stor. Detta illustreras av figur 9, som visar sambandet mellan komfortupplevelse respektive störning av synkomforten och de inom synfältet befintliga luminanserna. Figuren utgör ingen rekommendation för

det aktuella fallet, utan avser att visa principerna.

I vissa fall kan man urskilja ett centralt och ett perifert synfält. Detta gäller framför allt stationära arbeten och torde för skogsbrukets del vara tillämpligt på vissa arbeten på central uppberedningsplats samt t.ex. för Logma-förarens arbete. Kravet på jämn fördelning formuleras här ofta något annorlunda.

I centrum av synfältet bör förhållandet mellan luminanserna då vara under 1:3. Mellan centrum och periferi liksom mellan större ytor sinsemellan anses att förhållandet aldrig bör överstiga 5:1. De bör tvärtom så långt som möjligt vara av samma storleksordning. Ytor i synfältets centrum bör vara ljusare än omgivningen. Uppmärksamheten dras nämligen till ljusare partier.

För att erhålla ljusförhållanden som medför goda arbetsbetingelser krävs också att ljusets infallsriktning och skuggbildningen beaktas. En huvudregel är att ljuset vid konstbelysning skall komma från samma håll som dagsljuset.

Detta krav är speciellt svårt att uppfylla på mobila skogsmaskiner. Av praktiska skäl kan inte ljuskällorna placeras för högt. Dessutom förlorar man då i belysningsstyrka, eftersom denna är omvänt proportionell mot kvadraten på avståndet mellan ljuskällan och objektet. Vidare kommer ljuset mer eller mindre från en riktning, dvs. man får djupa skuggor bakom objekten.

Det har tidigare påpekats att synen försämras med åldern, varför man kanske kan tycka att äldre personer också borde få lägre prestation än yngre vid samma synarbete. Så är emellertid inte nödvändigtvis fallet. En äldre person har större erfarenhet. Han kan göra intelligenta och erfarenhetsbaserade gissningar angående detaljer vilka han inte kan se ordentligt, och kan härigenom uppvisa en visuell förmåga som överträffar en ung persons.

4.3.2 Trötthet och belysning

Man vet att ögonen inte skadas av svag belysning, men man vet också att hjärnans syncentrum överansträngs vid försök att

tyda svaga bilder på näthinnan. Som följd av detta blir man tröttad av ansträngningen att hålla ögonen ackommoderade (inställda för seende på visst avstånd) så exakt som möjligt. Vid låg belysningsstyrka minskar nämligen ackommodationsvidden så att närpunkten och fjärrpunkten (det minsta resp. största avstånd på vilket man kan se skarpt) närmar sig till varandra.

En alltför svag belysning kan också tänkas ge ökade olycksfallsrisker, antingen direkt genom bristande syninformation eller indirekt genom sänkt uppmärksamhet och ökad trötthet. Detta har föranlett de engelska arbetarskyddsmyndigheterna att i sin lagstiftning ha med en minimal belysningsstyrka av 15 lux för arbetsplatser. Enligt amerikansk statistik (National Safety Council of USA) orsakas 5 % av olycksfallen inom industrin direkt av dålig belysning och ögontrötthet bidrar i inte mindre än 20 % av fallen.

Om sikten är dålig eller belysningen felaktig kan detta också medföra att individen måste inta obekväma arbetsställningar för att kunna se bra. Detta leder till en ökad fysisk belastning och en snabbare uttröttnings.

Faktorer som spänd uppmärksamhet, dvs. skärpta krav på iakttagelse- och reaktionsförmåga, och stark växling av synintryck ökar graden av ansträngning och kan medföra uttröttnings. Detta kan dels leda till en sänkt reaktionsförmåga och sänkt verksamhetstempo och dels ge mer bestående trötthetstillstånd, olust, huvudvärk och sömnrubbningar.

Arbete i svag belysning kan således medföra såväl trötthet i ögonen som ett mer allmänt trötthetstillstånd. Ögontrötthet och psykisk uttröttnings samverkar ofta och kan i många fall inte skiljas åt.

4.3.3 Visuella prestationskrav vid maskinellt skogsarbete

Sikt

En elementär förutsättning för att man skall se bra är att föremålen är centralt placerade i synfältet och att sikten inte är skymd.

Vid 1967 års ergonomiska inventering av skogsmaskiner konstaterades att förarna ofta tvingades till vridna och obekväma arbetsställningar. Detta berodde på att reglagen var felplacerade och fixerade till en punkt. En viss förbättring torde ha skett på dagens maskiner. På många maskiner är sikten dålig och ett stort markområde helt skymt. Sikten hindras dessutom ofta av dåliga vindrutetorkare, imma samt av fönstrens skyddsgaller och kranpelare, avgasrör etc. Sikten kan också försvåras genom att rishögar och buskar och undervegetation skymmer synobjekten. Det sistnämnda gäller framför allt fällare. Speciellt vid arbete i konstljus torde detta vara ett problem eftersom området bakom sådana hinder kommer i djup skugga.

Synvinkeln

Visuellt arbete kan delas i olika svårighetsklasser beroende på synvinkelns storlek. Denna varierar för den aktuella typen av arbete mellan ca 30 bågminuter och 5 till 10 grader.

Mindre syndetaljer kan dock förekomma, t.ex. i samband med aptering i processor då bedömning skall ske av virkeskvalitet. Problemet ligger här inte enbart i syndetaljens storlek utan också i faktorer som att kvistar skymmer sikten, man ser inte baksidan av stammarna, det går inte att se röta etc. Dessa problem är mer beroende av maskinens utformning som sådan än av belysningssituationen. Eftersom man vet (punkt 4.3.1) att synprestationen (noggrannhet och hastighet) ökar obetydligt vid en synvinkel över 6 bågminuter, så torde synkravet vara ganska litet ur denna aspekt.

Kontraster

Kontrasten mellan objektet och bakgrunden är en viktig faktor. I själva verket är ju en viss kontrast förutsättningen för all urskiljning.

Kontrasterna är som regel små på skogliga arbetsplatser. Såväl arbetsobjekten som bakgrunden har mörka färger. Bättre kontrast erhålls om marken är snötäckt och träden (virket) ligger ovanpå snön. (I detta fall fås också högre luminansnivå p.g.a.

snöns högre reflektionsfaktor /70—90 %/ jämfört med barmark /normalt under 20 %/.) Tidigare (punkt 4.3.1) har påvisats att kontrastens betydelse ökar starkt med minskande synvinkel. I den aktuella situationen motverkas de låga kontrasternas negativa effekt alltså mycket starkt av de stora syndetaljerna.

Objektens rörlighet

Hastigheten hos kranarmer och hos virke som matas in i kvistningsaggregat varierar mellan 0,5 och 4 till 5 m/s. Med hänsyn till objektens storlek bör detta inte medföra särskilt höga synkrav. Först då exponeringstiden understiger ett par hundradels sekunder nedsätts nämligen synförmågan.

Synmoment som i detta avseende är mer krävande torde vara: insvängning av virkesbunt på banke, inpassning av träd i inmatningsanordning samt bestämmande av apteringsgränser.

Stereoskopi

Arbetet innefattar en viss grad av avståndsbedömning, men genom syndetaljens storlek torde detta inte medföra speciellt höga krav på synen. Man vet att förare med mycket dålig — eller ingen — syn på ett öga kan utföra ett lika snabbt och bra arbete som förare med fullgod syn.

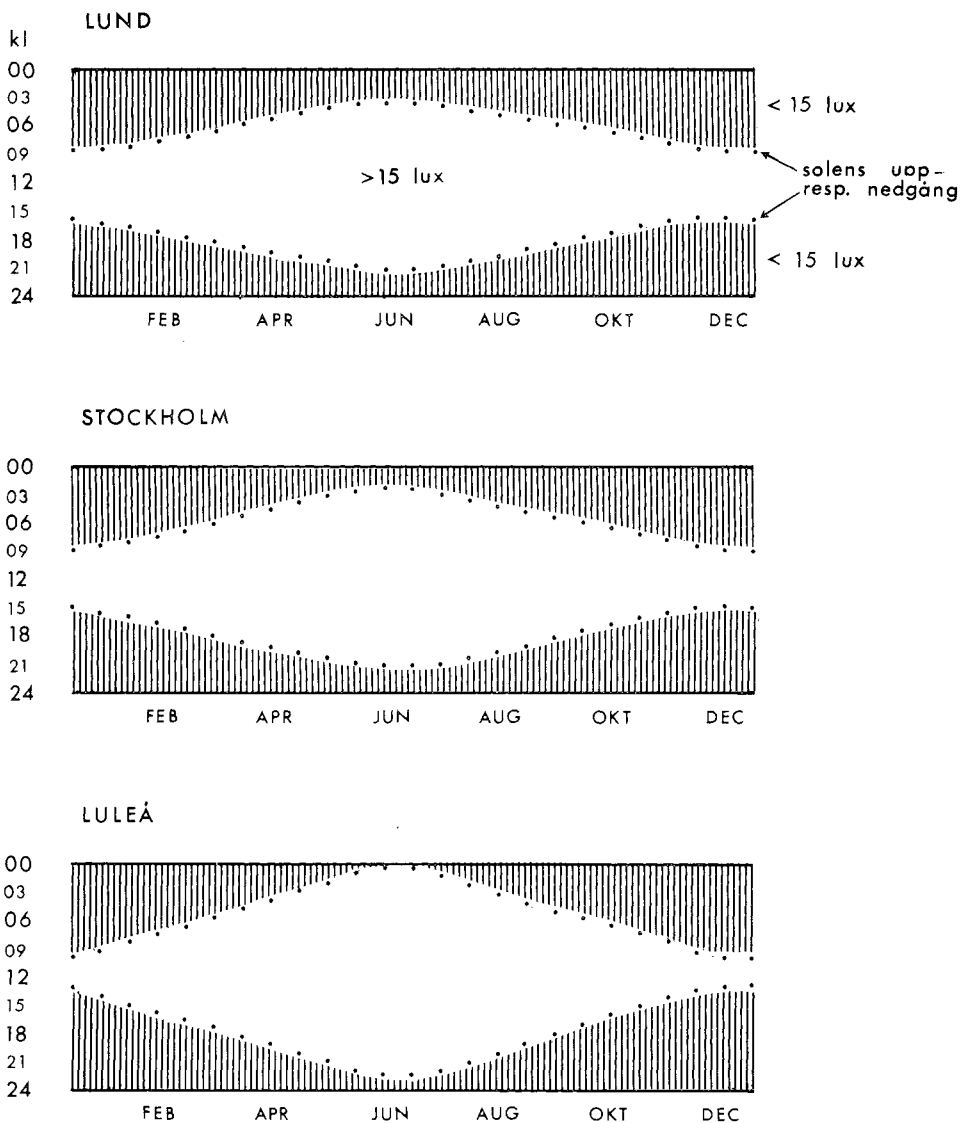
Visuell skicklighet, träning

Den visuella skickligheten beror inte enbart av visuell (fysiologisk) kapacitet. De mottagna signalerna måste också tolkas på rätt sätt och med viss snabbhet. Denna färdighet torde skifta mellan individer och inom individ med träningsgrad.

4.3.4 Tillgång av naturligt ljus för utomhusarbete

Eftersom behovet av konstljus är avhängigt tillgången eller snarare avsaknaden av dagsljus kommer för skogsarbete detta behov att variera beroende på årstid, geografisk belägenhet och arbetstidsförläggning.

I figur 10 redovisas solens upp- respektive nedgång under året på några orter samt



Figur 10. Solens upp- och nedgång på några orter samt ungefärlig fördelning av belysningsstyrkor över resp. under 15 lux.

Figure 10. Sun-rise and sun-set in some places, and approximate distribution of illuminating power above and below 15 lux.

ungefärligt den del av dygnet då belysningsnivån understiger 15 lux.

Dagsljuset växlar i styrka och färg med dygnets timmar och med graden av molnighet. På svenska breddgrader varierar belysningsstyrkan mitt på dagen molnfria dagar från ca 13 000 lux vintertid till 100 000 lux under sommaren. I förhållande till solens upp- respektive nedgång på en viss plats kan tiden tills styrkan är 15 lux be-

roende på molnigheten ute på fria ytor variera från ca 5 minuter till en halvtimme eller mer. I skogsterräng kan denna tidpunkt dessutom förskjutas högst avsevärt beroende på aktuella transmissions- och terrängförhållanden i beståndet. Behovet av artificiellt ljus uppkommer relativt hastigt. Exempelvis halveras luxtalet på ca sex minuter sedan belysningsstyrkan sjunkit till 500 lux (Hagfors, mars).

5 Genomförande

5.1 Studie I

Fem vana skogstraktorförare studerades under arbete i olika former av konstljus och i dagsljus. Arbetsuppgiften bestod i pålastning av massavedshögar med griplastare, dels vid en stationär övningskran och dels vid förarnas ordinarie maskin.

5.1.1 Maskiner, förare

Hydraulkranen var i båda fallen av typ ÖSA-69 T. Skotaren var en SMV Drivax. Den fasta kranen hade en elektrisk hydrauloljepump med två fasta hastigheter varav den högre användes i samtliga försök. Vid skotarförsöken kunde föraren som vanligt reglera oljefflödet med gaspådraget.

Förarna intervjuades om sin hälsostatus med hjälp av ett "enkelt medicinskt frågeformulär" utformat vid Arbetsmedicinska Institutet. Förarnas fysiska kondition bestämdes med submaximalt cykelergometer-test och deras synskärpa testades hos leg. optiker.

5.1.2 Belysningsutformning, ljusmätningar

Fyra belysningsformer användes (tabell 2). Deras ordningsföljd vid försöken slumpades fram. Belysningsutrustningen beskrivs i bilaga A.1.

Ljusbilden uppmättes med Hagners universalljusbälmätare. Registrering gjordes av belysningsstyrkor på marken inom lastområdet och på vagnen. Luminanser mättes mot mark, virke och maskindelar. Vid mätning av belysningsstyrka var mätspaden placerad omedelbart ovan mark. Luminanser mättes inifrån förarhytten med mätaren placerad på en punkt som motsvarade förarens ögonplacering.

Tabell 2. Belysningsformer.

Beteckning	Belstyrka	Ljusfördelning
I	a Stark b Svag	Jämn fördelning över lastområde och vagn
II	a Stark b Svag	Koncentrerat ljus på en virkeshög i sänder

Table 2. Lighting arrangements.

Description	Illuminating power	Distribution of light
I	a High b Low	Even distribution over the loading area and the vehicle
II	a High b Low	Light concentrated on one pile of timber at the time

5.1.3 Virke

Inför varje prov utplacerades åtta massavedshögar enligt figur 11. De lastades sedan i den ordningsföljd som figurens numrering anger. Varje hög bestod av 7—8 st. 3-meters bitar.

5.1.4 Tidsstudier

Lastningen tidsstuderades enligt delar av en rutin utarbetad vid Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ett "prov" omfattar lastning av 8 högar. Ett "lyft" omfattar momenten utsvängning, gripning, insvängning, lossning, tillrättaläggning. Momentgränser:

5.1.5 Hjärtfrekvens

Förarens hjärtfrekvens registrerades telemetriskt vid varje prov. Pulssändaren hade konstruerats av W. Johansen. Mottagning skedde via en UKV-radio i maskinens närhet. Registrering gjordes varje 1/2-minut med början 15 sekunder efter provets igångsättning. Härvid användes ett s.k. pulsur.

Moment	Börjar	Slutar
Utsvängning	Kranarmen sätts i rörelse efter lossning eller tillrättläggning	Gripen berör virkesbunt
Gripning	= slut "utsvängning"	Gripen helt slutet om virkesbunt
Insvängning	= slut "gripning"	Hela gripen passerat vertikalplan genom stöttor på vagnens lastsida
Lossning	= slut "insvängning"	Kranarmens rörelser för nytt lyft eller tillrättläggning börjar
	Obs! att tillrättläggning ej ingår i detta moment.	

5.1.6 Studieschema

Fö- rare	Fast kran				"Egen maskin"					
	vecka 38		vecka 39		vecka 39		fr			
	må	ti	on	to	fr	må	ti	on	to	fr
S.E.	2									2
Å.G.	1	1				2				
T.A.	1	1							2	
G.J.			1	1						
T.L.			1	1	2	01				

2 = 2 st. prov med varje belysningsalternativ
 1 = 1 st. prov med varje belysningsalternativ
 01 = 1 st. prov med maskinens originalbelysning

5.2 Studie II

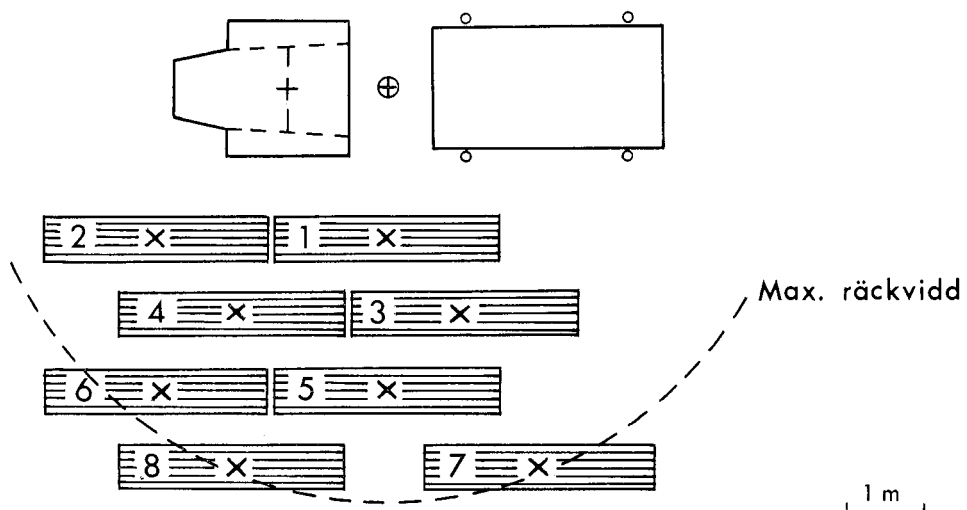
Fyra vana skogstraktorförare studerades under standardiserat lastnings- och körningsarbete i dags- och konstljus utefter en i skogsterräng utlagd körslinga.

5.2.1 Maskiner, förare

Två typer av skotare användes, en SMV Drivax och en BM 868. Båda hade hydraulkran av typ ÖSA 69P. Alla maskindetaljer inom förarens synfält var gulmålade på lastenhetens vänstra sida och svartmålade på den högra. Samtliga vagnsstöttor var dock gula.

Data om medverkande förare:

	S.E.	T.L.	H.E.O.	T.A.
Ålder, år	40	37	23	33
Yrkesvana som traktorförare, år	10	7	3	4
Kört Drivax, år	4	4	3	4
Prestation 1969, m ³ t/dv	77,2	49,6	53,2	75,9



Figur 11. Massavedshögarnas placering inför varje prov.

Figure 11. Location of the pulp-wood piles at the time of each experiment.

Tre av förarna deltog även i studie I. Data om deras kondition, hälsostatus och syn ges i bilaga A.2.

5.2.2 Belysningsutformning, ljusmätningar

Studierna utfördes dels i konstljus, dels i dagsljus. Två konstljusalternativ användes. Det ena alternativet innebar att endast resp. maskins ordinarie belysning användes, medan i det andra fallet den ordinarie belysningen förstärktes med tre "ljusramper" om tillsammans åtta lampor. Detta andra alternativ benämns i rapporten "förstärkt belysning".

För förstärkning av originalbelysningen användes åtta Hella arbetsstrålkastare (130 RLVH) med 55 W jodhalogenlampor. Armatyrerna var monterade på traktorhytternas tak med tre lampor riktade åt var sida och två mot lastenheten.

För luminansmätningarna användes Haggers universalljusbätare till vilken hade kopplats en mätcell med 60° mätvinkel. Mätningarna utfördes från förarplatsen med såväl 1° som 60° mätvinkel. (Mätningarna med 60° vinkel, motsvarar ungefär normalt synfält, avsåg att ge den ungefärliga luminans till vilken förarnas ögon adapterades.)

För mätning av belysningsstyrkor användes Ljuskulturs luxmätare. Mätspaden hölls 10 cm över mark och horisontellt. Mätning utfördes även inuti vagnen med mätcellen dels i bottenplanet, dels 1,5 m över detta.

5.2.3 Körslina, virke

Körslinan var utlagd som en stickväg i ett gallringsbestånd (bilaga B.1). Den kördes ett varv per prov.

Utefter stickvägen utplacerades inför varje prov 12 massavedshögar. Varje hög lades på samma ställe och i samma vinkel mot körriktningen varje gång och den innehöll i stort sett samma volym. Volymen på högen var dessutom sådan att förarna måste ta vissa högar i två grepp och en hög i tre grepp. Samma totalvolym virke/prov lastades under hela studietiden. Helbarkad, 3-meters, ett år gammal ved användes.

5.2.4 Tidsstudier

Momentindelning för tidsstudierna framgår av bilaga B.2.

5.2.5 Hjärtfrekvens och störningsmoment

För mätning av hjärtfrekvens användes samma utrustning som i studie I. Dock skedde registrering varje minut.

Sådana incidenter-störningar som kunde tänkas vara en följd av bristande synmöjligheter registrerades i enlighet med en i förväg uppställd mall. Härvid noterades typ av incident och motsvarande högnummer. Förarna var ej informerade om att dessa registreringar gjordes.

5.2.6 Förarskattningar och intervjuer

Omedelbart efter varje prov ombads föraren att mot en femgradig skala skatta hur väl han ansåg sig ha sett att utföra vissa preciserade arbetsmoment. Varje gång klargjordes att siffran "5" betydde synmöjligheter som i dagsljus och siffran "1" motsvarade helmörker. Svaren togs upp på bandspelare för att minimera risken att försökspersonen skulle styras av tidigare givna svar.

Under den andra studieveckan ombads förarna också att för vissa arbetsmoment söka uttrycka en upplevd skillnad av synmöjligheterna på maskinernas svart- respektive gulmålade sidor.

Efter de sista proven intervjuades förarna dessutom mera ingående om sina erfarenheter av mörkerarbete.

5.2.7 Studieprogram

Beträffande mörkerproven förelåg med varje förare fyra kombinationsmöjligheter av maskin och belysningsform (sex om dagsljusproven inräknas). Genom ett samplingsförfarande i två steg med hjälp av slumpvalstabell bestämdes den ordningsföljd av maskintyp resp. belysningsform som användes vid studierna. En översikt av studieprogrammet ges i bilaga B.3.

Varje förare fick före studiernas igångsättande tillfälle att under ca två timmar lära sig provslingans utseende, högarnas placering och bekanta sig med studiemaskinerna, dels genom fri körning och provlastning, dels genom att arbeta enligt den brukade provrutinen. Förarna förband sig att under de dagar de deltog i proven sluta sitt ordinarie arbete kl. 12.

5.3 Studie III

I anslutning till normalt, yrkesmässigt arbete med skotare och fällare-lunnare studerades maskinernas originalbelysningar och effekten av att ersätta dem med bredstrålande lampor. Fysiska mätningar av ljusförhållandena gjordes och förarnas reaktioner och erfarenheter studerades genom intervjuer.

5.3.1 Maskiner, förare, belysningsutrustning och ljusmätningar

	Skotning	Fällning-lunning	
Maskiner	SMV 21-S skotare	BM 868 fällare-lunnare	
<i>Förare</i>			
Antal	4 st.	12 st. (grupp A)	6 st. (urval, grupp a)
Erf. av skiftarbete med skogsmaskin	2, 3, 3, resp. 8 månader	5 månader	
<i>Arbetstider</i>		grupp A	grupp a
Skift 1	05.00—13.30	05.00—14.00	06.00—15.00
Skift 2	13.00—21.30	14.00—23.00	15.00—00.00
<i>Belysning</i>			
Original			
åt vardera sidan	2 st. 45 W Bosch	2 st. 45 W Auteroche	
bakåt	2 st. 45 W Bosch	2 st. 45 W Auteroche	
framåt	4 st. 45 W Bosch	2 st. 45 W Auteroche + 1 st. Hella halogen kurvljus	
på kran/fällarm	2 st. 45 W Bosch	2 st. Hella halogen kurvljus	
Provbelysning			
åt vardera sidan	2 st. testlampor	2 st. testlampor	
bakåt	2 st. testlampor	2 st. testlampor	
framåt	2 st. testlampor + 2 st. original	2 st. testlampor + kurvljus	
på kran/fällarm	original	original	

”Testlamporna” utgjordes av extremt bredstrålande lampor av pressglastype (se bilaga C). Sådana maskindetaljer inom förarens synfält som inte behöver synas hade svartmålat.

Belysningsstyrkor och luminanser mättes på samma sätt som i studie I.

5.3.2 Förarintervjuer

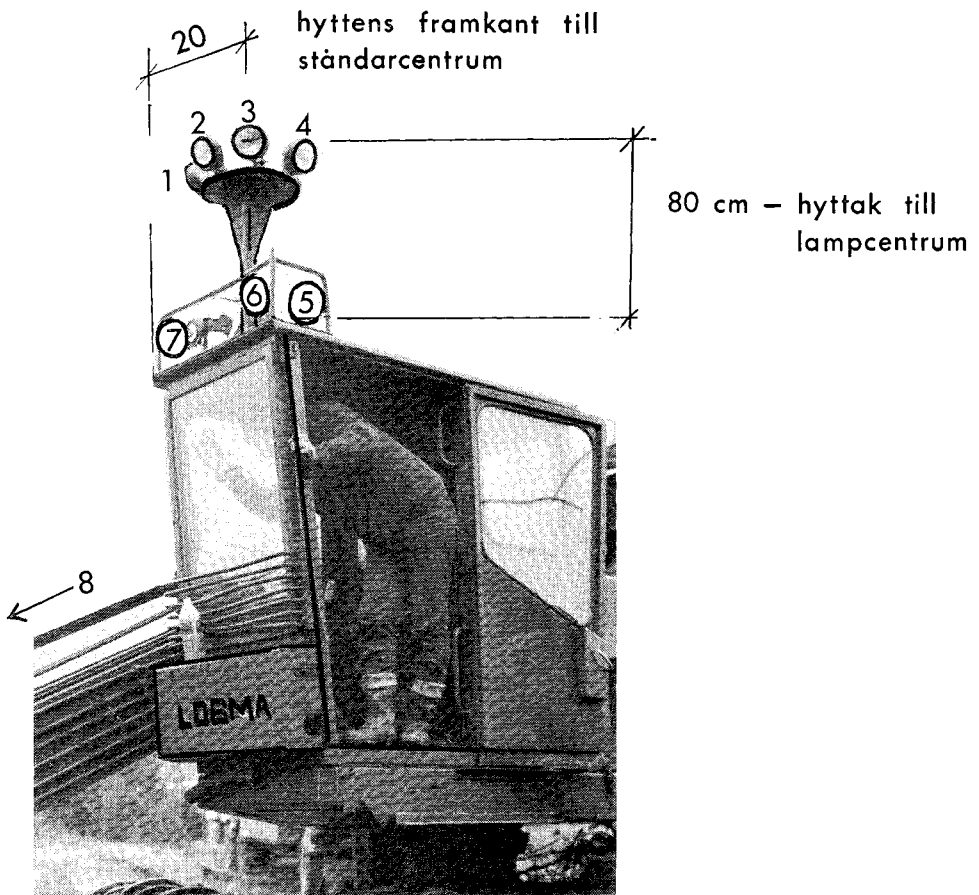
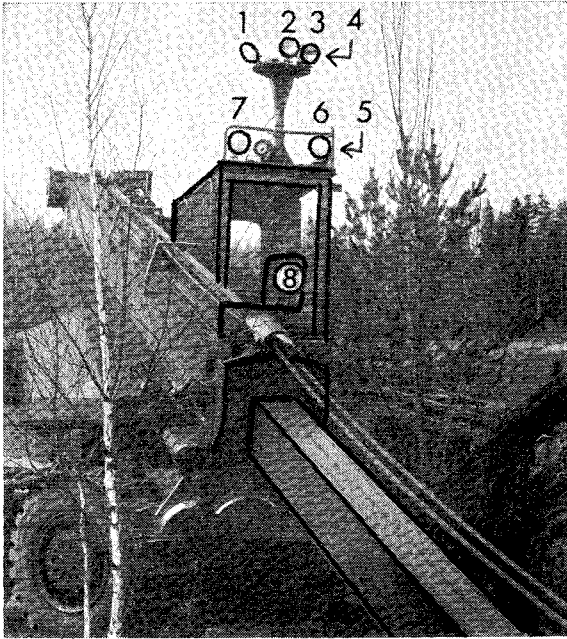
Medverkande förare intervjuades angående sina upplevelser av syn-, belysnings- och arbetstidsförhållanden enligt ett fast frågeformulär.

5.3.3 Studieprogram

Skotningsarbetet studerades i tre etapper:

- mätning av ljusbild vid originalbelysning, intervjuer
- montering av Sealed Beam belysning, svartmålning av maskindetaljer, mätning av ljusbilden, intervjuer
- montering av originalbelysning, intervjuer.

Före varje intervjutillfälle hade förarna arbetat med den efterfrågade belysningen minst en vecka.



Figur 12. Logma T-310. Strålkastarnas placering och numrering.
 Figure 12. Logma T-31. The location of the headlights and their numbers.

Fällning-lunningsarbetet studerades i två steg:

- mätning av ljusbild med originalbelysning, intervjuer
- montering av Sealed Beam belysning, svartmålning, mätning av ljusbild, intervjuer.

Vid andra intervjutillfället hade provbelysningen varit monterad i 5 veckor:

Arbetet bedrevs under hela studieperioden på snötäckt mark.

5.4 Separata ljusmätningar

5.4.1 *Kockum Processor 78 ATK*

Uppmätning av belysningsstyrka och luminanser gjordes på två maskiner. Den ena var utrustad med originalbelysning och den andra hade bredstålände belysning (samma typ som använts i studie III, jfr bilaga C) på samtliga punkter utom de två främre färdstrålkastarna. Vid mätning framför maskinen var halvljuset påkopplat. Snötäckets djup var på mark ca 25 cm och på virke några cm.

5.4.2 *Logma T-310*

Uppmätning av belysningsstyrka och luminans gjordes på en maskin som delvis utrustats med strålkastare av typ AB-3 från firma Arbetsbelysning. De uppges vara bredstrålande och avser ge en jämn belysning på området närmast maskinen. Övriga strålkastare var av typ Hella och avser ge belysning på längre avstånd. Effekten på samtliga lampor var 70 W (halogen). Strålkastarnas placering framgår av figur 12.

En registrering av prestation och hjärtfrekvens gjordes dels under dagsljus och dels med belysning enligt ovan. Varje studie omfattade ca 130 träd. Tidsstudien gjordes som c-minstudie och hjärtfrekvensen registrerades telemetriskt varje miut.

5.4.3 *Aktuella naturobjekts reflektionsfaktorer*

Som underlag för bestämning av reflektionsfaktorn hos de dominerande naturobjekten på en skogsmaskinell arbetsplats har ett antal separata luminansmätningar utförts.

6 Resultat

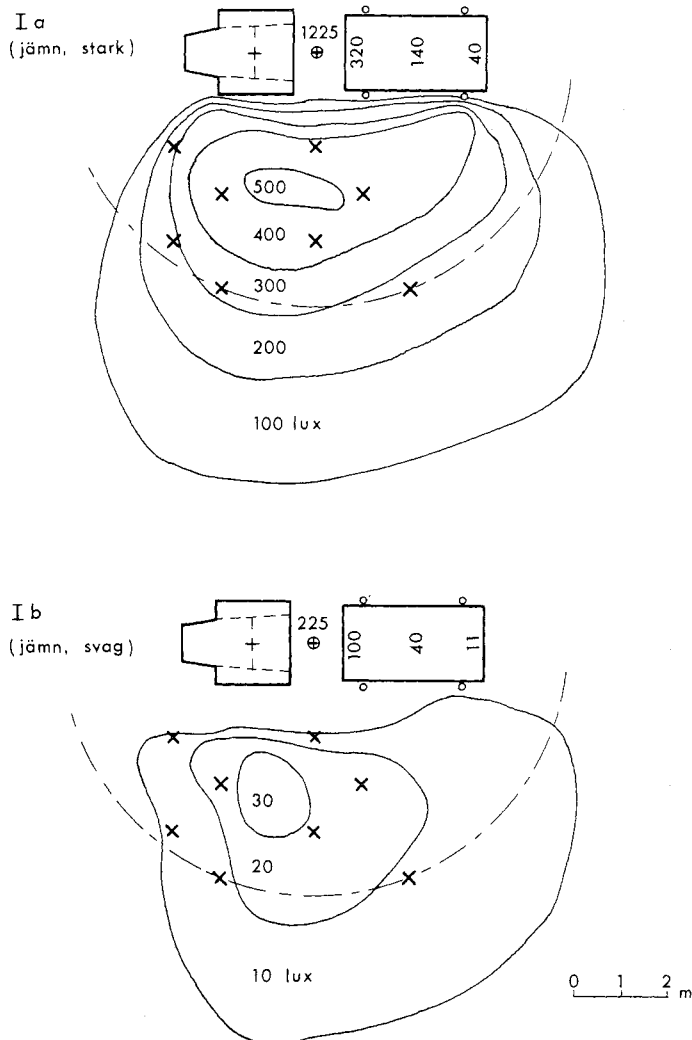
6.1 Studie I

6.1.1 Förare

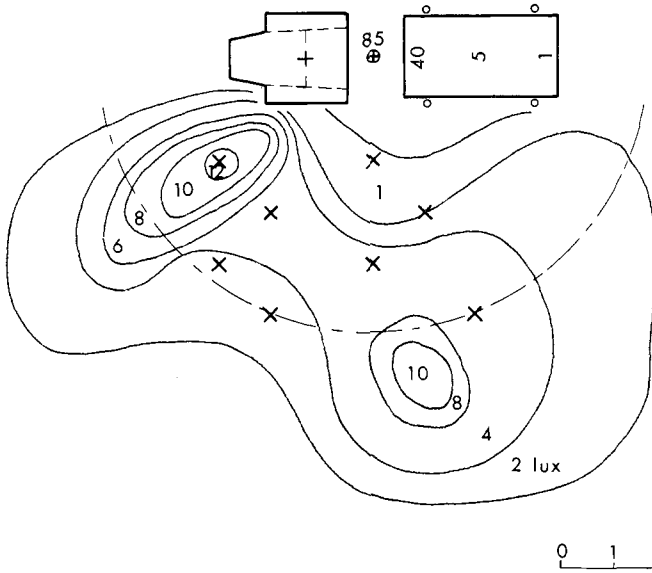
Detaljerade uppgifter om förarna och provningarna av deras hälsa, kondition och syn ges i bilaga A.2. Viktigare slutsatser sammanfattas nedan.

Samtliga förare hade flerårig erfarenhet av traktorkörningsarbete med aktuell typ av kranreglage. De var samtliga under 40 år, dvs. den ålder då synen normalt börjar försämrats kraftigt.

Hälsointervjuernas resultat tyder inte på någonting som kan förmodas ha differen-



Figur 13. Normal belysningsstyrkefördelning vid belysningsform I ("jämn").
Figure 13. Normal distribution of illuminating power at lighting standard I ("even").



Figur 14. Belysningsstyrkefördelning kring SMV Drivax med originalbelysning.
 Figure 14. Distribution of illuminating power around SMV Drivax with original lighting.

teriat förarnas reaktion på de rådande för-
 söksbetingelserna.

Förarnas medelpulsfrekvens enligt proven
 med cykelergometer var vid belastningen
 900 kpm/min. (150 W) 150 ± 6 slag/min.
 Detta stämmer väl med resultat från andra
 undersökningar. Förarna kan alltså anses
 representativa för sin yrkes- och åldersgrupp
 med avseende på fysisk kondition.

Fyra förare hade normal synskärpa medan
 en hade nedsatt skärpa på båda ögonen.
 Detta ansågs inte diskvalificera honom för
 medverkan eftersom hans körskicklighet be-
 dömdes som väl i nivå med genomsnittet.

Belysningsstyrkorna (i lux) uppmättes i me-
 deltal till:

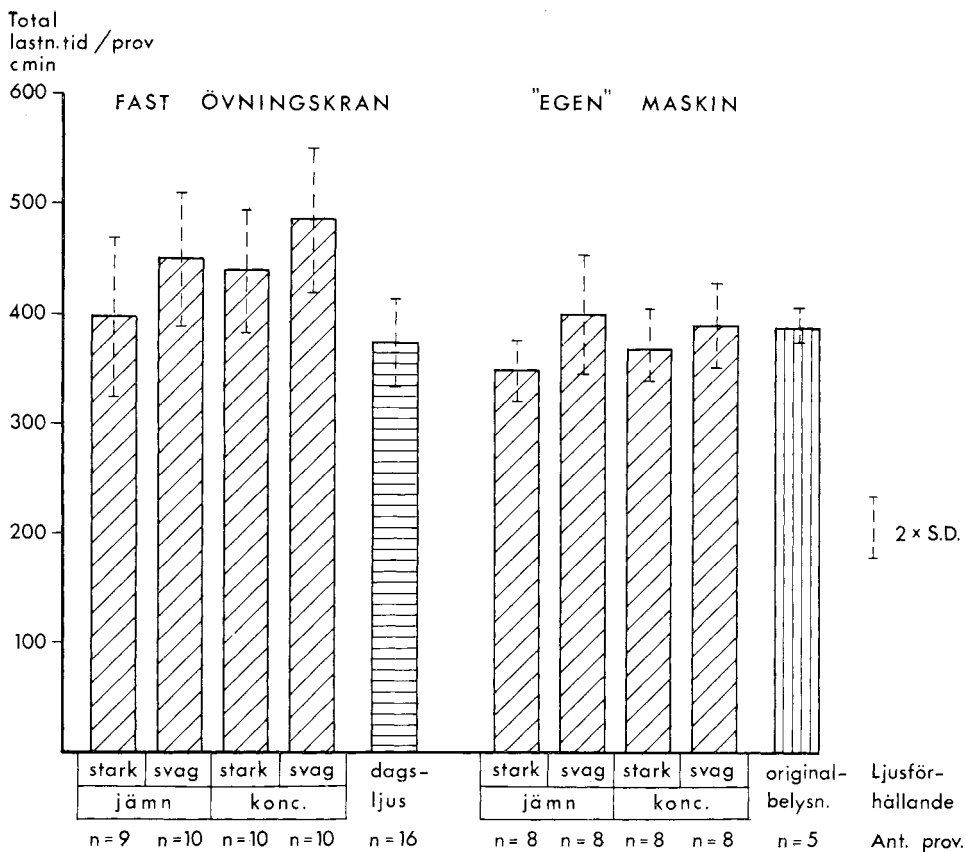
Belysnings- alternativ		Inom kranens arbets- område	På veds- högarna	I vagnen
I jämn	a stark	236	321	
	b svag	11	12	
II konc.	a stark	a	314	se figur
	b svag	a	18	
Originalbelysning		3,2	3,9	

a utanför massavedshögarna: under 1 lux

6.1.2 Ljusbildning

Ljusfördelningen för alt. I ("jämn") resp.
 "originalbelysning" visas i figurerna 13 och
 14. En okulär bedömning av ljusbilderna
 visar att alt. I gett en jämnare belysning än
 originalbelysningen. Att den också är avse-
 värt jämnare än alt. II ("koncentrerad") är
 uppenbart eftersom strålkastarna då rikta-
 des mot endast en hög i sänder.

Skillnaden i belysningsstyrka på massa-
 vedshögarna är mellan "a-alternativen" 7
 lux, vilket saknar praktisk betydelse. Mot-
 svarande skillnad för "b-alternativen" är
 6 lux, vilket innebär en större (subjektivt)
 upplevd skillnad (jfr fig. 6). Studiematerialet
 är tyvärr för litet för att möjliggöra analys
 av huruvida denna skillnad påverkat last-
 ningstider och hjärtfrekvens.



Figur 15. Total lastningstid per prov.
 Figure 15. Total loading time for each experiment.

I relation till de starkare "a-alternativen" innebär dock bägge "b-alternativen" avsevärt lägre belysningsstyrkor, vilket varit huvudändamålet med att variera belysningens styrka. Det är också helt klart att den "svaga" provbelysningen inneburit upplevelsemässigt betydligt starkare ljus än originalbelysningen.

Uppmätta luminanser (i cd/m²):

Mätobjekt	Belysningsalternativ			
	Ia	Ib	IIa	IIb
Virkeshögar	7 (3—15)	ca 1	9 (4—20)	ca 1
Mark	ca 2	<1	ca 1	<1
Kranpelare	35 (23—64)	3	56	3
Vagnsgaller	5 (4—8)	<1	5	<1
I vagnen	ca 1	<1	ca 1	<1
Verktygslåda (= stänkskärm)	34 (20—48)	—	—	—

Det bör betonas att ovanstående sammanställning innebär en mycket grov angivelse av medelvärden för uppmätta luminanser innehållande stora spridningar. Värdena ger dock två upplysningar.

För det första kan konstateras att *luminansskillnaderna* inom synfältet vid provsituationerna Ia och IIa, dvs. vid stark belysning, varit relativt stora trots att samtliga föremål mot vilka mätningar gjorts varit relativt mörka (mark, bark och rödmålade alternativt rostiga eller oljiga maskindetaljer). För det andra framgår att vid belysningsalternativen Ib och IIb låga luminanser varit rådande inom synfältet.

6.1.3 Tidsstudier

Totala lastningstider per prov visas i figur 15. Underlaget till figuren ges i bilaga A.3.

Tabell 3. Procentuell minskning av total lastningstid vid starkare resp. mera spritt ljus.

Jämförda belysningsalternativ			Minskning av lasttid, %		
			Fast övningskran	"Egen" maskin	Samtliga prov
Ia/Ib	Jämn	Stark/svag	11,7	12,4	12,1
IIa/IIb	Konc.		9,0	5,3	7,2
Ia/IIa	Stark	Jämn/konc.	9,7	5,6	7,7
Ia/IIb	Svag		7,0	-2,0	2,5

Table 3. Percentage decrease in total loading time at more light and more scattered light respectively.

Compared lighting alternatives			Decrease in loading time, per cent		
			Fixed test crane	Machine of one's own	All tests
Ia/Ib	Even	High/low	11.7	12.4	12.1
IIa/IIb	Conc.		9.0	5.3	7.2
Ia/IIa	High	Even/conc.	9.7	5.6	7.7
Ia/IIb	Low		7.0	-2.0	2.5

Av figuren ses att kortare totala tider erhållits för såväl starkare som för mer spritt ljus. De procentuella minskningarna framgår av tabell 3.

Signifikantstest av resultaten från jämförelserna ges i bilaga A.3.

Tidsstudierna av lastningsarbete i dagsljus gjordes under den träningslastning som varje förare ålades att utföra före mörkerstudierna. Registreringarna gjordes före andra kvällens prov och avser enbart fast övningskran. Reservationer bör göras för värdet av dessa prov, då från början avsikten inte var att studera dagsljusarbete och därför de medverkande förarna i varierande grad var medvetna om att de var utsatta för tidsstudium och pulsregistrering.

Trots dessa reservationer ter det sig intressant att jämföra lastningstiderna för arbete i dagsljus och i de olika konstljusalternativen, tabell 4.

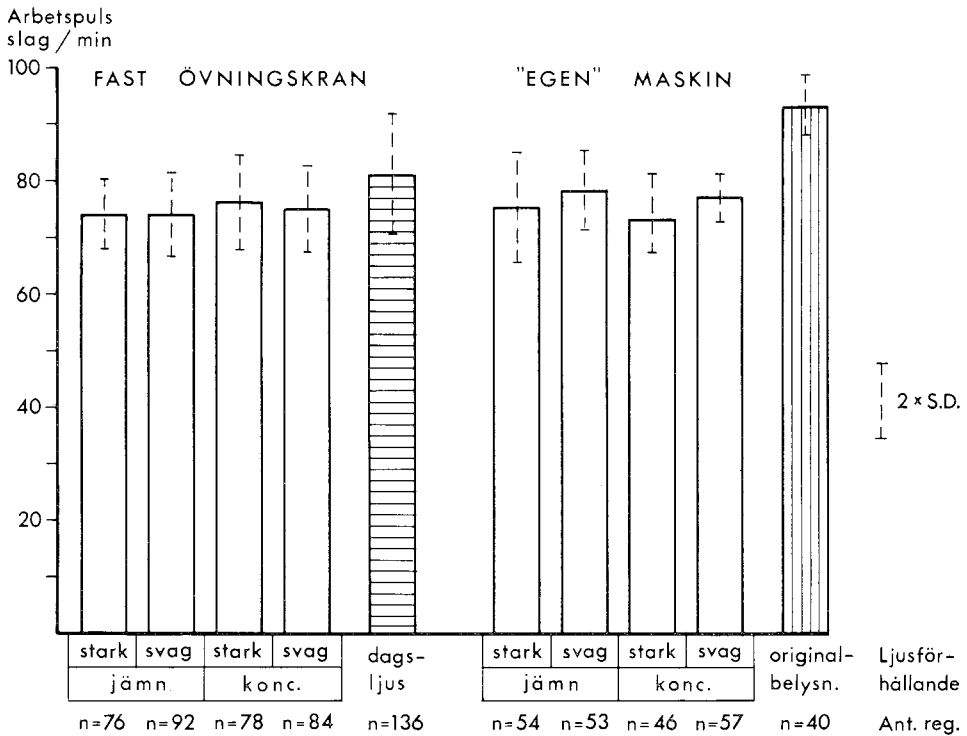
Tabellen antyder att det troligen åtgår avsevärt längre tid för lastning i konstljus än i dagsljus. Det bör påpekas att jämförel-

Tabell 4. Procentuell ökning av lasttid för arbete i konstljus jämfört med dagsljus.

Jämförda belysningsalternativ		Ökning av lasttid för konstljusalternativet, %	
Dagsljus/	I Jämn	a Stark	4,2
		b Svag	20,2
	II Konc.	a Stark	17,4
		b Svag	29,1

Table 4. Percentage increase of loading time for work in artificial light compared with work in daylight.

Compared lighting alternatives		Increase of loading time for artificial light alternative, per cent	
Daylight	I Even	a High	4.2
		b Low	20.2
	II Conc.	a High	17.4
		b Low	29.1



Figur 16. Arbetspuls under lastning av massaved. Aritm. medelvärden.

Figure 16. Working pulse when loading pulp-wood. Arithmetical average.

sen endast gäller själva lastnings-(kran-)arbetet. Om belysningens inverkan på skotningens övriga arbetsmoment kan inte denna studie ge några upplysningar.

6.1.4 Hjärtfrekvens

Förarnas arbetspuls redovisas i fig. 16. Medelpulsen var 76 slag/min. vilket betyder att den fysiska belastningen varit "låg" eller "mycket låg".

Vid en tidigare studie (Hansson et al., 1967) av praktiskt skotningsarbete konstaterades att medelpulsen under lastningsarbetet var 103 slag/min., dvs. 27 slag högre än vid föreliggande studie. Detta förklaras av att förarna här var instruerade att arbeta i en självvald, jämn takt medan i praktiskt ackordsavlönat arbete man kan förmoda att arbetstakten är högre.

Övriga faktorer som kan medföra högre puls i normalt skotningsarbete är att föraren där belastas av skakningar och vibrationer och att hans rörlighet då är större eftersom

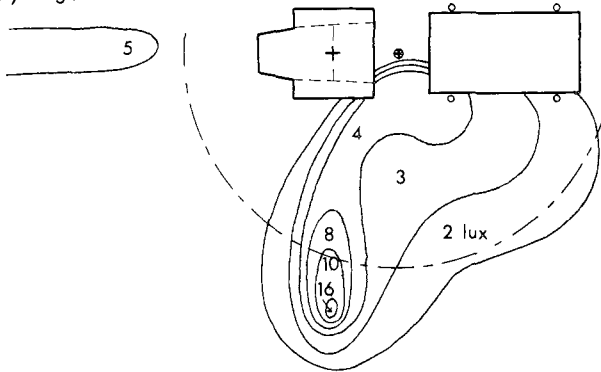
Tabell 5. Signifikansnivåer för jämförelser mellan hjärtverksamhet vid olika belysningsförhållanden.

Antal pulsslslag/hög				Signifikansnivå, %
Större vid		än vid		
Ib		Ia		0,1
IIb	Svag	IIa	Stark	0,1
IIb		Ia		0,1
IIa	Konc.	Ia	Jämn	1,0

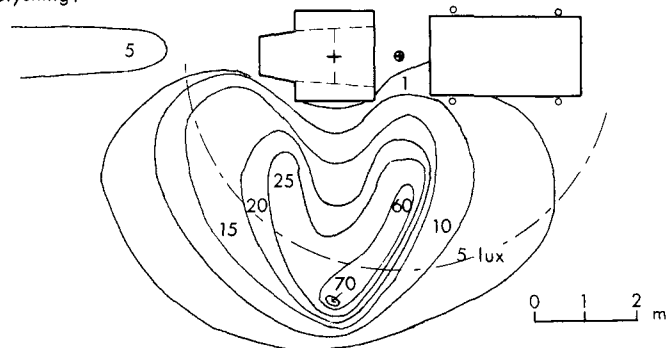
Table 5. Levels of significance for comparisons between heart-rate at different lighting conditions.

Number of pulse-beats/high				Level of significance, per cent
Higher at		than at		
Ib		Ia		0.1
IIb	Low	IIa	High	0.1
IIb		Ia		0.1
IIa	Conc.	Ia	Even	1.0

Original
belysning :



Förstärkt
belysning :



Figur 17. Belysningsstyrkefördelning (isoluxkurvor) kring BM 668.

Figure 17. Distribution of illuminating power (isolux curves) around BM 668.

han arbetar på maskinens båda sidor och måste vända sig efter varje körningsmoment.

Jämförelserna bör således göras inom studiematerialet. Det kan då konstateras att skillnaderna i förarnas medelpuls mellan arbete i olika ljusförhållanden är mycket små. Variationerna kan tänkas till fullo förklarade av individuella variationer, men kan också ha berott på skillnader i arbetsintensitet.

För att möjliggöra en bedömning av om erhållna pulsvariationer enbart är att hänföra till skillnader i arbetsintensitet mellan proven eller om också däri döljer sig ett eventuellt samband mellan ljusförhållande och puls har i bilaga A.5 framräknats antal pulslag per hög.

Jämförelser mellan de på så vis framräknade värdena visar att sämre ljusförhållanden medfört en något förhöjd hjärtverksam-

het. Skillnaderna är statistiskt signifikanta på nivåer som framgår av tabell 5.

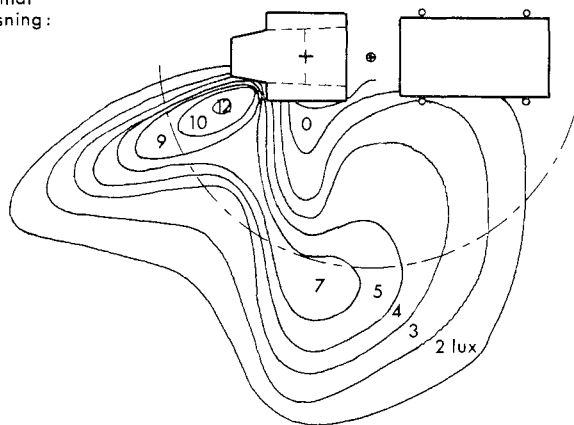
Den högre hjärtverksamheten vid svagare och mera koncentrerat ljus kan tänkas bero på en större rörlighet hos föraren i syfte att kompensera sig för sämre ljus- och synförhållanden. En annan förklaring skulle kunna vara ökad psykisk anspänning vid arbete i sämre ljusförhållanden beroende på en upplevd brist på visuell information av det slag som man är van vid från dagsljusarbete.

6.1.5 Sammanfattning av resultat

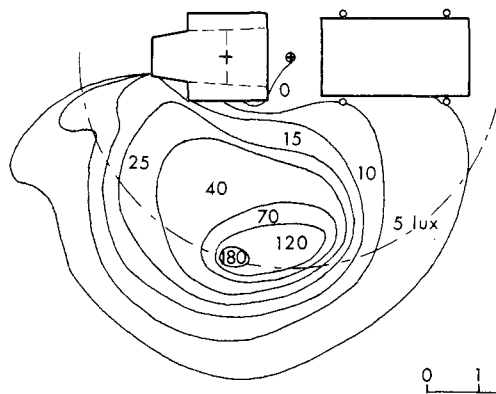
En kraftig ökning av belysningsstyrkenivån kring maskinen har visats ge en signifikant sänkning av lastningstiden med ca 10%. Också en förbättrad spridning av ljuset har i sig givit förkortad lastningstid.

Inga större ändringar i arbetspuls har

Original
belysning:



Förstärkt
belysning:



Figur 18. Belysningsstyrkefördelning (isoluxkurvor) kring SMV Drivax.

Figure 18. Distribution of illuminating power (isolux curves) around SMV Drivax.

kunnat konstateras som följd av förändrade ljusförhållanden. Beräknat antal pulsslag per arbetsmängd har dock blivit signifikant något högre vid sämre ljusförhållanden.

6.2 Studie II

6.2.1 Ljusbildning

Ljusfördelningen runt maskinerna visas i figurerna 17 och 18.

Belysningsstyrkan på mark inom kranens arbetsområde:

Maskin	Belysningsstyrka (lux), medeltal	
	Original-bel.	Förstärkt bel.
BM 668	2,6	11,7
SMV Drivax	3,7	26,8

Kranbelysningens bidrag till ljusbilden är mycket svårt att beskriva och har inte alls medtagits i figurer och tabeller.

Det är svårt att ge en realistisk beskrivning av ljusförhållandena i lastenheten. Re-

sultatet av några mätningar av belysningsstyrkan ges dock nedan:

Maskin	Belysning	Belysn.styrka (lux), medeltal			
		i bottenplanet		1,5 m över botten	
		fram	bak	fram	bak
BM 668	original	3	2	4	5
	förstärkt	25	8	18	18
SMV Drivax	original	1	1	2	3
	förstärkt	5	3	7	10

Av tabellen framgår att Drivax-maskinens dubbla galler utgjort ett hinder för ljuset att nå lastenheten.

Luminansmätningarna redovisas i bilaga B.4. Därav framgår att

- luminanserna mot mark och virke varit under 1 cd/2 för originalbelysningen och under 5 cd/m² för förstärkt belysning
- vissa maskindetaljer gett upphov till (relativt sett) höga luminanser
- luminanserna på den gulmålade sidan var avsevärt högre än på den svartmålade.

Maximala *luminansvariationer* (cd/m²) inom förarnas synfält:

Belysning och siktriktning	BM 668 Gulmålade sida	Svartmålade sida	Drivax Gulmålade sida	Svartmålade sida
Original framåt		0,5—2		0,5—32 ^a
åt sidan	0,5—48 ^b		0,5—4,8	0,5—1,2
bakåt	3,6—16	— ^c	0,5—6,4	— ^c
Förstärkt framåt		0,5—2		0,5—32 ^a
åt sidan	1—48 ^b	1—48 ^b	1—22 ^d	1—6,5
bakåt	1—24 ^e	1—2	1—60 ^f	1—4,8

- ^a Skydd runt sidoriktad strålkastare.
^b Positionsljus på stänkskärm.
^c Ej mätbart — för låga luminanser.

- ^d Verktygslåda.
^e Lastenhetens gallergrind.
^f Kranfundament.

Tabellen visar att stora luminansskillnader uppstår, speciellt på maskinernas gulmålade sida. Det högre värdet i varje par är mätt mot någon maskindetalj och det lägre mot mark- eller naturföremål. Speciellt bör uppmärksammas kranpelarens höga luminanser eftersom denna befinner sig mitt i centrum av blickfältet under långa perioder.

De *adaptationsluminanser* som mätts med 60° mätvinkel anges i tabell 6. Där anges också luminanser mot objekt inom synfältet som uppvisat särskilt höga luminanser.

Samhörande värden på adaptations- och objektluminanser har markerats i figur 9. Därav framgår att ljusa maskindetaljer kan medföra risker för störning av förarens synkomfort eller rentav bländning. Detta gäller framför allt vid högre belysningsstyrkor, inte minst i solljus. Vidare framgår att

avsevärd förbättring uppnåtts genom svartmålningen.

6.2.2 Tidsstudier

Resultatet av tidsstudierna visas i figur 19 och i tabellen, bilaga B.5.

Ljusförhållandenas inverkan på totaltiden per prov visas i tabell 7.

Utförligare jämförelser av tidsåtgången för olika arbetsmoment under olika ljusförhållanden ges i bilaga B.6.

Av jämförelserna framgår att för bägge maskinerna har skotningsarbetet i genomsnitt gått mer än 10 % snabbare i dagsljus än med originalbelysning samt att "pålastning" är det moment som är mest känsligt för variationer i belysning.

Tabell 6. Adaptations- och objektluminanser.

Nummer i fig. 9	Objekt	Färg	Ljuförhållande	Adaptationsluminans	cd/m ² objekt
1	Kranpelare	Gul	Först. belysning	1	60
2	Kranpelare	Svart	Först. belysning	1	5
3	Lastenhet	Gul	Originalbelysn.	0,5	6
4	Lastenhet	Svart	Originalbelysn.	0,5	0,5
5	Kranpelare	Gul	Dagsljus	350	1600—2 × 10 ⁴
6	Lastenhet	Svart	Dagsljus	350	300

Table 6. Adaptation- and object-luminances.

No. in Fig. 9	Object	Colour	Lighting conditions	Adaptation-luminance	cd/m ² object
1	Crane-column	Yellow	Intensified illumination	1	60
2	Crane-column	Black	Intensified illumination	1	5
3	Loading unit	Yellow	Original lighting	0.5	6
4	Loading unit	Black	Original lighting	0.5	0.5
5	Crane-column	Yellow	Daylight	350	1600—2 × 10 ⁴
6	Crane-column Loading unit	Black	Daylight	350	300

Tabell 7. Tidsförkortning i % för skotningsarbete i starkare ljus. Några jämförelser av medelvärden av varje föräres tider i olika provsituationer.

Faktor	Jämförda ljusförhållanden		
	Dagsljus/orig.-bel.	Dagsljus/först. bel.	Först. bel./orig.-bel.
Procentuell minskning av total tid/prov	11,6	6,3	5,7
Signifikansnivå	2 %	Ej sign.	1 %
Antal jämförelser	8	8	14
Antal prov	24	23	31

Table 7. Percentage decrease of hauling-time in strong light. Some comparisons of mean values in efficient time for each operator in different test situations.

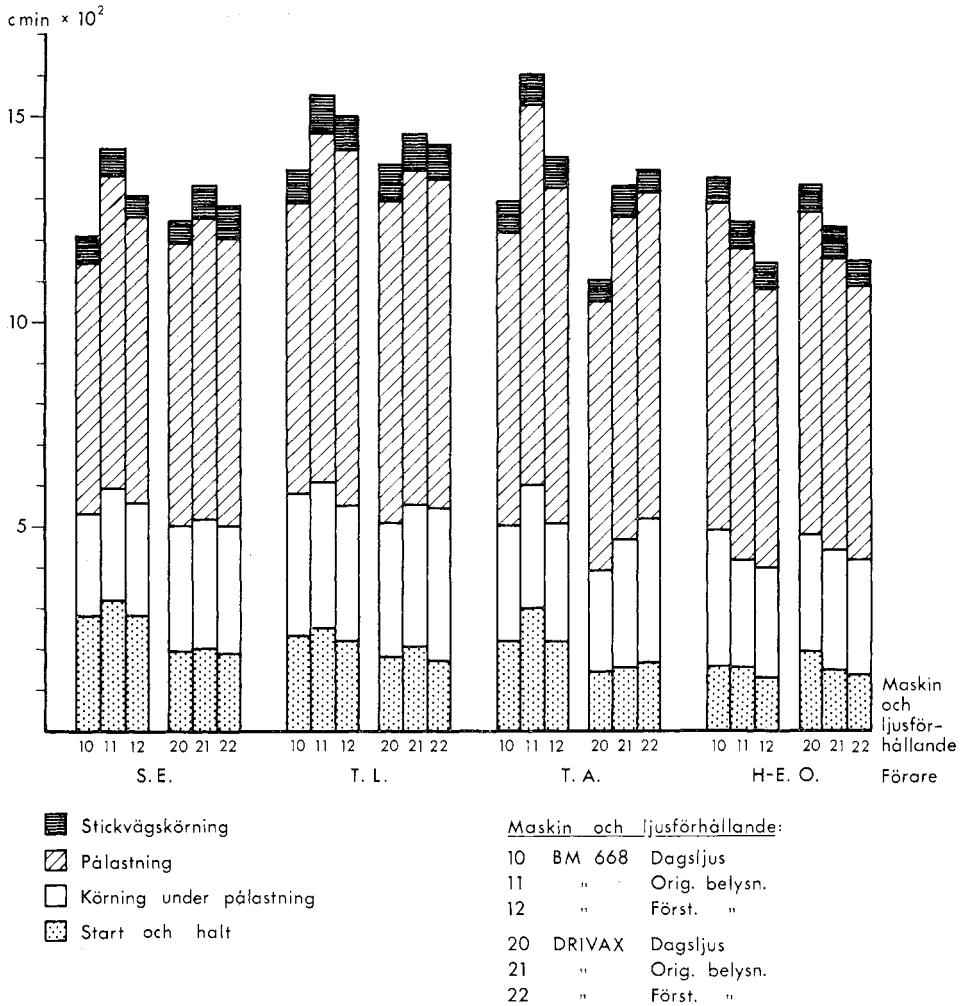
Factor	Compared lighting conditions		
	Day-light/original lighting	Day-light/fied lighting	Intensified lighting/original lighting
Percentage decrease of total time/test	11.6	6.3	5.7
Level of significance	2 %	no sign.	1 %
Number of comparisons	8	8	14
Number of tests	24	23	31

6.2.3 Hjärtfrekvenser

Genom en serie tekniska missöden kunde endast ett fåtal registreringar göras. Materialet som är sammanställt i bilaga B.7

medger inte närmare analyser, men det kan konstateras att:

— genomsnittlig pulsfrekvens per prov är högst i originalbelysning



Figur 19. Sammanställning av tidsstudierresultat.
 Figure 19. Table of time-study results.

- den fysiska belastningen, uttryckt som antal pulsslag per prov, är störst i originalbelysning, näst störst i förstärkt belysning och minst i dagsljus
- ungefär samma arbetspulser och tendenser erhållits som i studie I.

- frekvensen störningar är som regel högst på den gulmålade sidan
- antalet störningar är högst vid arbete i originalbelysning och minst i dagsljus
- SMV Drivax haft fler störningsmoment än BM 668 vilket troligen beror på att Drivaxens dubbla galler skymt sikten.

6.2.4 Störningsmoment

Resultatet av dessa registreringar sammanfattas i tabell 8 nedan. En mer utförlig redovisning ges i bilaga B.8.

Av tabellen framgår att:

- det vanligaste störningsmomentet var "slår mot stötta vid grip in", vilket svarar för drygt 65 % av samtliga registreringar

6.2.5 Förarskattningar och intervjuer

Förarnas bedömning av möjligheterna att se i konstljus relativt dagsljus under olika arbetsmoment visas i fig. 20.

Av figuren framgår att:

- synmöjligheterna genomgående bedömts som bättre i BM 668 än i SMV Drivax

Tabell 8. Störningsmomentens fördelning på maskinfärg för olika variabler.

	Summa störningsmoment å	
	Gul sida	Svart sida
<i>Typ av störning</i>		
Slår mot stötta vid grip <i>ut</i>	16	10
Slår mot stötta vid grip <i>in</i>	76	70
Tappar bit ur gripen	5	7
Svårigheter vid tillr.lägg.	4	4
Tappar bit från lasset	7	—
Glömmer bit på marken	6	—
Kör mot träd	3	8
Kör mot markhinder	—	—
Kör fast	2	1
<i>Ljusförhållande</i>		
Dagsljus	11	9
Originalbelysning	62	61
Förstärkt belysning	46	30
<i>Maskintyp</i>		
BM 668 (antal per prov)	45 (2,5)	36 (2,0)
SMV Drivax (antal per prov)	74 (3,4)	64 (2,9)

- synsvårigheterna bedömts som minst vid momentet ”gripa hög”
- synmöjligheterna i konstljus i stort sett bedömts som mindre än hälften så bra som i dagsljus
- den förstärkta belysningen bedömts ge bättre synmöjligheter vid samtliga arbetsmoment.

Figur 21 visar att viss korrelation föreligger mellan den av förarna bedömda synmöjligheten och det registrerade antalet incidenter.

Frågor och svar från de personliga intervjuerna redovisas i bilaga B.9. Några klara tendenser i svaren var:

- mörkerarbete ansågs innebära stora svårigheter
- den ”förstärkta” belysningen ansågs ”bättre” än originalbelysningen
- den förstärkta belysningen ansågs dock ”betydligt sämre” än dagsljuset
- svartmålningen ansågs underlätta arbetet
- mörkerarbetet skulle underlättas av bättre planerade vägar och väl utmärkta högar (förutom av förbättrad belysning).

Table 8. Distribution of the interruptions on machine colour for different variables.

	Number of interruptions at the	
	Yellow side	Black side
<i>Kind of interruption</i>		
Banging against supporting pole at the grapple <i>out</i>	16	10
Banging against supporting pole at the grapple <i>in</i>	76	70
Dropping a piece out of the grapple	5	7
Difficulties in the preparations	4	4
Dropping a piece of the load	7	—
Forgetting a piece on the ground	6	—
Driving against a tree	3	8
Driving against obstacles on the ground	—	—
Getting stuck	2	1
<i>Light conditions</i>		
Daylight	11	9
Original lighting	62	61
Intensified lighting	46	30
<i>Type of machine</i>		
BM 668 (number for each test)	45 (2.5)	36 (2.0)
SMV Drivax (number for each test)	73 (3.4)	64 (2.9)

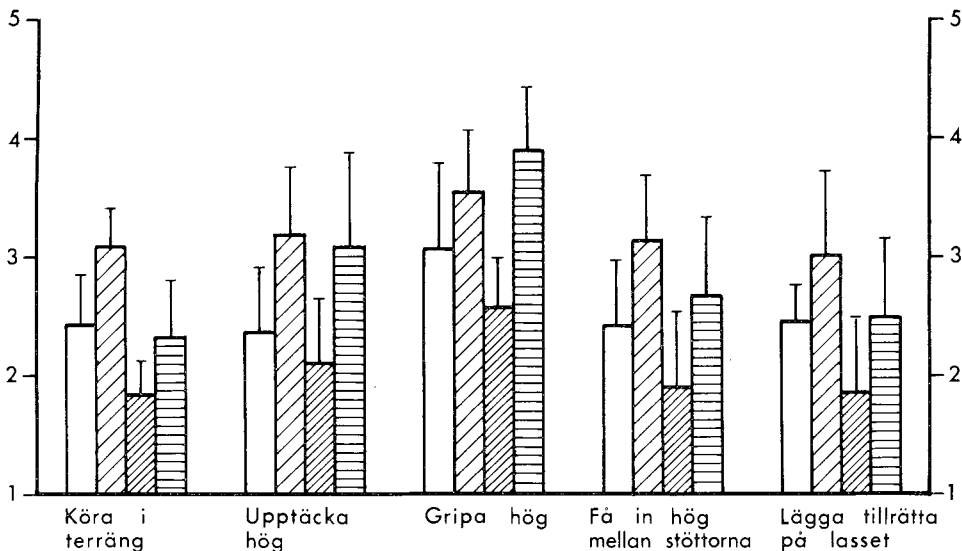
6.2.6 Sammanfattning av resultat

Studiemaskinernas originalbelysning bedöms som otillfredsställande i följande avseenden: belysningsstyrkan (luminanserna) är för låg, spridningen av ljuset är för ojämn och bländningsrisk föreligger.

En förstärkning av originalbelysningen gav en minskning av totaltiden per prov med 5,7 % (signifikant på 1 %-nivån) utan ökad fysisk belastning på förarna. Totaltiden per prov minskade med 11,6 % vid övergång från originalbelysning till dagsljus (signifikant på 2 %-nivå).

Frekvensen störningar var högst vid arbete i originalbelysning och minst i dagsljus samt var lägre på maskinens svartmålade än på den gulmålade sidan.

Förarnas bedömning av synmöjligheterna under olika ljusförhållanden överensstämde relativt väl med uppmätta ljusvärden och med antal registrerade störningsmoment.



BM 668	SMV Drivax	: maskintyp	
Orig.	Förstärkt	Orig.	Förstärkt
: belysningsform			

5= sikt och synmöjligheter motsvarande dagsljus
 1= sikt och synmöjligheter motsvarande helmörker
 n=8 $\bar{x} = 1 \times \text{S.D.}$

Figur 20. Av föraren bedömd möjlighet att se att utföra vissa arbetsmoment.
 Figure 20. The operator's opinion on visibility in certain operations.

6.3 Studie III

6.3.1 Ljusbelysning

Ljusfördelningen runt maskinerna visas i fig. 22 och 23. Det framgår att provbelysningarna gett en bättre spridning av ljuset.

Belysningsstyrkor på mark inom lastområdet:

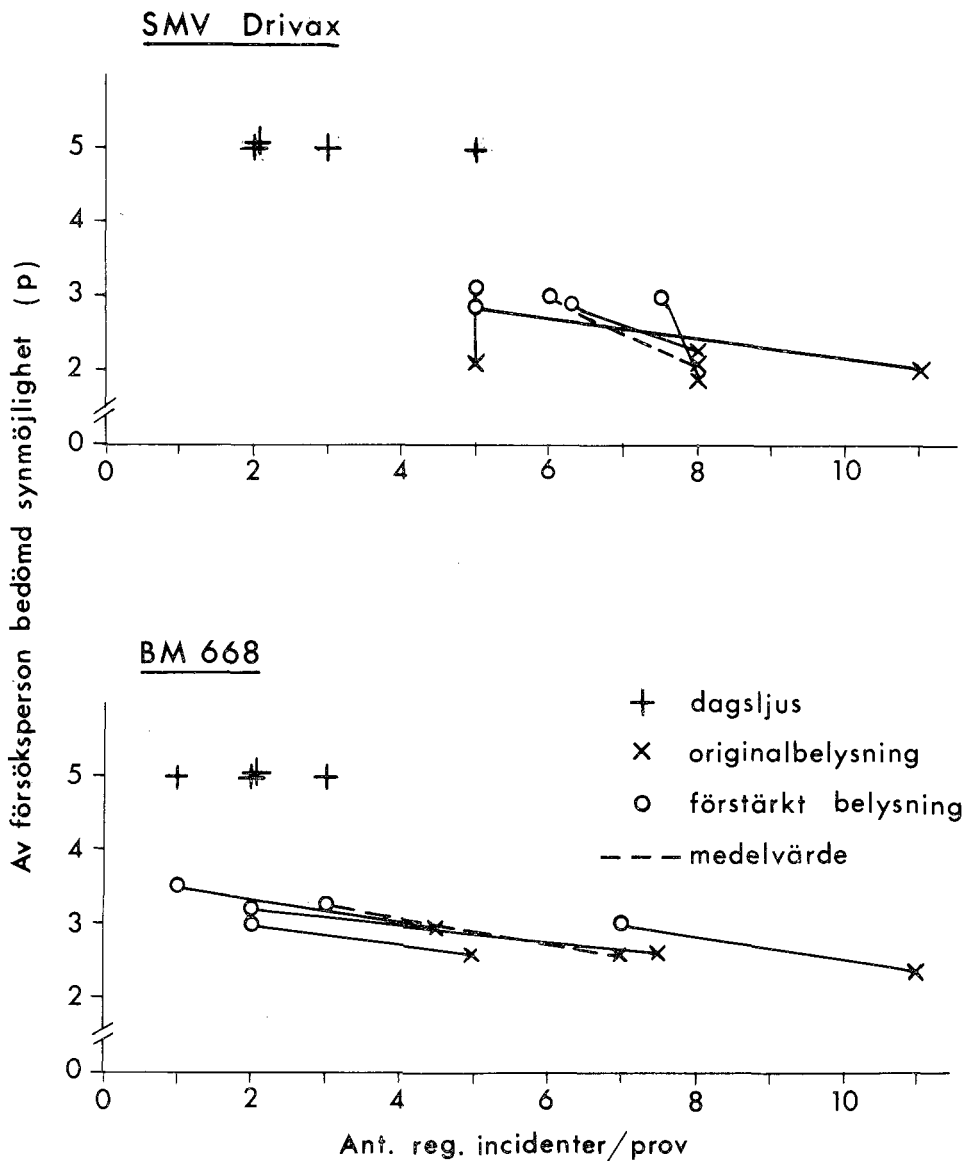
Maskin	Belysningsstyrka (lux)	
	originalbel.	provbil.
SMV 21-S, skotare	6,7	19,0
ÖSA 868, fällare-lunnare	1,4	4,5

Provbelysningarna har alltså medfört något högre belysningsstyrkor.

Luminansernas variation inom förarens synfält illustreras av följande exempel:

Maskin	Objekt	Luminans (cd/m ²)	
		originalbel.	provbil.
SMV 21-S	snö	0—200	0—130
	vagnsgaller	5—20	0—2
	kranbelysn. ^a	0—2 × 10 ⁴	0—2 × 10 ⁴
ÖSA 868	ljuddämpare	8—600	8—600 ^b
	kranpelare	0—30	ca 1—5

^a Extra strömbrytare för snabb släckning av denna belysning fanns lättåtkomlig.
^b Svartmålningen avflagnad.



Figur 21. Förarnas bedömning av synmöjligheten vid olika ljusförhållanden i relation till registrerat antal incidenter.

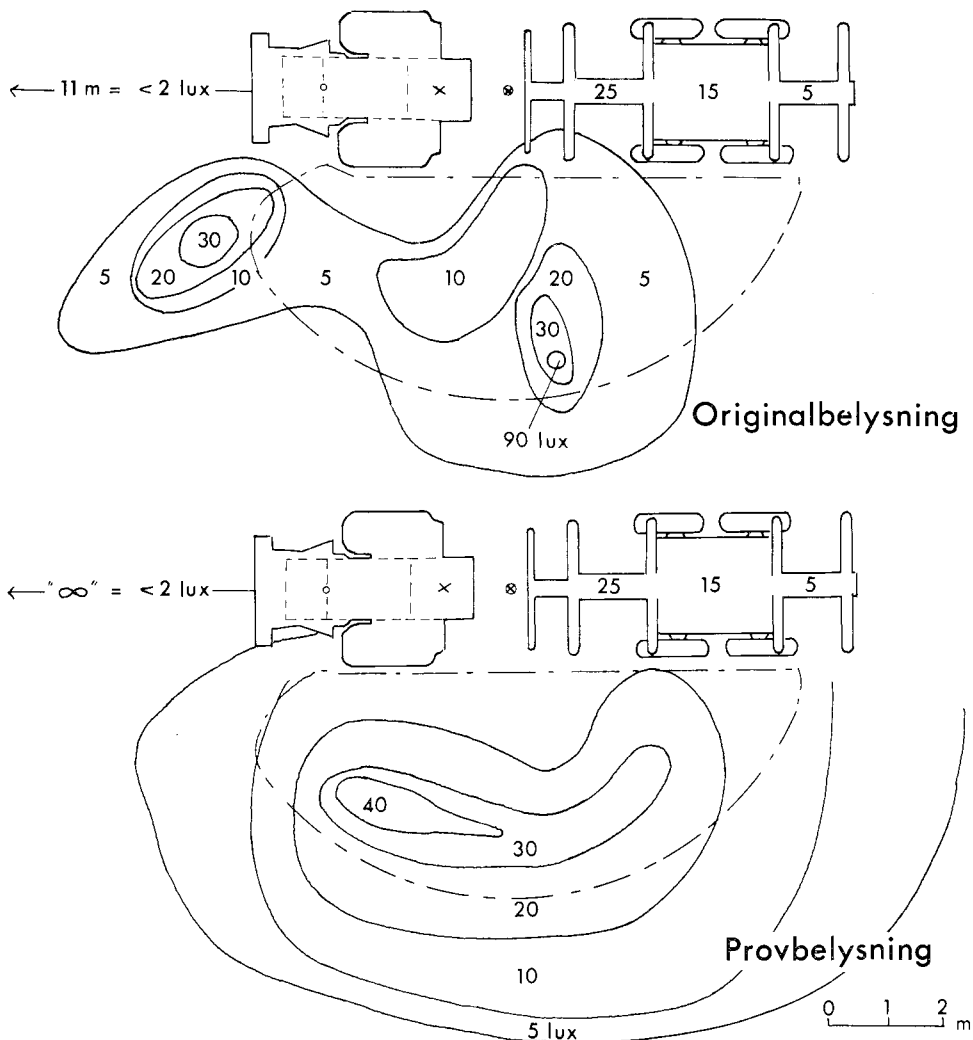
Figure 21. The operators' points of view on the possibilities of seeing at different lighting conditions in relation to the number of reported incidents.

Man kan alltså konstatera att

- luminansvariationerna varit mycket stora, framför allt vid originalbelysningen
- spridning av ljuset i kombination med svartmålningen medfört en minskning av variationen på väsentliga punkter
- snöunderlaget medfört höga luminanser mot mark på vissa fläckar med risk för adaptationsbländning som följd.

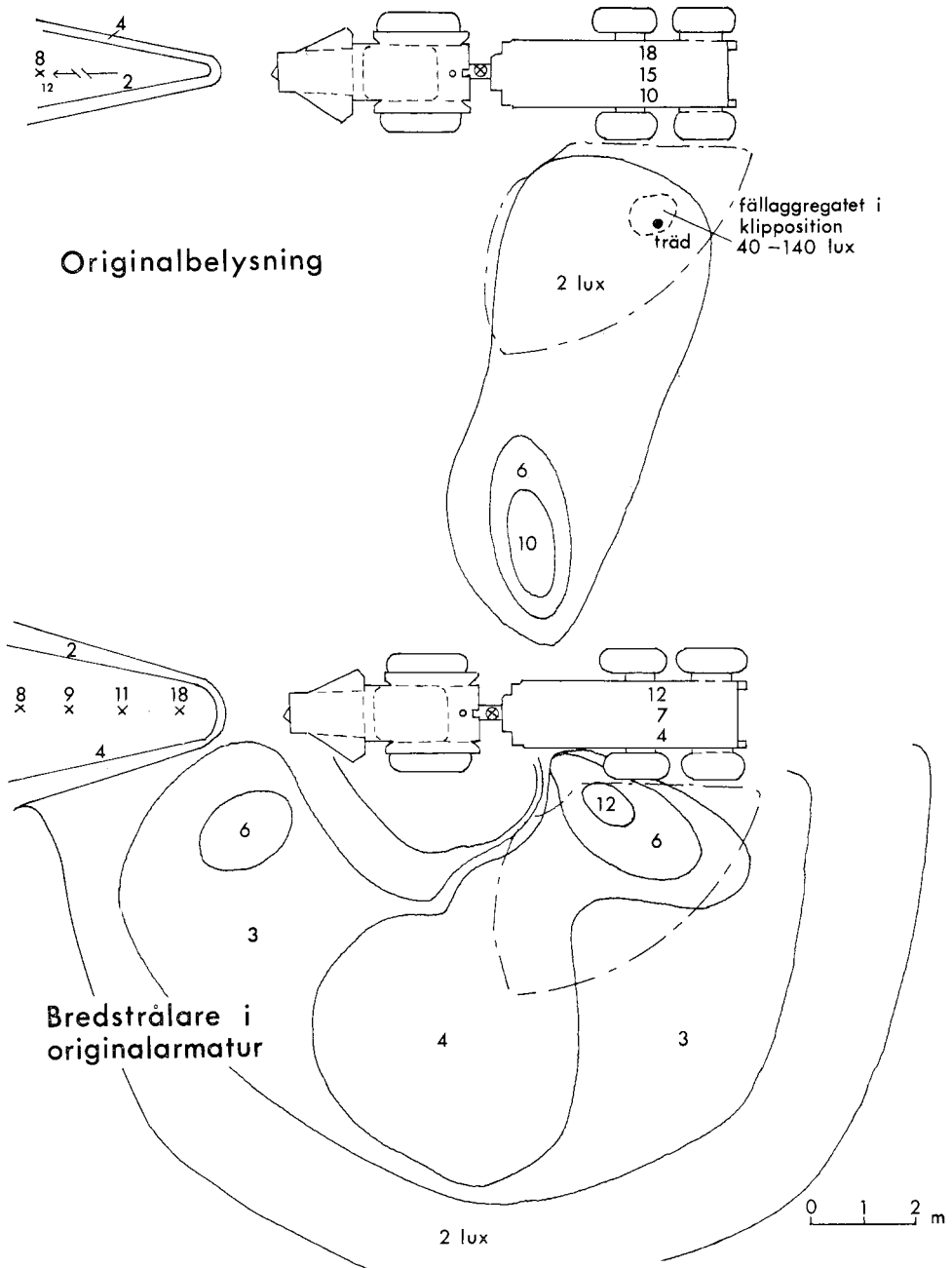
6.3.2 Intervjuer, skotning

Ett urval av frågor och svar från intervjuerna refereras nedan. Bokstäverna A, E, O resp. P i svaren betecknar medverkande förare. Övriga anteckningar:



Figur 22. Belysningsstyrkefördelning kring SMV 21-S, skotare, med original- resp. provbelysning.
 Figure 22. Distribution of illuminating power around SMV 21-S, forwarder, with original lighting and test-lighting respectively.

Fråge- tillfälle	Avser	Poäng	Betyder
I	skotning med originalbelysning	1	Mycket dålig — kan inte bli sämre
II	skotning med provbelysning + svart- målning	2	Ganska dålig
III	återgång till originalbelysning (fort- farande med svartmålning)	3	Acceptabel — varken direkt dålig eller bra
		4	Ganska bra
		5	Mycket bra — kan inte bli bättre



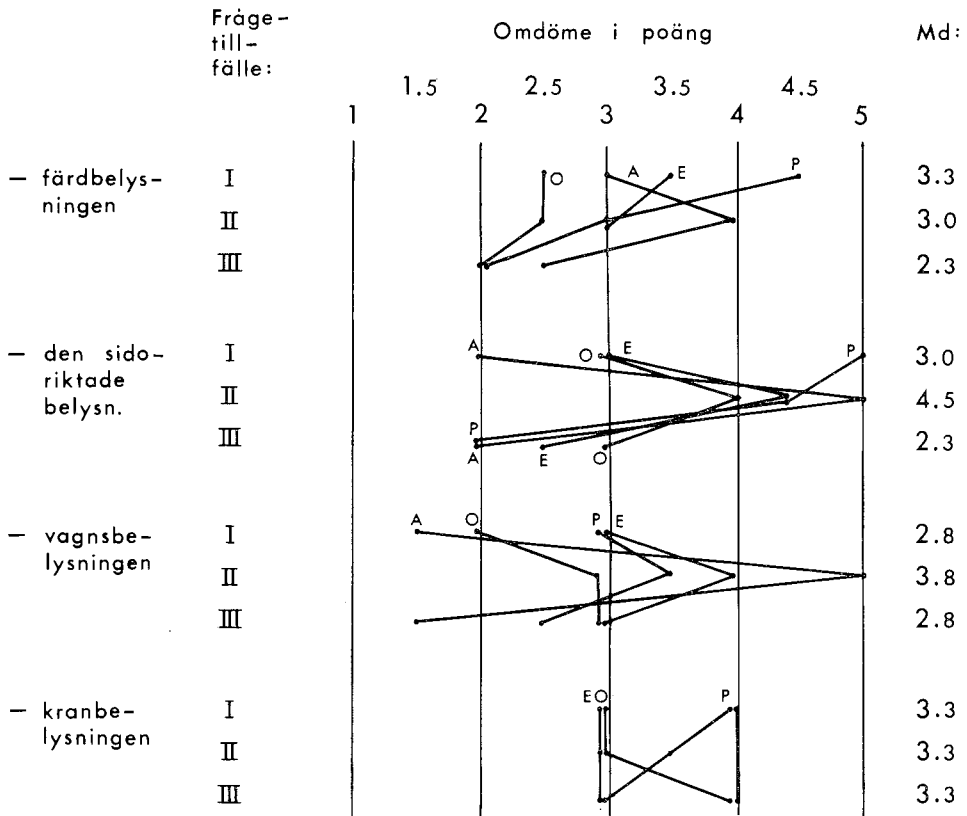
Figur 23. Belysningsstyrkefördelning kring BM-ÖSA 868 fällare-lunnare med original- resp. provbelysning.

Figure 23. Distribution of illuminating power around BM-ÖSA 868 feller/skidder with original lighting and test-lighting respectively.

Fråga 6:

Vad anser Du om belysningen på den här maskinen då det gäller:

Svar:



Kommentar:

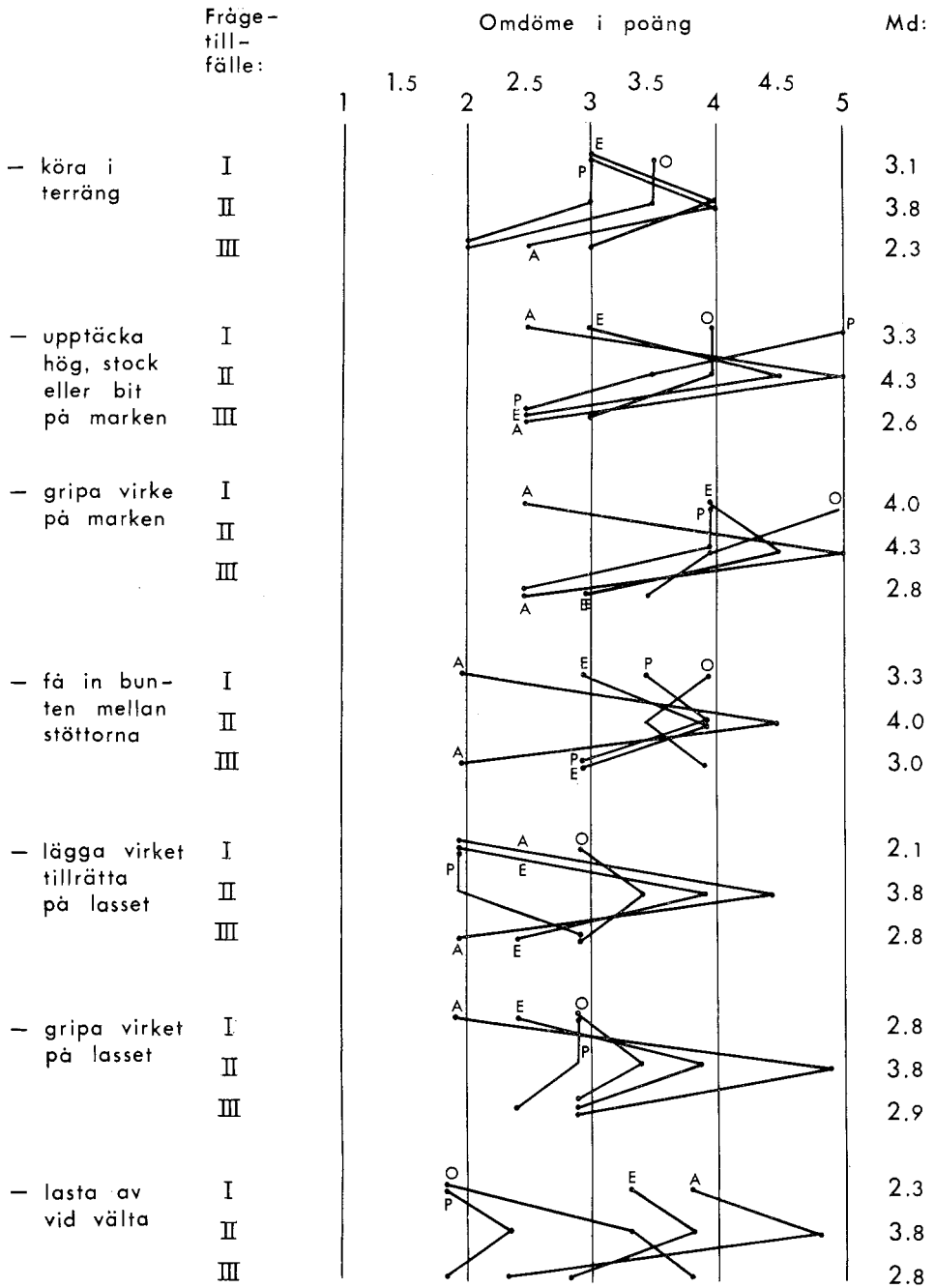
Två förare önskade bättre ljus framåt. Speciellt klagade man över det obelysta området omedelbart framför och 10–15 m ut från motorhuven.

På fråga om *hur* ljuset förändrats vid interju II svarades att det blivit "starkare, jämnare, bättre spritt".

Fråga 10:

Ange hur väl Du ser att utföra de angivna arbetsmomenten i strålkastarljus!

Svar:



Fråga 11: Känner Du dig bländad eller irriterad av någon maskindetalj som Du tycker är alltför ljus eller blänkande?

<i>Svar:</i>		I	II	III
	Ja, i hög grad			
	Ja, i någon mån	3	1	
	Varken ja eller nej			
	Nej, knappast	1	2	3
	Nej, absolut inte		1	1

Kommentar: Här nämndes speciellt gallret på lastenheten, samt speglingar i rutorna. Två personer kommenterade svartmålningen med att den var "vilsam för ögonen" resp. "mycket bättre än den gamla färgen" (klarblå).

Fråga 18: Vad anser Du om att arbeta i mörker på snöig mark jämfört med på bar-bark?

<i>Svar:</i>	Betydligt bättre	2
	Bättre	2
	Ingen skillnad	—
	Sämre	—
	Betydligt sämre	—

Fråga 13: Har Du några synpunkter på hur man belysningstekniskt, arbetsorganisa-toriskt eller på annat sätt skulle kunna underlätta mörkerkörningsarbete?

Svar: Här nämndes önskemål om sökarlampa för orientering, bättre kranbelysning, bättre vägplanering och snitsling.

6.3.3 Intervjuer, fällning-lunning

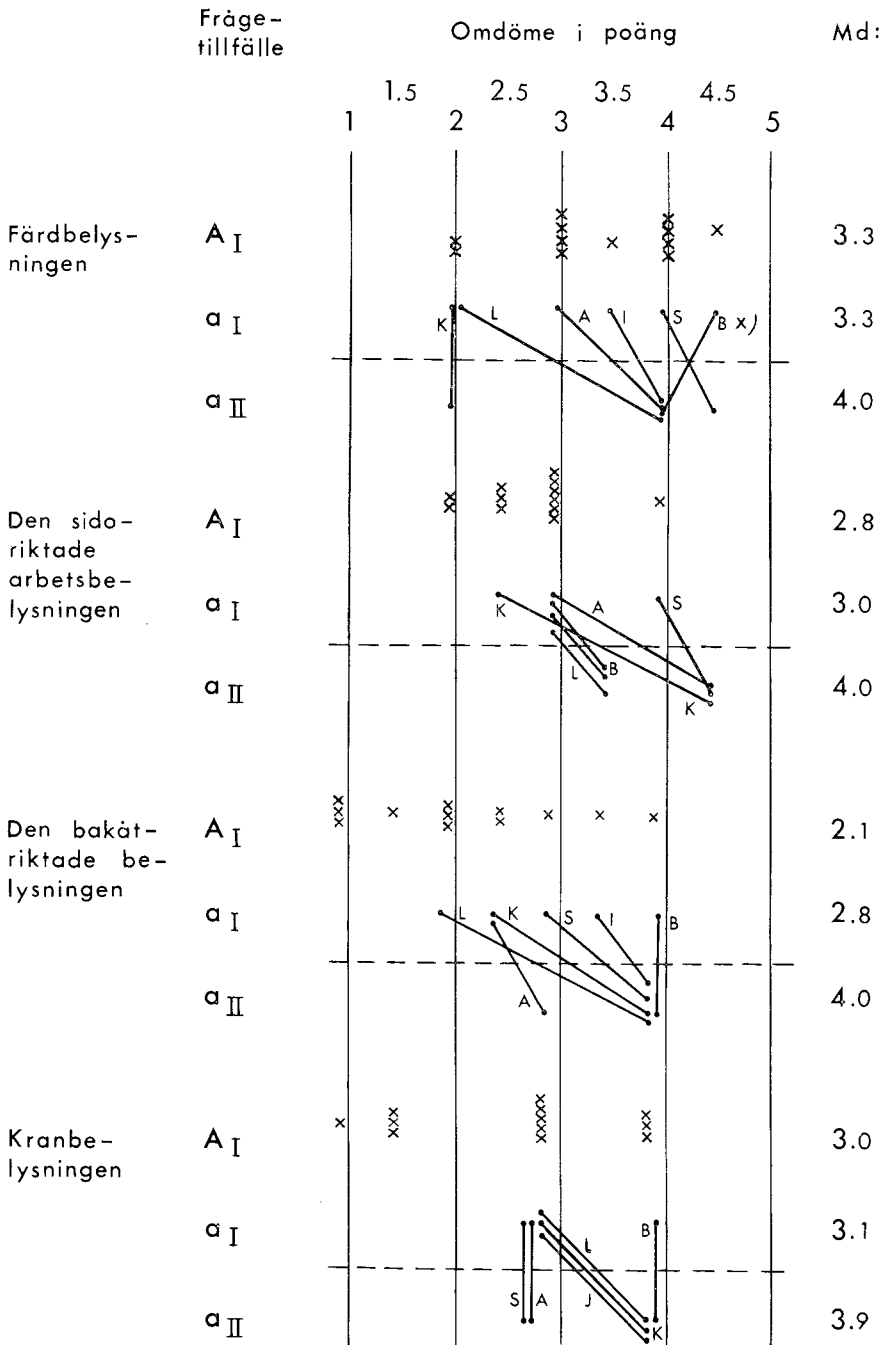
Beteckningar i svaren som ovan utom att:

Fråge-tillfälle	Avser
A _I	samtliga förare, originalbelysning
a _I	urval (6 st.), originalbelysning
a _{II}	urval (6 st.), testbelysning

Fråga 6:

Vad anser Du om belysningen på den här maskinen då det gäller:

Svar:



Kommentar:

Fyra förare saknade ljus framför maskinen. Två ville ha sökarlykta. På fråga om *hur* belysningen ändrats vid intervju II svarades bl.a. att ljuset blivit mera spritt, och att man nu inte blev så trött i ögonen.

Fråga 10:

Ange hur väl Du ser att utföra de angivna arbetsmomenten i strålkastarljus:

Svar:

	Fråge- tillfälle:	Omdöme i poäng					Md:				
		1	1.5	2	2.5	3		3.5	4	4.5	5
- köra i terräng	A _I		x	x	x	xxxx	x	xx			3.1
	a _I										3.1
	a _{II}										4.1
- upptäcka och se markhinder (vid fällarbete)	A _I	x	xx	xx	xxx	xxx	xx	xx			2.9
	a _I										2.8
	a _{II}										4.0
- positionera klippen	A _I	x	xx	x	xxx	xxx	xx	xx	x		3.0
	a _I										3.0
	a _{II}										3.9
- få på träden på klämbanken	A _I	x	x	x	xxx	xxx	xx	xx	x		3.2
	a _I										3.5
	a _{II}										3.9

Fråga 7:

När tycker Du att Du ser sämst, dvs. vid vilket arbetsmoment skulle främst belysningen behöva förbättras?

Svar:

	Grupp	
	A _I	a _I
Backa	2	
Positionera — klippa	6	3
Lägga på klämbanken	2	1
Orientera i terrängen	2	2

Kommentar:

Flera förare framhöll att med riklig undervegetation blev synmöjligheterna mycket besvärliga vid arbete i konstljus.

Fråga 11:

Känner Du Dig bländad eller irriterad av någon maskindetalj som Du tycker är alltför ljus eller blänkande?

Svar:

	Grupp		
	A _I	a _I	a _{II}
Ja, i hög grad	2		1
Ja, i någon mån	5	4	2
Varken ja eller nej			
Nej, knappast	1	1	
Nej, inte alls	4	1	3

Kommentar:

Som irritationsorsak angavs speciellt kranpelaren och ljuddämparen. Svartmålningen angavs ge "bättre" alternativt "mycket bättre" synförhållanden.

Fråga 18:

Vad anser Du om att arbeta i mörker på snöig mark jämfört med barmark?

Svar:

	Grupp	
	A _I	a _I
Betydligt bättre	8	5
Bättre	4	1
Ingen skillnad	—	—
Sämre	—	—
Betydligt sämre	—	—

Fråga 13:

Har Du några synpunkter på hur man belysningstekniskt, arbetsorganisatoriskt eller på annat sätt skulle kunna underlätta mörkerkörningsarbetet?

Svar:

Förutom starkare och bättre spritt ljus angavs önskemål om att sämre terrängavsnitt bör tas i dagsljus, bakrutans galler bör vara lätt avtagbart för rengöring av rutan, bättre markering av körstråk, att få fortsätta i mörker där man slutade i dagsljus, vindrutetorkare på sidorutorna mot snöras, röjning av undervegetation på "mörkertrakter".

6.3.4 Ljusbelysningsresultat och subjektiva omdömen

Med stark reservation för det relativt begränsade material som studien bygger på ter det sig intressant att något granska i vilken utsträckning överensstämmelse erhållits mellan resultaten från de fysiska ljusbelysningarna och förarnas subjektiva bedömningar.

Av ljusbelysningarna framgår att originalbelysningen är otillfredsställande i flera avseenden. Trots detta har flertalet förare bedömt den som "acceptabel" ur flera aspekter. Variationen i förarnas bedömning är dock stor, vilket kan sammanhålla med att man gör bedömningarna i förhållande till egna referensramar och att dessa skiljer sig mellan förarna.

Provbelysningarnas högre belysningsstyrka och bättre ljusspridning har — tillsam-

mans med svartmålningen — också medfört klara upplevelsemässiga förbättringar. Symjöjligheterna har bedömts bli förbättrade framför allt åt sidorna och bakåt medan färd- och kranbelysningen (som ju inte ändrats) ansågs bli förbättrad i mindre grad.

Sammanfattningsvis kan sägas att en kombination av fysiska ljusbelysningar och vana yrkesmäns bedömning av ljusförhållandena ger ett bra underlag för värdering av belysningen och för förbättringsförslag. De subjektiva omdömenas kvalitet bör dessutom förbättras i samma grad som bedömnarnas erfarenhet ökas.

6.3.5 Belysningsproblem och skiftarbete

Belysningsproblemen hänger ofta intimt samman med att skiftarbete tillämpas. Av denna anledning var det intressant att också

ställa några frågor om arbetstider och attityder till skiftarbete.

Tretton av de 16 intervjuade förarna svarade att de trivdes "ganska bra" eller bättre med arbetet som sådant. Åtta tyckte "mycket dåligt" och 6 "ganska dåligt" om att arbeta i skift. Medan inställningen till arbetet som helhet ungefär motsvarar andra gruppers inställning, så tycks attityden till skiftarbete mer negativ. Avvikelsen kan vara orsakad av sådana allmänna skäl som kortvarig erfarenhet och anpassningstid, att skogsarbete tidigare bara bedrivits på dagtid, på attitydstyrning inom gruppen m.m. Den kan emellertid också bottna i för denna yrkesgrupp specifika problem som ökade svårigheter att utföra arbetet, upplevelse av isolering i hytten eller på trakten samt i många fall långa restider.

Det har inte varit denna undersöknings syfte att kartlägga dessa problem, men då de är mycket näraliggande har de ägnats visst utrymme och genom ett initierat examensarbete vid Skogshögskolans teknik-institution givits viss ytterligare uppmärksamhet.

B. Åkesson inventerade sålunda (1972) genom enkäter förekommande skiftsystem inom skogsbruket och dessas omfattning samt tillfrågade ett antal förare om deras erfarenheter av skiftarbetet.

Han konstaterar att det oberoende av skiftformen är svårigheter att arbeta i mörker som av de flesta betonas som en nackdel med skiftarbete, men att därjämte upplevs en rad negativa effekter, framför allt av social karaktär.

Vidare studier av skogligt skiftarbete med direkt beteendevetenskaplig inriktning har senare utförts vid nyss nämnda institution.

6.3.6 Sammanfattning av resultat

De bredstrålande lamporna i kombination med svartmålning av vissa maskindetaljer visades ge en förbättrad synkomfort i form av

- minskade luminansskillnader inom förarens synfält
- ökad genomsnittlig belysningsstyrka.

I intervjuerna givna värderingar av studerade syn- och belysningsförhållanden visade

ganska god samstämmighet med ljusmätningens resultat samt speglade ett missnöje bland förarna med skogligt skiftarbete i de former de hade erfarenhet av.

Som tänkbara åtgärder för att underlätta arbete i konstljus angav förarna bl.a. följande:

- förbättrad spridning av ljuset, "mera" ljus, mindre reflexer
- bättre kranbelysning och sökarlampa
- bättre sikt genom vindrutetorkare på sidorutor, genom att rutorna är lätt åtkomliga för rengöring och genom röjning av undervegetation på mörkertrakter (fällare)
- spara lätta terrängavsnitt till mörkerskiften
- mörkerarbete helst på snöunderlag
- möjlighet att orientera sig på mörkertrakter under dagsljus och att få börja i mörker där man slutade i dagsljus
- bättre planering och snitsling av körstråk.

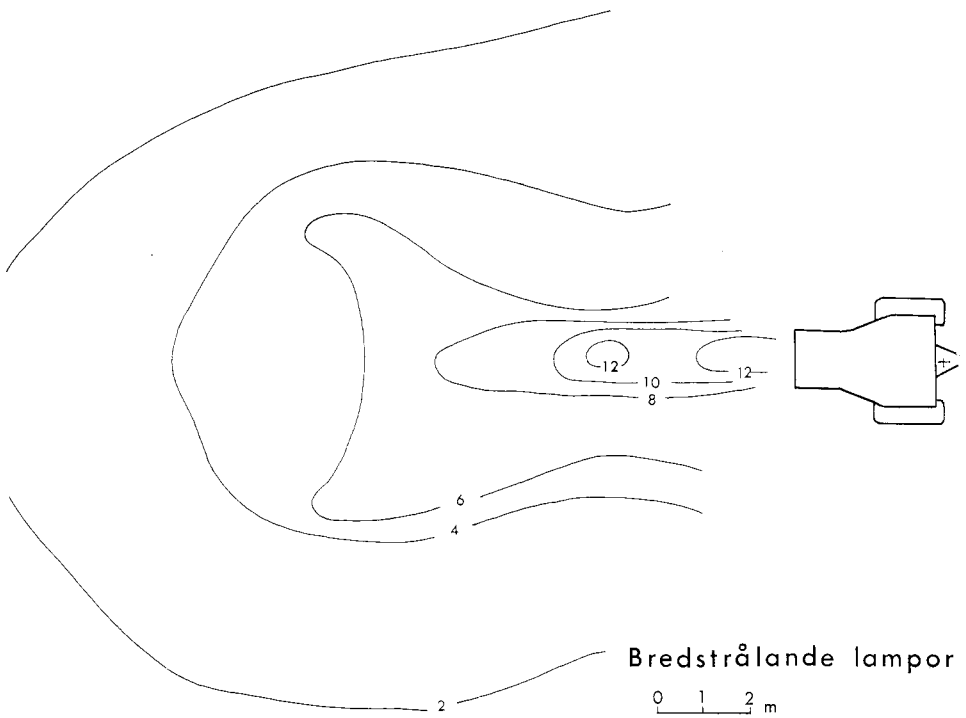
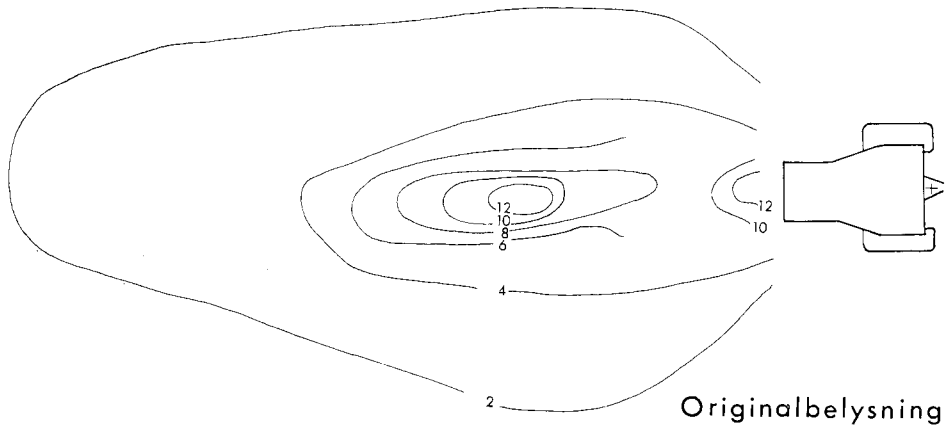
6.4 Separata ljusmätningar

6.4.1 Kockum Processor 78 ATK

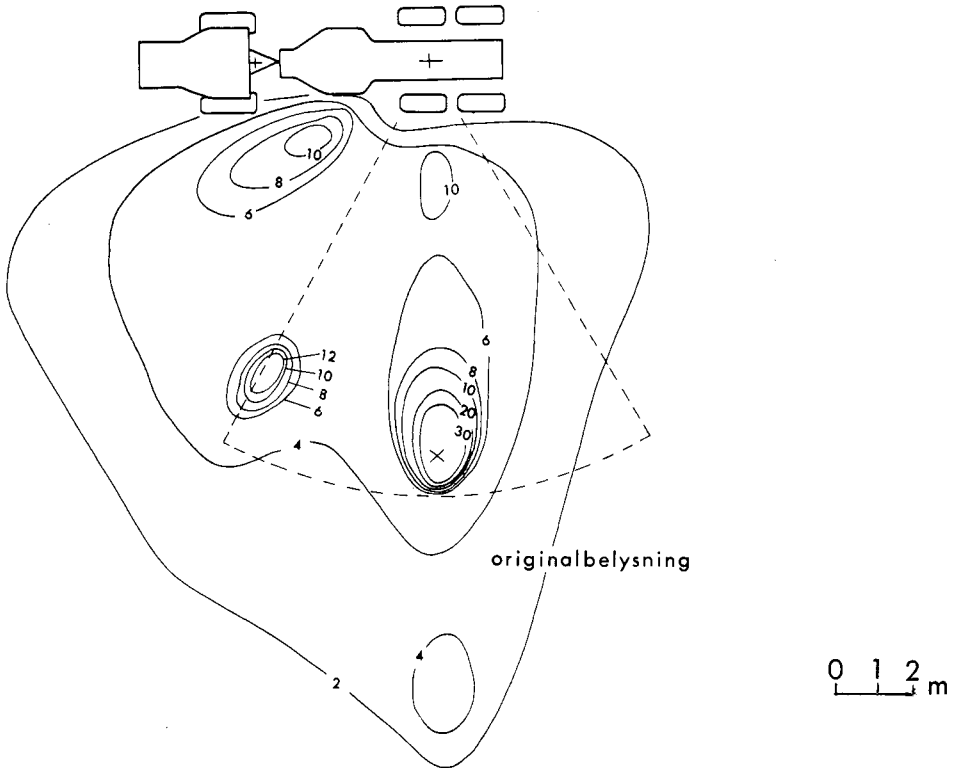
De uppmätta belysningsstyrkorna visas i figurerna 24, 25 och 26. Av diagrammen framgår att den bredstrålande belysningen gett en jämnare ljusfördelning över en större areal. Genomsnittlig belysningsstyrka var för originalbelysningen 4,6 lux och för den bredstrålande 8,0 lux.

Luminanserna redovisas i tabell 9. Höga luminanser uppmättes på några punkter. Det gäller skyddsåbågen vid hyttens bakre, övre hörn samt bakre ljuddämparen. Man bör observera att dessa värden erhållits vid den bredstrålande belysningen. Orsaken till detta är att objekten ifråga överhuvudtaget ej träffas av den smalare ljuskägla som originalstrålkastarna ger.

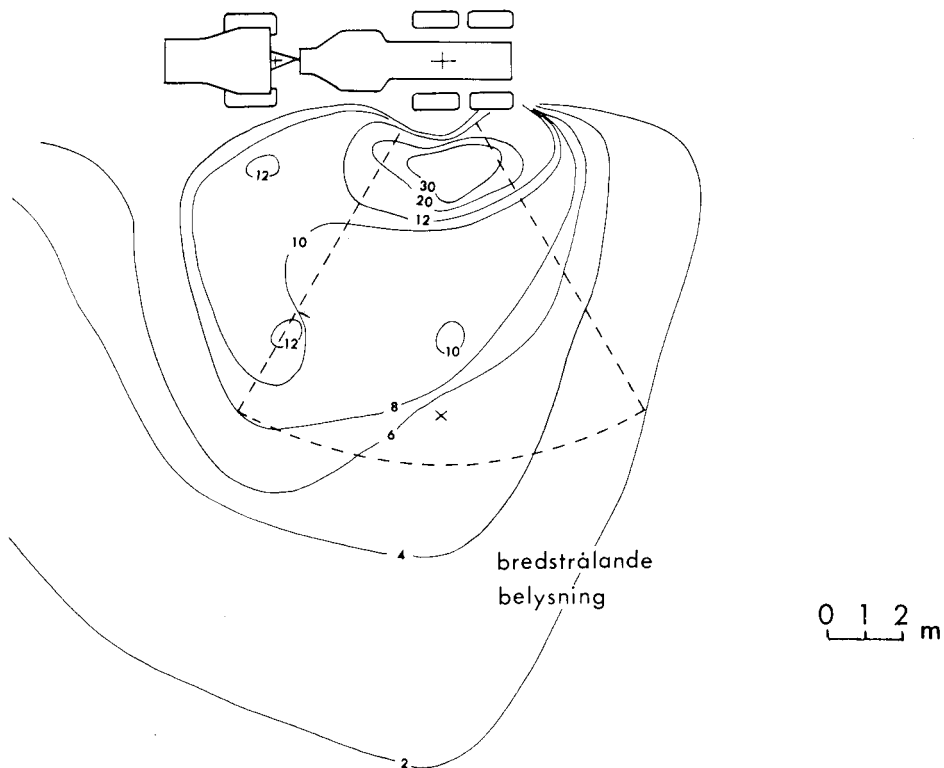
Förhållandet mellan adaptationsluminansen — vilken i princip motsvaras av luminanser mätta med 60 graders mätvinkel — och luminansen på koncentrerade fläckar (blänkande maskindelar) är alltså på några punkter mindre bra. Detta gäller främst den bredstrålande belysningen som dock i övrigt givit en jämnare och mer tillfredsställande luminansfördelning. De bländande reflexerna kan enkelt minskas genom målning med svart färg, alternativt någon omriktning eller smärre omplacering av strålkastarna.



Figur 24. Kockum Processor 78 ATK. Belysningsstyrkans fördelning (isoluxkurvor).
 Figure 24. Kockum Processor 78 ATK. Distribution of illuminating power (isolux curves).



Figur 25. Kockum Processor 78 ATK. Belysningsstyrkans fördelning (isoluxkurvor) med originalstrålande belysning. (Kranarmsbelysning tänd.)
 Figure 25. Kockum Processor 78 ATK. Distribution of illuminating power (isolux curves) with original lighting (boom-light on).



Figur 26. Kockum Processor 78 ATK. Belysningsstyrkans fördelning (isoluxkurvor) med bredstrålande belysning. (Kranarmsbelysning tänd.)
 Figure 26. Kockum Processor 78 ATK. Distribution of illuminating power (isolux curves) with broad-beam lamps (boom-light on).

Tabell 9. Luminanser, belysningsstyrkor på bearbetningsdel. Kockum Processor 78 ATK.

Mät punkt	Original		Bredstrålande	
	3° mätv. cd/m ²	60° mätv. cd/m ²	3° mätv. cd/m ²	60° mätv. cd/m ²
Luminanser				
Skyddsbåges övre del	50		200	
Ljuddämpare främre	10		2	(rostig)
Ljuddämpare bakre	0		35	(blank)
Inmatad stam: vid knivar	7	0,5	20	2,2
Inmatad stam: drivrulle	< 1	0,4	13	2,2
Inmatad stam: kapställe	< 1 ^a	0,2	8	1,4
Inmatad stam: ficka	0 ^a		15	
Inmatad stam: utanför ficka	0 ^b		0	
Mark: ljusfläck	12			
Mark: mot grip		1,2		1,3
Belysningstyrkor		lux	lux	
På stam vid knivar		60	230	
På stam vid kapställe		< 1 ^a	110	
På stam vid fickans mitt		< 1 ^a	70	
På stam utanför ficka		0 ^b	0 ^b	

^a Lampa för kap ur funktion.

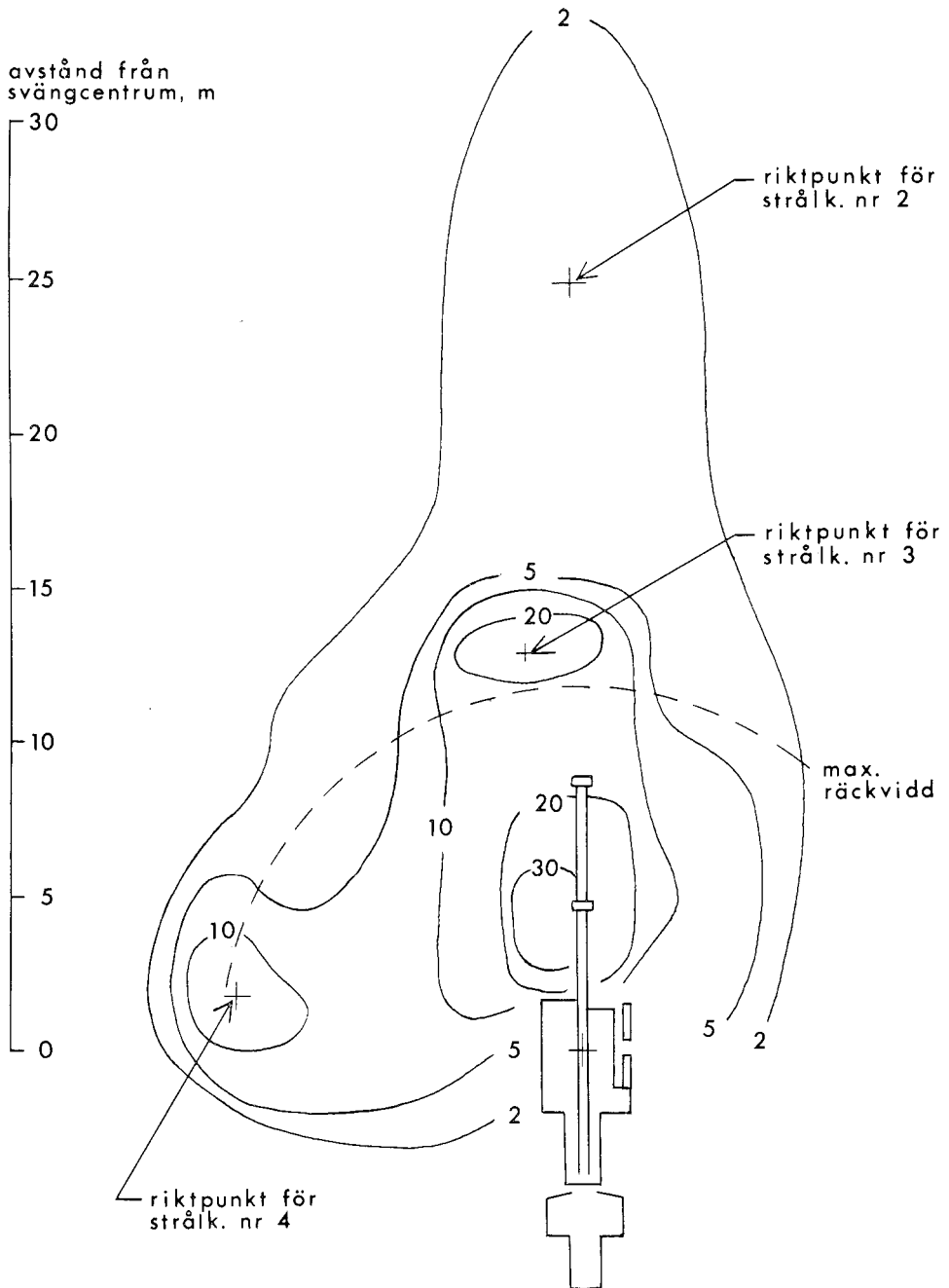
^b Flagga för massavedsaptering skuggar.

Table 9. Luminances, intensity of illumination of processing part. Kockum Processor 78 ATK.

Range of measurement	Original		Broad-beam lamps	
	3° Measured value cd/m ²	60° Measured value cd/m ²	3° Measured value cd/m ²	60° Measured value cd/m ²
Luminances				
Bowed protection frame, upper part	50		200	
Silencer, front	10		2	(rusty)
Silencer, rear	0		35	(shiny)
Log, infed: at knives	7	0.5	20	2.2
Log, infed: at feeding roller	< 1	0.4	13	2.2
Log, infed: at cross-cut	< 1 ^a	0.2	8	1.4
Log, infed: at pocket	0 ^a		15	
Log, infed: beside pocket	0 ^b		0	
Ground: light spot	12			
Ground: against grapple		1.2		1.3
Different intensity of light		lux	lux	
On the log at the knives		60	230	
On the log at the cross-cut		< 1 ^a	110	
On the log in the middle of the pocket		< 1 ^a	70	
On the log beside pocket		0 ^b	0 ^b	

^a Slasher lamp out of order.

^b Marking for cross-cutting of pulp-wood in the shade of the flag.



Figur 27. Belysningsstyrkans fördelning (isoluxkurvor). Logma T-310, 3 Hella och 5 AB-3 strålkastare.

Figure 27. Distribution of lighting power (isolux curves). Logma T-310, 3 Hella and 5 AB-3 headlights.

6.4.2 Logma

Ljusbilden visas i figur 27. Belysningsstyrkans medelvärde inom ett område som begränsas av kranens räckvidd och kurvan för

2 lux uppgår till 11,1 lux. För hela det område som innesluts av kurvan för 2 lux fås medelvärdet 7,8 lux.

Ljusets fördelning är alltså relativt jämn och de mer koncentrerade ljusfläckar som förekommer torde knappast vara störande. Tvärtom är det en fördel om luminansen på objekt i centrum av synfältet (i detta fall på och kring kranarmen) är något högre än på omgivningen. Några reflexer av betydelse noterades ej.

Tidsstudierna gav en verktid/träd som var 5,3 cmin (10,5 %) högre i konstljus än i dagsljus. Det bör kraftigt understrykas att studien endast omfattade ett mycket litet antal träd och endast en förare varför resultaten ej får generaliseras. Samma gäller för hjärtfrekvenserna som registrerades till i medeltal 92 resp. 96 slag/min. under dagsljus resp. konstljus.

6.4.3 Aktuella naturobjekts reflektionsfaktorer

Reflektionsfaktorn hos vanligt förekommande naturföremål kring en skogsmaskin i arbete har beräknats. Mätunderlag och tillvägagångssätt redovisas i bilaga D. Kring redovisade värden förekommer naturligtvis vissa avvikelser.

Av tabell 10 framgår att på en icke snöbunden skoglig arbetsplats blir kontrasterna normalt relativt små med i stort endast blottade vedytor mer markant kontrasterande. Även färgkontrasterna är normalt små.

Tabell 10. Reflektionsfaktor för några natur-objekt.

Objekt	Reflektionsfaktor
Snö, grovkornig	0,6
Lingonris	0,1
Tallbark	0,1—0,2
Granbark	0,1
Tall- och granris (färskt)	0,1
Gråmossa	0,2
Granved, nykapad, ändyta	0,6
Torr gräs, d:o löv	0,2
(vitt papper)	(0,85)

Table 10. Reflection-factor for some natural objects.

Object	Reflection factor
Snow, coarse-grained	0.6
Lingonberry wires	0.1
Pine bark	0.1—0.2
Spruce bark	0.1
Pine and spruce branches (fresh)	0.1
Grey moss	0.2
Spruce wood, recently cut, but-end	0.6
Dry grass, dry leaves	0.2
(white paper)	(0.85)

7 Diskussion och slutsatser

För värdering av en ljussituation måste någon form av kriterier finnas. Valet av kriterier innebär i detta sammanhang stora svårigheter. I det följande diskuteras några möjliga kriterier och görs ett försök att tillämpa dem på skogsmaskinförarnas arbets-situation.

Möjligheterna att bedriva maskinellt skogsarbete under dygnets mörka timmar beror också på hur arbetet är planerat och organiserat. Det är därför av intresse att sammanfattningsvis diskutera vilka sådana åtgärder som kan vidtagas för att underlätta arbete i konstljus.

Den förväntade ökningen av mörkerarbete-ets omfattning beror på att skiftarbete troligen kommer att introduceras i allt högre utsträckning. Detta medför anpassningsproblem av medicinsk, psykologisk och sociologisk natur för förarna och deras familjer. En kort diskussion av dessa problem förs i anslutning till de resultat som framkommit dels under studierna och dels genom ett av dessa initierat examensarbete om skiftarbete i skogsbruket.

7.1 Kriterier på belysnings-situationen

7.1.1 Allmänt

Belysningen utgör bara en av många faktorer som inverkar på människans arbets-situation. Dess utformning skall dock i sista änden bidra till att uppfylla de allmänna mål som kan formuleras för arbetet.

Vid formuleringen av kriterier måste man börja med de överordnade målen och sedan successivt bryta ned dem i delmål. Det sista steget i denna analys bör ange delmål och kriterier på dessa som är *operationella*, dvs. så att den verkliga situationen kan mätas med så objektiva och precisa mått som möjligt vilka direkt kan jämföras med de

max-, min- eller optimumvärden som del-målen anger.

7.1.2 Överordnade mål och kriterier

Målen ifråga om människans arbetsanpassning kan anges till

- säkerhet
- hälsa
- tillfredsställelse av subjektiva behov (fysisk och psykisk komfort, trivsel, etc.)
- effektivitet
- adekvata arbetsmöjligheter för olika delar av befolkningen.

Att dessa mål äger tillämpning på och har samband med belysningens utformning kan enkelt konstateras. En dålig belysning medför således olycksfallrisker ("säkerhet"). Den kan också leda till bestående trötthets-tillstånd, huvudvärk och sömnrubbnin-gar ("hälsa") eller vantrivsel och olust ("subjektiva behov"). En bra belysning medför däremot ofta höjd produktivitet ("effektivitet"). Slutligen är ljusbehovet olika för olika åldersgrupper ("adekvata arbetsmöjligheter ...").

Mellan de olika målen råder en viss hierarki. De uppställda önskemålen om "säkerhet och hälsa" ger vissa ramar ("toleransgränser" eller max- och minvärden) inom vilka övriga mål skall uppfyllas (ofta optimeras).

Att fastställa "objektiva" toleransgränser och optimumvärden är i många ergonomiska sammanhang svårt och ibland omöjligt. I botten av resonemanget ligger nämligen ofta subjektiva värderingar. Någon måste fatta ett (policy)beslut om vad som är att anse som "rimliga krav" ifråga om säkerhet och hälsa, i vilken utsträckning subjektiva behov skall tillgodoses etc. Bakom besluten ligger som regel tekniska och ekonomiska överväganden.

Dessa beslut och de kriterier som därvid använts borde redovisas. Att så inte sker i någon högre utsträckning torde bero på att man antingen inte har några preciserade kriterier eller på att det anses obehagligt att redovisa målsättningar ifråga om människors säkerhet och hälsa. Beslutsfattarna, som kan vara personer på hög nivå inom företagen eller verksamma inom samhällets organ (t.ex. arbetarskydd), borde vara politiskt-demokratiskt ansvariga.

Så länge dessa policy- eller rambeslut saknas kan forskningen endast påvisa samband mellan grundfaktorer och generella målsättningar och försöka skapa ett i möjligaste mån objektivt och fullständigt beslutsunderlag.

Kriterierna är av följande slag:

- medicinska
- fysiologiska
- produktionstekniska
- upplevelsemässiga.

De tre första har hittills dominerat i praktiken och kommer knappast att minska i betydelse. Arbetsupplevelsen tenderar dock att bli ett allt viktigare objekt inom arbetsforskningen. Således är upplevelsen ett viktigt kriterium även för rent fysiska arbets- och miljöfaktorer.

7.1.3 Gränsvärden för belysning

Några hygieniska gränsvärden (enligt medicinska kriterier) kan knappast uppställas, eftersom ögat i och för sig inte tar fysiologisk skada av vare sig för hög eller för låg ljusnivå (gäller i vart fall de här diskuterade förhållandena). Beträffande långtidspåverkningar på de biologiska mekanismerna är mycket litet känt.

Följande fyra gränsvärden för belysning kan identifieras:

- idealvärdet: det värde som gör det möjligt för individen att utföra ett arbete med maximal lätthet eller omvänt med ett minimum av resursförbrukning
- tröskelvärdet: det värde vid vilket individen nått och jämnt (i praktiken ofta 50 % rätt på en uppgift) kan utföra ett speciellt synarbete
- optimumvärdet: ett värde som relateras till speciella kriterier vilka sammansätts av flera faktorer utöver de belysningsmässiga

— rekommenderat värde: värde, vilket som regel utgör en kompromiss mellan tröskelvärdet och det ideala (ofta försök till optimering).

Tröskelvärdet är mest av teoretiskt intresse. För att bli praktiskt användbart måste det justeras med någon överföringsfaktor, vilken är svår att bestämma. *Idealvärdet* torde kunna sättas lika med förhållandet i dagsljus och blir således praktiskt oanvändbart i vår situation. I praktiken används som regel *rekommenderade värden*. I förordet till "Lux Tabellen" anger således professor Hans Ronge att rekommendationerna utgör "... försök till bästa avvägning (= optimering, förf:s anm.) av den lämpliga belysningsstyrkan för olika ändamål och särskilt inom arbetslokaler av vitt skiftande karaktär med hänsyn till å ena sidan fysiologiska och psykologiska faktorer beträffande synprestationsförmåga och 'synkomfort' och å andra sidan tekniska och ekonomiska faktorer ...".

7.1.4 Kriterier som tillämpas i belysnings-sammanhang

Tidigare har nämnts fyra slag av kriterier som kan tillämpas för att mäta i vilken mån målen för människans arbetsanpassning uppfylls. De fyra kriterierna har också — i skiftande grad — applicerats på belysningsproblemet.

Medicinska kriterier är (som nämnts) mycket svåra att tillämpa och har knappast heller använts. Alltmänt sett finns ett visst samband mellan olycksfall och belysning. Rekommendationer kan med denna utgångspunkt uppställas men de baseras då på generella, empiriska resonemang och är svåra att belägga i vetenskapliga studier.

Fysiologiska kriterier t.ex. hjärtfrekvens, elektromyografi, blinkfrekvens, blodtryck, sinus-arytmi och adrenalin i urinen har provats med varierande resultat. Den belastning som på så vis mäts kan vara av fysisk eller mental karaktär (eller en kombination).

I föreliggande studie har hjärtfrekvensen fått utgöra ett av kriterierna. Denna kan ge upplysning om i vilken grad individen anstränger sig i sitt arbete och är belastad i förhållande till sin maximala arbetsförmåga.

Tungt arbete och därmed krav på stor syretransport belastar hjärtat och medför ökad hjärtverksamhet. Det finns också andra orsaker till att hjärtfrekvensen ökar som t.ex. hög omgivningstemperatur, feber och minskat vätskeförråd genom svettning. Även mentala belastningar (stress, nervositet m.m.) kan ge upphov till ökad hjärtverksamhet.

Prestationskriterier av flera typer har ofta använts. Två grupper kan urskiljas:

— *fysiologisk-optiska* vilka avser synfunktioner på *enkel* eller *sammansatt* nivå (jfr kap. 4.3.1).

De ger ofta tröskelvärden vilka är svåra att överföra till praktiskt arbete. Tre ytterligare begränsningar påpekas av Hentschel: För enkla visuella arbeten (här aktuellt) erhålls värden under de hygieniska gränsvärdena. I många fall medför ökad belysningsstyrka en höjd prestation vilken inte stämmer med fysiologisk-optiska samband utan anges ha psyko-fysiska orsaker (höjd arbetsberedskap). Slutligen gäller för arbeten som ligger på hög prestationsnivå (nära maximum) att prestationsökningen p.g.a. höjd belysningsstyrka inte längre blir statistiskt signifikant.

— *produktivitetskriterier* vilka avser prestationen i praktiskt arbete. En variant av dessa är mätning av kvalitet eller störningar i arbetet.

Kriterierna har en stor svaghet i att de mått som erhålles är mycket känsliga för andra faktorer än belysningsutformningen. Så t.ex. inverkar psykologiska faktorer och försöksmetodik starkt.

Eftersom de föreliggande studierna avsåg en praktisk arbetssituation med ganska enkelt visuellt arbete och en relativt hög prestation valdes kriterier ur den senare gruppen: produktivitet och störningar i praktiskt arbete.

En i de redovisade studierna inte närmare prövad hypotes rörande två kriterier ur den ovan förstnämnda prestationskriteriegruppen redovisas i 7.1.7 närmast som utgångspunkt för vidare prövning.

Subjektiva upplevelsekriterier: Värden som erhålls med såväl fysiologiska som prestationskriterier förutsätts ofta (ibland underförstått) ha samband med värden på synkomforten. Dessa samband är emellertid oklara och ofta ej alls bevisade. För att få bättre mått på synkomforten har därför subjektiva (preferens-) kriterier provats. De an-

ses i vart fall kunna utgöra ett bra komplement till övriga kriterier.

En påtaglig svårighet är att subjektiva bedömningar alltid görs i förhållande till individens referenssystem och förändras med detta. Utbildning och tidigare erfarenheter inverkar starkt.

Vid sammanvägningen av kriteriernas resultat framkommer ytterligare en svårighet. De funktioner som erhållits visar sig nämligen ofta ha optimum på olika nivåer eller — och vanligast — de saknar optimum (är asymptotiska). Därför har man i praktiken blivit hänvisad till att välja (rekommendera) värden som ger en prestation eller belastning som står i viss proportion till den maximala.

7.1.5 *Kriterier i föreliggande studier och deras resultat*

Prestationskriteriet tillämpat på *belysningsstyrkan* visar att ökad belysningsstyrka medför höjd prestation. Den verktidsminskning som erhållits tycks i stort sett ha inträffat redan vid en höjning till 25 à 30 lux. Ur prestationssynpunkt förefaller således inte mycket vara att vinna på en ytterligare höjning (som då för övrigt måste göras ganska stor — kanske till det dubbla — för att man skall få en markerad effekt).

Det bör återigen påpekas att studierna i huvudsak avser arbetsmomenten lastning och körning under lastning. En sänkt, total produktivitet under arbete i konstilljus kan ha sin grund i ökade orienteringssvårigheter, fler fastkörningar och haverier m.m. Dessa problem påverkas dock knappast av maskinernas belysningsutformning (se däremot punkt 7.2 "Organisation och planering . . .").

Det bör vidare understrykas att angivna värden avser anläggningar i kontinuerligt drifttillstånd. För en ny anläggning skall, enligt Luxtabellen, "värdena vara minst 50 % större än de rekommenderade". Vidare avser värdena människor med normal synförmåga och i en ålder av max ca 40 år. För äldre människor krävs högre värden.

Prestationskriteriet tillämpat på *ljusfördelningen* visar att en högre prestation erhöles med jämnare luminansfördelning, men

några specifika rekommendationer kan inte ges med ledning av studierna. (Det torde — av praktiska skäl — dock vara svårt att åstadkomma en alltför jämn belysning).

Det *fysiologiska kriteriet* tillämpat på *belysningsstyrka* och *ljusfördelning* visade att en ökad belysningsstyrka och en jämnare ljusfördelning medförde i stort sett oförändrad hjärtfrekvens; pulsen per arbetsmängd minskade dock något, dvs. den ökade prestationen erhöles utan ökad belastning på föraren.

Störningskriteriet tillämpat på *bländningsproblemet* visar att minskade reflexer ger mindre störningar. Generellt kan man alltså rekommendera en matt (mörk) målning av reflexgivande ytor som ej behöver synas och som ligger inom förarens synfält.

De *subjektiva upplevelsekriterierna* tillämpade på den *totala belysningsituationen* visade relativt god överensstämmelse med övriga kriterier. Ökad belysningsstyrka, jämnare ljusfördelning och minskning av reflexerna bedömdes således medföra bättre synförhållanden (synkomfort). Några nivåmässiga slutsatser kan dock ej dras av detta.

7.1.6 Jämförelse mellan existerande rekommendationer och studiernas resultat

De svenska rekommendationerna i Luxtabellen beträffande *belysningsstyrka* anger för grävmaskinsarbete min. 20 lux. Någon motsvarande rekommendation finns veterligen inte i USA men allmänt brukar man där rekommendera belysningsstyrkor som ligger över de europeiska. I England har man, med hänsyn till olycksfallsriskerna, en bestämmelse om att minimal belysningsstyrka på arbetsplatser skall vara 15 lux. Ovanstående synes överensstämma relativt väl med studiernas resultat.

Beträffande *luminansfördelningen* återfinns samma generella regler i Luxtabellen och i rapporten, dvs. studiernas önskemål om jämnare ljusfördelning synes bekräftat.

Vissa anvisningar för begränsning av *bländningen* finns angivna i KAS meddelande nr 72: 10. I bestämmelserna angående skyddsgaller för fönstren på skotare och

lunnare sägs således: ”Skydden får ej ge besvärande ljusreflexer och skall vara så anbringade att fönsterglaslet lätt kan rengöras.” Synpunkterna överensstämmer med de resultat som anges i studierna, även om man där vill rekommendera reflexdämpande målning i större omfattning än enbart beträffande fönstergallren.

7.1.7 Krav på ljusadapterat öga respektive färgseende

Ett övervägande som inte prövats närmare i föreliggande studier, men som bör göras, är hur stort kravet är att belysningsmässiga förutsättningar för färgseende resp. för arbete med ljusadapterat öga skall finnas.

Det förra kravet bör vara aktuellt speciellt vid arbete med processormaskiner vari ingår att göra kvalitetsbedömningar av det hanterade virket. Med tanke på de relativt låga luminanser och kontraster som visats kunna bli aktuella i konstbelyst snöfri skogsterräng (jfr 6.4.3) bör dessutom möjlighet till diskriminering av färgkontraster underlätta seendet också vid övrigt skogsmaskinellt arbete.

Det ljusadapterade ögat anpassar sig mångdubbelt snabbare till luminansvariationer än då det är mörkeradapterat. Då den aktuella arbetsituationen innebär svårkontrollerbara luminansvariationer bör operatörens synarbete väsentligt komma att underlättas om belysningsstyrkan inom arbetsområdet är så dimensionerad att luminanser tillräckliga för att möjliggöra dagseende föreligger.

Beträffande erforderliga luminanser för färgseende respektive för ljusadapterat öga föreligger sannolikt inga exakta gränsvärden. Vid luminanser under ca 0,003 cd/m² är ögat mörkeradapterat och färgseende saknas. För luminansområdet ca 0,003—3 (ev. 10) cd/cm² är ögat varken direkt mörker- eller ljusadapterat utan i ett mellanläge beträffande såväl adaptation som färgregistrering, synsäkerhet och kontrastkänslighet, där dessa funktioner är svårbeskrivbara. Beträffande färgkänslighet anger A. H. Taylor att vid luminansnivåer under ca 3 cd/m² (1 fL) och sannolikt vid ca 0,3 cd/m² börjar ögats färgkänslighet förändras.

Ovanstående uppgifter ger inte underlag för några mer precisa rekommendationer men antyder att med adaptationsluminanser kring eller strax över 1 cd/m² finns sannolikt förutsättningar för arbete med ljusadapterat och dessutom färgdiskriminerande öga. Utgående ifrån tidigare redovisade reflektionsförhållanden i skogsterräng på snöfri mark kan härför erforderlig belysningsstyrka beräknas (jfr bilaga D) till minimalt omkring 30 lux inom maskinens markarbetsområde.

7.2 Organisation och planering för arbete i konstljus

Den effekt som i praktiken står till förfogande för belysning är för mobila skogsmaskiner begränsad. Därför blir det angeläget att i möjligaste mån utnyttja även andra metoder för att minska den totala extra belastning som en förare utsätts för vid arbete i konstljus.

Även om inte i samband med dessa studier prövats att komplettera konstljuset vid maskinellt skogsarbete med någon form av fristående mobila belysningsaggregat, talar mycket för att under vissa betingelser man på detta sätt skulle kunna förbättra ljus-situationen.

Dylika halvfasta enheter försedda med riktbara bredstrålande "flodljus" på en teleskopmast skulle kunna ge "allmänbelysning" över ett större område varigenom operatörens orienteringsförmåga skulle underlättas, känslan av att arbeta "i en grotta" minska och i viss mån belysningen inom kranens arbetsområde förbättras.

Beträffande själva arbetsmaskinen kan förarens synkomfort enligt vad som tidigare redovisats i viss mån förbättras redan genom en jämnare ljusfördelning och lämpliga luminansförhållanden, åtgärder som i sig inte kräver ökad effekt. Men arbetet kan också underlättas genom organisatoriska förbättringar och en planering som tar hänsyn till de speciella förhållanden som arbete i konstljus medför.

Uppslag till sådana förbättringar har i anslutning till studierna erhållits från drygt 200 förare med erfarenhet av arbete i konst-

ljus. Några av de vanligaste önskemålen och synpunkterna återges nedan utan inbördes gradering:

Planering

- noggrann planering av körstråk för undvikande av svårframkomliga terrängpartier och mark med dålig bärighet är särskilt viktig vid körning i konstljus
- skilda trakter (delar av trakter) för för- och eftermiddagsskift underlättar förarens orientering
- trakter med sämre bärighet bör tas i dagsljus, alternativt under den ljusa årstiden
- under den mörka årstiden bör arbetet i konstljus koncentreras till den snöbundna perioden
- huvudvägar bör köras upp i dagsljus
- trakter med låga virkesuttag bör köras i enkelskift

Utmärkning

- bättre markering av vägsystem och avlägg; helst reflekterande färg (snitslar), speciellt på huvudvägar
- ljuspunkter för orientering vid in- och utfart från avlägg

Information

- goda kartor över trakten bör finnas där färdiga områden markeras efter hand
- förarna bör ha möjlighet att orientera sig på mörkerytorna i förväg t.ex. genom att skiftbytet förläggs i dagsljus
- kommunikationsradio bör finnas i förarhytten

Övrigt

- god uppläggning och sammanföring av virket; underlättas om föregående operation utförts med maskin (t.ex. fällning med fällare före kvistning eller kvistning-kapning)
- röjning av undervegetation på trakter som skall tas med maskinell fällning
- speciell uppmärksamhet bör ägnas åt att förebygga olycksfallsrisker. Det är givetvis av största vikt att inträffade olycksfall upptäcks så snart som möjligt t.ex. genom att föraren har möjlighet att slå larm eller genom att regelbundna kontrollanrop görs på radio.

7.3 Skiftarbete och arbete i konstljus

Orsaken till att maskinellt skogsarbete nu till allt större del utförs i konstljus är främst — som påpekats inledningsvis — att förlängt maskinutnyttjande tillämpas alltmer. Frågan om vilken form av skiftgång som bör tillämpas blir då av stor betydelse.

I samband med här redovisade studier har denna fråga mer systematiskt (i form av bundna intervjuer) berörts endast vid studie III. Antalet intervjuade förare var mycket begränsat. Av 16 förare trivdes 13 bra med sitt arbete som sådant medan däremot 14 stycken tyckte "ganska" eller "mycket" dåligt om att arbeta i skift.

Åkesson anger i sitt examensarbete att drygt 600 personer arbetade i skift på drivningssidan under 1971 och att ca 700 beräknades att göra det under 1972. Tjugotvå företag uppges ha erfarenhet av någon eller några maskintyper i skiftarbete.

De skiftgående maskinernas antal och fördelning på maskintyper anges i Åkessons arbete till (i sammandrag):

Maskintyp	Antal 1971	Procent av totalt antal i bruk 1971	Antal 1972	Procent av beräknat totalt antal i bruk 1972
Skotare	134	3	169	4
Lunnare (Fällare)	27	14	27	110
Kvistarekapare v. stickväg	18	20	33	25
Kvistare v. stickväg	42	49	44	40

Skotarna utgör alltså den till antalet största gruppen. Procentuellt sett uppvisar dock de mer kapitalintensiva maskinerna en betydligt större andel skiftgående ekipage.

De vanligaste skiftformerna uppges vara:

- 2-skift; för- och eftermiddagsskift om 8 tim./skift. Utnyttjad maskintid ca 80 tim/vecka
- 2-skift; kontinuerligt dagskift, där skiften lappar över varandra 6 timmar. Utnyttjad maskintid 60 tim./vecka
- långskift; föraren kör 10—11,5 tim./dag. Flera modeller förekommer. Utnyttjad maskintid 60—80 tim./vecka.

Genom en enkät till 99 förare med erfarenhet av skiftarbete konstaterar Åkesson att förare som arbetar i långskift är mer positiva till skiftarbete än förare med 2-skift samt upplever mindre besvär i och utom arbetet.

En viktig fråga är hur man skall kompensera för de mer eller mindre obekväma arbetstider som skiftarbetet medför. Medan industriellt skiftarbete normalt försiggår i en oförändrad arbetsmiljö blir den skogliga arbetsplatsen påtagligt förändrad genom uppkommande mörker och därmed sannolikt också mer påfrestande. Av Åkessons 99 förare vill sålunda 57 % få compensation främst genom lönepåslag. Övriga 43 % tar hellre ökad ledighet. Den senare gruppens storlek antyder frågans vikt. Åkesson anger också att ett företag med långskift verkligen minskat förarnas arbetstid till 35 tim./vecka.

Ofta medför skiftarbete sociala och/eller medicinska besvär för många personer vilket också bör uppmärksammas vid val av skiftform. Dessa problem har dock inte närmare studerats vare sig i föreliggande studier eller av Åkesson. Skogshögskolans teknik-institution har dock senare tagit upp studier kring socialpsykologiska, psykofysiologiska samt företagsekonomiska frågor kring skogligt skiftarbete.

Referenser

- Bergström, S. S.** 1970: Finns det ett kriterium på god belysning? Belysningssymposium, Lumalampan AB, Stockholm.
- Christensen, M. and La Giusa** 1973: Light and the night, and production. Light, Vol. 42, No. 2. General Electric. Ohio.
- Cole, B. L.** 1969: Mesopic vision. IES Lighting Review (Australia)/Abstr. i Ergonomic Abstracts 2/70.
- Friberg, L. och Ronge, H.** 1967: Hygien. Stockholm.
- God belysning.** Allmänna begrepp och regler. 1970. Ljuskultur, Stockholm.
- Grandjean, E.** 1969: Fitting the task to the man. London.
- Handbok i ergonomi.** 1966. Under ed. av Luthman, G., Åberg, U. och Lundgren, N. Stockholm.
- Hansson, J.-E., Kylin, B., och Gustavsson, B.** 1967: Skogstraktorn som arbetsplats år 1967. Rapp. o. Upps. Nr 32. Inst. f. skogsteknik, Skogshögskolan, Stockholm.
- Hansson, J.-E., Klusell, L., Pettersson, B., och Svensson, A.** 1973: Skogsmaskinen som arbetsplats. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stockholm.
- Hentschel, H.-J.** 1970: Aims and limits of the performance-orientated assessment of lighting. Belysningssymposium, Lumalampan AB, Stockholm.
- Hopkinson, R. G.** 1969: Lighting and seeing. Chichester.
- Hopkinson, R. G. and Collins, J. B.** 1970: The ergonomics of lighting. London.
- Hultgren, G. och Ottosson, A.** 1973: Arbete och belysning — allmänna förutsättningar. Svenska Arbetsgivareföreningen, Stockholm.
- IES.** 1972: IES Lighting handbook. Illuminating Engineering Society. New York.
- Jansen, J.** 1954: Beleuchtungstechnik. Eindhoven.
- Luckiesh, M.** 1947: Footcandle levels. Threshold, ideal, optimum and recommended. National Techn. Conf. of IES. New Orleans.
- Luxtabell** 1971. Ljuskultur, Stockholm.
- Ovesen, I., Dreyer, V.** 1967: Lys og belysning, del 1. Köpenhamn.
- Samson, Wright** 1961: The Eye. Applied Physiology. Tenth Edition. Oxford.
- Taylor, A. H.** 1943: Vision at low brightness-levels-I. Illuminating Engineering, Febr.
- Teljstedt, H.** 1971: Maskinellt skogsarbete i artificiell belysning.
— I. En ergonomisk studie av griplastningsarbete.
— II. En ergonomisk studie av skotningsarbete.
— III. Prov med bredstrålande lampor vid maskinellt avverknings- och skotningsarbete. Interna rapporter. Inst. f. skogsteknik, Skogshögskolan, Stockholm.
- Weston, H. C.** 1962: Sight, light and work. London.
- Åkesson, B.** 1972: Om skiftarbete på drivningssidan. Examensarbete vid Inst. f. skogsteknik, Skogshögskolan, Stockholm.

Bilaga A Studie I

A.1 Belysningsarrangemang

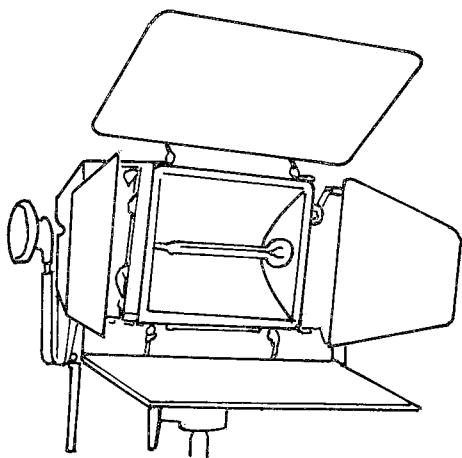
Den använda belysningen bestod av 5 st. Color-Tran jodkvartslampor, typ 5, med lamphusarmaturer Color-Tran "mini-light 10".

Armaturerna var under proven monterade i en vinklad ram enligt figur, se sid. 65, vilken placerades på resp. maskins tak.

Belysningens styrka reglerades dels med avtagbara s.k. diffusionsnät, vilka kunde placeras framför lamporna, dels med hjälp av en reostat, vilken seriekopplats med lamporna. Kraftförsörjningen till lamporna skedde vid den fasta övningskranen via det ordinarie elnätet och vid fältproven med hjälp av en mobil dieseldriven elgenerator.

Inriktningen av ljuset enligt belysningsalternativen IIa och IIb utfördes manuell och i samstämmighet med förarnas respektive arbetshastighet. Koncentrationen av ljuset till de olika virkeshögarna möjliggjordes genom att varje lampa var utrustad med en fyrbladig avskärningsanordning.

Respektive maskins ordinarie belysning inkl. dess ev. kranbelysning hölls under studierna släckt.



LQM-10A MINI-LITE "10"

A.2 Förardata

Persondata och resultat av submaximala cykelergometerprov.

Person, initialer	S.E.	G.J.	T.L.	A.G.	T.A.
Ålder, år	36	30	39	25	32
Längd, cm	170	176	184	176	171
Vikt, kg	73	86	92	80	80
Pulsfrekvens vid 100 W	118	141	112	124	121
Pulsfrekvens vid 150 W	148	157	140	154	152
Ber. max. syreförbrukning l/min.	3,2	2,7	3,6	3,0	3,1
d:a korr. l/min.	2,8	2,5	3,0	3,0	2,9

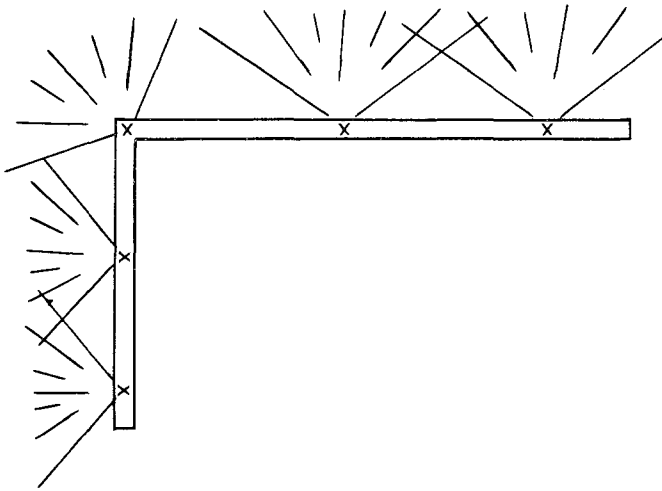
Synskärpekontroll

Förare	Vänster öga	Höger öga
S.E.	1,2	1,2
G.J.	1,2	1,2
T.L.	1,2	1,2
A.G.	1,2	1,2
T.A.	0,7	0,3

Angivna värden är synskärpa utan korrektionsglas. Ingen av förarna använde eller innehade glasögon.

Hälsostatus

Tre förare ansåg sig lida av hörselbesvär och två av återkommande halsbränna. Två ansåg sig ha insomningsbesvär och en sade sig ha "markerade ryggbesvär".



A.3

Total lastningstid per prov i cmin. Tabell a och b visar medelvärden för 2 prov per förare och belysningsalternativ.

a) Fast övningskran

Förare	Belysningsalternativ				Dagsljus
	Ia	Ib	IIa	IIb	
S.E.	385 ^a	432	472	485	401
G.J.	403	420	425	522	383
T.L.	506	525	516	564	422
Å.G.	353	415	409	408	349
T.A.	344	470	391	453	342
Samtliga, \bar{m}	399	452	442	486	381

^a = endast 1 prov (8 st. högar)

b) "Egen" maskin

Förare	Belysningsalternativ				Originalbelysning
	Ia	Ib	IIa	IIb	
S.E.	350	394	379	403	—
G.J.	—	—	—	—	—
T.L.	369	470	409	431	391
Å.G.	326	341	330	349	—
T.A.	362	403	373	394	—
Samtliga, \bar{m}	352	402	373	394	391

c) Övningskran + "Egen" maskin

Förare	Belysningsalternativ			
	Ia	Ib	IIa	IIb
Samtliga, \bar{m}	376	427	408	440

A.4

Procentuell förkortning av tot. lastningstid vid jämförelse mellan några provsituationer. Medelvärden för samtliga förares prov. Till vänster angiven belysningsform svarar mot en längre använd tot. lastningstid.

Jämförda belysnings-situationer	Fast övningskran	"Egen" maskin	Samtliga prov
IIb/IIa	9,0(**)	5,3*	7,2(**)
IIb/Ia	17,9***	10,6**	14,3***
IIb/Ib	7,0(*)	-2,0-	2,5*
Ib/Ia	11,7**	12,4(**)	12,1**
Ib/IIa	2,2-	7,2*	4,7*
IIa/Ia	8,7***	5,6(*)	7,7**

Symbol	Betydelse	Riskenivå
***	starkt signifikant	0,1 %
**	signifikant	1 %
(**)	signifikant	2 %
*	nästan signifikant	5 %
(*)	tendens	10 %
-	ingen tendens	(>10 %)

A.5

Antal pulsslåg för lastning av 1 hög massa-
ved vid olika belysningsförhållanden vid
dels fast övningskran (a) och dels "egen"
maskin (b). Vid varje belysningsform har
varje förare lastat 16 högar.

a) Fast övningskran

Person	Antal pulsslåg/hög vid belysnings- alternativ				
	Ia	Ib	IIa	IIb	Dags- ljus
S.E.	38,0 ^a	42,1	47,8	49,1	—
G.J.	37,8	39,9	45,1	52,2	44,3
T.L.	48,1	50,5	51,6	55,0	43,9
Å.G.	28,7	34,2	32,7	32,1	32,2
T.A.	33,1	44,1	34,7	40,2	34,4
Samtliga	36,3 ^b	41,8	42,0	45,6	38,2

^a n = 8 ^b n = 72

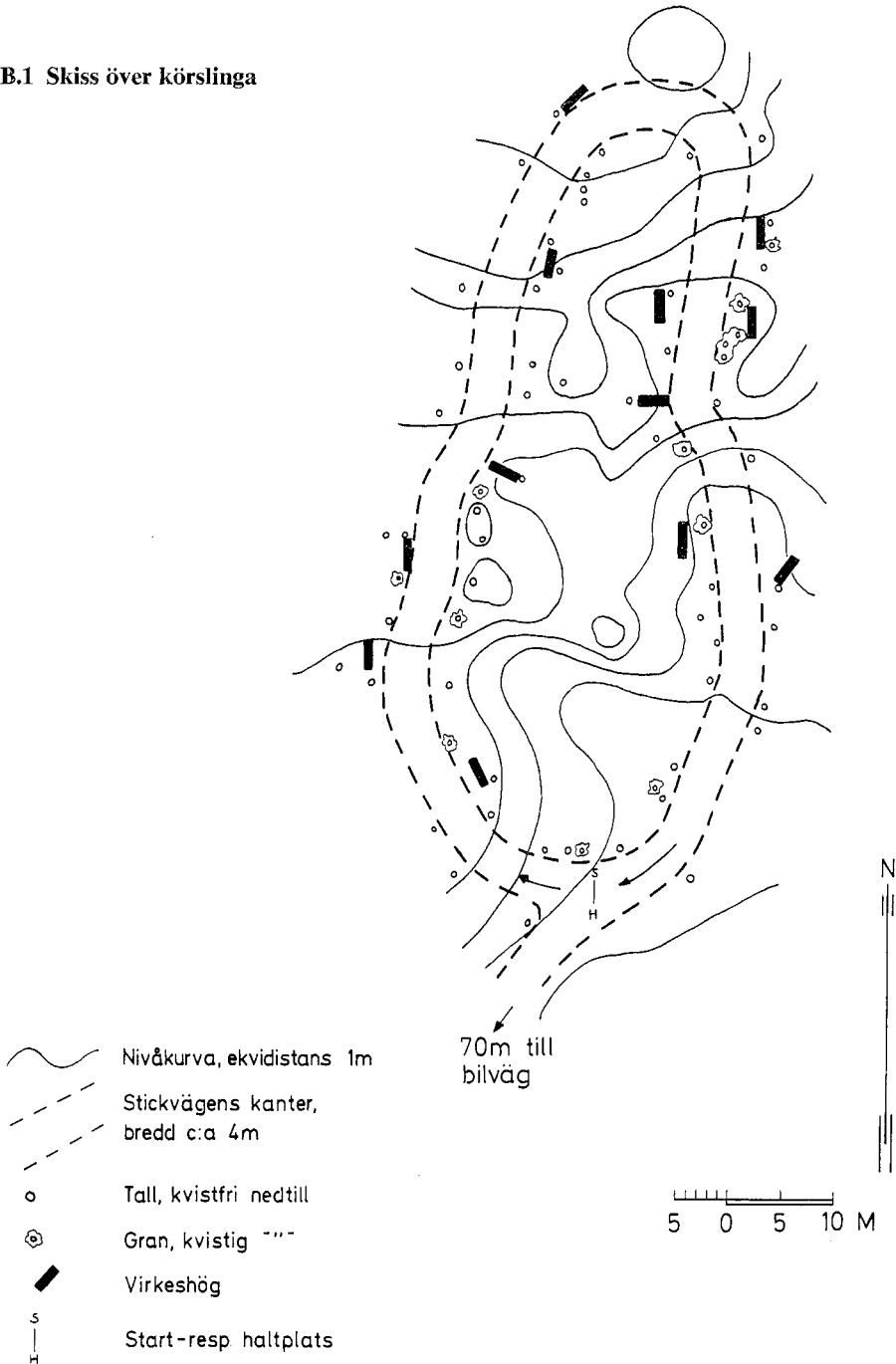
b) "Egen" maskin (Drivax)

Person	Antal pulsslåg/hög vid belysnings- alternativ				
	Ia	Ib	IIa	IIb	Orig- bel.
S.E.	36,8	41,9	37,4	38,8	—
G.J.	—	—	—	—	—
T.L.	38,3	47,0	40,4	43,1	45,4 ^a
Å.G.	24,5	28,5	26,0	31,4	—
T.A.	33,5	39,8	36,3	38,5	—
Samtliga	33,0	39,2	34,0	38,0	—

^a n = 40

Bilaga B Studie II

B.1 Skiss över körslinga



S Carlsson

B.2 Momentindelning vid tidsstudier

Moment	Börjar	Slutar
<i>Verktid</i>		
Körning under lastning		
Halt	Skotaren stannar för pålastning	Kranen sätts i rörelse för pålastning
Start	Kranen stannar i transportläge	Skotaren sätts i rörelse för körning till nästa pålastningsplats
Körning	= slut "start"	= början "halt"
Pålastning	= slut "halt"	= början "start"
	(om flera högar kan nås från samma pålastningsplats tas tiden för varje hög separat)	
Lasskörning	= slut "start" från sista pålastningsplats	Skotarens främsta del når slingans startpunkt
Övrig verktid	härmed förstås den del av verktiden ändamålet endast indirekt befordras. Exempel: — omflyttning av bitar på lasset — bortförande av ris ur lasset — sök efter virke	varunder det med arbetet avsedda
<i>Avbrottstid</i>		
<i>Störningstid</i>		

B.3 Översikt av studieprogram

Studie- vecka Förare	Antal prov						Anm.
	SMV Drivax			BM 668			
	Dags- ljus	Orig.- bel.	Först. bel.	Dags- ljus	Orig.- bel.	Först. bel.	
Vecka 1							
T.A.	—	—	—	—	—	—	Test av utr.
S.E.	—	1	1	—	1	1	
T.L.	—	1	1	—	1	1	
H.E.O.	—	2	2	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	668 trasig Fp sjuk
Summa	—	4	4	—	2	2	
Vecka 2							
T.A.	1	1	1	1	1	1	Komp. f. 18.9
S.E.	1	1	1	1	1	1	
T.L.	1	1	1	1	1	1	
H.E.O.	1	1	1	1	1	1	
T.A.	—	1	1	—	1	1	
Summa	4	5	5	4	5	5	
Summa totalt	4	+ 9	+ 9 = 22	4	+ 7	+ 7 = 18	

B.5 Aritmetiska medelvärden för samtliga förarens tider, cmin

Arbetsmoment	Studiealternativ					
	BM 668			SMV Drivax		
	Dagsljus n = 4	Originalbelysn. n = 7	Förstärkt belysn. n = 7	Dagsljus n = 4	Originalbelysn. n = 9	Förstärkt belysn. n = 8
Start och halt	224	269	223	176	186	178
Pålastning	711	834	773	726	841	807
Körning under lastning	294	302	295	292	314	318
Stickvägskörning	69	72	66	64	75	67
Totaltid	1298	1477	1358	1258	1415	1370
Övrig verktid	27,3	4,8	19,8	—	40,3	88,5
Störning	40,3	5,0	4,3	49,8	1,5	18,8

B.6

Tidsförkortning i % för skotningsarbete i starkare ljus. Några jämförelser av medelvärden av varje förarens tider i olika provsituationer.

Arbetsmoment	Provmaskin samt ljusförhållande								
	BM 668			SMV Drivax			Samtliga prov		
	10/11 n = 4	12/11 n = 7	10/12 n = 4	20/21 n = 4	22/21 n = 9	20/22 n = 4	dagsljus/ orig. n = 8	först. bel./ orig. n = 16	dagsljus/ först. n = 8
Halt och start	16,7	17,1	-4,5	5,4	4,3	-1,1	12,1	11,9	-2,5
Pålastning	14,7	7,3	8,0	13,7	4,0	10,0	14,2	5,7	9,1
Körning under lastning	2,6	2,3	0,3	7,0	-1,3	8,2	4,9	0,5	4,4
Stickvägskörning	4,2	8,3	-4,5	1,5	11,0	4,5	2,9	9,5	0,0
Totaltid/prov	12,1	8,1	4,4	11,1	3,2	8,2	11,6	5,7	6,3

B.4 Ungefärliga luminanser (cd/m²) inom förarens synfält

Belysning Objekt	BM 668		Drivax	
	Gul- målad sida	Svart- målad sida	Gul- målad sida	Svart- målad sida
<i>Original- belysning</i>				
mark	< 0,8		< 0,8	
virkehög	0,8		0,8	
vagnsgaller	16	< 0,8	6,4	< 0,8
kranpelare	4	< 0,8	5	< 0,5
stänkskärm	—	—	4,8	1
<i>Förstärkt belysning</i>				
mark	1,5		1,5	
virkehög	5		5	
vagnsgaller	24	1,2	60	1
kranpelare	20	1,6	26	5
stänkskärm	4 (48 ^a)	1,2	22	1,5
vagnsstöttor	15		10	

^a mot positionsljus å stänkskärm

Beteckningar:

	BM 668	SMV Drivax
Dagsljus	10	20
Orig.bel.	11	21
Först. bel.	12	22

B.7

Total provtid, hjärtfrekvens i slag/min. samt beräknat antal pulsslag/prov för de prov varifrån pulsregistreringar föreligger.

Förare, maskin, faktor		Ljusförhållande		
		Dags- ljus	Orig.- bel.	Först. bel.
T.A.				
BM 668	Totaltid (min.)	12,92	14,57	13,37
	Pulsfrekvens (slag/min.)	80	84	79
	Pulsslag/prov	1033	1224	1056
Drivax	Totaltid (min.)	—	12,87	13,06
	Pulsfrekvens (slag/min.)	—	72	72
	Pulsslag/prov	—	927	940
H.E.O.				
BM 668	Totaltid (min.)	—	12,32	11,40
	Pulsfrekvens (slag/min.)	—	83	80
	Pulsslag/prov	—	1022	912
Drivax	Totaltid (min.)	—	12,26	11,43
	Pulsfrekvens (slag/min.)	—	92	94
	Pulsslag/prov	—	1128	1074
S.E.				
BM 668	Totaltid (min.)	12,01	13,55	12,13
	Pulsfrekvens (slag/min.)	85	80	80
	Pulsslag/prov	1021	1084	970
Drivax	Totaltid (min.)	12,40	12,70	12,17
	Pulsfrekvens (slag/min.)	79	80	78
	Pulsslag/prov	980	1016	949
T.L.				
BM 668	Totaltid (min.)	13,69	—	—
	Pulsfrekvens (slag/min.)	95	—	—
	Pulsslag/prov	1301	—	—
Drivax	Totaltid (min.)	13,70	13,95	—
	Pulsfrekvens (slag/min.)	104	106	—
	Pulsslag/prov	1425	1479	—

B.8 Genomsnittligt antal störningsmoment per prov

Typ av störningsmoment	Antal störningsmoment per prov (\bar{m}) Provmaskin och ljusförhållande						Totalt antal registrerade störningsmoment
	BM 668			SMV Drivax			
	Dagsljus	Orig.-bel.	Först.bel.	Dagsljus	Orig.-bel.	Först.bel.	
Kör förbi högen	—	—	—	—	—	—	0
Slår mot stötta vid grip <i>ut</i>	—	0,7	0,6	0,2	1,4	0,4	26
Slår mot stötta vid grip <i>in</i>	0,8	5,4	2,1	2,0	5,2	3,3	146
Tappar bit ur gripen	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	12
Svårighet vid läggning på lasset	0,2	—	0,1	0,2	0,1	0,4	8
Tappar bit från lasset	—	0,1	—	0,2	0,4	0,4	7
Glömmer bit på marken	—	0,1	0,1	—	—	0,5	6
Kör mot träd	0,2	0,7	—	—	0,4	0,1	11
Kör mot markhinder	—	—	—	—	—	—	0
Kör fast	0,5	—	—	—	—	0,1	3
Totalt antal störningsmoment	8	51	22	12	72	54	219
Antal prov	4	7	7	4	9	9	
<i>Övrigt</i>							
— använder utskjutet	2,0	1,7	1,3	1,7	1,2	1,0	56
— för in virket över stöttorna	—	1,0	0,7	0,5	0,9	0,5	27

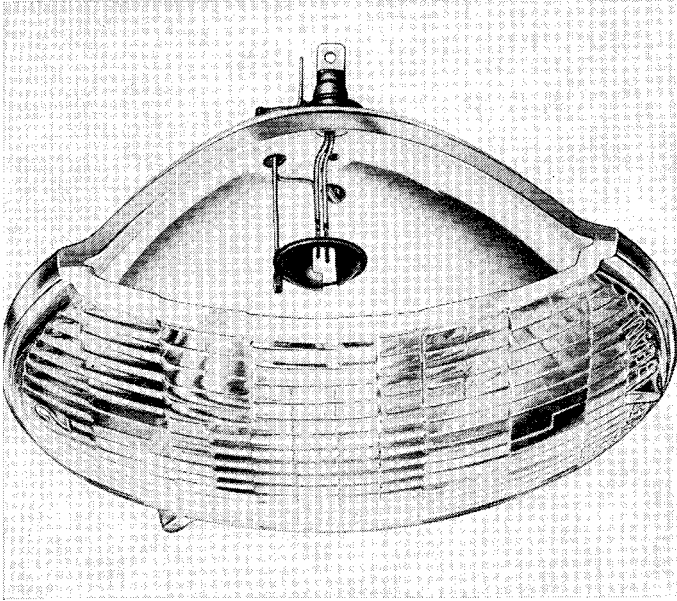
B.9 Förarintervjuer

Vid de bundna personliga intervjuer som hölls med varje förare efter det sista provet med honom frågades och svarades följande:

Fråga	Svarsalternativ och antal svar
1. Anser Du det särskilt besvärligt att arbeta under någon tid av året?	På sommaren 2
	På vintern 2
	På våren
	På hösten
2. Tycker Du att det är besvärligt att arbeta i mörker?	Ja, i hög grad 3
	Ja, i någon mån 1
	Varken ja eller nej
	Nej, knappast
3. Vad anser Du om att arbeta med de provade maskinernas originalbelysning jämfört med arbete i dagsljus?	Nej, absolut inte
	Betydligt sämre 4
	Sämre
	Ingen skillnad
4. Vad anser Du om den nya belysningen jämfört med den originalbelysning som provats?	Bättre
	Betydligt bättre
	Betydligt bättre 4
	Bättre
	Ingen skillnad
	Sämre
Betydligt sämre	

5. Vad anser Du om att arbeta med den nya belysningen jämfört med arbete i dagsljus?	Betydligt sämre		3
	Sämre		1
	Ingen skillnad		
	Bättre		
6. Tycker Du att den provade svartmålningen underlättade arbetet?	Betydligt bättre		
	Ja, i hög grad		2
	Ja, i någon mån		2
	Varken ja eller nej		
	Nej, knappast		
7. Tror Du att man skulle kunna förbättra belysningen ytterligare jämfört med vårt starkare provalternativ?	Nej, absolut inte		
	Ja		4
	Tveksam		
8. Brukar Du tycka det känns ansträngande för ögonen att arbeta i dagsljus/mörker?	Nej		
	Aldrig	2	2
	Relativt sällan	1	
	Ibland	1	
	Relativt ofta		1
9. Brukar Du använda glasögon i arbetet?	Alltid		
	Ja		2
10. Tycker Du det känns besvärande att bara ha ett litet område kring maskinen belyst vid mörkerarbete?	Nej		2
	Ja, i hög grad		1
	Ja, i någon mån		2
	Varken ja eller nej		
	Nej, knappast		
11. Har Du några sömnsvärigheter någon gång som Du tror beror på Ditt arbete?	Nej, absolut inte		1
	Ja		
12. Om belysningen på traktorn vore riktigt bra, skulle Du då arbeta något längre?	Nej		4
	På vintern		3
	— på morgonen		(3)
	— på kvällen		(1)
	På sommaren		
13. Tycker Du att Ditt arbete är alltför fysiskt påfrestande?	— på morgonen		
	— på kvällen		
	Ja, i hög grad		
	Ja, i någon mån		2
	Varken ja eller nej		
14. Tycker Du att Ditt arbete är alltför pressande och psykiskt påfrestande?	Nej, knappast		1
	Nej, absolut inte		
	Ja, i hög grad		1
	Ja, i någon mån		1
	Varken ja eller nej		1
	Nej, knappast		1
	Nej, absolut inte		

Bilaga C Studie III



Data om testbelysning

Tillverkare:	General Electric, USA
Lamptyp:	Sealed Beam, PAR 36 BULB, ϕ 4 1/2 inch.
Lampnr:	4466
Primärt användn.omr.:	Traktor
Spänning:	12 V
Effekt:	60 W
Ung. tot. spridning till 10 % av max. ljusflöde:	80° i ena planet och 40° i det andra planet
Montering:	I på provmaskinerna befintliga armaturer

Bilaga D Separata ljusmätningar

Mätning av reflektionsfaktor

Mätmetod: Vid mätningen används en referensyta med känd reflektionsfaktor. Först mäts luminansen hos den yta vars reflektionsfaktor skall bestämmas. Därefter placeras den vita referensen på den undersökta ytans plats under i övrigt oförändrade för-

hållanden, varefter referensens luminans mäts.

Beräkningssätt:

Sökt refl.fakt. = $\frac{\text{provytans luminans}}{\text{referensens luminans}} \times \text{referensens refl.fakt.}$

Luminansmätningar

Mättn. nr	Objekt	Luminans i cd/m ²		Beräknad refl.fakt.	
		Objekt	Referensyta (refl.fakt. 0,85)	Hos objekt	d:o närmevärde
1.	Snö grovkornig	10 000	14 000	0,61	0,6
2.	Lingonris	1 500	14 000	0,09	0,1
3.	Torrt gräs, d:o löv	2 750	14 000	0,17	0,2
4.	Granris	2 000	20 000	0,09	0,1
5.	Skogsmark, fröträdst.	1—2 000	20 000	0,05—0,09	0,1
6.	Tallbark	1 750—4 000	20 000	0,07—0,17	0,1
7.	Granbark, normal	350	2 500	0,12	0,1
8.	Granbark, ljus	1 500	6 000	0,21	0,2
9.	Granbarrförna, torr	200	3 000	0,06	0,1
10.	Frisk rismark (lingon—mossa)	400—600	6—10 000	0,05	0,1
11.	Gråmossa	650			
12.	Rotända, gran, nykapad	1 750	2 500	0,22	0,2
13.	Hygge m. mkt ris (avverkn. pågår)	800—1 000	2 500	0,60	0,6
14.	Kvistmärken å kvistad gran	2 500	10 000	0,08	0,1
			8 000	0,27	0,3

Dvs. akt. refl.fakt., hyggesmark ~ 0,1

Dvs. akt. refl.fakt., vedyta, färsk ~ 0,6

Samband:

Luminans = Belysningsstyrka × Reflektionsfaktor (enl. The Ergonomics of Lighting)

(apostilbs) (lux)

(numeriskt värde)

1 apostilb = 0,3183 cd/m²

dvs. för exempelvis 1 cd/m² å hyggesmark erhålls följande krav på min. belysn.styrka i lux (X):

1 × 3,14 = X × 0,1; X ~ 30 lux