

Krystyna Zużewicz, Joanna Kamińska,
Joanna Bugajska, Maria Konarska

Obciążenie pracą umysłową na stanowiskach pracy związanych z wykonywaniem zadań o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych

Poradnik dla organizatorów pracy i pracowników



Krystyna Zużewicz, Joanna Kamińska,
Joanna Bugajska, Maria Konarska

Obciążenie pracą umysłową na stanowiskach pracy związanych z wykonywaniem zadań o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych

Poradnik dla organizatorów pracy i pracowników

Opracowano na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (2011-2013), a wydano w ramach III etapu tego programu (2014-2016) finansowanego w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy:

dr n. med. Krystyna Zużewicz, mgr inż. Joanna Kamińska,

dr n. biol. Joanna Bugajska, prof. dr hab. Maria Konarska,

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt okładki:

Jolanta Maj

Opracowanie graficzne:

Anna Borkowska

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy

– Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2014

ISBN 978-83-7373-181-3



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 36 98, fax (48-22) 623 36 93, www.ciop.pl

Spis treści

1.	Wstęp	5
2.	Obciążenie pracą umysłową	6
3.	Kontroler ruchu lotniczego (KRL) i pilot samolotu – przykłady zawodów o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych	9
4.	Problem zmęczenia i zarządzania zmęczeniem pracą umysłową	12
4.1.	Jak definiować zmęczenie?	13
4.2.	Skutki zmęczenia KRL w środowisku operacyjnym	14
4.3.	Strategie ograniczania zmęczenia	15
4.4.	Praca w systemie zmianowym a sen i zmęczenie	17
4.5.	Czy można wiarygodnie ocenić poziom odczuwanego zmęczenia	21
4.6.	Zmęczenie w kontekście relacji KRL – pilot samolotu	27
4.7.	Przerwy w pracy na stanowisku	28
4.8.	Rola światła w poprawie nastroju i poziomu czujności	30
4.9.	Zarządzanie zmęczeniem	31
5.	Subiektywna ocena obciążenia pracą umysłową	35
6.	Metody fizjologiczne w ocenie obciążenia pracą umysłową	43
6.1.	Sygnał EKG	44
6.2.	Okulografia	48
7.	Ocena uciążliwości związanych z warunkami fizycznymi środowiska pracy	51
8.	Podsumowanie	53
	Bibliografia	56

1. Wstęp

Celem opracowania jest przybliżenie osobom zainteresowanym (pracownikom, przedstawicielom służby bhp, organizatorom pracy, pracodawcom) problematyki oceny obciążenia pracowników pracą umysłową i problemów metodycznych z tym związanych. Bazując na doświadczeniach różnych grup naukowców oraz na wynikach badań własnych, przedstawiono propozycje minimalizacji negatywnych skutków obciążenia umysłowego i psychicznego pracowników na stanowiskach pracy związanych z wykonywaniem zadań o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych. Do takich należą zadania kontrolera ruchu lotniczego (KRL) i pilota samolotu. Stanowiska te dzieli całkiem odmienne środowisko pracy, ale łączy konieczność współpracy obciążonej odpowiedzialnością za ewentualne straty materialne, a przede wszystkim za bezpieczeństwo ludzi (rys. 1). Dlatego właśnie te grupy zawodowe wybrano do omówienia problemu nadmiernego obciążenia pracą umysłową i proponowanych przez różnych badaczy sposobów utrzymania odpowiedniego poziomu sprawności psychofizycznej poprzez ograniczanie deficytu snu i zmęczenia.



Rys. 1. Współpraca dwóch zespołów wykonujących zadania o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych: pilotów i KRL

Nie ma jednoznacznej definicji pojęcia „obciążenie pracą umysłową”. Zdaniem Anne Isaac obciążenie pracą jest połączeniem zewnętrznych wymagań związanych z pracą oraz indywidualnych cech i poziomu kwalifikacji osoby wykonującej pracę. Składa się na nie wiele czynników zewnętrznych i subiektywnych. Na obciążenie pracą mogą wpływać wymagania, którym należy sprostać, chociaż zbyt mało pracy, nuda i monotonne czynności są równie męczące jak wykonywanie ciężkiej pracy. Brakuje doniesień świadczących o jednoznacznych powiązaniach pomiędzy miarą wymogów zewnętrznych, subiektywną oceną a fizjologicznymi wskaźnikami obciążenia pracą. Naukowcy skupiają się albo na analizie wymogów zewnętrznych określonej sytuacji w pracy, albo na indywidualnym doświadczeniu w zakresie obciążenia pracą (Isaac, 2011).

2. Obciążenie pracą umysłową

Praca umysłowa wiąże się wymaganiem, by pracownik posiadał wiele zdolności w zakresie procesów poznawczych, takich jak zdolność skupienia, koncentracji i podzielności uwagi, dobra pamięć, spostrzegawczość, rozumowanie logiczne, sprawność sensomotoryczna (m.in. koordynacja wzrokowo-ruchowa), refleks (Widerszal-Bazyl i in., 1998).

Pojęcia związane z obciążeniem pracą umysłową (ang. *mental workload*) zostały zdefiniowane w normie (ISO 10075:1991). Termin „umysłowy” (ang. *mental*) używany jest zwykle wtedy, gdy mówi się o procesach doświadczeń oraz zachowań człowieka. Odnosi się do procesów poznawczych, informacyjnych oraz emocjonalnych człowieka, a ponieważ aspekty te są wzajemnie powiązane, to w praktyce nie można lub nie powinno się zajmować nimi oddzielnie. Pracę, nawet tę głównie fizyczną, można łączyć ze stresem umysłowym (ang. *mental stress*), który przekracza możliwości radzenia sobie z nim. Stres umysłowy wywołuje u człowieka procesy rosnącego lub malejącego napięcia umysłowego (ang. *mental strain*). W zależności od intensywności i czasu trwania napięcia umysłowego pojawia się zmęczenie umysłowe (ang. *mental fatigue*), będące przejściowym osłabieniem umysłowej i fizycznej wydajności podczas wykonywanej pracy. Stopień takiego osłabienia jest zróżnicowany indywidualnie. Po zmęczeniu umysłowym odzyskanie normalnej wydajności można osiągnąć raczej poprzez odpoczynek niż przez zmianę czynności. Uświadomienie sobie spadku poziomu

funkcjonalnej wydajności wiąże się z narastającym poczuciem zmęczenia i częstszym popełnianiem błędów (ISO 10075:1991).

Nie istnieje powszechnie przyjęta, formalna definicja obciążenia pracą. Jest to szerokie pojęcie odnoszące się do zmęczenia umysłowego w wyniku wykonywania zadania w specyficznych warunkach środowiskowych i operacyjnych, w połączeniu ze zdolnością pracownika do reakcji na te wymogi. Różne grupy naukowców z różnych dziedzin posługują się swoją własną, „kulturowo preferowaną” definicją obciążenia pracą (Cain, 2007). Wg Daniela Gophera i Emanuela Donchina obciążenie pracą jest to koszt związany z ograniczonymi, indywidualnymi możliwościami przetwarzania informacji, jaki ponosi pracownik w celu utrzymania jakości wykonywanych zadań w określonych granicach (Gopher i Donchin, 1986). Daniel Gopher i Rolph Braune sugerują, że pojęcie obciążenia pracą zostało stworzone w celu wyjaśnienia niezdolności człowieka-wykonawcy do sprostania wymaganiom związanym z wykonywaniem zadania, a celem podejmowania prób tworzenia miary obciążenia pracą jest określenie, czym jest wykonywanie zadania w odniesieniu do możliwości wykonawcy (Gopher i Braune, 1984). Inni badacze zakładają, że obciążenie pracą umysłową jest wyodrębnione z meta-kontrolowanych działań wykonawcy: „urządzenia” poznawczego, które kieruje uwagę, zмага się z celami, pomiędzy którymi zachodzą interakcje, wybiera strategię, dostosowuje je do kompleksowości zadania, ustala tolerancję wydajności itd. Uważają, że choć zarówno obciążenie pracą, jak i stres związany z jej wykonywaniem są wynikiem wymogów środowiska pracy oraz zdolności pracownika do sprostania tym wymogom, to należy rozróżniać obciążenie pracą od emocji, która odgrywa ważną rolę w przetwarzaniu informacji i percepcji obciążenia pracą (Cain, 2007).

Niezależnie od rodzaju wykonywanej pracy, fizycznej czy umysłowej, pracownik narażony jest na obciążenie psychiczne będące zarówno wynikiem zaangażowania uwagi i procesów myślowych, jak też łącznego oddziaływania wszystkich czynników szkodliwych i uciążliwych związanych z pracą na stanowisku, psychicznych i fizycznych warunków pracy (rys. 2), (Zużewicz i in., 2011). Obok wymienionych wcześniej zdolności w zakresie procesów poznawczych na obciążenie pracą mają wpływ cechy osobowości jak odporność emocjonalna, samokontrola, umiejętność postępowania z ludźmi i umiejętność podejmowania szybkich decyzji (Widerszal-Bazyl i in., 1996).

Wszyscy badacze są zgodni co do tego, że obciążenie pracą jest pojęciem wielowymiarowym i wielopłaszczyznowym.

Za główne cele dążenia do ustalenia zasad pomiaru obciążenia pracą umysłową uznaje się (Cain, 2007):

- ▶ umożliwienie szacowania poziomu obciążenia związanego z wykonywanymi zadaniami dla przewidywania wydajności pracownika i systemu pracy

- ▶ ocenę, jakie wymagania potrzebne są do realizacji określonego zadania i odniesienie ich do ograniczonych możliwości wykonawcy
- ▶ ocenę kosztu fizjologicznego wykonywanych zadań umysłowych.



Rys. 2. Związek obciążenia pracą z napięciem umysłowym

Przy projektowaniu systemu pracy w aspekcie minimalizacji obciążenia pracą umysłową należy mieć na uwadze, że praca umysłowa składa się z serii zadań, wykonywanych przy użyciu konkretnego sprzętu technicznego, w określonym środowisku pracy oraz w określonej strukturze organizacyjnej (rys. 3). Każdy z tych elementów powinien zostać uwzględniony, gdy ma się na celu optymalizację obciążenia (ISO 10075-2:1996). Taki system powinien być opracowany z uwzględnieniem różnych aspektów i poziomów rozwiązań, takich jak:

- intensywność obciążenia pracą
 - na poziomie zadania/pracy zawodowej
 - na poziomie sprzętu technicznego
 - na poziomie środowiskowym
 - na poziomie organizacyjnym
- czas trwania ekspozycji na obciążenie pracą
 - na poziomie obowiązującej aktualnie organizacji pracy.



Rys. 3. Obciążenie pracą umysłową i jego konsekwencje dla pracownika

3. Kontroler ruchu lotniczego (KRL) i pilot samolotu – przykłady zawodów o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych

Kontroler ruchu lotniczego (KRL) wykonuje pracę umysłową uznaną za najbardziej obciążającą wśród znanych zawodów. Tak duża liczba wymagań percepcyjnych związanych m.in. z przetwarzaniem danych, szybkością reakcji, presją czasu, odpornością na sytuacje stresowe i wieloma innymi, skumulowana w środowisku jednej grupy zawodowej, jest rzadko spotykana (Najmiec, 1999; Hwang i in., 2008; Zużewicz i in., 2011). Praca kontrolera należy do grupy prac o szczególnym charakterze, gdyż wymaga szczególnej sprawności psychofizycznej, której obniżenie uniemożliwia wykonywanie pracy w sposób zapewniający bezpieczeństwo publiczne. Zawód ten został zaliczony do kategorii trudnych i niebezpiecznych (Łuczak, 2001).

W ocenie obciążenia pracą zawodową KRL powinno się uwzględniać specyfikę tego zawodu, reakcje psychofizjologiczne kontrolera w toku pracy na stanowisku, następstwa naturalnego procesu starzenia się, skutki pracy zmianowej, czynniki socjologiczne, organizację pracy i umiejętność pracy w zespole oraz umiejętność indywidualnego radzenia sobie ze stresem towarzyszącym pracy.

Grupy czynników stresogennych wpływających na obciążenie pracą KRL (Zużewicz i in., 2011):

1) czynniki związane bezpośrednio z systemem kontroli ruchu:

- odpowiedzialność za życie ludzi
- presja czasu
- samodzielność w podejmowaniu trudnych decyzji
- nadmiar informacji
- nieufność wobec informacji
- niekompletność informacji o istniejącej sytuacji
- korekta informacji
- praca w zespole
- niepełny kontakt z pilotem
- nieprzewidziana sytuacja
- działanie nieschematyczne
- trudne warunki pogodowe
- praca zmianowa/nocna
- fizyczne warunki środowiska pracy
- ergonomia stanowiska pracy.

2) czynniki osobnicze:

- pamięć wzrokowa, słuch
- podzielność uwagi
- koncentracja uwagi
- wyobraźnia przestrzenna
- wyczucie czasoprzestrzeni
- zdolność przewidywania
- samodzielność decyzji
- umiejętność pracy w zespole
- doświadczenie zawodowe
- odporność na stres

- poziom lęku i agresji
- kondycja psychofizyczna
- zmęczenie, niedobór snu
- tolerancja pracy zmianowej/nocnej
- problemy pozazawodowe
- stan zdrowia (w tym zażywane leki, spożywanie kofeiny, palenie papierosów)
- wiek.

3) czynniki związane ze środowiskiem pracy:

- organizacja stanowiska pracy
- obsada danej zmiany
- liczba zadań do wykonania
- rozkład pracy danej zmiany
- organizacja przerw w pracy na stanowisku
- płynność i kompletność informacji
- współpraca zespołowa
- sprawność techniczna sprzętu
- właściwy poziom czynników fizycznych (takich jak hałas, mikroklimat, oświetlenie)
- ergonomia stanowiska (obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego i narządu wzroku).

Dla zapewnienia bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego w Polsce, w Europie czy na świecie, pilotom statków powietrznych stawia się wysokie wymagania w zakresie sprawności psychicznej i fizycznej. Rozumiana jest ona jako niewystępowanie żadnej choroby ani upośledzenia, które uniemożliwiłoby pilotowi: wykonywanie czynności niezbędnych do prowadzenia statku powietrznego lub wykonywanie w każdym czasie przydzielonych mu zadań, lub właściwe postrzeganie swojego otoczenia (DzUrz L 260/1 z 25.10.2012, Załącznik III, p.4.a.1.). W dniu, kiedy wykonywany jest lot, pilot powinien być nie tylko zdrowy (na poziomie wymagań dla uzyskania licencji), lecz także powinien być w odpowiednim stanie zdrowia i odpowiednio sprawny psychofizycznie. Powinien być wypoczęty i wyspany, aby na właściwym poziomie i bezpiecznie wykonać zadania podczas lotu.

Wymienione dwie pierwsze grupy czynników stresogennych stanowiących obciążenie w pracy dla KRL dotyczą także pilotów samolotów, choć interpretacja niektórych może być nieco odmienna. Dla pilota samolotu praca w zespole oznacza współpracę z pozostałym personelem, dla którego jest kapitanem załogi, ale

też współpracę z pasażerami, będącymi w różnym stanie pobudzenia emocjonalnego oraz kontrolerami ruchu lotniczego, informacje od których umożliwiają odnalezienie się w przestrzeni powietrznej, zwłaszcza przy złej widoczności. Informacje otrzymywane drogą radiową i odczytywane z przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych w kabinie oraz ich profesjonalna interpretacja umożliwiają pilotowi szybkie, dokładne i skoordynowane wykonanie czynności w procesie sterowania samolotem. Podczas lotu pilot zdany jest głównie na swoje umiejętności i trafność własnych decyzji podejmowanych ze świadomością odpowiedzialności za życie własne, załogi i pasażerów. Do czynników obciążających pilota, związanych ze środowiskiem pracy, można zaliczyć hałas związany z pracą silników, turbulencje, oświetlenie przyrządów w kabinie, niską wilgotność powietrza, wielogodzinną wymuszoną pozycję siedzącą, monotonię przeplatającą się ze wzmożoną koncentracją i podzielnością uwagi, pracę zmianową, organizację przerw na odpoczynek.

4. Problem zmęczenia i zarządzania zmęczeniem pracą umysłową

Najczęściej badanym i dyskutowanym problemem dotyczącym osób wykonujących zawody o dużym obciążeniu pracą umysłową jest problem zmęczenia. Jest on szczególnie ważny, gdy chodzi o pracę, w której zmęczenie przekładające się na zwiększone ryzyko popełnienia błędu dotyczy życia ludzkiego czy znacznych strat materialnych. Taka sytuacja ma miejsce w zawodzie KRL i u personelu lotniczego. Zmęczenie jest konsekwencją obciążenia pracą, a jego naturalnym efektem jest potrzeba odpoczynku i snu.

Ocena zmęczenia nie jest łatwa i jednoznaczna, gdyż wpływa na nie wiele czynników, także niezwiązanych bezpośrednio z wykonywaną pracą. Należą do nich m.in.: wiek, stan zdrowia, długość i jakość snu poprzedzającego pracę, liczba godzin aktywności poprzedzającej pracę (zwłaszcza podczas zmiany nocnej), pora wykonywania pracy (zmiana robocza), spożywanie kofeiny, zażywanie niektórych leków itp. Ponadto zmęczenie modyfikowane jest przez dobowe wahania parametrów fizjologicznych takich jak częstość skurczów serca, częstość

oddechów, temperatura głęboka ciała, uwarunkowanych funkcją endogennego zegara biologicznego.

Zmęczenie jest ważnym elementem warunkującym zdolność pracownika do wykonywania pracy zarówno fizycznej, jak i umysłowej. Jest też ważnym czynnikiem wpływającym na jakość i bezpieczeństwo wykonywanej pracy. Metody oceny zmęczenia najczęściej zawężają się do porównania subiektywnych odczuć pracownika, przed i po pracy.

Prostym i łatwym w zastosowaniu narzędziem do oceny poziomu zmęczenia mogą być dobowe profile zmęczenia. Pracownicy przez kilka kolejnych dób dokonują subiektywnej oceny zmęczenia w każdej godzinie aktywności dobowej i podają informację o porze snu (drzemek). Zmęczenie oceniane jest w skali pięciostopniowej (od rześki do bardzo zmęczony).

Dobowe profile zmęczenia mogą być źródłem informacji o różnicach narastania zmęczenia w pracy związanych z wiekiem czy systemem rotacyjnym w pracy zmianowej (szczególnie nocnej). Informacje te mogą być wykorzystywane przy opracowywaniu tzw. systemów zarządzania zmęczeniem, których nadrzędnym celem jest poprawa bezpieczeństwa pracy.

European Organization for Safety of Air Navigation (EUROCONTROL) opublikowała w 2011 r. dokument omawiający problemy zmęczenia w zawodzie KRL (Isaac, 2011). W następnej części tekstu zamieszczono najważniejsze spostrzeżenia zawarte w tym dokumencie.

4.1. Jak definiować zmęczenie?

Nie ma zgodnych opinii, jak powinna brzmieć definicja zmęczenia, nawet wśród ekspertów w tej dziedzinie. Stworzenie uniwersalnej definicji uważa się za niemożliwe, gdyż zmęczenie jest stanem doświadczanym w różnych okolicznościach, różnorodne mogą być też jego przyczyny i skutki (Makowiec-Dąbrowska i in., 2011).

(Williamson i in., 2001) definiują zmęczenie jako stan wywołujący biologiczną potrzebę odpoczynku regenerującego, gdyż na zmęczenie składa się szereg objawów (natury fizycznej i poznawczej), wynikających z braku odpoczynku. Uważa się, że zmęczenie, podobnie jak głód czy pragnienie, jest sygnałem, że nasz organizm potrzebuje odpoczynku, że jest normalnym stanem fizjologicznym, którego nie można całkowicie stłumić. Wg Browna zmęczenie pojawia się wówczas, gdy subiektywnie odczuwamy niechęć do kontynuowania pracy (Brown, 1994).

Część naukowców proponuje wyróżnianie dwóch postaci zmęczenia fizycznego: będącego synonimem zmęczenia mięśniowo-szkieletowego i umysłowego, dotyczącego funkcji psychicznych. Inne proponowane klasyfikacje dotyczą lokalizacji zmian czynnościowych lub złożoności sytuacji, w których znajduje się pracownik (Makowiec-Dąbrowska i in., 2011). W przypadku KRL czy pilotów można rozważać takie formy zmęczenia jak: ośrodkowe, objawiające się pogorszeniem uwagi i czujności; wzrokowe, związane z pogorszeniem ostrości widzenia; fizyczne, wynikające z obciążenia statycznego (pozycja siedząca); umysłowe, polegające na pogorszeniu funkcji poznawczych z powodu konieczności ciągłej koncentracji uwagi czy emocjonalne, wynikające z działania po presją czasu.

Biurow Zarządzania Ryzykiem Federal Aviation Administration posługuje się następującą definicją zmęczenia: „zmęczenie jest stanem charakteryzującym się zwiększonym dyskomfortem oraz zmniejszoną zdolnością do pracy, ograniczoną wydajnością podczas wykonywania określonych zadań, utratą siły oraz zdolności, któremu zawsze towarzyszy uczucie wyczerpania” (Caban, 2011, s. 78).

Większość KRL postrzega zmęczenie jako problem fizjologiczny z następstwami psychologicznymi i fizycznymi. Natomiast Sydney Dekker uważa, że dla KRL zmęczenie to problemem głównie natury etycznej, ponieważ w sytuacji, gdy subiektywne odczucie zmęczenia pozbawia ich pewności, co do bezpiecznego wykonywania pracy, powinni ten fakt zgłosić i odmówić jej wykonywania. Pozostaje jednak świadomość, że odmowa wykonywania pracy oznacza dodatkowe obciążenie obowiązkami pozostałych kolegów, co może zwiększać ich poziom zmęczenia. W ten sposób aspekt zmęczenia z problemu etycznego staje się kwestią bezpieczeństwa (Dekker, 2011).

Ponieważ osoby zmęczone mogą źle oceniać swój poziom czujności, Alberto Iovino, kontroler z 13-letnim stażem na stanowisku Air Traffic Control (ATC) uważa, że problemem nie jest samo uczucie zmęczenia, ale są nim: jego konsekwencje takie jak brak reakcji na przychodzące informacje, utrata krótkotrwałej pamięci oraz świadomości sytuacji oraz inne zjawiska, jak np. mikroseny, czyli epizody całkowitego wyłączenia percepcji środowiska (Iovino, 2011).

4.2. Skutki zmęczenia KRL w środowisku operacyjnym

Zdaniem Anne Isaac potencjalnie najbardziej destruktywne skutki zmęczenia to nieuwaga oraz fakt, że osoba zmęczona często nie przyznaje się do spadku wydajności. Jej zdaniem zmęczenie powoduje głównie następujące objawy:

- ▶ wolniejsze przetwarzanie informacji oraz pogorszenie wydajności pracy umysłowej
- ▶ dłuższy czas potrzebny do przekształcania pozyskiwanych danych w przekazywaną dalej informację
- ▶ pomyłki, słaba koncentracja, zawężona percepcja oraz zapomnianie, co prowadzi do obniżenia czujności oraz wolniejszej reakcji na zmianę sytuacji
- ▶ przypominanie sobie błędnych informacji na temat ostatnich wydarzeń: np. treść wiadomości podanej przez radio może być zapomniana lub błędnie przypomniana sobie
- ▶ pomijanie i nieuwaga prowadzące do coraz większej liczby pominięć i błędów
- ▶ wolniejsze rozumienie i uczenie się: coraz więcej czasu zajmuje zrozumienie jakiegokolwiek informacji – wypowiedzianej lub napisanej, a także pokazywanych wzorów, np. mapy lub wykresu
- ▶ pogorszenie wydajności pracy w zespole: pogorszenie interakcji z załogą/zespołem oraz zdolności do komunikacji ze względu na mniejszą wrażliwość na potrzeby i cele innych osób (humory, drażliwość, aspołeczność, lekceważenie środków bezpieczeństwa i narażanie się na większe ryzyko)
- ▶ większe zagrożenie osobistego bezpieczeństwa: obniżenie świadomości siebie i sytuacji prowadzących do apatii, lekceważenia środków bezpieczeństwa i narażania się na większe ryzyko
- ▶ osłabienie zdolności kierowania zespołem wyrażające się np. dłuższym czasem na podjęcie decyzji, albo podejmowanie błędnych decyzji, którego często nie jest się świadomym.

4.3. Strategie ograniczania zmęczenia

Aby móc skutecznie zarządzać zmęczeniem, należy uświadomić sobie, jakie czynniki środowiska zewnętrznego i indywidualne mogą zwiększać lub ograniczać jego poziom. Zdaniem Anne Isaac (2011) zarządzając zmęczeniem powinno się brać po uwagę następujące kwestie:

▶ **postrzeganie ryzyka lub zainteresowanie pracą**

Jeżeli dla danej osoby stymulujące są świadomość ryzyka lub zainteresowanie wykonywaną czynnością, może ona dłużej pozostawać w stanie czuwania i zachować czujność. Jednak po długotrwałym wykonywaniu określonej czynno-

ści czas, jakiego potrzeba na odpoczynek, również będzie dłuższy. Monotonne lub nudne zajęcie przyspiesza poczucie zmęczenia.

▶ **środowisko**

Ludzie szybciej męczą się w środowisku z niewłaściwym poziomem oświetlenia, hałasu, wibracji, temperatury lub ruchu.

▶ **pora dnia**

Człowiek żyje zgodnie z naturalnym rytmem dobowym, w którym porą aktywności jest dzień, co oznacza, że jest najmniej czujny we wczesnych godzinach porannych, a najbardziej – w godzinach wczesnopopołudniowych.

▶ **sprawność fizyczna i ćwiczenia**

Osoby z nadwagą, niećwiczące, szybciej się męczą niż osoby szczupłe, sprawniejsze i aktywniejsze.

▶ **jedzenie i dieta**

Nieodpowiednie odżywianie się przyspiesza zmęczenie. Pożywienie ma również wpływ na czujność, np. cięższe jedzenie, w którym przeważają węglowodany, powoduje zwiększenie uczucia senności, zaś lekki posiłek, zawierający głównie białko, sprzyja czujności. Poziomy zmęczenia można częściowo kontrolować, ustalając skład oraz pory spożywanych posiłków. Kilka podstawowych sugestii:

- ▶ posiłki złożone głównie z węglowodanów ułatwiają sen
- ▶ posiłki złożone głównie z białka wspomagają czuwanie i aktywność
- ▶ regularne pory posiłków pomagają w regulacji 24-godzinnych cykli
- ▶ podczas pracy nocnej główne posiłki należy spożyć przed godz. 1. w nocy
- ▶ po pracy nocnej lekka przekąska składająca się z węglowodanów powinna być spożyta nie później niż 2 godz. przed spodziewaną porą snu
- ▶ spożywanie alkoholu przed snem nie jest dobrym rozwiązaniem – pomaga zasnąć, ale skraca potrzebny okres snu
- ▶ spożycie kofeiny przed 4-godziną drzemką poprzedzającą zmianę nocną może skrócić sen, lecz po obudzeniu możemy poczuć się bardziej wypoczęci.

▶ **długość oraz jakość snu**

Dla właściwego odpoczynku człowiek potrzebuje snu odpowiednio długiego i dobrej jakości. Gdy warunki te nie są spełnione, powstaje niedobór (deficyt) snu, przekładający się na szybsze narastanie zmęczenia, większą potrzebę odpoczynku i senność. Nieprawidłowy odpoczynek jest często uznawany za czynnik zdarzeń wypadkowych.

4.4. Praca w systemie zmianowym a sen i zmęczenie

KRL pracują w systemie zmianowym, co oznacza konieczność wykonywania pracy także w godzinach nocnych, przy braku gotowości fizjologicznej do wysiłku fizycznego i umysłowego. Praca w nocy wykonywana jest wbrew naturalnej rytmice okołodobowej procesów fizjologicznych, w tym rytmu sen-czuwanie, dostosowanego do astronomicznego cyklu dnia i nocy. Dla pracownika zmianowego oznacza to nieregularne pory snu przez całe życie zawodowe.

Philippe Cabon uważa, iż zmęczenia pracą na stanowisku KRL nie da się wyeliminować. Można jedynie rozważyć profilaktykę lub złagodzenie jego skutków w celu wyeliminowania zagrożenia bezpieczeństwa w pracy. Definicja zmęczenia związana jest ściśle z definicją odpoczynku, a konkretnie z dwoma jego aspektami. Z jednej strony odpoczynek to zaprzestanie wykonywania zadań, z drugiej – to sen. W pierwszym przypadku potrzeba odpoczynku wynika z rodzaju wykonywanego zadania (mięśniowe, sensoryczne, umysłowe), w drugim ma związek z poczuciem senności (Williamson i in., 2001; Cabon, 2011).

W pracy KRL aspekt odpoczynku związany ze snem uważany jest za istotniejszy. Długość podstawowego snu nocnego to przeciętnie 7 – 9 godz. Jednak o ile u osób pracujących w ciągu dnia sen stanowi jeden przedział czasowy przypadający na porę nocną, to u osób pracujących w nocy podzielony jest najczęściej na dwie części. Dobrze jest wyspać się przed pójściem do pracy na nocną zmianę, pamiętając, że długość snu/drzemki ma wpływ na poziom sprawności psychofizycznej w następnych godzinach. Po wielogodzinnym okresie aktywności krótki sen trwający 3 – 4 godz. pozwala zwiększyć poziom sprawności tylko o pewien procent (ok. 60 – 70%) w porównaniu z tym, jaki osiąga się po pełnym odpoczynku. Z drugiej strony brak snu/drzemki, czyli wielogodzinna aktywność poprzedzająca pracę nocną, może pogłębić problem zmęczenia i senności. Deficyt snu może negatywnie wpływać na funkcje poznawcze i motoryczne. Związek pomiędzy deficytem snu a bezpieczeństwem w pracy jest złożony, zależy od wielu czynników, dlatego trudno go udowodnić. Jednym z czynników jest świadomość zmęczenia, która z jednej strony może doprowadzić do opracowania strategii zmierzających do redukcji zmęczenia, czy do utrzymania odpowiedniego poziomu wydajności pracy. Z drugiej strony brak takiej świadomości jest przyczyną rezygnacji z opracowywania takich strategii, co ma negatywny wpływ na wydajność pracy, a w konsekwencji na bezpieczeństwo.

Zdaniem Philippe'a Cabona ważną rolę dla poprawy świadomości oraz opracowania indywidualnych i zbiorowych strategii walki ze zmęczeniem mogą odegrać szkolenia w tym zakresie. Uważa on, że problem zmęczenia wymaga zastosowania metod opartych na wiedzy wynikającej z doświadczenia i nie można mu przeciwdziałać, wdrażając jedynie wiedzę naukową. W swoim opracowaniu podsumował

najważniejsze, naukowo potwierdzone fakty dotyczące zmęczenia oraz umieścić zalecenia praktyczne opracowane na podstawie tej wiedzy (Cabon, 2011). Jedną z propozycji jest rozpatrzenie problemu zmęczenia w aspekcie organizacji pracy oraz kształtowania pewnych strategii zapobiegających zmęczeniu. Nie ma idealnego planu pracy na stanowisku KRL. Aspekt organizacyjny dotyczy głównie rozkładu przerw w pracy na stanowisku i przerw między kolejnymi zmianami.

Jednym z rozwiązań branych pod uwagę jest właściwy kierunek rotacji zmian. Większość ekspertów z dziedziny pracy zmianowej twierdzi, że kierunek rotacji zgodny z ruchem wskazówek zegara (rano – popołudnie – noc) jest lepszy od kierunku rotacji przeciwnego do ruchu wskazówek zegara (rano – noc – popołudnie) ze względu na fizjologiczne konsekwencje wynikające z rytmiki okołodobowej procesów fizjologicznych. Nie jest to rozwiązanie popularne wśród pracowników zmianowych, w tym także KRL. Powodem braku jego akceptacji jest skrócenie czasu wolnego. Aby rotacja zgodna z ruchem wskazówek zegara została zaakceptowana, konieczne jest znalezienie sposobu na wydłużenie liczby kolejnych dni wolnych. Trzeba też pamiętać, że dla uniknięcia deficytu snu czas wolny pomiędzy zmianami nie powinien być krótszy niż 10 – 13 godz. (Cabon, 2011).

Ze względu na wymagany stały poziom uwagi w pracy KRL w trakcie zmian (praca na stanowisku – przerwa) przeprowadzana jest analiza wpływu cyklu pracy na wydajność pracy. Stwierdzono, że wydajność pracy oceniana na podstawie czasu reakcji jest w cyklu 20 min pracy i 20 min odpoczynku taka sama jak w cyklu 60 min pracy i 60 min odpoczynku. Różnica dotyczy pory doby. Podczas zmiany nocnej, w porze najniższej wydajności okołodobowej, czyli między trzecią a szóstą rano, czas reakcji ulega znacznemu wydłużeniu, w przypadku gdy praca odbywa się w cyklu 60/60. Kwestią dyskusyjną jest, czy część przerwy przeznaczyć na sen.

Drzemka jest rozwiązaniem najczęściej stosowanym przez pracodawców w profilaktyce zmęczenia u pracowników zmiany nocnej. W wielu opracowaniach wykazano pozytywny wpływ drzemek na czujność oraz wydajność pracy KRL. Jednak aby uzyskać pożądany efekt drzemki, potrzebna jest świadomość, że jej długość ma związek z ewentualnymi negatywnymi konsekwencjami, np. z bezwładem sennym, czyli obniżeniem czujności i sprawności, pogorszeniem wydajności, czasu reakcji, a także pamięci zaraz po wybudzeniu z faz snu głębokiego. Inercja senna jest tym większa, im więcej głębokiego snu podczas drzemki. Podczas pracy zmianowej czas drzemki należy dokładnie zaplanować. Jeżeli drzemka ma być w godzinach najniższej wydajności okołodobowej lub blisko tego okresu, przy deficycie snu, to dla uniknięcia inercji sennej powinna być krótka, trwać do 20 min (Cabon, 2011).

Uważa się, że celem działań profilaktycznych, zmierzających do wyeliminowania negatywnego wpływu zmęczenia na bezpieczeństwo pracy, powinno być

umożliwienie redukcji zmęczenia poprzez opracowanie odpowiedniego rozkładu pracy i uświadomienie KRL, jak rozpoznawać sygnały zmęczenia i jak je redukować.

Do najczęściej obserwowanych objawów zmęczenia wynikających z nadmiernego obciążenia pracą umysłową czy fizyczną należą:

- ociężałość myślenia
- nieobecność myślami
- rozluźnienie
- zmęczenie fizyczne
- sztywność ramion
- ból kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego
- ból głowy
- zmęczenie oczu
- drżenie rąk i nóg
- mdłości
- drażliwość
- brak energii
- potrzeba (chęć) przyjęcia pozycji leżącej
- senność (mikrosen).

Zdaniem Andrew Kilnera i Nuno Ceboli, choć badania dotyczące snu, pracy zmianowej i czujności prowadzone są od ponad 40 lat, ich wyniki w niewielkim stopniu mają zastosowanie w praktyczne. Badacze stwierdzają, iż przyjęty system pracy zmianowej nie przyczynia się do rozwiązania problemu zmęczenia kontrolerów. Czas pracy jest zwykle zorganizowany tak, żeby pasował do wzorów ruchu lotniczego, a nie jest optymalizowany pod kątem naturalnych cykli biologicznych pracowników. Oznacza to akceptację takiego systemu zmianowego, który czyni kontrolerów bardziej podatnymi na wpływ zmęczenia. Nawet przy optymalnie zaplanowanej rotacji zmian praca zmianowa jest męcząca i nadal istnieje problem pokonania czynników uniemożliwiających właściwy odpoczynek po pracy nocnej (Kilner i Cebola, 2011).

Wypoczynek po pracy nocnej to najczęściej sen w porze dnia, czyli w porze, gdy naturalne światło słoneczne zahamowuje w szyszynce produkcję melatoniny zwanej hormonem ciemności, „informującym” organizm, że jest noc. Trudno oczekiwać, by sen w zwyczajowej porze aktywności zapewniał ludziom należyty odpoczynek. Odpowiedniej długości i jakości snu nie sprzyjają hałas, światło, potrzeba załatwienia spraw urzędowych, codzienne życie rodzinne itp.

Alberto Iovino uważa, że problemy ze snem to cena, jaką każdy KRL płaci w związku ze swoim zawodem. Zdając sobie sprawę, jak ważną rolę odgrywa prawidłowy sen w minimalizacji problemu zmęczenia i w utrzymaniu wysokiego poziomu czujności, każdy KRL powinien zadbać o to, by jego sen był dostatecznie dobry.

Jest to istotny problem, którego nie należy lekceważyć. Można próbować dopasowywać system zmian tak, by była zabezpieczona fizjologiczna potrzeba snu, np. przez regulację długości zmiany, godzin początku i końca zmiany. Jednak w domu, poza pracą, każdy sam powinien zadbać o swój wypoczynek. Zdaniem Iovino każdy ponosi odpowiedzialność za swoje zachowanie, podejmując pracę w sytuacji lekceważenia swojej fizjologicznej potrzeby snu (Iovino, 2011).

Kilner i Cebola proponują, by przy opracowywaniu strategii ograniczania zmęczenia uwzględnić cztery czynniki przyczyniające się do jego kumulacji. Są to:

- 1) **rodzaj zmiany** (dzienna, nocna) oraz liczba godzin przepracowanych na stanowisku od momentu rozpoczęcia pracy
- 2) **narastanie deficytu snu przy rotacji zmian**. Zazwyczaj organizacja systemu zmianowego umożliwia kontrolerom odpoczynek w dni wolne od pracy poprzedzające kolejny cykl zmianowy. Nie ma jednak pewności, czy kontrolerzy mogą w dniach wolnych odbyć sen zapewniający im odpowiednio wysoki poziom czujności. Nagromadzony deficyt snu można nadrobić jedynie poprzez dłuższy sen
- 3) **jakość snu podczas zmian rotujących**. Nawet jeżeli sen jest dostatecznie długi, to nie zawsze zapewnia pełny odpoczynek, zwłaszcza gdy jest zakłócany czynnikami zewnętrznymi (takimi jak temperatura, hałas) albo przerywany. Mimo odbytego snu, jego deficyt może rosnąć
- 4) **wpływ drzemek**. Krótka, np. 20-minutowa, drzemka w pracy to odpoczynek bardzo efektywnie redukujący poziom zmęczenia. Jednakże drzemka trwająca dłużej niż 20 min stwarza ryzyko nagłego przejścia w sen głęboki, co po obudzeniu może tylko pogłębić poczucie zmęczenia.

Uważa się, że w zawodzie KRL postrzeganie zmęczenia jako problemu natury bardziej etycznej niż psychologicznej otwiera nowe możliwości w dziedzinie organizacji i przepisów. Nigdy nie przestaną być ważne działania zmierzające do zredukowania lub kontrolowania zmęczenia poprzez zmiany w organizacji pracy polegające na rotacji pracowników w danym systemie zmian, wprowadzaniu przerw oraz zastępstw, ale równie ważne jest przeciwdziałanie zmęczeniu w aspekcie niedopuszczenia do sytuacji, jakie w przeszłości doprowadziły do wypadków (Dekker, 2011).

4.5. Czy można wiarygodnie ocenić poziom odczuwanego zmęczenia?

Poczucie zmęczenia jest bardzo subiektywne. Zmęczenia nie można jednoznacznie zdefiniować naukowo. Fakt subiektywnego odczuwania zmęczenia bardzo utrudnia jego ocenę, czy potwierdzenie rzeczywistego poziomu zmęczenia (Dekker, 2011).

Praca kontrolera trwa kilka godzin „rozrzuconych” w czasie. Dotyczy to nie tylko cykli praca na stanowisku – przerwa, lecz także pory doby, w której praca jest wykonywana. Schematy pracy, jak i sytuacje podczas pracy na stanowisku nie są powtarzalne. Jednak zebranie odpowiednio dużej liczby informacji dotyczących dobowego zmęczenia i snu pozwala na stworzenie przybliżonego profilu aktywności dobowej kontrolerów: ich zmęczenia i pory odpoczynku/snu. Duża liczba zebranych informacji pozwala na ich analizę z uwzględnieniem kryterium wieku czy rodzaju stanowiska (kontrola zbliżania, obszaru czy lotniska).

W tej części tekstu przedstawiono wyniki badania przeprowadzonego w 2012 r., dotyczącego subiektywnie odczuwanego zmęczenia w grupie KRL. Przeanalizowano łącznie 761 profili dobowych, w tym: 413 dób z pracą dzienną, 140 z pracą w porze nocy i 208 wolnych od pracy. Udział kontrolerów był dobrowolny. Zaznaczali poziom zmęczenia i sen w kolejnych godzinach pojedynczej doby lub przez kilka kolejnych dób (do tygodnia). W każdej godzinie doby zaznaczano pole odpowiadające poziomowi zmęczenia w skali 1 – 5. Przyjęto następujące kategorie odpowiedzi: 1 – bardzo zmęczony, 2 – zmęczony, 3 – trochę zmęczony, 4 – wypoczęty, 5 – rześki. Na rys. 4 przedstawiono przykładowy wzór wypełnionego profilu dobowego zmęczenia (Kamińska i in., 2013).

DOBOWY PROFIL ZMĘCZENIA PRACOWNIKA ZMIANOWEGO

(oprac. Krystyna Zużewicz)

WZÓR DZIEŃ – praca na zmianie: (dziennej) – nocnej – dzień wolny (proszę zakreślić właściwe)

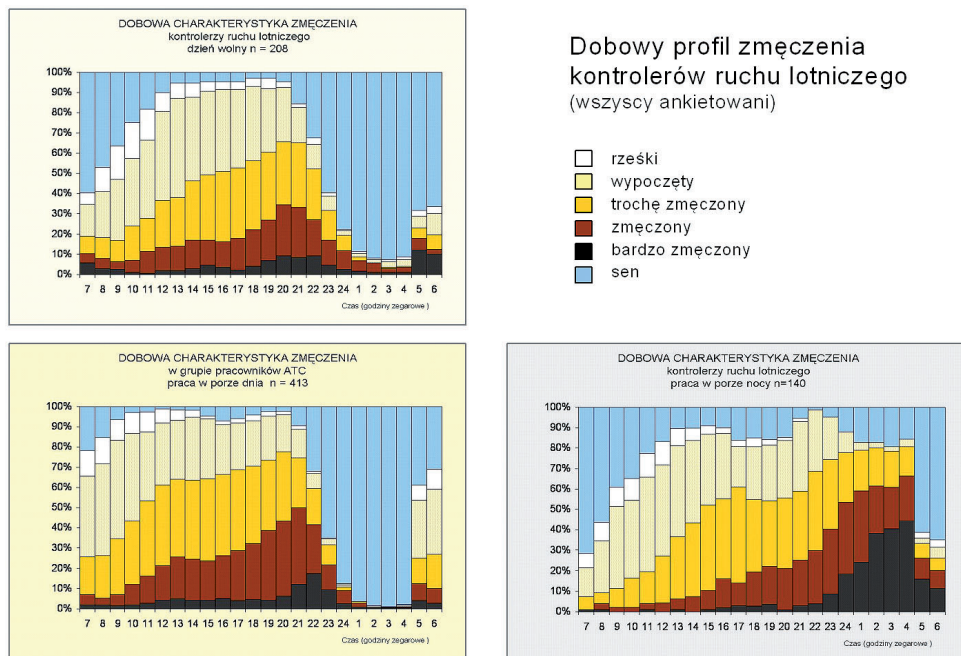
Godziny pracy																								
Godziny	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05
bardzo zmęczony						x	x	x	x								x	x						
zmęczony										x	x													
trochę zmęczony			x	x	x																			
wypoczęty	x	x																						
rześki																								

UWAGA:

- na górnym pasku należy linią zaznaczyć czas pracy (od – do)
- poziom zmęczenia proszę oznaczyć znakiem „x” w odpowiednim wierszu
- pole odpowiadające godzinom snu i drzemki, proszę zakreślić (od – do)

Rys. 4. Wzór dobowego profilu zmęczenia subiektywnie ocenianego przez pracowników zmianowych

Analiza wyników polegała na obliczeniu w każdej godzinie doby z pracą w porze dnia (D), pracą w porze nocy (N) i w dniu wolnym od pracy (W) procentowego rozkładu odpowiedzi dotyczących poziomu zmęczenia i snu. Za 100% przyjmowano liczbę odpowiedzi udzielonych w tej samej godzinie. Wyniki dla grupy KRL uczestniczących w dobrowolnym badaniu przedstawiono w formie graficznej na rys. 5. Następnie zastosowano kryterium wieku do wyodrębnienia dwóch podgrup. Jedną stanowili kontrolerzy w wieku do 40 lat, drugą – powyżej 40 lat. Wyniki dla obu podgrup przedstawiono na rys. 6.



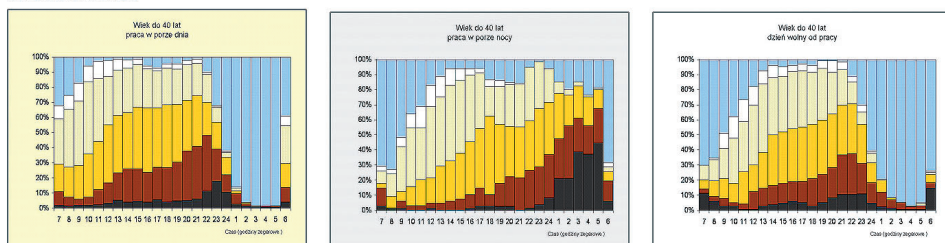
Rys. 5. Dobowy profil zmęczenia wszystkich kontrolerów uczestniczących w badaniu w dniu z pracą w porze dnia, w dniu z pracą nocną i w dniu wolnym (źródło: Kamińska i in., 2013)

Uzyskane dobowe profile zmęczenia są źródłem informacji o przybliżonej liczbie godzin snu nocnego KRL. Stwierdzono, że w dniach wolnych od pracy dla ok. połowy osób sen trwał 9 godz. W dniu z pracą dzienną liczba godzin snu nocnego była mniejsza i dla połowy kontrolerów wynosiła ok. 6 godz.

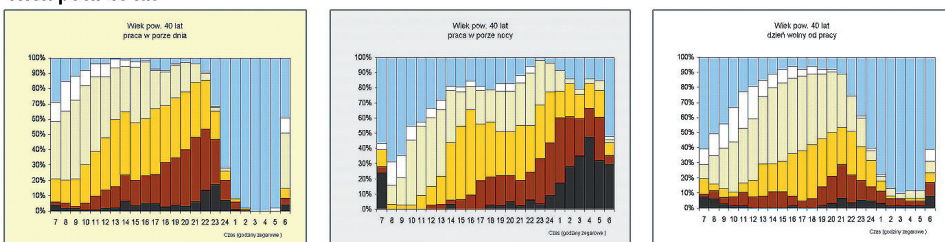
Dla zmniejszenia poczucia zmęczenia i senności podczas pracy na nocnej zmianie ważna jest drzemka przed pracą. Z uzyskanych profili zmęczenia (rys. 5) wynika, że tylko 20% kontrolerów stosuje drzemkę dla poprawy poziomu czujności podczas pracy nocnej. W przypadku kontrolerów ze starszej grupy wiekowej

pora drzemki przypada nie tylko na godziny przed pracą, lecz dotyczy także godzin wczesnopołudniowych (rys. 6).

Wiek do 40 lat



Wiek pow. 40 lat



rześki
 wypoczęty
 trochę zmęczony
 zmęczony
 bardzo zmęczony
 sen

Rys. 6. Dobowy profil zmęczenia KRL z podziałem na grupy wiekowe: do 40 lat i powyżej 40 lat, w dniu z pracą w porze dnia, w dniu z pracą nocną i w dniu wolnym od pracy (źródło: Kamińska i in., 2013)

U kontrolerów powyżej 40 roku życia, pracujących na zmianie dziennej, można zaobserwować podobne tempo narastania zmęczenia, jak w grupie wiekowej do 40 lat. Jednak w dobie z pracą w porze nocnej zmęczenie starszych wiekiem kontrolerów osiąga wyższy poziom wcześniej niż u osób w wieku do 40 lat. Dotyczy to godzin wczesnopołudniowych oraz nocnych (po godz. 24.). Procent osób odbywających drzemkę w ciągu dnia przed zmianą nocną jest większy w grupie starszych wiekiem pracowników, jednak dotyczy tylko ok. 20% osób. Dni wolne od pracy pozwalają znacząco obniżyć poziom zmęczenia, zwłaszcza pracowników starszych, co być może wynika z lepszych warunków domowych do wypoczynku i z mniejszego obciążenia obowiązkami rodzinnymi.

Przedstawiony sposób oceny poziomu zmęczenia jest źródłem tylko przybliżonej informacji o porze i długości snu czy drzemek pracownika. Jednak analiza długości i jakości snu jest ważna, gdyż osoby z deficytem snu myślą i poruszają się wolniej, popełniają więcej błędów i mają problemy z pamięcią, co nie powinno mieć miejsca u osoby pracującej na stanowisku kontrolera.

Równolegle z analizą zmęczenia można wykonać analizę snu metodą dokładniejszą od opisanej, poprzez zastosowanie *Karolińskiej Skali Senności* (ang. *Karolinska Sleepiness Scale*) do subiektywnej oceny poziomu czuwania/senności. Jest to dziewięciopunktowa skala opisująca poziom czujności od 1 – zdecydowanie czujny do 9 – bardzo senny, z trudem utrzymujący stan czuwania (Akerstedt i Gillberg, 1990).

Aby samodzielnie oszacować swoje indywidualne zapotrzebowanie na sen, bez stosowania specjalnych narzędzi badawczych, można skorzystać ze strategii zaproponowanych przez (Caldwell i in., 2009):

- 1) „Pierwsza strategia polega na przedłużaniu okresów snu w nocy w ciągu 7 kolejnych dni. Po tym czasie należy zastanowić się, czy dodatkowe godziny snu korzystnie wpływają na naszą sprawność poznawczą, nastrój i czujność.
- 2) Druga strategia jest bardziej wiarygodna i polega na prowadzeniu dziennika snu podczas urlopu, kiedy można spać ile się chce, co najmniej przez kilka dni. Po zapisaniu godziny naturalnego zasypiania oraz przebudzenia (bez pomocy budzika) przez 5 – 7 dni (wyłączając pierwsze dwa dni urlopu), można uzyskać średni czas snu, który jest podstawą do określenia niezbędnej ilości snu po powrocie do pracy”.

Właściwy wypoczynek oznacza nie tylko odpowiednią długość snu, lecz także jego dobrą jakość. Wykładnikiem jakości jest m.in. brak częstych wybudzeń. Strategie proponowane dla poprawy jakości snu to:

- ▶ jeśli to możliwe, należy budzić się i kłaść spać codziennie o tej samej porze, aby uniknąć zakłóceń rytmiki okołodobowej
- ▶ pomieszczeń sypialnych należy używać tylko podczas snu, nigdy podczas pracy
- ▶ jeśli to możliwe, zorganizować przyjemne rutynowe zajęcia przed snem (czytanie, gorący prysznic)
- ▶ codziennie wykonywać ćwiczenia fizyczne, np. aerobik, jednak wcześniej niż na 2 godziny przed snem
- ▶ upewnić się, że pomieszczenie sypialne jest ciche, całkowicie ciemne i wygodne
- ▶ pomieszczenie do spania powinno być chłodne
- ▶ usunąć budzik z zasięgu wzroku, aby nie kontrolować zegara
- ▶ w godzinach popołudniowych/wieczornych unikać napojów zawierających kofeinę oraz kofeiny w innej postaci
- ▶ nie stosować alkoholu jako środka wspomagającego sen (alkohol powoduje senność, ale jednocześnie pogarsza samopoczucie)

- ▶ unikać papierosów i innych źródeł nikotyny na krótko przed snem
- ▶ nie leżeć w łóżku, jeśli nie można zasnąć w ciągu 30 min; zamiast tego lepiej wyjść z sypialni i znaleźć sobie relaksujące i spokojne zajęcie, dopóki nie pojawi się poczucie senności.

Wykonywanie pracy zmianowej i nocnej stanowi utrudnienie odbywania prawidłowego snu odpowiedniej długości, ponieważ powoduje przesunięcie pory snu na porę dnia. Dlatego osoby pracujące na kilku kolejnych zmianach nocnych z rzędu, często same przyjmują strategię snu polegającą na rozdzieleniu go na dwie części. Jedna część snu przypada na porę powrotu ze zmiany nocnej, wynika ze zmęczenia i senności spowodowanej pracą nocną i potrzebna jest dla odzyskania choćby części sprawności psychofizycznej. Druga część snu przesunięta jest na godziny wieczorne, przed pracą podczas kolejnej nocy. Umożliwia to redukcję zmęczenia, oddalenie senności i uzyskanie poziomu czujności, który pozwoli wykonywać pracę na stanowisku na możliwie wysokim poziomie sprawności psychofizycznej. Często jedna lub obie części snu to jedynie drzemki.

Stwierdzono, że drzemka przed całonocną zmianą powinna być możliwie jak najdłuższa, aby wydajność była jak największa oraz, że profilaktyczne drzemki są lepsze niż te, które mają zastąpić sen z powodu deficytu wynikającego z konieczności ciągłego czuwania (Bonet, 1991).

Meta-analiza efektywności drzemek jako sposobu zapobiegania zmęczeniu przeprowadzona przez (Driskell i in., 2005) wykazała, że wpływają one na poprawę sprawności, której poziom był równy poziomowi sprawności wyjściowej, a czasem nawet wyższy. Stwierdzono też, że długość korzystnego wpływu drzemek na sprawność była wprost proporcjonalna do ich długości (np. 15-minutowa drzemka poprawia sprawność na 2 godz., a 4-godzinna – na 10 godz.). Zauważono również, że niezależnie od długości drzemki, czas poprawy sprawności jest odwrotnie proporcjonalny do czasu aktywności po drzemce (np. dobroczynne działanie 4-godzinnej drzemki było większe na krótko po przebudzeniu niż po 10 godz. aktywności, chociaż sprawność w późniejszym czasie niż zaraz po obudzeniu wciąż była równa sprawności wyjściowej lub lepsza), (Driskell i in., 2005).

Długość drzemki musi być taka, aby budzenie się następowało w fazie snu płytkiego. Wybudzanie się z fazy snu głębokiego wiąże się z tzw. bezwładem sennym sprawiającym, że przez dłuższą chwilę utrzymującą się senność utrudnia „wejście” w realia otaczającego środowiska (odzyskanie świadomości miejsca czy celu pobytu). Natomiast jeżeli pracownik obudzi się ok. godzinę przed zmianą pracowniczą, będzie miał wystarczający czas na pokonanie większości negatywnych efektów bezwładu sennego.

Dla pracowników zmianowych opisane strategie poprawy jakości snu uzupełniane są o dodatkowe zalecenia (Caldwell i in., 2009):

- ▶ pozostając w tych samych strefach czasowych, ale rotując w kierunku zmiany nocnej, należy unikać światła słonecznego, wkładając okulary słoneczne i pozostając przed snem w pomieszczeniach zamkniętych tak długo, jak to możliwe
- ▶ planując sen w ciągu dnia, należy upewnić się, że miejsce przeznaczone na sen jest ciemne i chłodne
- ▶ w czasie snu w ciągu dnia należy używać masek na oczy oraz stoperów (lub urządzeń tłumiących hałas) w celu zminimalizowania zakłóceń snu w wyniku ekspozycji na światło i hałas
- ▶ przed snem w ciągu dnia należy zastosować techniki relaksacyjne
- ▶ przed pracą na zmianie nocnej należy starać się odbyć krótką drzemkę kończącą się minimum godzinę przed rozpoczęciem pracy
- ▶ po obudzeniu się ze snu dziennego (po powrocie ze zmiany nocnej) należy, przez co najmniej 2 godz., przebywać w naturalnym oświetleniu (na słońcu), jeśli to możliwe.

Jeżeli praca zmianowa dodatkowo niesie element przemieszczania się do nowej strefy czasowej, jak ma to miejsce w przypadku personelu lotniczego, w utrzymaniu odpowiedniego wysokiego poziomu sprawności psychofizycznej mogą być pomocne kolejne zalecenia. Pomagają one w minimalizacji skutków zaburzeń rytmiki okołodobowej, podobnych do tych, jakich doświadczają pracujący w systemie zmianowym, obejmującym zmianę nocną, w tej samej strefie czasowej. Zakładając, że po znalezieniu się w nowej strefie czasowej personel lotniczy pozostanie w niej przez kilka dni, tygodni lub miesięcy i będzie pracował raczej w dzień niż w nocy zaleca się:

- ▶ zmaksymalizować ekspozycję na światło słoneczne przed południem
- ▶ zminimalizować ekspozycję na światło słoneczne po południu
- ▶ unikać ciężkostrawnych posiłków w nocy, ponieważ dyskomfort układu trawiennego może zakłócić sen
- ▶ postępować zgodnie z zaleceniami wykształcania dobrych nawyków snu, aby zoptymalizować sen nocny
- ▶ stosować własne techniki relaksacyjne, aby skutecznie zasnąć w nocy
- ▶ jeśli to możliwe, przed porą snu wziąć gorącą kąpiel. Wychłodzenie może dawać podobny efekt do redukcji temperatury, która naturalnie następuje podczas snu
- ▶ podczas pierwszych kilku dni dostosowywania rytmu okołodobowego należy stosować środki wspomagające sen (jeśli są one zatwierdzone do użytku), aby dobrze spać w nocy oraz kofeinę w celu utrzymywania czujności podczas dnia.

KRL wykonują pracę w różnych porach doby, stąd przy podziale zadań, które muszą wykonać, trzeba uwzględniać nie tylko poziom zmęczenia i senności, ale także wahania dobowe sprawności psychofizycznej, ulegającej znacznemu obniżeniu w porze nocy. Przy ocenie tolerancji pracy zmianowej/nocnej pomocnym narzędziem jest np. test na chronotyp Horne-Ostberga. Wynik tego testu jest brany pod uwagę przy doborze do zawodu KRL, gdyż osoby z chronotypem wieczornym lepiej tolerują pracę w porze nocy niż osoby z chronotypem porannym, tzw. „skowronki” (Costa, 1993, 2000; Kwarecki i in., 2000).

4.6. Zmęczenie w kontekście relacji KRL – pilot samolotu

Praca KRL wymaga ciągłej współpracy z pilotami samolotów, a dobra współpraca jest gwarancją prawidłowego, bezpiecznego startu, lotu i lądowania samolotu. Piloci to także grupa osób o szczególnych umiejętnościach, których praca wykonywana jest pod presją odpowiedzialności za życie innych ludzi. Towarzyszą jej sytuacje wymagające od pilota samodzielnego podejmowania trudnych decyzji przy deficycie czasu oraz dużej odporności na stres. Aby wykonanie zadania lotniczego oraz kontakt z KRL były prawidłowe, konieczny jest odpowiednio wysoki poziom czujności pilota. Zgodnie ze statystyką wypadków, sprawozdaniami samych pilotów oraz wynikami badania lotów zmęczenie jest coraz większym problemem także i tej grupy zawodowej. Piloci długodystansowych lotów często przypisują swoje zmęczenie wymuszonej bezsenności oraz zaburzeniom rytmiki okołodobowej. Piloci lotów krótkodystansowych (krajowych) najczęściej przypisują swoje zmęczenie skutkom bezsenności i znacznego obciążenia pracą. Zarówno piloci odbywający loty na trasach międzynarodowych, jak i piloci krajowi, za istotne powody zmęczenia uznają loty w porze nocnej (są one przyczyną występowania zespołu długu czasowego – *jet lag*), wczesne przebudzenia, presję czasu, liczne przesiadki oraz następujące po sobie okresy pracy bez dostatecznie długich przerw na odpoczynek (Bourgeois-Bougrine i in., 2003). Inne czynniki to: pogoda, turbulencje oraz wymuszona bezsenność (Caldwell i in., 2009).

Podobnie jak u KRL, u pilotów międzynarodowych i krajowych występuje zespół długu czasowego, lecz przyczyny są nieco inne. U pilotów latających na trasach międzynarodowych *jet lag* jest spowodowany głównie przekraczaniem w krótkim czasie wielu stref czasowych, zaś u pilotów linii krajowych – pracą zmianową. Piloci obu grup za najważniejszą przyczynę problemów związanych ze zmęczeniem uważają rozkład pracy w tym: wieloodcinkowe loty, nocne loty, późne przyloty oraz wczesne przebudzenia.

Problemem wynikającym ze zmęczenia i senności pilota, który pogłębia monotonia długiego lotu, są epizody mikrosnu. W badaniach przeprowadzonych w USA w grupie 1424 członków załóg lotniczych stwierdzono, że u pilotów epizody mikrosnu najczęściej pojawiają się w środkowych i późnych okresach lotu. Prawdopodobieństwo ich wystąpienia jest ponad dziewięciokrotnie większe podczas lotów nocnych w porównaniu z lotami dziennymi. W badaniach z zastosowaniem elektroencefalografii (EEG) wykazano, że większość członków załóg lotniczych nie jest świadoma okresów spadku swojej czujności spowodowanych mikroepizodami snu. Stwierdzono również, że zdarzają się one częściej podczas lotów nocnych niż dziennych. W jednej z grup 87% pilotów doświadczyło przynajmniej jednego mikroepizodu snu, trwającego dłużej niż 5 sekund. Piloci doświadczali średnio sześciu mikroepizodów snu w ciągu ostatnich 90 min lotu. Zdarzały im się też momenty spadku uwagi. Piloci przyznawali również, że zdarzało im się zasypiać w kabinie pilota na czas dłuższy od czasu mikrosnu. Spośród członków załóg lotniczych biorących udział w ankiecie NASA dotyczącej czynników odpowiedzialnych za zmęczenie, 80% przyznało się do zaśnięcia podczas lotu. Udokumentowano występowanie fizjologicznych epizodów mikrosnu nawet podczas okresu zbliżania się do lądowania. Chociaż wykazano, że drzemki na siedzeniach w kabinie pilota mogą wyeliminować nieodwracalne błędy w wyniku osłabienia uwagi tuż przed lądowaniem, to tylko część przewoźników wyraziło na nie zgodę (Cabon i in., 1993; Wright i McGown, 2001 za Caldwell i in., 2009).

4.7. Przerwy w pracy na stanowisku

Na zwiększenie poziomu czujności w pracy związanej z dużym obciążeniem umysłowym i psychofizycznym zarówno w grupie KRL, jak i pilotów, mogą korzystnie wpływać krótkie przerwy w pracy. W odniesieniu do obu grup zawodowych przerwy traktowane są jako element metody zarządzania ryzykiem. Dobroczynny wpływ przerw jest częściowo wynikiem zmiany postawy ciała. Poprzez możliwość lekkiej aktywności fizycznej, czy świadome nieangażowanie się w zadania związane z pracą, można zapobiec narastaniu zmęczenia czy senności. Osiągnięcie tego efektu jest łatwiejsze w przypadku KRL, który na czas przerwy opuszcza swoje stanowisko, a trudniejsze w przypadku pilota.

Od pilota wymaga się, by pozostał w pozycji siedzącej podczas całego lotu (z niewielkimi wyjątkami), nawet gdy tymczasowo przestaje wykonywać swoje obowiązki zawodowe. W takim przypadku korzystne jest wzmożone zaangażowanie się w interakcję społeczną, nawet jeśli tylko na krótko zwiększa ona poziom czujności pilota pracującego w warunkach monotonii. Korzystne subiektywne

i fizjologiczne efekty przerwy są najbardziej widoczne w czasie, gdy temperatura głęboka ciała osiąga swoje minimum okołodobowe oraz we wczesnych godzinach rannych (Dijkman i in., 1997; Caldwell i in., 2009).

Niezależnie od wykonywanej pracy, do obciążenia umysłowego związanego z monotonią mogą się przyczyniać (ISO 10075-2:1996):

- ▶ nieobecność współpracowników
- ▶ ograniczone możliwości interakcji społecznej
- ▶ brak przerw na odpoczynek
- ▶ brak możliwości aktywności fizycznej
- ▶ pora doby (najbardziej godziny popołudniowe i nocne)
- ▶ warunki mikroklimatyczne (np. umiarkowane temperatury)
- ▶ jednostajna stymulacja akustyczna
- ▶ zmęczenie.

Sposoby przeciwdziałania obciążenia pracą w wyniku monotonii to:

- ▶ wzbogacenie zadań o elementy poznawcze
- ▶ zwiększenie pola uwagi, np. przez wprowadzanie bardziej złożonych zadań
- ▶ zapewnienie możliwości wykonywania różnorodnych zadań
- ▶ zapewnienie możliwości aktywności fizycznej
- ▶ odpowiednie warunki mikroklimatyczne
- ▶ redukcja hałasu i jednostajnej stymulacji akustycznej
- ▶ zapewnienie odpowiedniego oświetlenia
- ▶ ułatwienie komunikacji ze współpracownikami
- ▶ unikanie narzucanego tempa pracy, w zamian pozwalanie na tempo indywidualne
- ▶ przerwy na odpoczynek.

Ze względu na zależność pomiędzy czasem nieprzerwanej pracy, zmęczeniem i stopniem regeneracji, preferowane są krótkie przerwy po krótkich okresach pracy zamiast długich przerw po długich okresach pracy. Dla przykładu: lepszym rozwiązaniem jest 6 krótkich, 5-minutowych przerw, po każdym 55-minutowym okresie pracy niż 30-minutowa przerwa po 6-godzinny okresie pracy. W przypadku pracy nocnej rozkład pracy i odpoczynku powinien uwzględniać krótsze okresy pracy przed przerwą niż w przypadku pracy w ciągu dnia (ISO 10075-2:1996).

Aby krótka przerwa była skuteczna w poprawie czujności, wpływała na zmniejszenie zmęczenia i senności, a tym samym ograniczała ryzyko popełnienia błędów, muszą być spełnione określone wymogi. Dotyczą one warunków w pomieszczeniu, w którym śpimy (takich jak hałas, temperatura, światło) i czasu drzemki.

4.8. Rola światła w poprawie nastroju i poziomu czujności

Z badań wynika, że korzystny wpływ na nastrój oraz sprawność w pracy może mieć ekspozycja na jasne światło. Dotyczy to głównie pracujących w porze nocnej. Uważa się, że nocny spadek sprawności psychofizycznej i zwiększona senność mają między innymi związek z faktem, że w ciemności szyszynka produkuje i uwalnia do krwioobiegu melatoninę. Światło o odpowiednim natężeniu i barwie wpływa na tłumienie melatoniny, przez co może zapobiegać nocnemu obniżeniu czujności i spadkowi sprawności. Wykazano wymierny wzrost subiektywnej czujności oraz ograniczenie powolnych ruchów gałek ocznych przy ekspozycji na światło już na poziomie oświetlenia pokojowego. Efekt oddziaływania światła uzależniony jest od jego charakterystyki (np. barwy, natężenia). Wieczorna ekspozycja na światło sztuczne z barwą niebieską w największym stopniu tłumi nocne wydzielanie melatoniny i najskuteczniej pobudza. U osób z osłabieniem sprawności i czujności spowodowanym bezsennością może mieć też zastosowanie dla poprawy czujności w porze dnia (Cajochen i in., 2007).

Odpowiednie pory ekspozycji na jasne światło mogą stanowić element strategii ułatwiającej synchronizację rytmów okołodobowych pracowników zmianowych. Ekspozycja na sztuczne światło o odpowiedniej charakterystyce i w odpowiednich porach doby mogłaby minimalizować skutki zespołu długu czasowego (shift lag czy jet lag), (Eastman i in., 1995). Mogłaby być przydatna zarówno dla KRL pracujących na nocnej zmianie, jak i pilotów odbywających loty z przekraczaniem wielu stref czasowych. Dotychczas proponowane zalecenia co do stosowania terapii świetlnej są wciąż dyskusyjne ze względu na trudności ze wskazaniem odpowiedniej pory do jej stosowania (Duffy i Wright, 2005; Lewy i in., 1998; Revell i Eastman, 2005). Nie jest ona rozwiązaniem możliwym np. dla pilotów podczas wielogodzinnego lotu z przekraczaniem wielu stref czasowych, gdyż trudno byłoby zorganizować pomieszczenie przeznaczone do takiej terapii na pokładzie samolotu. Dlatego najczęściej zaleca się stosowanie technik do indywidualnego stosowania, jak ekspozycja na światło słoneczne, drzemki o odpowiednich porach dnia przed pracą czy po niej (Stone i Turner, 1997; Waterhouse i in., 2007). Nie rezygnuje się jednak z możliwości wykorzystania odpowiedniego oświetlenia wnętrza kabiny pilota

w samolocie, gdyż mogłoby ono zapobiegać spadkowi czujności pilota, mającego ograniczone możliwości aktywności fizycznej i interakcji społecznych, pracującego w nieustającym hałasie oraz otoczeniu sprzyjającym nudzie, błędom, senności i obniżonej wydajności pracy (Cajochen i in., 2007).

W przypadku KRL projektując oświetlenie pobudzające czujność, należałoby wziąć pod uwagę możliwość jego negatywnego wpływu na widzenie ekranów radarowych stanowiących wyposażenie stanowiska pracy. Natomiast podczas przerwy w pracy na stanowisku ekspozycja na takie oświetlenie mogłaby korzystnie wpływać na podwyższenie poziomu czujności, zwłaszcza gdy praca odbywa się w nocy. Nie można też zapominać o udokumentowanym wpływie światła na przesunięcia fazowe fizjologicznych rytmów okołodobowych w związku z zespołem długu czasowego u pracujących w systemie zmianowym ze zmianą nocną.

Obecnie nie ma jeszcze gotowych rozwiązań w kwestii wykorzystania dynamicznego oświetlenia dostosowanego do warunków pracy, lecz prowadzone są badania w celu określenia parametrów oświetlenia, dzięki któremu szybko i skutecznie osiągaliby się utrzymanie odpowiednio wysokiego poziomu czujności i wydajności pracy, zarówno podczas pracy w porze dnia, jak i w nocy (Cajochen i in., 2007; Caldwell i in., 2009).

4.9. Zarządzanie zmęczeniem

Fundacja Bezpieczeństwa Lotów z siedzibą w USA zasugerowała następujące minimalne czynności w ramach efektywnego systemu zarządzania ryzykiem zmęczenia (ang. *Fatigue Risk Management System* – FRMS), (za Caldwell i in., 2009):

- ▶ opracowanie polityki zarządzania ryzykiem zmęczenia
- ▶ formalizacja programów treningowych w zakresie edukacji/świadomości
- ▶ stworzenie nowego mechanizmu zgłaszania zmęczenia wraz ze sprzężeniem zwrotnym, procedurami oraz pomiarami w celu monitorowania poziomów zmęczenia
- ▶ opracowanie procedur zgłaszania, badania oraz rejestrowania zdarzeń, w których zmęczenie było istotnym czynnikiem
- ▶ wdrażanie procesów oraz procedur do oceny informacji na temat poziomów zmęczenia oraz zdarzeń, w których zmęczenie odgrywało rolę, a także interwencji polegających na stosowaniu odpowiednich środków oraz ocena ich skuteczności.

Władze ds. Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym w Australii zdefiniowały obszary wpływu, które powinny zostać uwzględnione w zarządzaniu zmęczeniem (za Caldwell i in., 2009):

- ▶ zapewnienie możliwości snu przez odpowiedni rozkład pracy
- ▶ zapewnienie snu członkom personelu lotniczego w celu zapewnienia im sprawności podczas pracy
- ▶ godziny czuwania
- ▶ czynniki okołodobowe
- ▶ zaburzenia snu
- ▶ demografia operacyjna.

Dla realizacji zadania polegającego na stworzeniu efektywnego systemu zarządzania ryzykiem zmęczenia przeprowadzono w USA warsztaty interaktywne na temat czujności członków załóg lotniczych. Zespół prowadzący warsztaty składał się z pracowników naukowych – ekspertów oraz lotniczych grup operacyjnych z całego świata. Uczestnikami warsztatów byli piloci głównie samolotów Airbus oraz Boeing, gdyż przewidywano, że loty długodystansowe tymi samolotami mogą stanowić fizjologiczne wyzwanie dla pilotów. Dyskusja podczas warsztatów ukierunkowana była na zagadnienia dotyczące rozwiązań operacyjnych i technologicznych związanych z utrzymaniem maksymalnych poziomów czujności pilotów. Podczas warsztatów identyfikowano zagadnienia i opracowywano metody redukcji błędów, zdarzeń oraz wypadków wynikających ze zmęczenia i formułowano odpowiednie zalecenia (Caldwell i in., 2009).

Powszechnie uważa się, że wdrożenie systemu zarządzania ryzykiem zmęczenia powinno odbywać się poprzez prowadzenie szkoleń w grupie, do której jest adresowany i popularyzację wiedzy w formie poradników.

Gdy głównym celem poprawy systemu pracy jest redukcja zmęczenia, to projektowanie zmian dotyczy redukcji lub optymalizacji intensywności obciążenia pracą, ograniczenia czasu ekspozycji lub zmian rozkładu pracy poprzez wprowadzenie przerw na odpoczynek. Analiza obciążenia pracą umysłową powinna uwzględniać czynniki wpływające na intensywność tego obciążenia (modyfikacja na podstawie ISO 10075-2:1996) takie jak:

- 1) **niejasny cel zadania.** Gdy cel zadania jest niejasny, a także, gdy nie są ustalone priorytety celów – obciążenie jest większe. Gdy pracuje więcej niż jeden operator, powinien być też przeprowadzony podział zadań między nimi
- 2) **złożoność wymagań stawianych przez zadanie.** Gdy złożoność zadania jest duża, operator musi podejmować zbyt wiele decyzji w jednostce czasu, gdy zaś zbyt mała – dochodzi do uczucia monotonii i znudzenia

- 3) **strategie służące osiągnięciu celu.** Gdy trzeba udzielać odpowiedzi na zbyt wiele pytań i spełnionych ma być wiele różnych wymagań, konieczne jest opracowanie jasnej strategii postępowania i hierarchii odpowiedzi, zwłaszcza w sytuacji działania warunkowego
- 4) **adekwatność informacji.** Zarówno brakujące, jak i zbyt szczegółowe informacje przyczyniają się do zwiększenia obciążenia psychicznego. W pierwszym bowiem przypadku operator musi podejmować decyzje na podstawie niedostatecznych informacji, w drugim zaś – musi filtrować informacje, by wybrać rzeczywiście potrzebne
- 5) **wieloznaczność informacji.** Wiąże się z wymaganiem od operatora, by interpretował napływające informacje, a to zwiększa obciążenie
- 6) **rozróżnialność sygnałów.** Mała rozróżnialność sygnałów wiąże się z wymaganiem od operatora dodatkowego wysiłku
- 7) **nadmiar informacji.** Czasami jest pomocny dla operatora, bo daje mu możliwość sprawdzenia wcześniejszych informacji. Jednakże zbyt duża liczba informacji może przeszkadzać i zwiększać obciążenie. Najlepiej, gdy operator sam dokonuje selekcji stopnia zbędności, zgodnie z wymogami operacyjnymi
- 8) **kompatybilność.** Sposób przekazywania informacji przez system oraz odpowiedzi systemu powinny być „kompatybilne” z oczekiwaniami operatora
- 9) **dokładność przetwarzania informacji.** Wysokie wymagania co do dokładności stanowią dodatkowe obciążenie dla operatora. Można je zmniejszyć, zapewniając wyposażenie techniczne ułatwiające utrzymanie standardów dokładności
- 10) **równoległe kontra szeregowe przetwarzanie informacji.** Na ogół przekazywanie informacji w kolejności stanowi mniejsze obciążenie dla operatora. Jeśli jednak niezbędne jest dokonanie porównań między różnymi źródłami informacji, mniej obciążające jest równoległe przetwarzanie informacji
- 11) **podział czasu pomiędzy zadaniami.** Jeżeli w tym samym czasie wykonuje się dwa zadania lub więcej, wymagające kontroli uwagi, to można szybko osiągnąć granice zdolności do przetwarzania. Mniej obciążające jest wykonywanie zadań w kolejności
- 12) **modele umysłowe.** Niekonsekwencja lub luki w działaniu systemu pracy wymagają od operatora dodatkowego wysiłku
- 13) **osądy absolutne kontra względne.** Uważa się, że formułowanie osądów względnych jest mniej obciążające. Osąd absolutny wymaga zapamiętywania

nia standardów odniesienia, natomiast osąd względny – decyzji dotyczących podanych standardów odniesienia

- 14) **obciążenie pamięci operacyjnej i pamięci trwałej.** Informacje napływające w szybkim czasie, przechowywane w nietrwałej formie, zanim zostaną zachowane w pamięci długotrwałej w celu przyszłego odtworzenia, mogą spowodować przeładowanie krótkoterminowej pamięci operatora. Przeciążenie pamięci może utrudniać selekcję i przypominanie sobie istotnych informacji
- 15) **rozpoznawanie kontra przypominanie.** Rozpoznawanie zapamiętanych elementów jest łatwiejsze i bardziej efektywne niż przypominanie, a więc mniej obciążające
- 16) **wsparcie decyzji.** Czasem trudno jest przewidzieć skutki decyzji. Jeśli konsekwencją decyzji mogą być straty materialne bądź zagrożenie bezpieczeństwa ludzi, to system pracy powinien uwzględniać element wspomagania decyzji podejmowanych przez operatora
- 17) **kontrolowalność systemu.** Operator powinien mieć możliwość kontroli systemu. Brak takiej kontroli stanowi czynnik obciążający
- 18) **wymiary działań motorycznych.** Obciążeniem może być konieczność koordynowania bardzo różnorodnych działań motorycznych
- 19) **tolerancja błędów.** Systemy powinny uwzględniać możliwość błędów operatora, tzn. nie powinno dochodzić do dramatycznych konsekwencji, nawet jeśli błąd się zdarzy
- 20) **konsekwencje błędów.** System powinien redukować do minimum konsekwencje błędów człowieka i w ten sposób przyczyniać się do zmniejszenia napięcia operatora
- 21) **aspekty środowiska.** Właściwe warunki środowiskowe mogą redukować obciążenie pracą umysłową poprzez stwarzanie dobrych warunków percepcji informacji i ich przetwarzania (takich jak odpowiednie oświetlenie, redukcja hałasu, wentylacja, komfort termiczny)
- 22) **interakcje społeczne.** Gdy istnieje możliwość kontaktów społecznych, operator ma większe szanse otrzymania wsparcia społecznego
- 23) **zależność od innych w trakcie wykonywania zadania.** Zależność od innych współpracowników w trakcie wykonywania zadania może zwiększać napięcie. Wzrost autonomii jest czynnikiem zmniejszającym obciążenie

- 24) **presja czasu.** Ograniczenia czasowe mogą obniżać wydajność podczas wykonywania zadań, a tym samym zwiększać ryzyko popełnienia błędów.

Dla uniknięcia przeciążenia pracą umysłową spowodowanego zmęczeniem istotne jest nie tylko określenie intensywności obciążenia, lecz także jego rozłożenie w czasie pracy. Ogólnie ujmując, chodzi o zsumowaną relację pomiędzy czasem przeznaczonym na zadanie a zmęczeniem w wyniku wykonywania zadania. Należy brać pod uwagę liczbę godzin pracy, czas wolny po pracy, porę doby, w jakiej wykonywana jest praca, rodzaj systemu pracy (np. stała dzienna czy zmianowa), przerwy w pracy. Czas pracy powinien być ograniczony do momentu, w którym skutki zmęczenia nie są jeszcze widoczne, zaś czas wolny pomiędzy kolejnymi zmianami musi być tak długi, by całkowicie ustąpiły objawy zmęczenia z poprzedniej zmiany.

5. Subiektywna ocena obciążenia pracą umysłową

Ogólnie metody subiektywne stosowane do oceny obciążenia pracą można podzielić na kilka kategorii ze względu na sposób przekazywania informacji i rodzaj kontaktu z osobą badaną (Najmiec, 2000):

- ▶ bezpośrednio opinie badanych wyrażane w kategoryzowanych miarach, np. kwestionariusze, skale szacunkowe, listy kontrolne
- ▶ bezpośrednio opinie i relacje badanych wyrażane w formie nie kategoryzowanej, np. historie przypadku, opowiadania, protokoły werbalne, wywiady
- ▶ bezpośrednio relacje indywidualne lub grupowe, np. zeszyty dzienne, chronometraż, książki wpisu
- ▶ bezpośrednio oceny oparte na rozmowie lub wymianie zdań zapisane w postaci kategoryzowanej lub otwartej, np. wysłuchanie relacji zdarzeń, dyskusji
- ▶ pośrednie metody w postaci kategoryzowanej lub otwartej odnoszące się do wcześniejszych pomiarów, relacji, opinii lub obserwacji.

Do stosowanych metod psychologicznych zalicza się też subiektywne skale zmęczenia. Służą one do porównania poziomu zmęczenia przed wykonaniem określonych zadań i po nim. Do subiektywnej oceny samopoczucia psychicznego w zakresie nastroju i zmęczenia stosowana jest np. *Skala Grandjeana*. Stosuje się ją jako subiektywną miarę zmęczenia wynikającego z wykonywania różnego typu prac i zawodów, m.in. KRL (Costa, 1993) oraz jako wskaźnik obciążenia psychicznego będącego skutkiem wykonywania zadań związanych z aktywnością umysłową (Baschera i Grandjean, 1979).

Skala Grandjeana składa się z 14 podskal mających postać 10-centymetrowych odcinków opisanych na dwóch krańcach określeniami oznaczającymi przeciwstawne odczucia odnoszące się do nastroju i zmęczenia. Zadaniem osoby badanej jest zaznaczenie na każdej podskali miejsca, które najlepiej opisuje aktualne (tzn. w chwili dokonywania oceny) nasilenie odczuć opisanych na obu krańcach każdej z podskal. Subiektywnym wskaźnikiem zmęczenia są następujące podskale:

silny – słaby
wypoczęty – zmęczony
zainteresowany – znudzony
pełen wigoru – wyczerpany
rozbudzony – śpiący
skuteczny w działaniu – nieskuteczny w działaniu
uważny – rozkojarzony
zdolny do koncentracji – niezdolny do koncentracji

Miarą zmęczenia jest liczba punktów uzyskanych na każdej z podskal, równa odległości (mierzonej w milimetrach) od początku skali do miejsca zaznaczonego przez osobę badaną.

Subiektywnym wskaźnikiem nastroju są pozostałe podskale *Skali Grandjeana*:

nastrój pozytywny – nastrój negatywny
odprężony – spięty
szczęśliwy – przygnębiony
energiczny – ospały
w dobrym humorze – w złym humorze
podniecony – uspokojony

W przypadku nastroju miara jest analogiczna, jak przy określaniu zmęczenia. Czas wypełniania skali nie jest ograniczony.

Techniką subiektywnej oceny obciążenia pracą umysłową, najczęściej stosowaną na świecie, najlepiej ocenianą przez badaczy i dobrze opisaną w piśmiennictwie naukowym, jest kwestionariusz SWAT (ang. *Subjective Workload Assessment Technique*) skonstruowany i stosowany przez NASA. Zawiera procedurę sumowania punktów w celu przeprowadzenia łącznej oceny obciążenia pracą. Jest uważany za metodę o solidnej podstawie metrologicznej. Oceny SWAT mają trzy wymiary: obciążenie czasowe, wysiłek umysłowy oraz stres psychiczny, a każdy z nich ma trzy całkowite lub skategoryzowane wymiary. Stosowanie SWAT umożliwia rozwiązanie głównego problemu dotyczącego pomiarów subiektywnych, którym jest zapewnienie, aby oceny mieściły się w przedziałach lub były wskaźnikiem skalowanym (Luximon i Goonetilleke, 2001).

W kwestionariuszu SWAT dokonuje się oceny obciążenia pracą w trzypunktowej skali dotyczącej obciążenia czasowego, wysiłku umysłowego oraz obciążenia stresem:

Obciążenie czasowe:

- ▶ pracownik ma często czas wolny; przerwy w pracy są rzadko lub wcale i rzadko zdarza się wykonywanie więcej niż jednej czynności w tym samym czasie
- ▶ pracownik od czasu do czasu ma wolny czas; przerwy w pracy i wykonywanie więcej niż jednej czynności w tym samym czasie zdarzają się często
- ▶ pracownik prawie nigdy nie ma wolnego czasu; przerwy lub nakładające się czynności zdarzają się bardzo często.

Obciążenie wysiłkiem umysłowym:

- ▶ od pracownika wymaga się bardzo mało świadomego wysiłku umysłowego; czynności wykonywane są niemal automatycznie i nie wymagają uwagi lub wymagają jej niewiele
- ▶ wymagany jest umiarkowany, świadomy wysiłek umysłowy; złożoność czynności jest umiarkowanie wysoka z uwagi na niepewność, nieprzewidywalność lub brak doświadczenia; wymagana jest znaczna koncentracja uwagi
- ▶ konieczny jest znaczny wysiłek; pracownik wykonuje kompleksowe czynności wymagające całkowitej koncentracji uwagi.

Obciążenie stresem:

- ▶ występuje niewielkie ryzyko popełnienia błędu, frustracji czy niepokoju oraz jest możliwość łatwego opanowania sytuacji

- ▶ występuje umiarkowany stres związany z możliwością popełnienia błędu, frustracji lub lęku, który w sposób zauważalny zwiększa obciążenie pracą; wymagany jest znaczny wysiłek dla utrzymania odpowiedniego poziomu wydajności pracy
- ▶ występuje wysoki lub bardzo wysoki poziom stresu związany z możliwością popełnienia błędu, frustracją lub lękiem; od pracownika wymagane są determinacja wysoka do ekstremalnej oraz samokontrola.

Inne stosowane metody to kwestionariusze: STAI (ang. *State-Trait Anxiety Inventory*) i POMS (ang. *Profile of Mood States*) do pomiaru stanów samopoczucia (Pollock i in., 1979).

Kwestionariusz STAI przeznaczony jest do oceny lęku jako stanu i jako cechy osobno: lęku, który towarzyszy sytuacji powodującej uczucie niepokoju, obawy, napięcia i stresu oraz lęku związanego ze strachem, nerwowością, uczuciem dyskomfortu w sytuacjach zagrożenia. W STAI zastosowano 4-punktową skalę. Kwestionariusz składa się z 40 pytań. Wyniki mieszczą się w przedziale 20 – 80, przy czym im większa liczba, tym większy poziom lęku. Kwestionariusz STAI był stosowany m.in. w badaniach prowadzonych wśród włoskich KRL (Costa, 1993). W badaniach polskich kontrolerów wykorzystano go do oceny stanu lęku przed zakończeniem pracy na zmianie dziennej i po niej (Najmiec, 1999).

W kwestionariuszu POMS (*Profile of Mood States*) ocenia się sześć stanów samopoczucia: napięcie – niepokój, depresja – przygnębienie, złość – wrogość, żywotność – aktywność, zmęczenie – bezczynność, oraz dezorientacja – zmieszanie. W badaniach (Luna i in., 1997) zastosowano go do oceny poziomu nastroju KRL pracujących w systemie szybkiej rotacji zmian w USA.

Narzędziem badawczym stosowanym do oceny obciążenia umysłowego pracą, uznanym na świecie za jedno z najlepszych, jest NASA- TLX (ang. *Task Load Index*), (Rubio i in., 2004; Pierce, 2009). W NASA- TLX ocenia się obciążenie pracą w sześciu 21-stopniowych skalach, zdefiniowanych następująco:

- 1) wymagania umysłowe: Jakiego zakresu aktywności umysłowej/percepcyjnej wymagało wykonanie zadania (np. myślenia, decydowania, obliczania, patrzenia, szukania, zapamiętywania)? Czy zadanie było łatwe czy wymagające, proste czy skomplikowane, pracochłonne czy nie?
- 2) wymogi fizyczne: Jaki zakres aktywności fizycznej był wymagany (np. pchanie, ciągnięcie, zwroty, kontrolowanie, aktywacja)? Czy zadanie było łatwe czy wymagające, powolne czy szybkie, luźne czy wyczerpujące, relaksujące czy pracochłonne?

- 3) wymogi czasowe: Jaką presję czasową odczuwa się z uwagi na tempo wykonywania zadań lub elementów zadań? Czy tempo wykonywania zadania było powolne z czasem na odpoczynek, czy też szybkie, a nawet szaleńcze?
- 4) wydajność pracy: Jak skutecznie udało się osiągnąć cele wyznaczone przez eksperymentatora (lub siebie samego)? Jaki był stopień satysfakcji ze swojej wydajności w osiąganiu tych celów?
- 5) wysiłek: Jak ciężka musiała być praca (umysłowa lub fizyczna), aby osiągnąć swój poziom wydajności?
- 6) frustracja: Jaki był stopień odczuwanych niepewności, zniechęcenia, poirytowania, zestresowania i zdenerwowania albo pewności, docenienia, zrelaksowania czy zadowolenia z siebie w trakcie wykonywania zadania?

Każda skala jest przedstawiona jako linia pozioma, której końce zdefiniowano w taki sposób, aby ocena na każdej skali odpowiadała liniowo wkładowi wniesionemu do całkowitego obciążenia pracą (Hart i Staveland, 1988; za Cain, 2007). W pięciu spośród sześciu skal zakres oceny jest od niskiej (po lewej stronie) do wysokiej (po prawej stronie), zaś w przypadku wydajności pracy ocena jest odwrócona, a zakres jest od oceny doskonałej do słabej.

Do narzędzi badawczych stosowanych w Polsce należy m.in. kwestionariusz *Twoja praca*. Jest on polską adaptacją kwestionariusza *Job Content Questionnaire* (JCQ) Roberta Karaska (Karasek i in., 1998). Konstrukcja kwestionariusza oparta jest na modelu stresu w pracy, w którym zmienne to wymagania i kontrola (Karasek, 1979), rozbudowanego o dodatkowy wymiar, a mianowicie wsparcie społeczne (Widerszal-Bazyl, 2003). Model ten jest efektem badań, zgodnie z wynikami których stres w pracy nie jest skutkiem oddziaływania pojedynczych elementów środowiska pracy, lecz wynika z wzajemnych relacji między wymaganiami sytuacji pracy oraz zakresu swobody, jaką posiada pracownik w radzeniu sobie z tymi wymaganiami. Wymagania pracy odnoszą się głównie do zadania roboczego i związane są z obciążeniem psychicznym pracownika. Natomiast zakres swobody oznacza kontrolę, na którą składają się swoboda decydowania przez pracownika o sposobie wykonywania zadania roboczego oraz wykorzystania własnych umiejętności. Z badań wynika, że z punktu widzenia stresu w pracy najgorsza dla pracowników jest sytuacja, gdy wysokie wymagania w pracy współwystępują z niską kontrolą. Istotnym moderatorem tej zależności jest wsparcie społeczne, które oznacza „interakcje społeczne z przełożonymi i współpracownikami, niosące pomoc i dostępne w miejscu pracy” (Widerszal-Bazyl, 2003 za: Karasek i Theorell, 1990). W przeprowadzonych badaniach wykorzystano następujące podskale kwestionariusza JCQ:

- 1) kontrola, na którą składają się:
 - złożoność pracy
 - możliwości decyzyjne
- 2) wymagania psychologiczne
- 3) wymagania fizyczne, uwzględniające:
 - wysiłek fizyczny
 - niewygodną pozycję
- 4) niepewność pracy
- 5) wsparcie, na które składają się:
 - wsparcie pochodzące od przełożonych
 - wsparcie pochodzące od współpracowników.

Kwestionariusz Poczucia Stresu (KPS), (Płopa i Makarowski, 2010) jest narzędziem przeznaczonym do badania trzech wymiarów doznań stresowych, którymi są:

- 1) **napięcie emocjonalne** – związane jest z nadmierną nerwowością, poczuciem niepokoju i nadmierną drażliwością w relacjach społecznych, nieumiejętnością odprężania się w codziennych sytuacjach, brakiem energii do działania połączonym ze skłonnością do przerywania rozpoczętych już zadań i realizowanych planów, częstym i nieuzasadnionym poczuciem zmęczenia
- 2) **stres zewnętrzny** – oznacza odczuwanie niepokoju z powodu poczucia bycia wykorzystywanym przez innych, uczucie, że jest się niesprawiedliwie ocenianym w różnych relacjach społecznych, poczucie bezradności i zmęczenia wynikające z niemożności obrony swoich racji i własnego punktu widzenia, frustrację spowodowaną wrażeniem, że stawiane przez innych wymagania i zadania przekraczają własne możliwości sprostania im
- 3) **stres intrapsychiczny** – wiąże się z niepokojem o przyszłość, pesymistyczną oceną siebie i świata, z obawami, ciągłym zamartwianiem się i wątpliwościami w sens życia spowodowanym problemami w realizacji celów i zadań dnia codziennego, które z kolei są skutkiem braku wiary we własne możliwości; a także odczuwanie osamotnienia, niepokoju, poczucie straty czegoś lub kogoś ważnego.

Kwestionariusz ten zawiera dodatkowo skalę kłamstwa służącą do ujawniania skłonności do pokazywania własnej osoby w korzystnym świetle poprzez przypisywanie sobie pożądanых społecznie, choć rzadko występujących zachowań. Skłonność tego rodzaju może wynikać z obniżonego samokrytycyzmu i wglądu w siebie lub z tendencji do celowego wprowadzania w błąd innych ludzi.

Kwestionariusz KPS występuje w dwóch wersjach: dla kobiet i mężczyzn. Składa się z 27 stwierdzeń, do których należy ustosunkować się poprzez wybór jednego spośród pięciu następujących wariantów odpowiedzi: *prawda, raczej prawda, trudno powiedzieć, raczej nieprawda i nieprawda*. Czas wypełniania kwestionariusza nie jest ograniczony.

Obciążenie pracą może przekładać się na odczucia subiektywne dotyczące różnych aspektów pracy i życia pozazawodowego. W zrozumieniu problemów mogą być pomocne wyniki Kwestionariusza *Ogólnego Stanu Zdrowia* (GHQ 12), (ang. *General Health Questionnaire*) Dawida Goldberga w adaptacji polskiej (Makowska i Merecz, 2001).

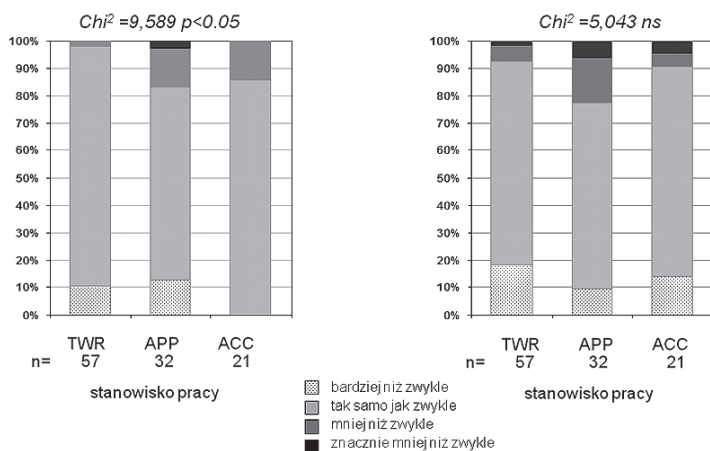
Jest on przeznaczony do oceny stanu zdrowia psychicznego i wykrywania przypadków „psychicznego dystresu”, który może być skutkiem chwilowego załamania w normalnym funkcjonowaniu i może minąć bez leczenia. Kwestionariusz GHQ 12 składa się z 12 stwierdzeń, do których należy ustosunkować się poprzez wybór jednego spośród czterech następujących wariantów odpowiedzi: *w ogóle nie, nie bardziej niż zwykle, raczej bardziej niż zwykle i znacznie bardziej niż zwykle*. Czas wypełniania kwestionariusza nie jest ograniczony.

W dalszej części tekstu przedstawiono rozkład odpowiedzi udzielonych przez kontrolerów na wybrane pytania zawarte w dwóch kwestionariuszach – KPS i GHQ 12 – z uwzględnieniem rodzaju stanowiska pracy. Były to: kontrola lotniska – TWR (Tower), kontrola zbliżania – APP (Approach) i kontrola obszaru – ACC (Area control), (rys. 7 i 8).

Często zmienne, które można kontrolować obiektywnie, są oceniane jako miary subiektywne, np. pomiar długości snu lub aktywności dobowej często jest kontrolowany poprzez samoocenę osób badanych (Luna i in., 1997). Miary subiektywne mogą być zniekształcane przez indywidualne predyspozycje człowieka, nastawienie, uprzedzenia, omylność ludzkiej pamięci lub odczuwaną presję społeczną. Jednak w zestawieniu z innymi miarami mogą dać całkowity obraz wybranych właściwości pracy, zachowania lub zdrowia.

Czy ostatnio byłeś(aś) zdolny(a)
stawić czoła swoim problemom ?

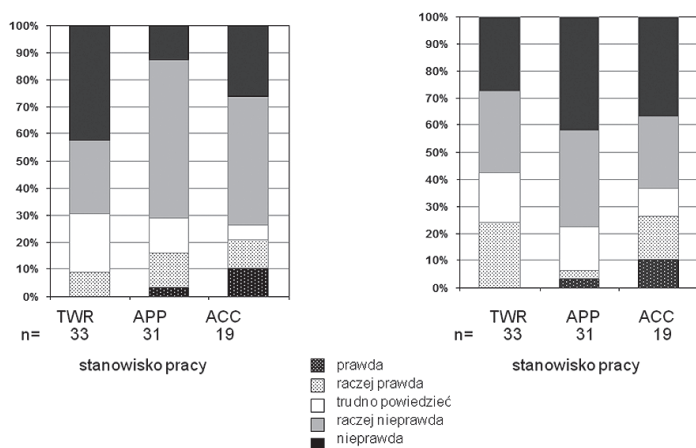
Czy ostatnio potrafiłeś(aś) się cieszyć
swoimi zwykłymi codziennymi zajęciami ?



Rys. 7. Rozkład odpowiedzi 91 KRL na dwa wybrane pytania zawarte w kwestionariuszu ogólnego stanu zdrowia GHQ 12. Uwzględniono rodzaj stanowiska pracy: TWR (Tower) – kontrola lotniska, APP (Approach) – kontrola zbliżania i ACC (Area control) – kontrola obszaru (źródło: Kamińska i in., 2013)

Mam trudności z odprężeniem się,
choć się staram

Czuję się zmęczony, nawet jeśli
nic nie robię



Rys. 8. Rozkład odpowiedzi 83 KRL, mężczyzn, na dwa wybrane pytania zawarte w kwestionariuszu KPS. Uwzględniono rodzaj stanowiska pracy: TWR (Tower) – kontrola lotniska, APP (Approach) – kontrola zbliżania i ACC (Area control) – kontrola obszaru (źródło: Kamińska i in., 2013)

W przypadku analizy pracy KRL oceny subiektywne mają specjalne znaczenie. Kontrolerzy są odbiorcami i nadawcami informacji, które mają decydujący wpływ na bezpieczeństwo w przestrzeni powietrznej i życie ludzi. Ich odpowiedzialność jest tak duża, że nawet subiektywna opinia o złym samopoczuciu wystarczy do czasowego zwolnienia od zadań operacyjnych bez potwierdzenia obiektywnych symptomów choroby przez lekarzy. Uważa się, że subiektywne oceny, jak: złe samopoczucie, zmęczenie, zdenerwowanie czy lęk w sytuacji wykonywania odpowiedzialnych zadań przez KRL mogą, ale nie muszą, mieć potwierdzenie przez miary obiektywne, jakimi są parametry fizjologiczne i biomedyczne (Cain, 2007).

6. Metody fizjologiczne w ocenie obciążenia pracą umysłową

Pomiary fizjologiczne odzwierciedlają różne aspekty obciążenia pracą umysłową. Niektóre z nich wykorzystywane są do badania sposobu przetwarzania informacji w mózgu, do oceny efektu obciążenia zewnętrznego, inne mierzą pobudzenie oraz reakcje emocjonalne wywołane przez konieczność wykonywania zadań. Zarówno nadmierne pobudzenie spowodowane przeciążeniem, jak i niedostateczne, spowodowane zmęczeniem lub monotonią, może obniżyć wydajność pracowników i zwiększyć ryzyko popełnienia błędu.

Wskaźniki fizjologiczne stosowane do oceny obciążenia pracą umysłową i towarzyszącego mu obciążenia psychicznego to m.in.: próg krytycznej częstotliwości migotania światła, zmiany w przebiegu odruchu żrenicowego na światło, wskaźnik PV (ang. *peak velocity*) w badaniu okulograficznym, częstość skurczów serca – HR (ang. *heart rate*) i parametry zmienności rytmu serca – HRV (ang. *heart rate variability*), ciśnienie krwi – BP (ang. *blood pressure*), częstość oddechów – RR (ang. *respiratory rate*) oraz aktywność elektryczna mózgu – EEG (ang. *electroencephalography*).

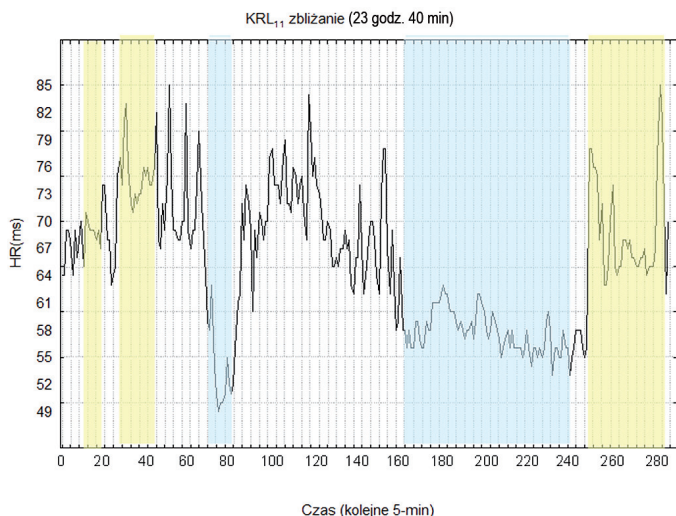
6.1. Sygnał EKG

Parametrem fizjologicznym najczęściej wykorzystywanym do oceny obciążenia pracą jest częstość skurczów serca (HR), (Backs, 1998; Caldwell i in., 2009; Van Amelsvoort i in., 2001; Zużewicz i Kwarecki, 2000). Zastosowanie metody Holtera do rejestracji sygnału EKG daje możliwość uzyskania ciągłej w czasie informacji o reakcji układu krążenia na różne sytuacje zaistniałe podczas pracy na stanowisku. Inną zaletą tej metody jest to, że pracy kontrolera nie zakłóca obecność „osób trzecich”, a mały rejestrator nie stanowi uciążliwości i nie utrudnia wykonywania zadań. Ciągła rejestracja dostarcza znacznie więcej informacji niż dwukrotny pomiar wykonywany przed wejściem i po opuszczeniu stanowiska pracy, gdyż oddaje cały przebieg pracy na stanowisku. Parametry HR i HRV wskazywane są w normie (ISO 10075-3:1998) jako narzędzia do oceny obciążenia umysłowego i psychicznego pracą. Odpowiednie oprogramowanie systemu analizy EKG pozwala na prześledzenie zmian zarówno w układzie krążenia poprzez wahania częstości skurczów serca, jak i w autonomicznej regulacji rytmu serca podczas pracy na stanowisku i poza pracą. Porównanie aktywności części współczulnej i przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego (AUN) w regulacji rytmu serca, podczas pracy i innej aktywności pozazawodowej, umożliwia ocenę obciążenia pracą wyrażoną zwykle przewagą części współczulnej. Analiza HRV powinna być przeprowadzona zgodnie z wytycznymi zawartymi w (*Task Force...*, 1996). Ujednolicono w nich nazewnictwo, zdefiniowano podstawowe parametry i podano ich interpretację fizjologiczną.

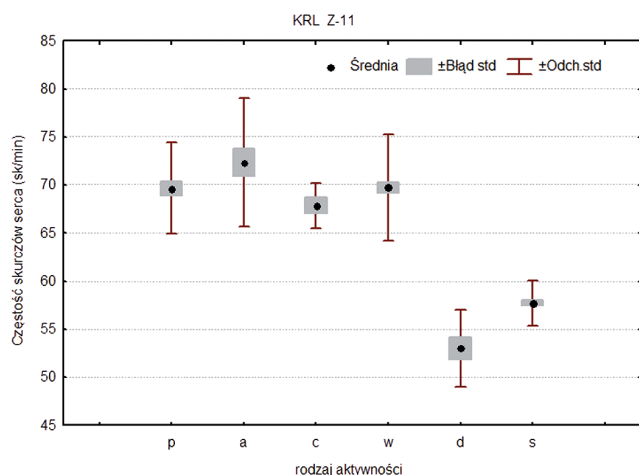
Zastosowanie ciągłej rejestracji sygnału EKG i parametrów wyznaczonych z sekwencji kolejnych odstępów RR do oceny obciążenia pracą umysłową przedstawiono na przykładzie rejestracji wykonanej dla kontrolera pracującego na stanowisku kontroli zbliżania. Ciągła rejestracja EKG trwała 23 godz. i 40 min. Praca na stanowisku odbywała się w godz. od 09:11 do 12:00 rano z godzinną przerwą od 10:00 do 11:00, a w następnej dobie od 6:00 do 08:00 rano. Dobowe wahania częstości skurczów serca kontrolera pokazano na rys. 9. Każdy punkt wykresu jest uśrednioną wartością HR obliczoną z sekwencji odstępów RR w 5-minutowym fragmencie EKG.

Prowadzony przez kontrolera chronometraż zdarzeń, w którym opisany został rodzaj aktywności w różnych przedziałach czasowych doby, umożliwił pogrupowanie wartości częstości skurczów serca wg rodzaju aktywności (rys. 10). W ten sposób uzyskano możliwość oszacowania, czy obciążenie pracą na stanowisku powodowało przyspieszenie akcji serca większe niż inna aktywność zawodowa lub pozazawodowa. Przypadek tego kontrolera skłaniałby do stwierdzenia, iż praca na stanowisku kontroli zbliżania nie spowodowała wyraźnych zmian wartości częstości skurczów serca.

Kolejnym krokiem było wykonanie analizy HRV i wyznaczenie wielu różnych parametrów opisujących zmiany w autonomicznej regulacji rytmu serca. Zastosowanie tej metody wymaga niestandardowego oprogramowania sytemu holterowskiego, które za pomocą analizy Fouriera z pozornie chaotycznych zmian długości odstępów RR w sygnale EKG wyodrębnia zmiany o charakterze okresowym.

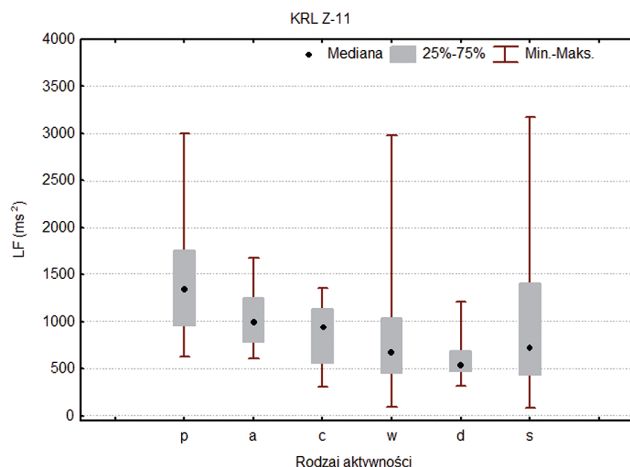


Rys. 9. Wahania częstości skurczów serca KRL pracującego na stanowisku kontroli zbliżania. Kolor żółty – praca na stanowisku, niebieski – sen lub drzemka. Punkt 0 oznacza początek rejestracji sygnału EKG. Czas rejestracji to 23 godz. i 40 min (źródło: Kamińska i in., 2013)



Rys. 10. Średnie wartości częstości skurczów serca (HR) KRL pracującego na stanowisku kontroli zbliżania, wyznaczone z 5-minutowych fragmentów EKG przypisanych różnym rodzajom aktywności dobowej. W nawiasie liczba uśrednionych wartości: p – praca na stanowisku ($n = 46$), a – przerwa w pracy na stanowisku ($n = 21$), c – testy sprawności psychofizycznej ($n = 8$), w – czas wolny ($n = 105$), d – drzemka ($n = 12$), s – sen ($n = 88$), (źródło: Kamińska i in., 2013)

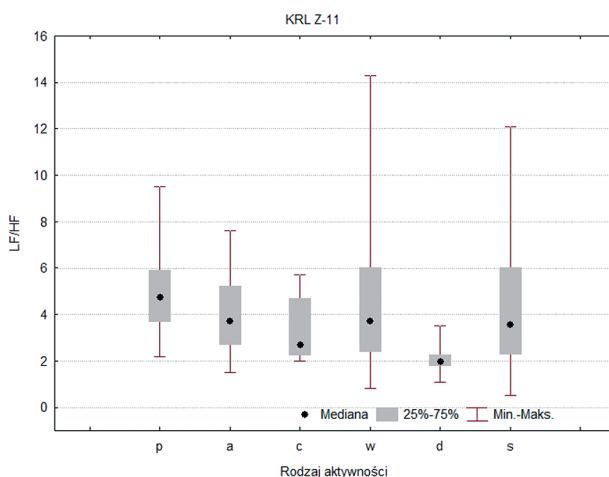
Uważa się, że obciążeniem dla układu krążenia jest utrzymywanie się przez dłuższy czas pobudzenie części współczulnej AUN. Miarą tego pobudzenia jest wartość mocy widma odstępów RR w paśmie częstotliwości [LF(ms²): 0,04-0,15 Hz], która odpowiada głównie aktywności współczulnej autonomicznej regulacji rytmu serca. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono na rys. 11, dokonując podziału wartości wg rodzaju aktywności dobowej kontrolera, opisaney w jego chronometrażu.



Rys. 11. Wartości LF (ms²) kontrolera pracującego na stanowisku kontroli zbliżania wyznaczone dla 5-minutowych fragmentów EKG przypisanych różnym rodzajom aktywności dobowej. W nawiasie liczba uśrednionych wartości LF: p – praca na stanowisku (n = 46), a – przerwa w pracy na stanowisku (n = 21), c – testy sprawności psychofizycznej (n = 8), w – czas wolny (n = 105), d – drzemka (n = 12), s – sen (n = 88), (źródło: Kamińska i in., 2013)

Mimo braku wyraźnych różnic w częstości skurczów serca, z istotnych różnic mocy widma LF można wywnioskować, że praca na stanowisku KRL powodowała większą aktywację układu współczulnego niż inne zajęcia wykonywane w godzinach pracy oraz różne rodzaje aktywności poza miejscem pracy.

Innym parametrem związanym z autonomiczną regulacją rytmu serca jest wskaźnik równowagi sympatyko-wagalnej wyrażony ilorazem mocy widma w paśmie częstotliwości LF i wartością mocy widma w paśmie HF, która w interpretacji fizjologicznej odpowiada aktywności przywspółczulnej (wagalnej), (HF:0.15-0.4 Hz). Porównanie wartości tego wskaźnika potwierdza przewagę współczulną w autonomicznej regulacji rytmu serca podczas pracy kontrolera na stanowisku kontroli zbliżania (rys. 12).



Rys. 12. Wartości wskaźnika równowagi sympatyko-wagalnej kontrolera na stanowisku kontroli zbliżania wg rodzaju aktywności. W nawiasie liczba uśrednionych wartości wskaźnika LF/HF: p – praca na stanowisku (n = 46), a – przerwa w pracy na stanowisku (n = 21), c – testy sprawności psychofizycznej (n = 8), w – czas wolny (n = 105), d – drzemka (n = 12), s – sen (n = 88), (źródło: Kamińska i in., 2013)

Powiązanie wielkości obciążenia umysłowego czy psychicznego ze zmianami wartości częstości skurczów serca i parametrów opisujących aktywność autonomicznej regulacji rytmu serca nie jest łatwe. Istnieje wiele powiązanych ze sobą mechanizmów i pętli sprzężenia zwrotnego w układzie sercowo-naczyniowym, utrudniających definitywną interpretację wyników.

Na obciążenie pracą umysłową wpływa wiele różnych czynników, stąd często trudno rozpoznać, który pomiar umożliwia ocenę udziału pojedynczego czynnika. W praktyce odmienne techniki stosowane są przy ocenie stresu i napięcia umysłowego. Zastosowanie tej samej metody mogłoby wymagać odmiennej interpretacji wyników z przeprowadzonej analizy.

Należy też zwrócić uwagę na to, że obserwowana zmiana wartości mierzonych parametrów może mieć różne znaczenie w różnych zadaniach. Przykładowo wzrost HR podczas wykonywania zadań wymagających dużego zaangażowania emocjonalnego oznacza większe obciążenie. Jednak obniżenie wartości HR też może oznaczać większe obciążenie, np. w sytuacji, gdy praca wykonywana jest w nocy i towarzyszy jej monotonia. Dlatego przed wyborem metody pomiaru obciążenia pracą powinno się dokonać identyfikacji głównych składowych stresu (np. zadań stanowiących największe obciążenie dla pracownika), następnie przedstawić hipotezę, jaki rodzaj napięcia przy pracy występuje, gdy zwiększa lub zmniejsza się poziom stresu.

Dzięki możliwości rejestracji sygnału EKG w sposób ciągły metodą Holtera, rytm serca może być opisywany z uderzenia na uderzenie (ang. *beat to beat*). Daje to możliwość dokładnego śledzenia zmian w pracy serca podczas wykonywania konkretnych zadań. Umożliwia też śledzenie zmian długo czasowych, związanych ze zmęczeniem (monotonią) czy fazami rytmiki okołodobowej.

Częstość skurczów serca można wyznaczać z dowolnego przedziału czasowego, czyli z dowolnej sekwencji odstępów RR w sygnale EKG. Natomiast ocena obciążenia umysłowego poprzez parametry zmienności rytmu serca ma metodyczne ograniczenia czasowe. Długość rejestracji sygnału EKG użyta do pojedynczej analizy HRV powinna wynosić od 1 do 5 min. Gdy zaplanowane zadania trwają dłużej, analizę przeprowadza się z sekwencji odstępów RR z EKG o ustalonej długości (od 1 do 5 min). Wybór przedziału czasowego zależy od rodzaju wykonywanych zadań i warunków, takich jak presja czasu czy monotonia. Należy też pamiętać, że na wyniki analizy HRV mogą wpływać niektóre choroby, np. cukrzyca czy nadciśnienie tętnicze.

Prace nad zastosowaniem pomiarów HR czy HRV do oceny obciążenia pracą umysłową rozpoczęto jeszcze w latach 90. i trwają one nadal. Szanse ich upowszechnienia mogą przynieść: miniaturyzacja rejestratorów sygnału EKG, większa dostępność specjalistycznego oprogramowania i obniżenie kosztów aparatury.

Inne parametry fizjologiczne, które można zastosować do oceny obciążenia pracą to np. ciśnienie tętnicze. Jednak, choć stwierdzono, że koreluje ono z wymaganiami zadań umysłowych, a mierzy się je łatwo, to nie wydaje się wartościowym wskaźnikiem w pomiarze obciążenia pracą (Castor 2003, za Cain 2007).

6.2. Okulografia

Podczas pracy na stanowiskach związanych z wykonywaniem zadań o dużych wymaganiach poznawczych i decyzyjnych ważnym elementem jest aktywność percepcyjna pracowników, która może być przeanalizowana na podstawie rejestracji okulograficznej (śledzenia ruchów gałek ocznych).

Okulografia umożliwia poznanie zarówno aspektów poznawczych, jak i związanych z zachowaniem człowieka (Cowen, 2002; Schiessl, 2003). Ocenę percepcji pracowników przeprowadzano dla różnych stanowisk, w tym również w lotnictwie, na stanowiskach KRL (Hauland, 2003) oraz pilotów (Kowalczyk, 2004).

Ocena aktywności percepcyjnej pracowników opiera się na analizie wzorów ruchów oczu. Są to głównie fiksacje (skupienie wzroku na danym elemencie) oraz sakady – szybkie ruchy oka zachodzące pomiędzy kolejnymi fiksacjami. Czas trwania fiksacji i sekwencja punktów fiksacji mogą być wskaźnikami sposobu przetwarzania informacji. Są one zależne od poziomu uwagi i mogą ulegać

zmianom w procesie uczenia się czy podczas wykonywania zadania. Stwierdzono, że czas trwania fiksacji skorelowany jest z trudnością różnych zadań, których elementem są informacje wzrokowe (Pierce, 2009). W badaniach nad czytaniem ustalono, że fiksacja wzroku na tekście jest dłuższa, gdy tekst jest mniej czytelny lub trudniejszy, a w przypadku zadań matematycznych, gdy są one trudniejsze pod względem obliczeniowym. Na przykładzie czytania wykazano, że chociaż fiksacja na trudniejszym tekście jest dłuższa, to w przypadku takiego tekstu częstsza jest wielokrotna fiksacja. Uważa się, że w przewidywaniu obciążenia zadaniami wzrokowymi liczba ponownych fiksacji może być równie ważna jak statystyka czasu trwania fiksacji (Rayner, 1998). Ponieważ w badaniach laboratoryjnych stwierdzono występowanie wysokiej korelacji pomiędzy czasem trwania fiksacji oraz stopniem trudności zadań wzrokowych, metoda ta stała się najczęściej wykorzystywaną w pomiarach obciążenia pracą w lotnictwie (rys. 13) i transporcie drogowym, w których obciążenie zadaniami wzrokowymi jest wysokie (Pierce, 2009).



Rys. 13. Badanie okulograficzne na stanowisku pracy KRL

W badaniach kierowców podczas prowadzenia pojazdu wykazano, że pamięciowe odtwarzanie obrazów (wymagające pamięci wzrokowo-przestrzennej) powodowało wzrost średniego czasu fiksacji, natomiast zadanie polegające na płynnym odbieraniu informacji słownych nie wpływało istotnie na czas fiksacji (Recarte i Nunes, 2000). Ponieważ czas fiksacji zależy od typu wykonywanego pojedynczego zadania oraz typu zadań wykonywanych łącznie, konieczna jest ocena, w jaki sposób różne zadania, niebędące zadaniami wzrokowymi, wpływają na ruchy samych oczu.

Badając szybkość ruchów sakkadowych, można ocenić poziom koncentracji uwagi. Szybsze ruchy występują w warunkach sprzyjających wysokim poziomom

koncentracji. Przypuszcza się, iż dodatnia korelacja pomiędzy szybkością ruchów oczu a uwagą może wynikać z towarzyszącego jej zwiększonego pobudzenia. Związek pomiędzy ruchami oczu a poziomem pobudzenia tłumaczy się neurologią programowania sakkadowego. Prawdopodobnie jest to proces dotyczący wielu ważnych obszarów w mózgu i różnych szlaków przemian w zależności od rodzaju sakady (Leigh i Zee, 1999).

Na podstawie długości i liczby fiksacji można wnioskować, jak człowiek skupia uwagę (Poole i in., 2004), przy czym im krótszy jest czas do pierwszej fiksacji, tym wyższa jest zdolność do skupiania uwagi (Byrne, 1999). Z kolei liczba fiksacji na danym elemencie może świadczyć m.in. o jego ważności i zauważalności w procesie percepcji (Poole i in., 2004).

Z badań naukowych (Di Stasi i in., 2009; 2010a; 2010b) wynika, że istnieje korelacja między wskaźnikiem PV (ang. *peak velocity*) w badaniu okulograficznym a subiektywnymi i obiektywnymi wskaźnikami zmęczenia psychicznego. Analiza ruchu gałek ocznych może być pomocna w ocenie zmęczenia psychicznego, a analiza ruchu powiek w ocenie obciążenia narządu wzroku i poziomemu pobudzenia.

Rejestracja aktywności percepcyjnej pracowników z zastosowaniem okulografu prowadzona jest w ramach badań związanych z wykonywaniem zadań symulujących pracę oraz do oceny ergonomicznej wybranych stanowisk pracy. Analiza procesów postrzegania umożliwia ocenę poszczególnych elementów stanowiska pracy pod kątem ich rozmieszczenia i oznaczenia, co jest szczególnie istotne przy pracy o dużych wymaganiach decyzyjnych i percepcyjnych, np. pracy KRL – szczególnie podczas kontroli wieży.

Rejestracja aktywności percepcyjnej pracowników z zastosowaniem okulografu może być wykorzystana do:

- ▶ oceny ergonomicznej wybranych stanowisk pracy. Analiza procesów postrzegania umożliwi ocenę poszczególnych elementów stanowiska pracy pod kątem ich rozmieszczenia i oznaczenia (długości i liczby fiksacji), co jest szczególnie istotne podczas pracy o dużych wymaganiach decyzyjnych i percepcyjnych (na przykład pracy KRL – szczególnie podczas kontroli lotniska)
- ▶ oceny zmęczenia pracownika
- ▶ oceny obciążenia umysłowego związanego z aktywnością poznawczą (ang. *cognitive workload*).

Z doniesień naukowych wynika, iż zmniejszenie częstości mrugania oznacza większe obciążenie pracą, a zwiększenie oznacza zmęczenie. W innych badaniach dotyczących obciążenia pracą umysłową pilotów zaobserwowano, że częstość mrugania wzrasta proporcjonalnie do obciążenia pracą podczas wykonywania zadań pamięciowych (Wilson, 2001). Związek pomię-

dzy częstością mrugania a obciążeniem pracą jest wciąż słabo udokumentowany i dyskusyjny.

Średnica źrenicy wydaje się czuła na szereg wymagań zadaniowych, ale i na stan emocjonalny, co utrudnia interpretację wyników. Stwierdzono, że powiększenie źrenicy wskazuje na zwiększoną aktywność poznawczą. Generalnie, średnica źrenicy zwiększa się na wyższych poziomach przetwarzania poznawczego i jest czuła na gwałtowne zmiany w obciążeniu pracą, jednak, kiedy następuje przeciążenie, średnica źrenicy może nie reagować na zmiany lub nawet wykazywać reakcję odwrotną (Wilson, 2004 za Cain, 2007).

Parametry takie jak średnica źrenicy i częstość mrugania są rzadziej wykorzystywane w badaniach naukowych, ponieważ mogą być zależne np. od oświetlenia (Poole i in., 2004). Poza tym pomiary średnicy źrenicy muszą być precyzyjne (rzędu dziesiątych milimetra), co utrudnia ich zastosowanie w środowiskach, gdzie występują drgania lub w sytuacjach wymagających częstych ruchów oczu i głowy (Wilson, 2004 za Cain, 2007).

Nowoczesne rozwiązania technologiczne umożliwiają pomiary ruchów gałek ocznych w sposób dyskretny, bez ingerencji osób prowadzących badanie. Przykładem może być system wizualizacyjny instalowany na kasku pilotów myśliwców czy żołnierzy piechoty. Umożliwia on pomiar poziomych i pionowych ruchów oczu (zakresu oraz prędkości), mrugania (czasu trwania, latencji i częstotliwości), czasu trwania fiksacji oraz średnicy źrenicy. Stwierdzono jednak, że pomiary dotyczące oczu są wrażliwe nie tylko na wymagania dotyczące wykonywanego zadania, ale i na zmęczenie. Ponadto, często wymagają stabilnego czujnika, potrafiącego wykryć nawet małe ruchy, co łatwiej uzyskać w warunkach laboratoryjnych, a trudniej na rzeczywistych stanowiskach, gdzie ruchy czujnika na głowie są zgodne z ruchami ciała (Cain, 2007).

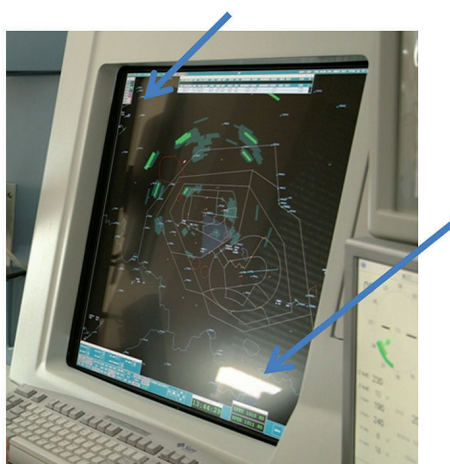
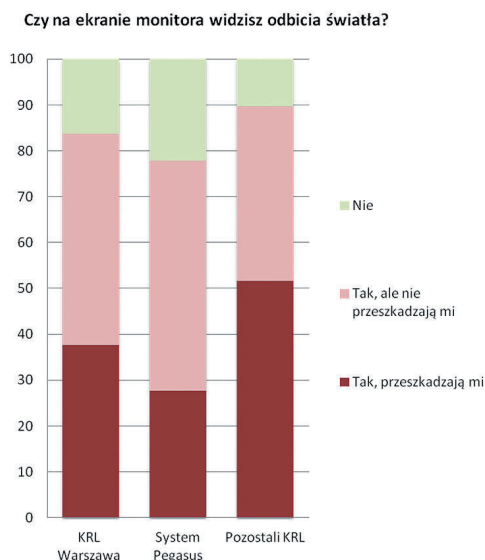
7. Ocena uciążliwości związanych z warunkami fizycznymi środowiska pracy

Do oceny obciążenia wynikającego z warunków fizycznych środowiska pracy można stworzyć własny kwestionariusz. W tym rozdziale przedstawiono przykład takiego kwestionariusza, opracowanego w pod kątem czynników występujących

na stanowiskach pracy KRL. Pytania zawarte w kwestionariuszu *Uciążliwości środowiska pracy* konsultowano ze służbami bhp Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (PAŻP) oraz ze związkiem zawodowym KRL POLATCA działającym w PAŻP. Badani kontrolerzy dokonywali subiektywnej oceny warunków pracy w zakresie:

- ▶ temperatury panującej w pomieszczeniach w różnych porach roku
- ▶ wilgotności/świeżości powietrza w różnych porach roku
- ▶ hałasu
- ▶ oświetlenia stanowiska pracy (rys. 14)
- ▶ rozmieszczenia i jakości wizualnych oraz dźwiękowych sygnałów – informacji na stanowisku pracy
- ▶ oceny komfortu pracy z urządzeniami związanymi z manualną regulacją, dotykowym wprowadzaniem danych (takimi jak klawiatury, pokrętła czy monitory alfanumeryczne)
- ▶ oceny możliwości przyjęcia wygodnej pozycji ciała podczas pracy
- ▶ oceny wygody stołu i krzesła
- ▶ oceny wpływu pracownika na kształtowanie własnego stanowiska pracy.

Na każde pytanie udzielano odpowiedzi wybierając jedną z 4 lub 5 możliwych opcji (w zależności od pytania), przy czym zaznaczenie cyfry 1 oznaczało najniższą, a cyfry 4 lub 5 najwyższą ocenę.



Rys. 14. Problemy KRL związane z oświetleniem stanowisk radarowych (źródło: Kamińska i in., 2013)

Siedzący tryb pracy niesie ryzyko dolegliwości ze strony układu mięśniowo-szkieletowego, wpatrywanie się w ekran monitora – problemy z narządem wzroku, picie zbyt dużych ilości kawy zapobiegającej narastaniu senności może prowadzić do rozwoju zaburzeń metabolicznych, a wszelkie dolegliwości stanowią dodatkowy element obciążający przy wykonywaniu zadań wymagających najwyższego poziomu sprawności, wykluczającego popełnienie błędu.

Częstość występowania dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego można ocenić za pomocą zmodyfikowanego kwestionariusza NMQ (ang. *Nordic Musculoskeletal Questionnaire*) opracowanego w 1987 r. przez Ikkę Kuorinkę i Bengta Jonssona (Kuorinka i in., 1987). Zasadnicze pytanie, na które można odpowiedzieć dzięki wynikom kwestionariusza brzmi: „Czy pojawiają się dolegliwości mięśniowo-szkieletowe w danej populacji, a jeśli tak, to w jakich partiach ciała są zlokalizowane?”. Kwestionariusz zawiera pytania dotyczące oceny częstości występowania bólów w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego w ciągu ostatnich 7 dni oraz 12 miesięcy (lub – w wersji zmodyfikowanej – 6 miesięcy). Zadaniem respondenta jest określenie, w której części ciała pojawiają się dolegliwości, o ile takie występują. Kwestionariusz może zostać poszerzony o dodatkowe pytania, zależnie od specyfiki stanowiska pracy. W przypadku pracy KRL problem mogą stanowić dolegliwości dotyczące narządu wzroku spowodowane pracą w jasnym słońcu na wieży czy w półmroku bez dostępu światła naturalnego na stanowiskach radarowych. Kwestionariusz zawiera także skalę VAS (ang. *Visual Analogue Scale*), która jest graficzną skalą opisową intensywności i częstości dolegliwości. Osoba badana określa stopień natężenia bólu na linijce o długości 10 cm, gdzie 0 oznacza brak bólu, a 10 cm – najsilniejszy ból, jaki badany może sobie wyobrazić. Wartości w zakresie VAS 0 – 3 wskazują na niewielką intensywność bólów. Wartości powyżej 7 oznaczają bardzo silne bóle (nie do wytrzymania).

8. Podsumowanie

Od samego początku projektowania lub udoskonalania już istniejącego systemu pracy konieczne jest uwzględnienie możliwości ludzi, technologii, warunków organizacyjnych oraz wzajemnych interakcji pomiędzy wspomnianymi czynnikami. Projektant powinien uwzględnić zdolności, umiejętności, doświadczenie oraz oczekiwania przyszłej populacji użytkowników (ISO 10075-2:1996).

Powinien też wykorzystać wiedzę naukową fizjologów, ergonomistów i psychologów w zakresie wpływu różnych czynników środowiska zewnętrznego na sprawność psychofizyczną pracownika. Ważna jest też informacja o subiektywnych odczuciach pracowników w zakresie oceny fizycznych czynników środowiska pracy, ergonomii stanowisk i organizacji pracy.

Wybór narzędzi subiektywnej i obiektywnej oceny obciążenia pracą jest trudny z wielu powodów. Techniki takie jak kwestionariusze czy wywiady dostarczają jedynie informacji w zakresie doświadczeń pracownika i nie podlegają weryfikacji empirycznej.

Utrudnieniem w stosowaniu narzędzi fizjologicznych jest konieczność posiadania odpowiedniej aparatury rejestrującej sygnały takie jak EKG, EEG czy okulografia. Najlepiej, gdy rejestracja prowadzona jest bezpośrednio na stanowisku pracy, bez udziału osoby prowadzącej badanie, zwłaszcza w przypadku pracy umysłowej wymagającej np. wysokiego poziomu uwagi. Interpretacja parametrów takich jak częstość skurczów serca, ciśnienie tętnicze, temperatura czy parametrów okulograficznych, wymaga ukierunkowanej wiedzy fizjologicznej. Wartości parametrów fizjologicznych mogą zależeć od stanu zdrowia pracownika (wpływają na nie np. choroby przewlekłe jak nadciśnienie, cukrzyca, choroby układu krążenia, zaburzenia snu), zaś wyniki testów psychologicznych od złej kondycji psychofizycznej spowodowanej czynnikami pozazawodowymi.

Są jednak szanse zastosowania metod fizjologicznych do oceny obciążenia pracą umysłową, gdyż metody te dostarczają pomiarów obiektywnych i nieinwazyjnych, zwłaszcza w przypadku możliwości automatycznej rejestracji.

Przewiduje się, że w przyszłości może być możliwe zastosowanie do oceny obciążenia pracą umysłową kilku technik stosowanych obecnie głównie w medycynie, takich jak: oksymetria, spektroskopia w bliskiej podczerwieni, fMRI (funkcjonalny MRI) oraz badanie poziomu hormonów stresu. Wymagany jest jednak postęp technologii w kierunku uproszczenia technik pomiarowych, mniejszej inwazyjności, miniaturyzacji aparatury itp. (Wilson, 2004, za Cain, 2007).

Większość badań prowadzonych w celu uzyskania pomiaru obciążenia pracą umysłową prowadzona jest w warunkach laboratoryjnych. Ich zaletą jest możliwość kontrolowania wpływu czynników zewnętrznych na obciążenie umysłowe i na jakość wykonywanych zadań. Problem stanowi odniesienie wyników pomiarów laboratoryjnych do tych wykonywanych w rzeczywistych warunkach pracy. Należy zauważyć, że techniki pomiarowe stosowane w rzeczywistych warunkach pracy nie są takie same jak stosowane w warunkach laboratoryjnych, gdyż te pierwsze powinny cechować minimalna ingerencja badacza w proces realizacji zadań pracownika.

Poniżej przedstawiono kryteria, które powinny spełniać metody pomiaru obciążenia pracą umysłową – metoda powinna (Cain, 2007):

- 1) być wiarygodnie czuła na zmiany stopnia trudności zadania oraz umożliwiać rozpoznawanie istotnych różnic w stopniu obciążenia pracą
- 2) być diagnostyczna, wskazywać, jak różne źródła obciążeń modyfikują obciążenie pracą umysłową oraz określać ilościowo stopień obciążenia w zależności od rodzaju wykonywanych zadań oraz wymagań w stosunku do możliwości wykonawcy
- 3) nie zakłócać wykonawcy jego pracy, która powinna być jedynym istotnym źródłem obciążenia
- 4) być możliwa do zaakceptowania przez wykonawców, rzetelna, a jednocześnie nieuciążliwa
- 5) wiązać się wymaganiem użycia minimum sprzętu, aby nie wpływał on na obniżenie wydajności pracy
- 6) umożliwiać dostrzeżenie przejściowych zmian w obciążeniu pracą
- 7) być wiarygodna i wykazywać powtarzalność z niewielką wariancją w porównaniu z głównymi efektami
- 8) być selektywnie czuła na różnice w wymaganiach dotyczących zdolności, a nie na zmiany nie mające związku z obciążeniem pracą umysłową, np. stres emocjonalny
- 9) być niewrażliwa na inne wymogi związane z wykonywaniem zadania, takie jak aktywność fizyczna poza czasem wykonywaniem zadania.

Ocena obciążenia pracą powinna uwzględniać specyfikę pracy, warunki środowiska pracy i możliwości organizacyjne.

Na obciążenie pracą umysłową KRL wpływa wiele trudnych do przewidzenia czynników, jak zmiany natężenia ruchu lotniczego, złożoność i nieprzewidywalność sytuacji zaistniałych w powietrzu, warunki atmosferyczne czy nieregularność godzin pracy dostosowanych do potrzeb transportu lotniczego. Podobnie dzieje się jest w lotnictwie, gdzie poszczególne operacje lotnicze cechuje inna złożoność problemów, np. przedłużony dzień pracy, przekraczanie licznych stref czasowych, sen w nieodpowiednich porach doby (niezgodnie z rytmem okołodobowym) lub praca w porze gdy rytm sprawności psychofizycznej osiąga dobowe minimum (Caldwell i in., 2009). Taka sytuacja wymaga indywidualizacji problemu zmęczenia nie tylko w odniesieniu do danego zawodu, lecz także do poszczególnych pracowników, co uniemożliwia stworzenie jednego uniwersalnego modelu zarządzania zmęczeniem.

Bibliografia

1. Ahlstrom U., Friedman-Berg F.J. (2006) *Using eye movement activity as a correlate of cognitive workload*. International Journal of Industrial Ergonomics, 36, 623-636.
2. Akerstedt T., Gillberg M. (1990) *Subjective and objective sleepiness in the active individual*. Journal of Neuroscience, 52, 29-37.
3. Annett J. (2002) *Subjective rating scales: science or art?* Ergonomics, 45(14), 966-987.
4. Backs R.A. (1998) *Comparison of factor analytic methods of obtaining cardiovascular autonomic components for the assessment of mental workload*. Ergonomics, 41(5), 733-745.
5. Baschera P., Grandjean E.P. (1979) *Effect of repetitive task with different degrees of difficulty on critical fusion frequency (CFF) and subjective state*. Ergonomics, 22, 377-385.
6. Bonnet M.H. (1991) *The effect of varying prophylactic naps on performance, alertness and mood throughout a 52-hour continuous operation*. Sleep, 14, 307-315.
7. Borg G. (1998) *Borg's perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.
8. Bourgeois-Bougrine S., Carbon P., Gounelle C., Mollard R., Coblentz A. (2003) *Perceived fatigue for short- and long Haul flights: a survey of 739 airline pilots*. Aviat Space Environ Med, 74, 1072-1077.
9. Brown I.D. (1994) *Driver fatigue*. Hum. Factors, 36, 298-314.
10. Byrne M.D., Anderson J.R., Douglas S., Matessa M. (1999) *Eye tracking the visual search of clickdown menus*. Proceedings of CHI'99 NY: ACM Press., 402-409.
11. Cabon P. (2011) *Fatigue in air traffic control*. [W:] Fatigue. HindSight 13. Brussels, Eurocontrol, 55-59.
12. Cabon P., Coblentz A., Mollard R., Fouillot J.P.(1993) *Human vigilance in railway and long-haul flight operation*. Ergonomics, 36, 1019-1033.

13. Cain B. (2007) *A Review of the Mental Workload Literature*. [W:] Report RTO-TR-HFM-121-Part-II. Toronto, Defense Research and Development Canada.
14. Cajochen C. (2007) *Alerting effects of light*. Sleep Med. Rev., 11, 453-464.
15. Caldwell J.A., Mallis M.M., Caldwell J.L., Paul M.A., Miller J.C., Neri D.F. (2009) *Fatigue countermeasures in aviation*. Aviat. Space. Environ. Med., 80 (1), 29-59.
16. Costa G. (1993) *Evaluation of workload in air traffic controllers*. Ergonomics, 36(9), 1111-1120.
17. Costa G. (2000) *Working and health condition of Italian Air Traffic Controllers*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), 6(3), 365-382.
18. Cowen L., Ball L.J., Delin J. (2002) *An eye-movement analysis of web-page usability*. [W:] People and Computers XVI-Memorable Yet Invisible: Proceedings of HCI 2002. Red. X. Faulkner, J. Finlay, F. D tienne. London, Springer-Verlag Ltd.
19. Dekker S. (2011) *The ethics of fatigue*. [W:] Fatigue. HindSight 13. Brussels, Eurocontrol, 8-9.
20. Di Stasi L.L., Marchitto M., Antoli A., Rodriguez E., Ca as J.J. (2010a) *From subjective questionnaires to saccadic peak velocity: a neuroergonomics index for on line assessment of mental workload*. [W:] 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE). Conference Proceedings.
21. Di Stasi L.L., Alvarez V., Ca as J.J., Maldonado A., Catena A., Antoli A. (2009) *Risk behaviour and mental workload: Multimodal assessment techniques applied to motorbike riding simulation*. [W:] Transportation Research, Part F, 12, 361-370.
22. Di Stasi L.L., Renner R., Staehr P., Helmert J.R., Velichkovsky B.M., Ca as J.J., Catena A. (2010b) *Saccadic peak velocity sensitivity to variations in mental workload*. Aviation, Space and Environmental Medicine, 81, 413-417.
23. Dijkman M., Sachs N., Levine E., Mallis M., Carlin M.M., Gillen K.A. Powell J.W., Samuel S., Mullington J., Rosekind M.R., Dinges D.F. (1997) *Effects of reduced stimulation on neurobehavioral alertness depend on circadian phase during human sleep deprivation*. Sleep Res., 26, 265.
24. Driskell J.E., Mullen B. (2005) *The efficacy of naps as a fatigue countermeasure: a meta-analytic integration*. Hum. Factors, 47, 360-377.
25. Duffy J.F., Wright K.P. (2005) *Entrainment of the human circadian system by light*. J. Biol. Rhythms, 20, 326-338.

26. Eastman C.I., Boulos Z., Terman M., Campbell S.S., Dijk D., Lewy A.J. (1995) *Light treatment for sleep disorders: consensus report*. VI. Shift work. *J. Biol. Rhythms*, 10, 157-164.
27. Folkard S., Akerstedt T. (2004) *Trends in the risk of accidents and injuries and their implications for models of fatigue and performance*. *Aviat. Space. Environ. Med.*, 75: A161-A167.
28. Gopher D., Braune R. (1984) *On the psychophysics of workload: why bother with subjective measures?* *Human Factors*, 26(5), 519-532.
29. Gopher D., Donchin E. (1986) *Workload – An examination of the concept*. [W:] *Handbook of Perception and Human Performance*. Volume 2. Cognitive Processes and Performance. Ed. K.R. Boff, L. Kaufman, J.P. Thomas. New York, John Wiley and Sons.
30. Hart S.G., Staveland L.E. (1998) *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research*. [W:] *Human mental workload*. Ed. P.A. Hancock, N. Meshkati. Amsterdam, North Holland, 139-193.
31. Hauland G. (2003) *Measuring team situation awareness by means of eye movement data*. [W:] *Proceedings of HCI International*, 3. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 230-234.
32. Hopkin D.V. (1995) *Human factors in air traffic control*. London, Taylor & Francis.
33. Hwang S.L., Yau Y.J., Lin Y.T., Chen J.H., Huang T.H., Yenn T.Z., Hsu C.C. (2008) *Predicting work performance in nuclear power plants*. *Safety Science*, 46, 1115-1124.
34. Iovino A. (2011) *Sleep and Fatigue*. [W:] *Fatigue*. HindSight 13. Eurocontrol, 32-34.
35. Isaac A. (2011) *Dying for a rest: how much of a problem is fatigue?* [W:] *Fatigue*. HindSight 13. Brussels, Eurocontrol, 35-37.
36. Kaczmarska A., Łuczak A. (2007) *A study of annoyance caused by low-frequency noise during mental work*. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 13(2), 117-125.
37. Kaczmarska A., Łuczak A. (2008) *Analysis of annoyance caused by infrasound and low-frequency noise during mental work*. *Archives of acoustics*, 33, 331-340.
38. Kamińska J., Zużewicz K., Łuczak A., Bugajska J. (2013) *Obciążenie psychofizyczne pracowników na stanowiskach pracy związanych z wykonywaniem*

- zadań o dużych wymaganiach percepcyjnych i decyzyjnych. [W:] Zadanie 04.A.05. Program wieloletni „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”. Warszawa, CIOP-PIB [praca niepublikowana].
39. Karasek R. (1979) *Job demands. Job decision latitude and mental strain: implication for job redesign*. Administrative Science Quarterly, 24, 285-307.
 40. Karasek R. Theorell T. (1990) *Healthy work: stress, productivity and the reconstruction on working life*. New York, Basic books.
 41. Karasek R., Brisson C., Kawakami N., Amick B. (1998) *The Job Content Questionnaire: An instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job content*. Journal of Occupational Health Psychology, 3(4), 322-355.
 42. Kilner A., Cebola N. (2011) *I know when I'm tired*. [W:] Fatigue. HindSight 13. Brussels, Eurocontrol, 38-41.
 43. Kowalczyk K. (2004) *Wartość diagnostyczna parametrów fizjologicznych podczas wywołanej dezorientacji przestrzennej*. Polski Przegląd Medycyny Lotniczej, 1, 7-23.
 44. Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom Å., Vinterberg H., Biering-Sørensen F., Andersson G., Jorgensen K. (1987) *Standardized Nordic questionnaire for the analysis of musculoskeletal symptoms*. Applied Ergonomics, 18, 233-237.
 45. Kwarecki K., Zużewicz K., Najmiec A. (2000) *Fizjologiczne skutki pracy zmianowej i nocnej u kontrolerów ruchu lotniczego*. [W:] Ekspertyza dla PPPL. Warszawa, CIOP-PIB [praca niepublikowana].
 46. Leigh J.R., Zee D.S. (2006) *The neurology of eye movements*. New York, Oxford University Press, 7-111.
 47. Lewy A.J., Bauer V.K., Achmed S., Thomas K.H., Cutler N.L., Singer C.M., et al (1998) *The human phase response curve (PRC) to melatonin is about 12 hours out of phase with the PRC to light*. Chronobiology Int., 15, 71-83.
 48. Łuczak A. (1999) *Dobór do zawodów trudnych i niebezpiecznych*. Bezpieczeństwo Pracy, 2, Warszawa, CIOP.
 49. Łuczak A. (2001) *Wymagania psychologiczne w doborze osób do zawodów trudnych i niebezpiecznych*. Warszawa, CIOP.
 50. Łuczak A., Sobolewski A. (2005) *Longitudinal changes in critical flicker fusion frequency: an indicator of human workload*. Ergonomics, 48(15), 1770-1792.

51. Luna T.D., French J., Mitcha J.L. (1997) *Badania dotyczące pracy w systemie zmianowym kontrolerów ruchu powietrznego sił powietrznych Stanów Zjednoczonych (USAF): Analiza snu, zmęczenia, aktywności i nastroju*. Polski Przegląd Medycyny Lotniczej, 4(3), 355-370 [przedruk: *A study of USAF Air Traffic Controller Shiftwork: sleep, fatigue, activity, and mood analyses*. Aviat. Space. Environ. Med., 1, 18-23].
52. Luximon A., Goonetilleke R.S. (2001) *Simplified subjective workload assesment technique*. Ergonomics, 44(3), 229-243.
53. Makowiec-Dąbrowska T., Bortkiewicz A., Siedlecka J., Gadzicka E. (2011) *Wpływ zmęczenia na zdolność prowadzenia pojazdów*. Medycyna Pracy, 62(3), 281-290.
54. Makowska Z., Merecz D. (2001) *Ocena zdrowia psychicznego na podstawie badań kwestionariuszami Davida Goldberga. Podręcznik dla użytkowników kwestionariuszy GHQ-12 i GHQ-24*. Łódź, Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera.
55. Mamcarz I., Mamcarz P. (2011) *Poczucie zagrożenia u osób pracujących w zawodach wysokiego ryzyka*. [W:] *Obciążenie psychiczne pracą - nowe wyzwania ergonomii*. Red. T. Juliszewski, H. Ogińska, M. Złowodzki. Kraków, Komitet Ergonomii PAN, 247-269.
56. Maremmani I., Dell'Osso L., Rovai L., Pacini M., Arduino G., Montagnari A., Abbenante D., Maremmani A.G.I., Giulio P., Akiskal K., Akiskal H. (2010) *TEMPS-A[p] temperament profile related to Professional Choice. A study in 1548 applicants to become a cadet officer in the Italia air force*. Journal of Affective Disorders, 124, 314-318.
57. Nachreiner F. (1995) *Standards for ergonomics principles relating to the design of work systems and mental workload*. Applied Ergonomics, 26(4), 259-263.
58. Nachreiner F. (1999) *International standards on mental work – load – The ISO 10075 Series*. Industrial Health, 37, 125-133.
59. Najmiec A. (1999) *Kontrola ruchu lotniczego – gra o bezpieczeństwo*. Bezpieczeństwo Pracy, 3, 16-19.
60. Najmiec A. (2000) *Obciążenie pracą kontrolera ruchu lotniczego (KRL)*. [W:] K. Kwarecki, K. Zużewicz, A. Najmiec. *Fizjologiczne skutki pracy zmianowej i nocnej u kontrolerów ruchu lotniczego*. Ekspertyza dla PPPL. Warszawa, CIOP-PIB.
61. Najmiec A., Widerszal-Bazyl M. (2000) *Psychospołeczne warunki pracy kontrolerów ruchu lotniczego*. Bezpieczeństwo Pracy, 2, 2-6.

62. Pierce E.T. (2009) *Mental workload measurement using the intersaccadic interval*. Toronto, University of Toronto.
63. Plopa M., Makarowski R. (2010) *Kwestionariusz Poczucia Stresu*. Warszawa, Vizja Press & IT.
64. Pollock V., Cho D.W., Reker D., Volavka J. (1979) *Profile of Mood States: the factors and their physiological correlates*. The Journal of Nervous and Mental Disease, 167(10), 612–614.
65. Poole A., Ball L.J., Phillips P. (2004) *In search of salience: A response time and eye movement analysis of bookmark recognition*. [W:] People and Computers XVIII-Design for Life: Proceedings of HCI 2004. Red. S. Fincher, P. Markopolous, D. Moore, R. Ruddle. London, Springer-Verlag Ltd.
66. Rayner K. (1998) *Eye movements in reading and information processing: 20 years of research*. Psychological Bulletin, 124(3), 372-422.
67. Recarte M.A., Nunes L. M. (2000) *Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving*. Journal of Experimental Psychology: Applied, 6(1), 31-43.
68. Recarte M.A., Nunes L.M. (2003) *Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making*. Journal of Experimental Psychology: Applied, 9(2), 119-137.
69. Revell V.L., Eastman C.I. (2005) *How to trick Mother Nature into letting you fly around or stay up all night*. J. Biol. Rhythms, 20, 353-365.
70. Rubio S., Diaz E., Martin J., Puente J.M. (2004) *Evaluation of subjective mental workload: a comparison of SWAT, NASA-TLX, and workload profile methods*. Appl. Psychol. An International Review, 53(1), 61-86.
71. Schiessl M., Duda S., Thölke A., Fischer R. (2003) *Eye tracking and its application in usability and media research*. MMI-Interaktiv. Special Issue, 6.
72. Stone B.M., Turner C. (1997) *Promoting sleep in shiftworkers and intercontinental travelers*. Chronobiol. Int., 14, 133-143.
73. *Task Force. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996) Circulation, 93, 1043-1065 [nie podano nazwisk autorów].

74. Van Amelsvoort L.G.P.M., Schouten E.G., Maan A.C., Swenne K.A., Kok F.J. (2001) *24-heart rate variability in shift workers: impact of shift schedule*. J. Occup. Health, 43, 32-38.
75. Van Amelsvoort L.G.P.M., Schouten E.G., Mann A.C., Swenne K.A., Kok F.J. (2000) *Occupational determinants of heart rate variability*. Int Arch Occup Environ Health, 73, 255-262.
76. Van Diepen P.M.J., De Graef P., d'Ydewalle G. (1995) *Chronometry of foveal information extraction during scene perception*. [W:] Eye movement research: Mechanisms, processes and applications. Red. J.M. Findlay, R. Walker, R.W. Ken-tridge. Amsterdam, Elsevier, 49-362.
77. Waterhouse J., Reilly T., Atkinson G., Edwards B. (2007) *Jet lag: trends and coping strategies*. Lancet, 369, 1117-1129.
78. Weber A., Jeremini C., Grendjeon E.P. (1975) *Relationship between objective and subjective assessment of experimentally induced fatigue*. Ergonomics, 18, 151-156.
79. Widerszal-Bazyl M. (1998) *Stresory psychospołeczne w miejscu pracy*. [W:] Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. Red. D. Koradecka. Warszawa, CIOP, 165-191.
80. Widerszal-Bazyl M. (2003) *Stres w pracy a zdrowie, czyli o próbach weryfikacji modelu Roberta Karaska oraz modelu: wymagania – kontrola – wsparcie*. Warszawa, CIOP-PIB [materiał niepublikowany].
81. Widerszal-Bazyl M., Cieślak R., Derlicka M., Kurkus-Rozowska B., Łuczak A., Martyka J., Najmiec A., Nowak K., Tausz K., Żołnierczyk-Zreda D. (1998) *Przewodnik po zawodach*. Tomy I-VI. Warszawa, Krajowy Urząd Pracy, Ministerstwo Pracy i Polityki Socjalnej.
82. Williamson A.M., Feyer A.-M., Mattick R., Friswell R., Finlay-Brown S. (2001) *Developing measures of fatigue using an alcohol comparison to validate the effects of fatigue on performance*. Accident Analysis and Prevention, 33(3), 313-326.
83. Wilson G.C. (2004) *Operator functional state assessment*. [W:] Paris, FR, North Atlantic Treaty Organization (NATO), Research and Technology Organization (RTO) BP 25, F-92201. France, Neuilly sur Seine, 220.
84. Wilson G.F. (2001) *An analysis of mental workload in pilots during flight using multiple psychophysiological measures*. International Journal of Aviation Psychology, 12(1), 3-18.

85. Wright N., McGown A. (2001) *Vigilance on the civil flight Dec: incidence of sleepiness and sleep during long-haul flights and associated changes in physiological parameters*. *Ergonomics*, 44, 82-106.
86. Złowodzki M., Juliszewski T. (2011) *Ergonomia wobec obciążeń pracą umysłową*. [W:] Obciążenie psychiczne pracą – nowe wyzwania ergonomii. Red. T. Juliszewski, H. Ogińska. M. Złowodzki. Kraków, Komitet Ergonomii PAN, 7-22.
87. Zużewicz K., Kwarecki K. (2000) *Effect of shiftwork on heart rate, fatigue and sleep: a study of traffic controllers*. [W:] Shiftwork 2000. Implications for science, practice and business. Red. T. Marek, H. Ogińska, J. Pokorski, G. Costa, S. Folkard. Kraków, Uniwersytet Jagielloński, 229-251.
88. Zużewicz K., Najmiec A., Bugajska J., Konarska M. (2011) *Obciążenie kontrolera ruchu lotniczego pracą umysłową*. [W:] Obciążenie psychiczne pracą – nowe wyzwania ergonomii. Red. T. Juliszewski, H. Ogińska, M. Złowodzki. Kraków, Komitet Ergonomii PAN, 163-181.
89. ISO 10075-1:1991 *Ergonomic principles related to mental work-load – Part 1: General terms and definitions*.
90. ISO 10075-2:1996 *Ergonomic principles related to mental workload – Part 2: Design principles*.
91. ISO 10075-3:1998. *Ergonomic principles related to mental workload – Part 3: Measurement and assessment of mental work-load (Working Draft)*.
92. ISO 10075-3: 2004. *Ergonomic principles related to mental workload – Part 3: Principles and requirements concerning methods for measuring and assessing mental workload*.
93. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 965/2012 z dnia 5 października 2012 r. ustanawiające wymagania techniczne i procedury administracyjne odnoszące się do operacji lotniczych zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008. DzUrz L 260/1 z 25.10.2012. Załącznik III, p.4.a.1.