

# ANALIZA PORÓWNAWCZA I OCENA ELEMENTÓW MONITOROWEGO ZOBRAZOWANIA NA WYBRANYM STANOWISKU SYSTEMU KIEROWANIA I STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM W UJĘCIU ERGONOMICZNYM<sup>1</sup>

---

**Anna Kalisiak**

inż., Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: +48 694 472 454, e-mail: kalisiakann@gmail.com

**Ireneusz Sitek**

dr inż., Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: +48 721 298 469, e-mail: isi@wt.pw.edu.pl

---

**Piotr Tomczuk**

dr hab. inż., Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, e-mail: ptomczuk@wt.pw.edu.pl

***Streszczenie.** W artykule przedstawiono próbę wykonania analizy porównawczej oraz oceny elementów monitorowego zobrazowania na wybranym, rzeczywistym stanowisku sterowania i kierowania ruchem kolejowym obsługiwany przez dyżurnego ruchu wykorzystującego pulpit elektroniczny, w ujęciu ergonomicznym. Badanie własne przeprowadzono na rzeczywistym systemie, realizującym zobrazowanie zgodnie z wytycznymi PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Analizie poddano monitorowe zobrazowanie stanowiące interfejs do systemów sterowania i kierowania ruchem kilku firm produkujących dla potrzeb PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Wyniki przeprowadzonych badań oraz wyciągnięte na ich podstawie wnioski potwierdzają osiągnięcie przyjętych celów badawczych i są podstawą do dalszego analizowania tematu poruszonego w artykule.*

***Słowa kluczowe:** analiza, ergonomia, interfejs, sterowanie i kierowanie ruchem kolejowym, zobrazowanie*

## 1. Wstęp

Obserwując stanowiska pracy dyżurnych ruchu można zauważyć, że podlegają one przemianom, wynikającym z rozwoju techniki. Pozwala to na zwiększenie automatyzacji procesów sterowania i kierowania ruchem kolejowym. Wpływa bezpośrednio na rodzaj i charakter wykonywanych przez operatora działań, a także ilość prezentowanych na jednym stanowisku informacji. W nowoczesnych systemach zautomatyzowanych praca operatora sprowadza się głównie do nadzorowania poprawności realizowanych przebiegów oraz podejmowania działań w sytuacjach awaryjnych lub niebezpiecznych. Realizacja tych zadań jest pracą pod presją, wymagającą ciągłego skupienia i dużej koncentracji operatora systemu. Istotne jest, aby system i warunki pracy były w jak największym

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Kalisiak A. 50%, Sitek I. 25%, Tomczuk P. 25%

stopniu dostosowane do potrzeb człowieka tak, aby zminimalizować czynnik zawodności.

Obciążenie pracą jest ważnym czynnikiem wpływającym na niezawodność działań operatora. Na podejmowanie poprawnych decyzji wpływa zarówno zmęczenie fizyczne, jak i psychiczne. Im mniejsze jest obciążenie pracą, tym proces zmęczenia postępuje wolniej. Każde dodatkowe zadanie dla operatora powoduje zwiększenie obciążenia pracą, a co za tym idzie prowadzi do wzrostu znużenia i może doprowadzić do spowodowania sytuacji niebezpiecznej. Ważne jest takie zaprojektowanie i wykonanie stanowiska operatora, aby dostarczane informacje z interfejsu graficznego były jednoznaczne i nie powodowały nadmiernego obciążenia pracą.

Prawidłowe dobranie poziomów luminancji monitorów i odwzorowanie barw graficznego interfejsu pełni istotną rolę przy podejmowaniu poprawnych decyzji przez operatora.

## 2. Komputerowe systemy sterowania i kierowania ruchem kolejowym

Stale rosnące potrzeby oraz wymagania doprowadziły do udoskonalenia systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym. Przez wiele lat systemy te zmieniły się z mechanicznych, przez elektrotechniczne, następnie przekąźnikowe, w hybrydowe i komputerowe. Wspólną i nadrzędną cechą wszystkich wyżej wymienionych typów systemów sterowania jest zapewnienie bezpieczeństwa oraz sprawności ruchu kolejowego. Ciągły rozwój techniki pozwala na skrócenie czasu przejazdu pociągu na danym odcinku linii kolejowej, zapewnia bezpieczne działanie urządzeń na przejazdach kolejowych oraz zmniejsza czas wykonywania czynności nastawczych. Wpływa również na ograniczenie kosztów pracy przy jednoczesnym wzroście wydajności pracownika.

W celu zapewnienia jak największego bezpieczeństwa w komputerowych systemach sterowania i kierowania ruchem kolejowym stosuje się [1]: nadmiarowość sprzętową, zróżnicowanie programów sterujących, synchronizację pracy kanałów sterujących, testy poprawności działania modułów i urządzeń w czasie rzeczywistym.

Warto zwrócić uwagę na modułową strukturę komputerowych systemów sterowania i kierowania ruchem. Tego typu forma umożliwia łatwe dostosowywanie mechanizmów do zmieniającej się liczby obiektów, które podlegają ich oddziaływaniu. Systemy sterowania i kierowania ruchem składają się z trzech podstawowych bloków funkcjonalnych: kontroli dyspozytorskiej, zdalnego sterowania oraz przekazywania informacji o pojazdach [1]. Wyżej wymienione elementy mogą funkcjonować pojedynczo lub tworzyć jedną spójną całość w połączeniu z innymi.

### 3. Badania rozkładu luminancji i natężenia oświetlenia na realnym stanowisku sterowania i kierowania ruchem kolejowym

#### 3.1. Opis stanowiska, na którym odbywało się badanie

Badania natężenia oświetlenia na blatach stanowiska sterowania i kierowania ruchem kolejowym oraz rozkładu luminancji w warstwie graficznego interfejsu użytkownika systemów znajdujących się na stanowisku operatorskim odbyły się w warunkach rzeczywistych.

Lokalne Centrum Sterowania jest miejscem, z którego docelowo będzie prowadzony ruch na czterech stacjach. Aktualnie do użytku została oddana tylko jedna stacja. W LCS znajdują się trzy stanowiska: stanowisko dyżurnego ruchu, identyczne stanowisko rezerwowe, a także stanowisko dyspozytora ruchu, które w niewielkim stopniu różni się od stanowiska dyżurnego. Każde stanowisko składa się z kilku różnych podsystemów, które wspólnie tworzą jeden spójny system sterowania i kierowania ruchem kolejowym.

Stanowiska 1 i 3 są zbudowane z trzech rzędów monitorów. W pierwszym, najniższym usytuowanym rzędzie znajdują się cztery monitory firmy Dell, na których przedstawiono obrazy poglądowe poszczególnych stacji. Całość zobrazowania stanowi interfejs systemu zdalnego sterowania. W drugim rzędzie umieszczono pięć monitorów, po jednym monitorze firmy Neovo i HP oraz trzy monitory firmy Dell. W trzecim najwyższym rzędzie zamocowano monitor systemu detekcji stanów awaryjnych taboru DSAT, który służy do wykrywania stanów niesprawności taboru kolejowego. Dodatkowo w górnym rzędzie stanowiska umieszczono monitory, na których wyświetlane są informacje odnośnie urządzeń zdalnej kontroli samoczynnej sygnalizacji przejazdowej oraz monitory telewizji przemysłowej podglądu sytuacji ruchowej w strefie przejazdu w poziomie szyn.

Stanowisko 2, podobnie jak stanowiska 1 i 3, zbudowane jest z trzech rzędów monitorów, jednak ich układ i przeznaczenie są trochę inne. W najniższym rzędzie znajdują się cztery monitory firmy Dell, na których przedstawiono zobrazowanie poszczególnych stacji. W drugim rzędzie umieszczono cztery monitory, po jednym firmy HP i Iiyama oraz dwa firmy Dell.

Na stanowiskach sterowania i kierowania ruchem kolejowym w Lokalnym Centrum Sterowania wykorzystano osiem różnych rodzajów monitorów. Po porównaniu jedynie wybranych parametrów monitorów można stwierdzić, że różnią się one od siebie, co może wpływać na pracę dyżurnego ruchu.

Podstawowe oświetlenie pomieszczenia zostało zaprojektowane i wykonane zgodnie z zaleceniami, które zawarte są w PN-EN 12464-1 [4]. W pomieszczeniu nie przewidziano możliwości płynnej regulacji natężenia oświetlenia na poszczególnych płaszczyznach roboczych.

### 3.2. Wyniki analizy rozkładu luminancji

Pomiary rozkładu luminancji przeprowadzono na rzeczywistym stanowisku sterowania i kierowania ruchem kolejowym w trakcie normalnej pracy Lokalnego Centrum Sterowania. Do warunków środowiskowych, które zostały zastane na miejscu nie zostały wprowadzone żadne zmiany, organizacja przestrzenna stanowiska również pozostała bez zmian. Dzięki temu uzyskano rozkład luminancji, jaki występuje w trakcie realizacji zadań roboczych.

Podczas realizacji pomiarów wykorzystano miernik barwy i luminancji, pozwalający na jednoczesne wykonywanie pomiarów wyżej wymienionych wielkości.

Badanie rozkładu luminancji przeprowadzono na dwóch stanowiskach – Stanowisko 1 i Stanowisko 3, na monitorach firmy Dell oznaczonych numerami 1.4 i 3.4.

Pomiary wykonywano w porze zimowej od godziny 16:15 do godziny 17:50 przy świetle naturalnym i oświetleniu miejscowym włączonym w trzech punktach oraz całkowicie wyłączonym oświetleniu górnym. Mierzono zarówno luminancję, jak i współrzędne trójchromatyczne każdego ze stosowanych w zobrazowaniu kolorów: czerwonego, szarego, żółtego, różowego, zielonego, białego, ciemnoczerwonego i czarnego. Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono wartości średnie mierzonych parametrów dla wszystkich kolorów oraz narysowano wykresy trójchromatyczne dla ich wartości średnich i odniesiono do wymagań przestrzeni barwnej prezentując wyniki w odniesieniu do określonych gamutów barwnych.

Analizując otrzymane wykresy trójchromatyczne poszczególnych kolorów stwierdzono, że kolory czerwony, szary, różowy i biały znajdują się w odpowiednich obszarach, a wyniki pomiarów są bardzo podobne. Kolory żółty, zielony, ciemnoczerwony i czarny wykraczają poza obszary lub znajdują się w zupełnie innych niż powinny. W przypadku koloru zielonego, na siedem wykonanych pomiarów, tylko jeden znalazł się w odpowiadającym mu obszarze, pozostałe sześć pomiarów wykazało punkty, które znajdują się na obszarze koloru czerwonego. Podobnie w przypadku koloru żółtego, na siedem wykonanych pomiarów, ani jeden nie znalazł się w prawidłowym obszarze, a jeden z pomiarów znalazł się poza zakresem wykresu trójchromatycznego. Kolory czarny i ciemnoczerwony również wykraczają z odpowiadających im obszarów, dodatkowo poszczególne punkty są w dość dużym stopniu rozrzucone po wykresie trójchromatycznym. Powyższe sytuacje mogą być spowodowane nieodpowiednią kalibracją monitora. Kolejnym czynnikiem, który mógł doprowadzić do opisanych przypadków są zmiany ustawień monitorów. Każdy dyżurny ruchu może sam regulować ustawienia jasności, temperatury barwowej i kontrastów na swoim stanowisku. Ciągłe zmiany prowadzą do rozregulowania monitora. Należy również zwrócić uwagę na zużycie podświetlenia monitora, które z czasem słabnie i daje coraz cieplejsze światło, co prowadzi do przekłamań w odbiorze kolorów.

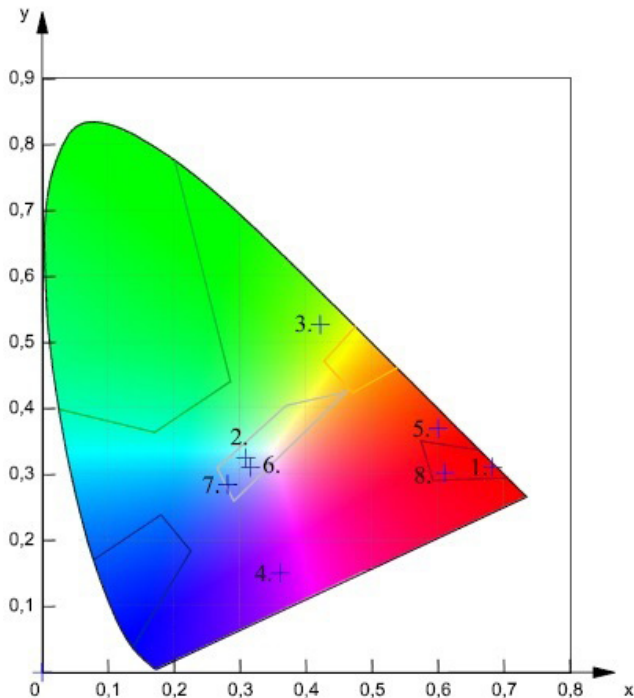
Opisane powyżej odstępstwa mogą być wynikiem nieprawidłowych ustawień monitora, a także braku kalibracji. Te zaniedbania mogą skutkować przekłamy-

waniem kolorów, następstwem czego mogą być błędne odczyty przesyłanych informacji. Mają one także wpływ na zwiększenie zmęczenia narządu wzroku dyżurnego ruchu pracującego na komputerowym stanowisku sterowania i kierowania ruchem.

W tab. 1 zawarto wartości średnie wyników pomiarów otrzymanych w czasie badania na stanowisku 1 na monitorze 1.4. Interpretując otrzymane wartości oraz powstały na ich podstawie wykres trójchromatyczny zauważono, że żółty (3) i zielony (5) znajdują się w nieodpowiednich obszarach. Pozostałe wartości średnie są w prawidłowych dla siebie obszarach.

Tabela 1. Wartości średnie wyników pomiarów otrzymanych na stanowisku 1 na monitorze 1.4 firmy Dell

Numer pomiaru	Luminancja	Wartość X	Wartość Y	Opis pola pomiarowego
1.	43,99	0,6823	0,3109	Czerwony
2.	38,35	0,3155	0,3109	Szary
3.	151,29	0,4214	0,5271	Żółty
4.	55,05	0,3603	0,1504	Różowy
5.	59,82	0,6001	0,3697	Zielony
6.	200,64	0,3085	0,3247	Biały
7.	10,01	0,6100	0,3020	Ciemnoczerwony
8.	0,58	0,2809	0,2848	Czarny



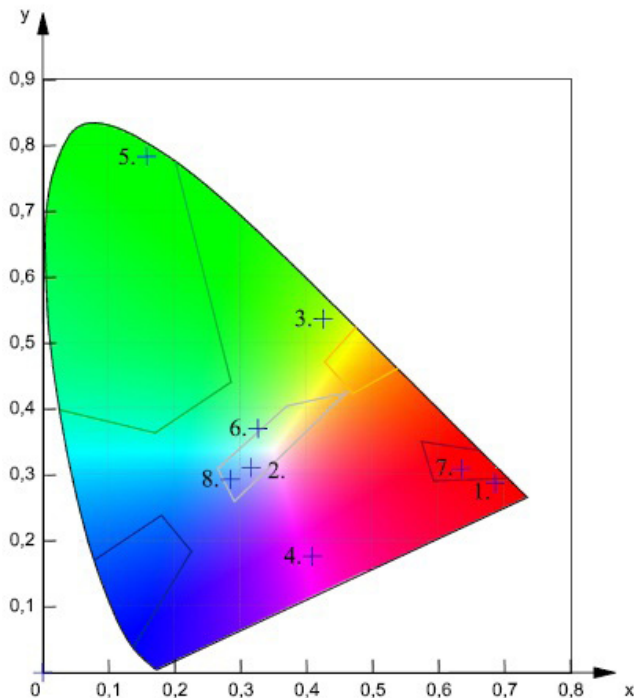
Rys. 1. Wykres trójchromatyczny wartości średnich dla monitora 1.4.

Zródło: opracowanie własne

W poniższej tab. 2 zawarto wartości średnie wyników pomiarów otrzymanych w czasie badania na stanowisku 3 na monitorze 3.4. Dokonując interpretacji otrzymanych wartości oraz powstały na ich podstawie wykres trójbromatyczny zauważono, że kolory czerwony (1), żółty (3) i biały (6) znajdują się w nieodpowiednich obszarach. Pozostałe wartości średnie badanych kolorów są w prawidłowych dla siebie miejscach.

Tabela 2. Wartości średnie wyników pomiarów otrzymanych na stanowisku 3 na monitorze 3.4 firmy Dell

Numer pomiaru	Luminancja	Wartość X	Wartość Y	Opis pola pomiarowego
1.	18,09	0,6857	0,2868	Czerwony
2.	16,89	0,2980	0,3314	Szary
3.	74,25	0,4248	0,5368	Żółty
4.	24,78	0,4083	0,1763	Różowy
5.	52,27	0,1572	0,7834	Zielony
6.	78,27	0,3258	0,3704	Biały
7.	4,18	0,6340	0,3092	Ciemnoczerwony
8.	0,14	0,2839	0,2933	Czarny



Rys. 2. Wykres trójbromatyczny wartości średnich dla monitora 3.4

Źródło: opracowanie własne

Po przeprowadzeniu badań metodą punktową dokonano analiz rozkładu luminancji dla wybranych stanowisk i monitorów w różnych warunkach oświetleniowych. Analizowano wartości luminancji pojedynczych obszarów pracy wzrokowej w obrębie zobrazowania monitorowego na całym stanowisku, a także luminancję poszczególnych elementów graficznego interfejsu w zależności od pełnionej w zobrazowaniu funkcji.

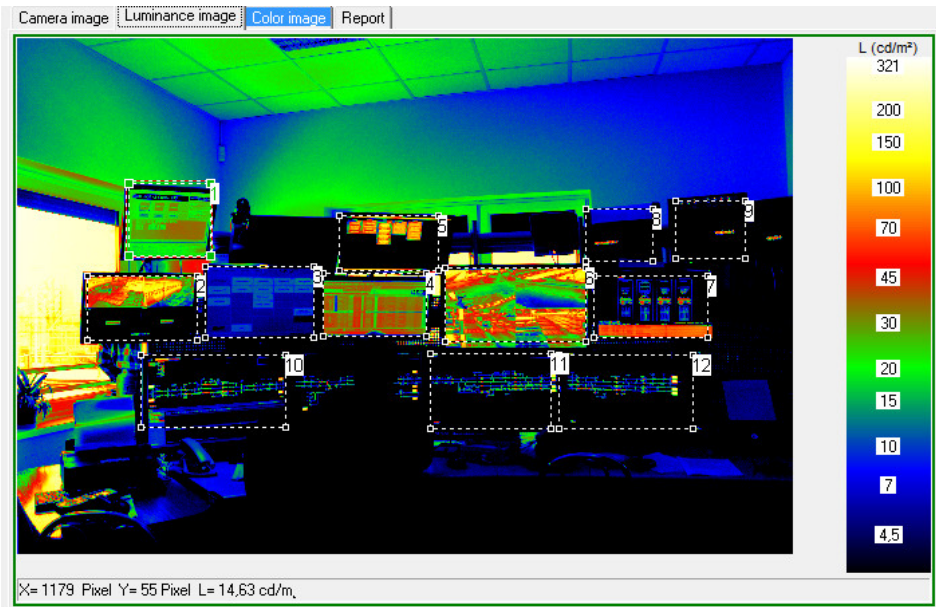
Poniżej przedstawiono wyniki, które odnoszą się do całego stanowiska 1, przy świetle naturalnym. Wartością analizowaną jest luminancja poszczególnych obszarów pracy wzrokowej w obrębie zobrazowania monitorowego na całym stanowisku 1 przy oświetleniu naturalnym. Wyniki przeprowadzonej analizy uporządkowano w następujący sposób:

- surowe zdjęcie analizowanego obszaru w formacie .R2,
- zdjęcie rozkładu luminancji w skali logarytmicznej z zaznaczonymi obszarami analizy oraz ze skalą odniesienia,
- definicje poszczególnych obszarów analizy,
- raport zestawiający najistotniejsze wartości dla badanych obszarów analizy,
- wykres wartości średniej luminancji dla poszczególnych obszarów.



Rys. 3. Analizowany obszar – całe stanowisko 1 przy oświetleniu naturalnym

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Obszar rozkładu luminancji z naniesionymi obszarami analizy

Źródło: opracowanie własne

Definicja analizowanych obszarów:

- obszar 1 – DSAT, luminancja średnia obszaru = 21,09 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 2 – Elektryczne Ogrzewanie Rozjazdów (EOR), luminancja średnia obszaru = 30,06 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 3 – System Łączności Kolejowej, luminancja średnia obszaru = 7,035 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 4 – Radiołączność, luminancja średnia obszaru = 31,99 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 5 – System Wspomagania Dyżurnego Ruchu (SEPE), luminancja średnia obszaru = 23,21 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 6 – luminancja średnia obszaru = 46,9 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 7 – Zdarzenia i alarmy, luminancja średnia obszaru = 16,51 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 8, obszar 9 – ERP – 7, luminancja średnia obszarów = 2,75 [cd/m<sup>2</sup>],
- obszar 10, obszar 11, obszar 12 – zobrazowanie stacji, luminancja średnia obszarów = 3,53 [cd/m<sup>2</sup>].

Luminancja średnia obszarów w najwyższym rzędzie stanowiska dyżurnego ruchu (obszary 1, 5, 8, 9) = 12,45 [cd/m<sup>2</sup>],

Luminancja średnia obszarów w środkowym rzędzie stanowiska dyżurnego ruchu (obszary 2, 3, 4, 6, 7) = 25,61 [cd/m<sup>2</sup>],

Luminancja średnia obszarów w najniższym rzędzie stanowiska dyżurnego ruchu (obszary 10, 11, 12) = 3,53 [cd/m<sup>2</sup>].

Zbadano stosunek dla wybranych luminancji ekranów na stanowisku 1 dyżurnego ruchu, przy oświetleniu naturalnym, wyniki przedstawiono w poniższej tab. 3.



Histogram		Standard										
Table	No.	Source	Reg.	Class.	Unit	Count	Mean	Disp.	Min	Max	Area	
	Diagram	1	Luminance image	1	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	29990	21,09	9,604	0	38,31	29990
2		Luminance image	2	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	35810	30,06	42,03	0	171,4	35810	
3		Luminance image	3	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	39040	7,035	5,322	0,1438	182,4	39040	
4		Luminance image	4	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	32940	31,99	27,41	0	238,3	32940	
5		Luminance image	5	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	27520	23,21	38,88	0	147,5	27520	
6		Luminance image	6	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	52450	46,9	37,26	0	188,8	52450	
7		Luminance image	7	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	35580	16,51	26,1	0	97,77	35580	
8		Luminance image	8	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	17810	3,575	7,97	0	123,8	17810	
9		Luminance image	9	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	20410	1,927	8,858	0	146,6	20410	
10		Luminance image	10	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	52970	5,006	15,1	0	223,3	52970	
11		Luminance image	11	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	45790	2,582	6,855	0	128,4	45790	
12		Luminance image	12	Default	L-cd/m <sub>v</sub>	49960	3,001	13,81	0	214,3	49960	

Rys. 5. Raport do analizy

Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Wykres średniej luminancji dla poszczególnych analizowanych obszarów

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3. Stosunek luminancji dla kolejnych obszarów pracy wzrokowej na stanowisku 1 dyżurnego ruchu przy oświetleniu naturalnym

Badane obszary pracy wzrokowej	Stosunek luminancji
Obszary w najwyższym rzędzie / obszary w średnim rzędzie	$\frac{12,45}{25,61} = 0,49 \geq 0,1$
Obszary w średnim rzędzie / obszary w najniższym rzędzie	$\frac{25,61}{3,53} = 7,25 \geq 0,1$
Obszar 1 / obszar 2	$\frac{21,09}{30,06} = 0,7 \geq 0,1$
Obszar 3 / obszar 10	$\frac{7,035}{5,006} = 1,41 \geq 0,1$
Obszar 5 / obszar 4	$\frac{23,21}{31,99} = 0,73 \geq 0,1$
Obszar 6 / obszar 11	$\frac{46,9}{2,582} = 18,16 \geq 0,1$
Obszar 7 / obszar 12	$\frac{16,51}{3,001} = 5,5 \geq 0,1$

Zgodnie z założeniami, jako maksymalny stosunek luminancji kolejnych obszarów pracy wzrokowej, który nie powoduje dyskomfortu w czasie jej wykonywania, przyjmuje się stosunek 1:10. **Warunek nie został spełniony** w żadnym z powyżej analizowanych przypadków.

Analizując powyższe wyniki ze stanowiska 1 (przy naturalnym oświetleniu) stwierdzono, że najwyższa luminancja występuje na obszarze 6, zaś najniższa na obszarze 9. Różnica luminancji tych obszarów wynosi 44,97 [cd/m<sup>2</sup>]. Luminancja obszarów 3, 8, 9, 10, 11, 12 utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Podobnie jest w przypadku obszarów 1 i 5 oraz obszarów 2 i 4 (rys. 6).

Po wykonaniu obliczeń luminancji średniej dla obszarów w najwyższym, średnim i najniższym rzędzie stanowiska dyżurnego ruchu zauważono, że poziom luminancji w każdym rzędzie monitorów jest inny i znacząco się od siebie różni. Obszary 2, 3, 4, 6 i 7 – rząd środkowy, są zdecydowanie jaśniejsze niż obszary 10, 11, 12 – rząd najniższy. Różnica luminancji w tym przypadku wynosi 22,08 [cd/m<sup>2</sup>].

Kolejnym krokiem w przeprowadzonej analizie było zbadanie stosunku wybranych luminancji ekranów na stanowisku 1 dyżurnego ruchu. W wyniku tych obliczeń stwierdzono, że w żadnym z siedmiu przeanalizowanych przypadków nie jest spełniony warunek komfortu pracy. We wszystkich powyższych przypadkach stosunek kolejnych obszarów pracy wzrokowej jest większy niż 0,1. Stosunek obszaru 6 do obszaru 11 jest największy i wynosi 18,16. Zaś stosunek obszarów 1 i 2 najmniejszy i wynosi 0,7, zbliżoną wartość ma również stosunek obszarów 4 i 5 – 0,73.

Na podstawie powyższych obserwacji stwierdzono, że stanowisko dyżurnego ruchu powinno zostać uporządkowane w taki sposób, aby maksymalnie zmniejszyć różnice luminancji między poszczególnymi obszarami pracy wzrokowej. Monitory na stanowisku pracy dyżurnego ruchu można ustawić w następujący sposób:

- rząd najniższy – monitory o najmniejszej luminancji – obszary 9, 10, 11 i 12,
- rząd średni – monitory o średniej luminancji – obszary 1, 3, 7 i 8,
- rząd najwyższy – monitory o największej luminancji – obszary 2, 4, 5 i 6.

Drugim rozwiązaniem jest uporządkowanie stanowiska dyżurnego ruchu w taki sposób, żeby monitory o największej luminancji znajdowały się z lewej strony stanowiska, a monitory o mniejszej luminancji z prawej strony stanowiska.

Trzecim sposobem poprawienia komfortu pracy dyżurnych ruchu jest opracowanie i wprowadzenie odpowiednich zaleceń odnośnie standaryzacji tła monitorów dla poszczególnych podsystemów, tak aby wszystkie monitory stosowane na stanowisku sterowania i kierowania ruchem miały jasne lub ciemne tło.

Wprowadzenie proponowanych zmian może poprawić komfort pracy dyżurnych ruchu, a co za tym idzie potencjalnie zwiększy również jakość pracy. Aktualnie stosowane rozwiązania oraz układ monitorów na stanowisku dyżurnego ruchu wpływają na szybsze męczenie się narządu wzroku operatora. Dyżurny często musi patrzeć na przemian na jasne i ciemne monitory, co powoduje ciągłą, intensywną pracę oka, są to zadania męczące tym bardziej, że zmiana dyżurnego ruchu trwa dwanaście godzin bez przerwy.

### 3.3. Wyniki i analiza rozkładu natężenia oświetlenia w warunkach rzeczywistych

Pomiary rozkładu natężenia oświetlenia przeprowadzono na rzeczywistym stanowisku sterowania i kierowania ruchem kolejowym, w trakcie normalnej pracy Lokalnego Centrum Sterowania. Do warunków środowiskowych, które zostały zastane na miejscu nie zostały wprowadzone żadne zmiany.

Do wykonania pomiarów natężenia oświetlenia na powierzchniach stanowisk sterowania ruchem kolejowym został użyty luksomierz LXP – 1, produkowany przez firmę Sonel. Miernik ten jest przeznaczony do badania natężenia oświetlenia 400 [kLx] z maksymalną rozdzielczością 0,1 [Lx]. Przyrząd charakteryzuje wysoka dokładność oraz krótki czas reakcji na zmianę natężenia oświetlenia [6].

Badanie przeprowadzono w trzech etapach, za każdym razem zmieniając warunki oświetleniowe. Pierwszy pomiar natężenia oświetlenia wykonano o godzinie 15:50, przy świetle naturalnym i oświetleniu miejscowym włączonym w trzech punktach oraz całkowicie wyłączonym oświetleniu górnym. Drugi pomiar odbył się o godzinie 18:00, przy częściowo włączonym oświetleniu górnym (2 z 12 lamp) i oświetleniu miejscowym włączonym w trzech punktach. Kolejny pomiar wykonano o godzinie 18:15, przy całkowicie włączonym oświetleniu sztucznym (12 lamp) i oświetleniu miejscowym w trzech punktach. Za każdym razem wykonano piętnaście pomiarów, zaczynając z lewej strony stanowiska i przemieszczając się o pół metra w celu uzyskania wyniku kolejnego pomiaru. Wszystkie pomiary wykonano na wysokości blatu stanowiska sterowania i kierowania ruchem. Poniższa tabela przedstawia wyniki pomiarów natężenia oświetlenia na stanowisku w Lokalnym Centrum Sterowania.

Tabela 4. Wyniki pomiarów natężenia oświetlenia na stanowisku sterowania i kierowania ruchem

Numer pomiaru	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3
1.	73,5	58,9	447
2.	66,3	72,5	410
3.	58,8	90,2	472
4.	37,6	82,9	472
5.	30,2	129,2	541
6.	27,3	188,8	548
7.	37,5	211	558
8.	109	349	628
9.	102	387	768
10.	30,8	386,3	787
11.	24,7	131,3	665
12.	17,5	128,6	724
13.	16,4	36,4	662
14.	15,7	46,1	654
15.	16,1	32,8	506

Zgodnie z wymogami jakie stawia PN-EN 12464-1 na stanowiskach, na których wykonuje się następujące zadania: pisanie ręczne, pisanie na maszynie, czytanie, obsługiwane klawiatury, przetwarzanie danych w obszarze bezpośredniego otoczenia zadania wzrokowego natężenie światła powinno wynosić 500 lx [4].

Po przeanalizowaniu otrzymanych wyników stwierdzono, że natężenie oświetlenia na stanowisku sterowania i kierowania ruchem w dwóch przypadkach jest niewystarczające, zaś w jednym przypadku, norma jest spełniona na prawie całym stanowisku.

#### 4. Podsumowanie

Celem artykułu było zbadanie w aspekcie ergonomicznym, elementów monitorowego zobrazowania na wybranym stanowisku sterowania i kierowania ruchem kolejowym obsługiwany przez dyżurnego ruchu wykorzystującego pulpit elektroniczny. Ważne jest, aby wszystkie informacje, które odbierają operatorzy były czytelne, łatwo rozpoznawalne i jednoznaczne, a warunki pracy jak najbardziej sprzyjające pracy wzrokowej.

Na podstawie zgromadzonych materiałów, wykonaniu badań własnych i analizie otrzymanych wyników podjęto próbę sformułowania następujących wniosków:

1. Na stanowiskach odcinkowych dyżurnych ruchu powinno się dążyć do stosowania monitorów produkowanych przez jedną firmę lub zachować jednakowe parametry matrycy.
2. Należy opracować odpowiednie zalecenia odnośnie standaryzacji tła monitorów dla poszczególnych podsystemów, tak aby wszystkie monitory stosowane na stanowisku sterowania i kierowania ruchem miały jasne lub ciemne tło (zalecane ciemne tło).
3. Istnieje potrzeba opracowania odpowiednich zaleceń (standaryzacji) dotyczących zintegrowania pod kątem ergonomicznym wszystkich stosowanych na stanowisku dyżurnego ruchu graficznych interfejsów.
4. Powinno się wprowadzić odpowiednie regulacje dotyczące kalibracji ekranów. Wszystkie monitory na stanowiskach pracy odcinkowych dyżurnych ruchu należałoby cyklicznie sprawdzać i kalibrować.
5. Po wykonaniu procesu kalibracji monitory powinny mieć blokowane ustawienia, aby każdy dyżurny ruchu miał poprawne, zgodne z instrukcją Ie-104, ustawienia właściwych parametrów zobrazowania.
6. W zobrazowaniach monitorowych powinno się stosować kolory, które spełniają stawiane im wymagania dotyczące luminancji, jako narzędzia skupienia uwagi operatorów. Na podstawie wyników przedstawionych w Analizie 5 i Analizie 6 stwierdzono, że w większości przypadków wymagania te nie są spełnione. Zastosowane w zobrazowaniu kolory nie skupiają uwagi dyżurnego ruchu w odpowiednim stopniu. Może to bezpośrednio wpływać na poziom zmęczenia narządu wzroku operatora, a co

za tym idzie prowadzić do błędnego odczytu napływających informacji. W dalszej konsekwencji na danym odcinku ruchu może dojść do sytuacji niebezpiecznej.

7. Komputerowe stanowiska pracy dyżurnych ruchu powinny być uporządkowane zgodnie z priorytetem informacji wyświetlanych na danym ekranie.
8. Na stanowiskach operatorskich powinno się uporządkować obszary luminancji, tak aby nie powodowały dyskomfortu pracy. Z przeprowadzonych badań wynika, że na stanowiskach nie są spełnione założenia odnośnie maksymalnego stosunku luminancji kolejnych obszarów pracy wzrokowej. Warto zbudować stanowisko w taki sposób, żeby monitory o podobnej luminancji były umieszczone w jednej linii.
9. Na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzono, że warunki oświetleniowe na stanowisku sterowania i kierowania ruchem kolejowym są niewystarczające i nie spełniają normy PN-EN 12464-1:2012 - Światło i oświetlenie -- Oświetlenie miejsc pracy -- Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
10. Należy sprawdzić, czy na stanowiskach niezbędne są dodatkowe punkty świetlne – lampki montowane bezpośrednio przy monitorach, a także zbadać czy spełniają one odpowiednie normy. Sugerowane jest wprowadzenie ujednoczonych rozwiązań technicznych.
11. Istnieje potrzeba wykonania szczegółowej analizy rozkładu luminancji w odniesieniu do całego stanowiska odcinkowego dyżurnego ruchu, której głównym celem byłoby zoptymalizowanie warunków oświetleniowych.
12. Powinno się podjąć próbę wprowadzenia automatycznego systemu ustawiania jasności oświetlenia w Lokalnym Centrum Sterowania. Sugerowane wprowadzenie możliwości regulacji indywidualnej poziomu natężenia oświetlenia na stanowiskach pracy. Zalecane jest unikanie olśnienia i migotania światła.
13. Należy zmienić tryb pracy dyżurnych ruchu. Wprowadzić dwóch dyżurnych na zmianie, z zamianą pełnionych funkcji po sześciu godzinach nieprzerwanej pracy. Obecnie każdy z dwóch dyżurnych ruchu pracuje dwaście godzin na jednym stanowisku. Aktualnie stosowany tryb podziału obowiązków źle wpływa na komfort pracy, bo zbyt długi czas pracy na jednym stanowisku wydłuża czas reakcji dyżurnego ruchu na pojawiające się na monitorze informacje. Taka sytuacja może prowadzić do groźnych w skutkach pomyłek, następstwem których mogą być wypadki kolejowe.
14. Należy zapoznać pracowników z zagrożeniami występującymi na monitorowym stanowisku pracy oraz opracować i zastosować metody służące odpoczynkowi narządu wzroku, może to wpłynąć na zwiększenie efektywności i komfortu pracy.

Proponowane powyżej zmiany mogą w znacznym stopniu zwiększyć komfort pracy dyżurnych ruchu, a co za tym idzie zwiększyć efektywność wykonywanych przez nich zadań. Poprawa warunków pracy na komputerowych stanowiskach ste-

rowania i kierowania ruchem może mieć bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo oraz sprawność prowadzenia ruchu kolejowego.

## Bibilografia

- [1] Dyduch J., Kornaszewski M., Komputerowe sterowanie ruchem kolejowym, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny Radom, 2014, strony 43-61, ISBN 978-83-7351-451-5.
- [2] Kalisiak A., Analiza porównawcza i ocena elementów monitorowego zobrazowania na wybranym stanowisku systemu kierowania i sterowania ruchem kolejowym w ujęciu ergonomicznym, Warszawa, 2017.
- [3] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Wytyczne w zakresie zobrazowania, wprowadzenia poleceń oraz rejestracji zdarzeń dla komputerowych stanowisk obsługi urządzeń sterowania ruchem - Ie-104. Warszawa: Centrala PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. - Centrum Naukowo Techniczne Kolejnictwa Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki, 2012.
- [4] PKN. Polski Komitet Normalizacyjny PN-EN 12464-1:2012 - Światło i oświetlenie -- Oświetlenie miejsc pracy -- Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny, 2012.
- [5] Konica Minolta. [Online] [Zacytowano: 11 wrzesień 2017.] <https://www.konicaminolta.eu/pl/urządzenia-pomiarowe/produkty/pomiary-swiatla-i-ekranow/mierniki-barwy-i-luminancji/cs-200/wstep.html>
- [6] Sonel. [Online] [Zacytowano: 11 wrzesień 2017.] <http://www.sonel.pl/pl/katalog-produktow/lxp-1.html>.