

ORGANIZACJA STANOWISKA NAPRAWCZEGO Z UWZGLĘDNIENIEM ZASAD ERGONOMII

Paulina KRASOŃ, Anna MAĆZEWSKA

Streszczenie: Celem artykułu jest dokonanie oceny organizacji stanowiska naprawczego z uwzględnieniem zasad ergonomii. W pracy zaprezentowano wskaźniki, które charakteryzują ergonomiczność prac naprawczych. Przedstawiono metodę oceny ryzyka zawodowego REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). Rozważono przypadek stanowiska naprawczego, którego pracownik dokonuje napraw w miejscu stałego ustawienia maszyny, a także zaproponowano rozwiązania minimalizujące wpływ negatywnych warunków pracy na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego pracownika.

Słowa kluczowe: organizacja stanowiska naprawczego, ergonomia, utrzymanie ruchu, wskaźniki ergonomiczności, ocena ryzyka zawodowego

1. Wprowadzenie

Funkcjonowanie gospodarki naprawczej sprowadza się do zadań związanych z zapewnieniem ciągłości pracy maszyn i urządzeń produkcyjnych, a także innych środków technicznych wytwarzania i usług. Na przestrzeni lat powstało wiele koncepcji i metod umożliwiających efektywne zarządzanie procesem utrzymania ruchu. Jedną z nich jest koncepcja Kompleksowego Utrzymania Ruchu (j. ang. Total Productive Maintenance), której nadrzędnym celem jest zaangażowanie wszystkich pracowników firmy w podejmowanie działań usprawniających funkcjonowanie parku maszynowego celem permanentnego doskonalenia efektywności pracy wszystkich maszyn i urządzeń produkcyjnych, czyli osiągnięcie stanu trzy razy ZERO [1]:

- ZERO usterek maszyn;
- ZERO wad produkcji;
- ZERO wypadków przy pracy.

Prawidłowo wdrożony TPM wyraźnie wpływa na bezpieczeństwo pracowników poprzez stworzenie bardziej ergonomicznych oraz lepiej zorganizowanych miejsc pracy [2]. Dobrze zorganizowane stanowiska naprawcze uwzględniające zasady ergonomii będą przyczyniały się do wzrostu wydajności pracowników służb utrzymania ruchu poprzez poprawę pozycji pracownika przyjmowaną podczas wykonywania napraw oraz zmniejszenie obciążenia statycznego poprzez wzrost stopnia zmechanizowania prac naprawczych.

2. Organizacja stanowiska naprawczego

Właściwie zorganizowane stanowisko naprawcze powinno posiadać:

- odpowiednią powierzchnię, dostosowaną do rodzaju oraz wielkości naprawianych maszyn i urządzeń,
- odpowiednie wyposażenie, które zapewni optymalny stopień zmechanizowania operacji naprawczych,

- odpowiednią liczbę przystosowanych technicznie regałów i stołów demontażowych,
- środki transportowo – dźwigowe służące do przemieszczania naprawianych maszyn lub urządzeń, podspółów, czy też części zamiennych,
- odpowiednie parametry środowiska pracy, np. mikroklimat, oświetlenie, zapylenie itp.,
- odpowiednie urządzenia zapewniające warunki bhp oraz ppoż.

W przypadku, gdy naprawa urządzenia dokonywana jest w miejscu jego użytkowania, należy wydzielić odpowiednią przestrzeń za pomocą barier oraz zastosować ruchome wyposażenie stanowiska naprawczego (przenośne regały, przewoźny stół ślusarski, podnośniki, myjnie, a także inne urządzenia pomocnicze).

Większość dokonywanych w przedsiębiorstwach czynności naprawczych zalicza się do prac jednostkowych niepowtarzalnych. Powoduje to trudności z właściwą organizacją stanowiska naprawczego, jednak można wyróżnić elementy wspólne dla wszystkich stanowisk, niezależnie od rodzaju wykonywanych napraw maszyn lub urządzeń.

Niezwykle ważnym elementem w organizowaniu stanowiska naprawczego jest przestrzeń robocza. Czynnikiem decydującym o doborze odpowiednich wymiarów pomieszczenia jest wielkość naprawianych obiektów. Każdy pracownik dokonujący czynności naprawczych powinien posiadać nie mniej niż 13 m³ wolnej objętości pomieszczenia, a także nie mniej niż 2 m² wolnej powierzchni podłoża [4].

Podczas organizowania stanowiska naprawczego należy przestrzegać następujących zasad:

- wszystkie urządzenia i narzędzia muszą posiadać swoje stałe oznaczone miejsce przechowywania,
- na stanowisku winny znajdować się jedynie te przedmioty, które są niezbędne przy wykonywaniu danej operacji,
- wszystkie przedmioty powinny być rozmieszczone według kolejności i częstości ich użycia,
- pojemniki z częściami winny być ułożone w normalnej przestrzeni roboczej.

W zależności od rodzaju wykonywanej pracy oraz stopnia zaangażowania wzroku istotny jest także dobór odpowiedniej wysokości płaszczyzny pracy, a także pozycji przy pracy (stojącej lub siedzącej). W pracach wykonywanych w pozycji stojącej, które nie wymagają precyzji przyjmowana jest wysokość płaszczyzny pracy ok. 5 cm poniżej łokci przy zgiętym przedramieniu. Natomiast dla prac precyzyjnych szacunkowe wysokości przy pozycjach stojącej i siedzącej zależnie od wzrostu człowieka przedstawiono w tabeli 2.1.

Tab. 2.1. Optymalne wysokości płaszczyzny pracy według tablic Dreyfussa [4]

Wzrost człowieka [cm]	Optymalna wysokość płaszczyzny pracy [cm]			
	Pozycja siedząca		Pozycja stojąca	
	Praca wymagająca precyzji	Praca niewymagająca precyzji	Praca wymagająca precyzji	Praca niewymagająca precyzji
160	77	67	97	97
165	79	69	101	100
170	81	72	105	104
175	83	74	108	107
180	85	77	112	110
185	87	79	116	113

Wyżej przedstawione zasady dotyczą stacjonarnych stanowisk naprawczych. Istotna jest także prawidłowa organizacja niestacjonarnego stanowiska naprawczego, tzw. „wędrującego stanowiska naprawczego”. Charakterystyczną cechą takiego stanowiska jest to, iż prace naprawcze wykonywane są w miejscu zainstalowania danej maszyny lub urządzenia. Dlatego też organizacja takiego stanowiska naprawczego wymaga za każdym razem indywidualnego rozpatrzenia.

3. Wskaźniki ergonomiczności prac naprawczych

Przy konstrukcji maszyn należy zwrócić uwagę na organizację stanowisk, zwłaszcza stanowisk naprawczych, na których pracownicy dochodzą do maszyny wymagającej naprawy. W takim przypadku organizacja stanowiska powinna brać pod uwagę zasady ergonomii oraz uwzględniać odpowiednie wyposażenie. Dokonanie oceny ergonomiczności prac naprawczych wymaga odpowiednich kryteriów. Konieczne jest sformułowanie wskaźników, które powinno uwzględniać się podczas projektowania i wytwarzania maszyn, a także ich modernizacji.

Podczas określania kryteriów ergonomiczności prac naprawczych, powinno być wzięte pod uwagę umożliwienie dokonania oceny jakościowej i ilościowej. Oceniając jakościowo można brać pod uwagę m.in. rodzaj wykonywanych napraw, częstość występowania obciążenia pracą określonego rodzaju, procentowo wyrażony stosunek udziału pozycji, w jakiej pracuje pracownik, do wszystkich pozycji przyjętych przez niego podczas naprawy [5].

Podstawowe wskaźniki określające ergonomiczność prac naprawczych to m.in.:

- wartość oczekiwana czasu naprawy

$$T_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_i^n \quad (1)$$

gdzie: θ_i^n – czas trwania i-tej naprawy z n ilości takich samych napraw.

- wartość oczekiwana pracochłonności naprawy

$$P_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (2)$$

gdzie: P_{ni} – wskaźnik pracochłonności i-tej naprawy, uwzględniający rodzaj pracy podczas przeprowadzanych napraw, z n ilości takich samych napraw.

- wskaźniki ergonomiczności uwzględniające przyjmowane pozycje podczas napraw

$$K_{erg}^p = \frac{E_{pt}}{E_{pr}} \quad (3)$$

gdzie: E_{pt} – wydatek energetyczny przy wykonywaniu napraw w najwygodniejszej teoretycznie pozycji,

- E_{pr} – wydatek energetyczny przy wykonywaniu napraw w pozycji odpowiadającej rzeczywistym warunkom pracy

$$K_{erg}^r = \frac{E_{rt}}{E_{rr}} \quad (4)$$

gdzie: E_{rt} – wydatek energetyczny przy możliwie wysokim stopniu mechanizacji i organizacji prac naprawczych,

- E_{rr} – wydatek energetyczny przy istniejącej mechanizacji i organizacji prac naprawczych.

Z uwagi na niewłaściwą konstrukcję maszyny (zważywszy na dostępność pracownika do uszkodzonych części), oraz na fakt, że prace naprawcze charakteryzują się niskim stopniem zmechanizowania, szczególne znaczenie ma wskaźnik ergonomiczności, w którym uwzględniane są pozycje przyjmowane przez pracownika. Wpływają one na wysoką wartość obciążenia statycznego podczas wykonywania napraw [6].

4. Wybrana metoda oceny ryzyka zawodowego REBA

Wykonywanie prac remontowo-naprawczych często związane jest z różnorodnymi zagrożeniami dla pracowników. Jednym z najistotniejszych zagrożeń jest niewłaściwe obciążenie fizyczne, które skutkuje schorzeniami w obrębie ścięgien, mięśni i więzadeł. Wynikiem urazów powstałych na skutek jednostkowego przeciążenia, bądź kumulujących się mikrourazów na skutek nadmiernego obciążenia podczas pracy jest występowanie dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego [7].

Spośród czynników biomechanicznych mających największy wpływ na obciążenie mięśniowo-szkieletowe największe znaczenie ma pozycja ciała, wywierana siła (siła zewnętrzna), a także czas utrzymywania obciążenia. Te trzy czynniki biomechaniczne wzajemnie na siebie wpływają i warunkują obciążenie oraz zmęczenie spowodowane wykonywaniem danych czynności [8].

Przy ocenie ryzyka rozwoju dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego należy uwzględnić podstawowe czynniki biomechaniczne, dokonać analizy pozycji ciała pracownika podczas wykonywania czynności naprawczych, typu i wartości wywieranej siły, jak również czasu trwania poszczególnych sekwencji. Do oceny ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych podczas przyjmowanej określonej pozycji ciała przy naprawach można zastosować metodę REBA.

Metoda REBA (j. ang. *Rapid Entire Body Assessment*) została opracowana przez ergonomistów z University of Nottingham w Wielkiej Brytanii Dr. Sue Hignett i Dr. Lynn McAtamney. REBA jest metodą szybkiego pomiaru obciążenia czynnościowego oraz posturalnego całego ciała w czasie wykonywania pracy. Metoda ta daje możliwość oszacowania ryzyka powstania schorzeń narządu ruchu spowodowanych przyjętą pozycją ciała podczas wykonywania pracy, zakresem ruchów, stosowaną siłą, obciążeniem zewnętrznym, dynamiką pracy mięśni, a także rodzajem chwytu przy wykonywaniu czynności na stanowisku pracy charakteryzującym się zmiennością pozycji ciała [9].

Metoda ta została przetestowana na wielu grupach pracowników, którzy wykonują pracę wymagającą wysiłku fizycznego oraz wykonywaną często w niefizjologicznych, wymuszonych pozycjach ciała, które powodują dolegliwości ze strony układu ruchu. Istotne jest, iż REBA uwzględnia obciążenia całego układu mięśniowo-szkieletowego, które są związane zarówno z użyciem siły do wykonania określonego zadania oraz z koniecznością utrzymania niezbędnej pozycji ciała. Zależnie od potrzeb możliwe jest dokonanie tylko oceny czynności związanych z największym obciążeniem układu ruchu (np. przyjmowaniem wyraźnie niekorzystnych pozycji ciała), na skutek czego otrzymuje się informację o poziomie ryzyka zawodowego oraz konieczności dokonania interwencji ergonomicznej [9].

Istotną zaletą metody REBA jest prostota stosowania oraz szybkość w uzyskiwaniu wiarygodnych wyników. Końcowy wynik określa poziom ryzyka wystąpienia dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego oraz zakres działań ergonomicznych w celu ograniczenia

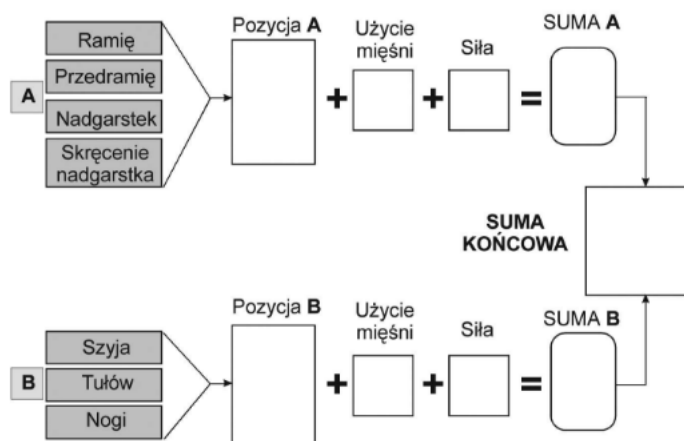
tego ryzyka. Walory tej metody przyczyniły się do spopularyzowania jej nie tylko w środowisku naukowym, ale także wśród pracowników służb bhp.

Do oszacowania ryzyka metodą REBA należy wyznaczyć [10]:

- wskaźnik oceny łącznego obciążenia pozycją szyi, tułowia oraz kończyn dolnych uwzględniając obciążenie zewnętrzne, rodzaj wykonywanego ruchu oraz sposób przemieszczania;
- wskaźnik oceny łącznego obciążenia pozycją ramienia, przedramienia, nadgarstka uwzględniając jakość trzymania ręcznego – obciążenie chwytem;
- wskaźnik oceny obciążenia całego ciała pozycją, stosowaną siłą oraz jakością uchwytu;
- wskaźnik oceny całkowitego obciążenia ciała pracą.

Na podstawie wyżej wymienionych wskaźników wyznacza się kategorię ryzyka oraz określa działania niezbędne.

Procedura, na podstawie której dokonuje się oceny całkowitego obciążenia ciała pozycją, dynamiką ruchów podczas pracy oraz używaną siłą składa się z 13 etapów. Poniżej przedstawiono schemat postępowania podczas oceny ryzyka zawodowego metodą REBA.

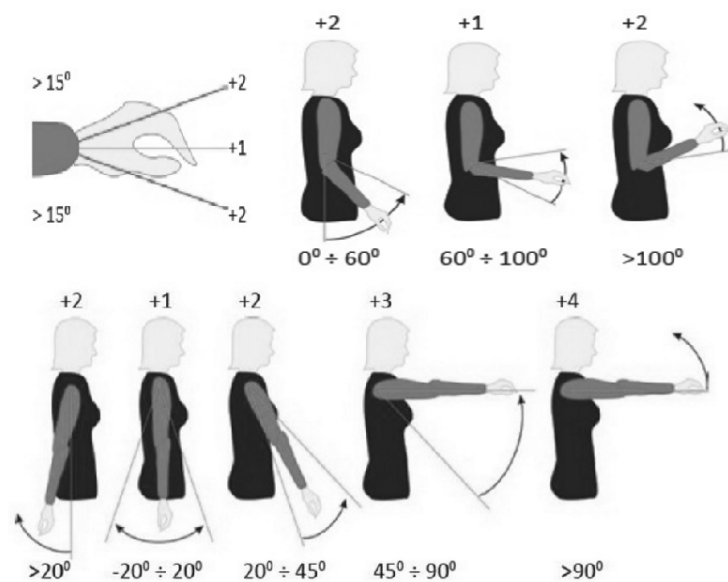


Rys. 3.1. Schemat postępowania dla oceny ryzyka zawodowego metodą REBA [10]

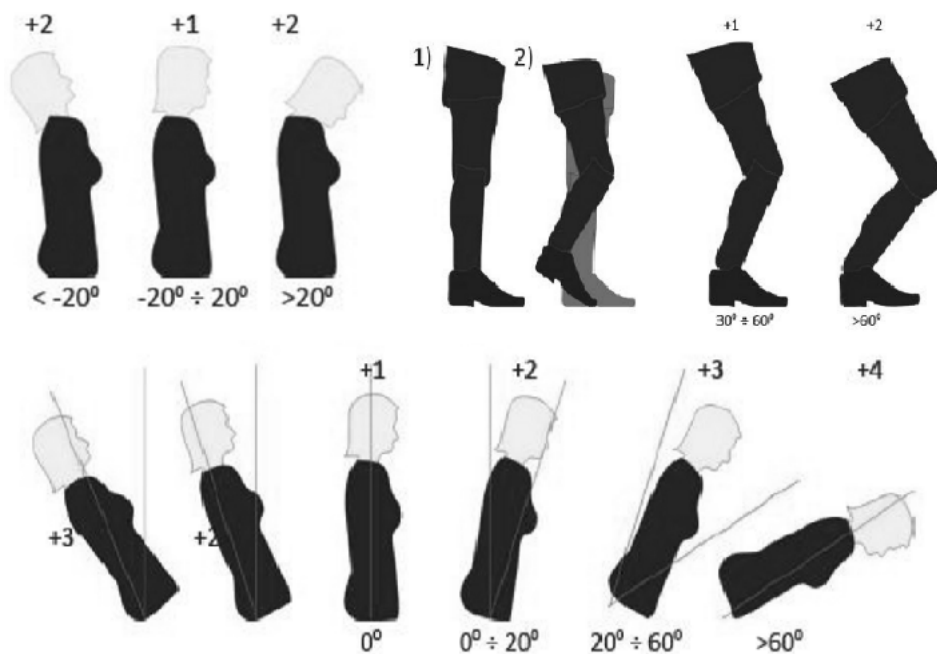
W celu dokonania identyfikacji pozycji ciała zakresy ruchów poszczególnych elementów ciała należy rozpatrywać w płaszczyźnie strzałkowej. W przypadku kiedy pozycja ciała wymaga również uwzględnienia ruchu, bądź położenia w innych płaszczyznach, np. przy występowaniu przywodzenia lub odwodzenia, nawracania lub odwracania winna być dokonana modyfikacja wcześniej przeprowadzonej oceny pozycji. Metoda REBA uwzględnia sześć segmentów ciała: głowa, szyja, tułów, kończyna dolna, ręka z nadgarstkiem, przedramię oraz ramię. Aby określić ułożenie poszczególnych segmentów ciała należy odnieść się do kończyn górnych, tułowia oraz kończyn dolnych. Ręka, przedramię oraz ramię znajdują się w grupie opisującej kończynę górną, natomiast poprzez kąt zgięcia szyi i kąt zgięcia pleców w części lędźwiowej określana jest pozycja tułowia.

Położenie kończyny górnej określa się jednym z dwóch kodów położenia ręki (kąt w nadgarstku), jednym z dwóch kodów położenia przedramienia oraz jednym z czterech kodów położenia ramienia (rys. 3.2).

Ocena położenia tułowia określana jest przez kąty pochylenia głowy i pleców oraz położenia kończyn dolnych (rys. 3.3).



Rys. 3.2. Kody pozycji ręki, przedramienia i ramienia



Rys. 3.3. Kody położenia szyi, pleców oraz kończyn dolnych [9]

W ostatni etapie należy określić wartość stosowanej siły (jakość uchwytu) oraz pracy mięśni.

W metodzie REBA ryzyko oceniane jest według pięciostopniowej skali oceny ryzyka. Każdej kategorii końcowej oceny przypisany są odpowiedni poziom ryzyka oraz zalecane działania (tabela 3.1.).

Tab. 3.1. Określenie poziomu ryzyka niezbędnych działań [10]

Wskaźnik oceny REBA	Ryzyko	Niezbędne działania według PN-N-18002
1	bardzo małe	nie jest konieczne prowadzenie żadnych działań
2-3	małe	zaleca się rozważenie możliwości zmniejszenia poziomu ryzyka
4-7	średnie	zaleca się podjęcie działań w celu zmniejszenia poziomu ryzyka
8-10	duże	działania w celu zmniejszenia poziomu ryzyka należy podjąć natychmiast
11-15	bardzo duże	praca nie może być podjęta ani kontynuowana do czasu zmniejszenia ryzyka

5. Ocena ergonomiczna prac naprawczych na przykładzie maszyny do automatycznego etykietowania butli

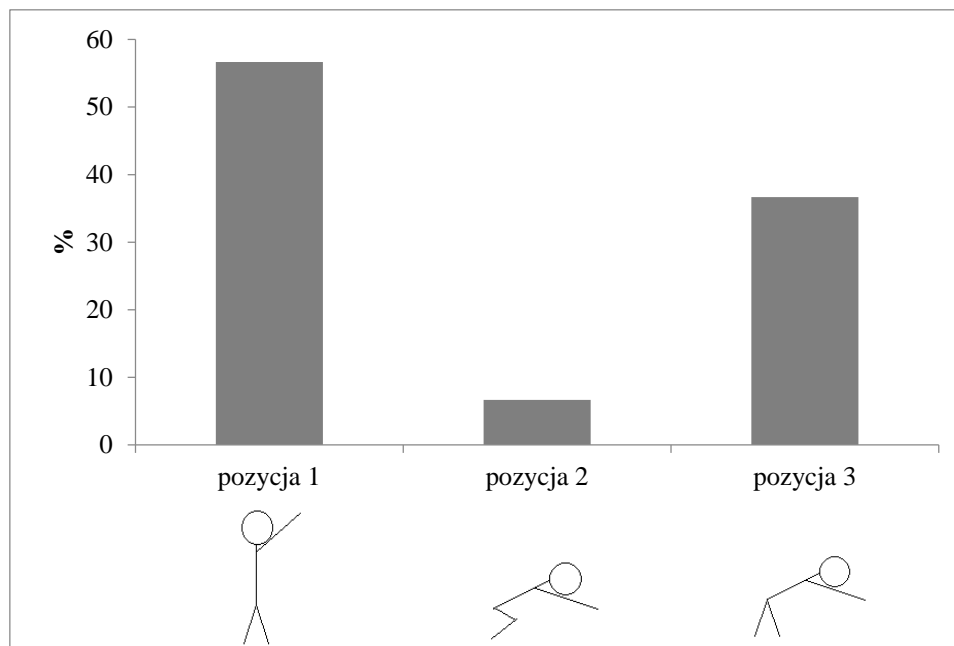
Badaniu poddano stanowisko, na którym dokonywana jest wymiana i regulacja elementów tnących w maszynie do automatycznego etykietowania butli. Jest to maszyna stacjonarna przeznaczona do samoprzylepnego zakładania folii na kapsle i szyjkę butli, celem zabezpieczenia przed zabrudzeniem powierzchni kapsli. Pracownik dokonuje naprawy w miejscu zainstalowania maszyny, dlatego też wyposażony jest w przewoźny stół z narzędziami oraz częściami maszyny (nożami). Wymiana wraz z regulacją elementów tnących trwa ok. 30 minut.

Przed rozpoczęciem prac naprawczych pracownik musi wyłączyć maszynę za pomocą przycisku oraz odłączyć ją z sieci. Następnie wyznacza odpowiedni obszar wokół maszyny za pomocą barier. Proces wymiany elementów tnących obejmuje następujące czynności: odkręcenie śrub, zdjęcie obudowy maszyny, rozkręcenie ostrza, demontaż zużytego elementu tnącego, montaż nowy elementu tnącego, przykręcenie śrub. W końcowym etapie pracownik dokonuje sprawdzenia poprawności działania maszyny.

Prace naprawcze wymagają aktywności ruchowej od pracownika, przyjmowania pochylonej pozycji ciała, dalekiego sięgania oraz manewrowania czterokołowym stołem. Pracownik może przenosić przedmioty o masie do 1 kg. Tempo pracy na stanowisku nie jest wymuszone. Z obserwacji przeprowadzonej na stanowisku można jednak stwierdzić, że tempo pracy nie powoduje u pracownika nadmiernego obciążenia.

Podczas rozpatrywanej naprawy, pracownik przyjmuje 3 pozycje. Procentowy udział każdej pozycji w stosunku do pozostałych przyjmowanych przedstawiono na rys. 5.1. Badania zostały oparte na podstawie fotografii czasu pracy pracownika. Wyliczone zostały 2 najważniejsze wskaźniki ergonomiczności uwzględniające przyjmowane pozycje, których wartości dla rozważanej naprawy są równe i wynoszą $K_{erg}^r = K_{erg}^p = 0,6633$. Wydatek energetyczny obliczono z zastosowaniem szacunkowej metody według Lehmana [11]. Oznacza to, że wydatek energetyczny pracownika jest zbliżony do mniejszego, możliwego do osiągnięcia przez wdrożenie rozwiązań zwiększających stopień mechanizacji

i umożliwiającą pracownikowi przeprowadzenie czynności naprawczych bez potrzeby przyjmowania pozycji niewygodnych, wymagających od niego zwiększonego wysiłku fizycznego.

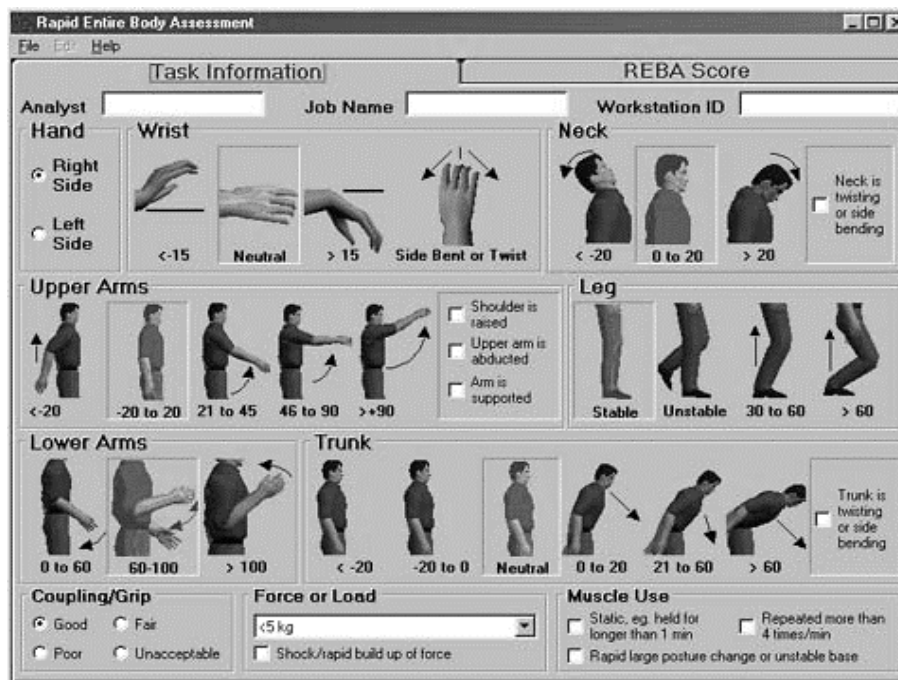


Rys. 5.1. Procentowy udział pozycji przyjmowanych podczas wymiany i regulacji elementów tnących w maszynie

Na podstawie obserwacji pracownika podczas wykonywania prac naprawczych oraz wywiadów face to face ustalono, iż pracownik skarży się na dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego charakteryzujące się małym lub średnim natężeniem bólu.

Do oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego zastosowano metodę REBA korzystając z oprogramowania Ergo Intelligence Upper Extremity Assessment Tools v. 1.8 firmy NexGen Ergonomics Inc (rys. 5.2). Obciążenie układu ruchu oceniono na podstawie wideo rejestracji czynności roboczych biorąc pod uwagę zarówno obciążenia maksymalne, jak i średnie. Wyszczególniono trzy pozycje ciała przyjmowane przez pracownika podczas wykonywania czynności naprawczych.

Podczas przyjmowania pozycji nr 1 pracownik utrzymuje wyprostowane kończyny górne. Ramię jest podniesione, zgięte pod kątem powyżej 90° , natomiast kąt między ramieniem a przedramieniem wynosi poniżej 60° . Występuje uniesienie grzbietowe nadgarstka pomiędzy $0-15^{\circ}$. Pracownik stoi stabilnie, plecy ma wyprostowane, szyja jest delikatnie odchylona do tyłu. Pozycja kończyn dolnych jest zbalansowana. W rozpatrywanym przypadku można przyjąć, iż pracownik wywiera siłę poniżej 50 N, natomiast jakość chwytu uznawana jest za poprawną. Mięśnie niektórych segmentów ciała wykonują pracę statyczną przez dłużej niż minutę, jednak wybrana grupa mięśni wykonuje pracę dynamiczną, powtarzalną częściej niż 4 razy na minutę.



Rys. 5.2. Widok ekranu programu Ergo Intelligence Upper Extremity Assessment Tools [12]

W pozycji nr 2 pracownik również utrzymuje wyprostowane kończyny górne. Ramię jest podniesione, zgięte pod kątem powyżej 90° , natomiast kąt między ramieniem a przedramieniem oscyluje pomiędzy 0° a 60° . Nadgarstek jest uniesiony grzbietowo pomiędzy 0 - 15° , dodatkowo ręka wykonuje ruch pronacji - supinacji. Plecy pracownika są pochylone do przodu pod kątem powyżej 30° , szyja odchylona do tyłu. Pozycja ciała jest chwiejna, niezbalansowana, dodatkowo kończyny dolne w kolanach zgięte pod kątem około 50° . Podczas demontażu elementów tnących pracownik wywiera siłę powyżej 50 N. Jakość chwytu jest poprawna, uchwyty są dopasowane, lecz nie idealne. Mięśnie niektórych segmentów ciała wykonują pracę statyczną przez dłużej niż minutę, jednak wybrana grupa mięśni wykonuje pracę dynamiczną, powtarzalną częściej niż 4 razy na minutę.

Pozycja nr 3 różni się od pozycji nr 2 jedynie pozycją kończyn dolnych. W tej pozycji kończyny dolne są wyprostowane, jednak w wyniku pochylenia do przodu tułowia, pozycja pracownika jest chwiejna i niezbalansowana.

Kody pozycji wprowadzono do programu w celu uzyskania wyników obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego w poszczególnych trzech pozycjach przyjmowanych przez pracownika podczas wykonywania prac naprawczych. Uzyskane wyniki REBA należy porównać z wartościami zawartymi w tabeli 3.1. co pozwoli na ocenę ryzyka powstania dolegliwości układu ruchu oraz ocenę konieczności zastosowania interwencji ergonomicznej w celu zmniejszenia poziomu ryzyka.

Ocena końcowa dla pozycji nr 1 wynosi 5, stąd też ryzyko jest na średnim poziomie, co wiąże się z zaleceniem podjęcia działań w celu zmniejszenia ryzyka. Natomiast oceny końcowe dla pozycji nr 2 oraz dla pozycji nr 3 wynoszą kolejno 10 i 8. W tym przypadku poziom ryzyka jest wysoki w konsekwencji czego należy natychmiast podjąć działania w celu zmniejszenia poziomu ryzyka.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania pokazują, że pozycje przyjmowana przez pracownika służb naprawczych mają znaczący wpływ na wysiłek, który wkłada w wykonywaną pracę. Praca na przedstawionym w artykule stanowisku naprawczym wykonywana jest w trzech różnych pozycjach, często wymuszonych oraz w ograniczonej przestrzeni. Zatem praca pracownika służb naprawczych obciąża układ mięśniowo-szkieletowy, co może prowadzić do różnego typu schorzeń w obrębie mięśni, więzadeł oraz stawów. Działania korygujące mające na celu ograniczenie ryzyka występujących zagrożeń związanych z dolegliwościami układu mięśniowo-szkieletowego powinny skupiać się przede wszystkim na zapewnieniu odpowiedniej organizacji pracy stanowiska naprawczego, np. wyposażenie pracownika w odpowiednie narzędzia pneumatyczne zmniejszające ruchy nadgarstków, jak również w podest roboczy umożliwiający pracę rąk poniżej linii barków. Bardzo istotną kwestią jest również przestrzeganie przepisów bhp, częste badania lekarskiej, a także podnoszenie świadomości pracowników poprzez szkolenia. Problem ergonomiczności napraw obiektów technicznych będzie przedmiotem rozważań w kolejnych publikacjach.

Literatura

1. Nakajima S.: Introduction to TPM. Productivity Press, Portland, 1988.
2. Pleskot M., Lewandowski J., Wiśniewski Z.: TPM kompleksowe utrzymanie ruchu w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2015.
3. Bagiński J., Górńska E.: Zintegrowane Systemy Zarządzania, jakość, bezpieczeństwo, ochrona środowiska, ergonomia. WPW, Warszawa 1999.
4. Górńska E., Lewandowski J.: Zarządzanie i organizacja środowiska pracy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
5. Lewandowski J.: Zarządzanie środkami trwałymi i gospodarką naprawczą w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo MARCUS, Łódź 1997.
6. Lewandowski J.: Procesy decyzyjne w niezawodności i eksploatacji obiektów technicznych o ciągłym procesie technologicznym. Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2008.
7. Zawieski W. M.: Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny. CIOP-PIB, Warszawa 2007.
8. Krause M.: Praktyczne aspekty doboru metod oceny ryzyka zawodowego. Organizacja i Zarządzanie, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, z.59.
9. Hignett S., McAtamney L.: Rapid Entire Body Assessment (REBA). "Applied Ergonomics" 2000; str. 201-205.
10. Górńska E.: Metody oceny ryzyka zawodowego. Wydawnictwo Wydział Zarządzania Politechnika Warszawska, Warszawa 2010.
11. Pacholski L.: Ergonomia. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1986.
12. <http://www.nexgenergo.com/ergonomics/ergointeluea.html> [odczyt: 03.01.2017r.]

Mgr inż. Paulina KRASOŃ
Mgr inż. Anna MAĆZEWSKA
Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki
Politechnika Łódzka
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 215
tel./fax: (0-42) 6313754
e-mail: paulina.krason@p.lodz.pl
anna.maczewska@p.lodz.pl