UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU

WYDZIAŁ LEŚNY I TECHNOLOGII DREWNA

KATEDRA UŻYTKOWANIA LASU

Mgr inż. Bartłomiej Naskrent

Wpływ kategorii cięć w procesie pozyskania drewna na wybrane aspekty ergonomiczne i efektywność pracy operatora harwestera

Rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem

prof. UPP dra hab. Witolda Grzywińskiego

oraz dra inż. Krzysztofa Polowego

w Katedrze Użytkowania Lasu

Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

Poznań 2021

Streszczenie

Wpływ kategorii cięć w procesie pozyskania drewna na wybrane aspekty ergonomiczne i efektywność pracy operatora harwestera

W pracy podjęto próbę określenia wpływu kategorii cięć na poziom obciążenia pracą operatorów harwesterów, poziom hałasu w kabinach maszyn, wydajność procesu pozyskiwania drewna oraz strukturę czasu pracy. Badania przeprowadzono w czterech kategoriach cięć: na powierzchniach z wiatrołomami, zrębach zupełnych, zrębach zupełnych podczas pracy w nocy oraz w trzebieżach późnych. W badaniach wzięło udział dwudziestu czterech doświadczonych operatorów, po sześciu w każdej kategorii cięć. Każdy operator posiadał minimum roczne doświadczenie w pracy harwesterem. Stopień obciążenia pracą określano na podstawie analizy eye-trackingowej oraz pomiaru częstości skurczów serca operatorów, pomiar poziomu hałasu w kabinach przeprowadzono przy użyciu dozymetru hałasu. Wydajność określono na podstawie miąższości pozyskanego drewna uzyskanej z komputera pokładowego harwestera, natomiast w celu określenia struktury czasu pracy przeprowadzono chronometraż ciągły. Przeprowadzona analiza eye-trackingowa dostarczyła danych w postaci liczby, czasu trwania, częstości oraz udziału fiksacji i sakkad, oraz średnicy źrenic operatorów. Na ich podstawie stwierdzono, że najbardziej obciążająca była praca na powierzchniach z wiatrołomami oraz w trzebieżach. Analiza częstości skurczów serca pozwoliła na określenie stopnia ciężkości pracy oraz obciążenia pracą na podstawie procentu maksymalnego tętna ($\%HR_{max}$). Średni $\%HR_{max}$ we wszystkich kategoriach cięć wyniósł poniżej 50%, co wskazuje na obciążenie średnie. W przypadku pomiarów poziomu hałasu wyniki średniego ważonego poziomu narażenia na hałas przeliczone na 8 godzin pracy przekroczyły dopuszczalny poziom 85 dB, jedynie na powierzchniach zrębowych użytkowanych w nocy wartość ta była niższa i wyniosła 76 dB. Najmniejsze wydajności operacyjne W02 otrzymano na powierzchniach klęskowych 15,21 $m^3 \cdot h^{-1}$, natomiast największe na powierzchniach zrębowych 29,02 $m^3 \cdot h^{-1}$. Taka sama prawidłowość dotyczyła wydajności eksploatacyjnej W07, wydajność ta na powierzchniach klęskowych wyniosła 12,72 $m^3 \cdot h^{-1}$, a na powierzchniach zrębowych 23,16 $m^3 \cdot h^{-1}$. Mimo, że praca na powierzchniach zrębowych była najbardziej wydajna, powierzchnie te charakteryzowały się najmniejszym udziałem efektywnego czasu pracy T1 – 68,95%, przy jednoczesnym największym udziale czasu usuwania usterek T-4 6,35%. Na podstawie przeprowadzonych

badań można stwierdzić, że najmniej efektywna i najbardziej obciążająca dla operatorów była praca w drzewostanach zniszczonych przez wiatr i w drzewostanach trzebieżowych.

Słowa kluczowe: operator harwestera, eye-tracking, obciążenie pracą, kategoria cięć, wydajność harwestera, poziom hałasu.

Summary

Impact of logging category on selected ergonomic and economic aspects of harvester operator work

This study attempts to determine the effect of logging category on the workload level of harvester operators, the noise level in machine cabs, the efficiency of the logging process and the working time structure. The study was carried out in four logging categories: on plots with windbreaks, clear cuts, clear cuts during night work and in late thinning. Twenty-four experienced operators participated in the study, six in each logging category. Each operator had a minimum of one year's experience working with a harvester. The degree of workload was determined by eye-tracking analysis and heart rate measurements of the operators, noise levels in the cabins were measured using a noise dosimeter. Productivity was determined from the harvested timber volume obtained from the harvester's on-board computer, while continuous chronometry was carried out to determine the working time structure. The eye-tracking analysis provided data in the form of number, duration, frequency and proportion of fixations and saccades, and the operators' pupil diameter. On it’s basis, it was found that the work on plots with windbreaks and in thinning was most stressful. Analysis of heart rate allowed the severity of work and workload to be determined by percentage of maximum heart rate ($\%HR_{max}$). The average $\%HR_{max}$ in all logging categories was below 50%, indicating a medium load. In the case of noise level measurements, the results of the weighted average noise exposure level converted into 8 hours of work exceeded the permissible level of 85 dB, only in the logging areas used at night the value was lower and amounted to 76 dB. The lowest operational yields of W02 were obtained on disaster plots at 15.21 $m^3 \cdot h^{-1}$, while the highest were obtained on logging plots at 29.02 $m^3 \cdot h^{-1}$. The same regularity applied to the exploitation efficiency of W07, this efficiency on disaster plots was 12.72 $m^3 \cdot h^{-1}$ and on logging plots 23.16 $m^3 \cdot h^{-1}$. Although the work on the logging plots was the most efficient, these plots had the lowest proportion of effective working time T1 - 68.95%, with the highest

proportion of fault clearing time T-4 6.35%. The study concluded that the least effective and most stressful work for operators was in wind-damaged stands and in thinning stands.

Keywords: harvester operator, eye-tracking, workload, logging category, harvester efficiency, noise level