

dr inż. KRZYSZTOF GRYZ  
 dr inż. JOLANTA KARPOWICZ  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy  
 – Państwowy Instytut Badawczy  
 Kontakt: [krgr@ciop.pl](mailto:krgr@ciop.pl)  
 DOI: 10.5604/01.3001.0012.2226

# Stacjonarne urządzenia komputerowe – rozpoznanie i ocena pola elektromagnetycznego w przestrzeni pracy

Fot. VectorShow/Bigstockphoto



W artykule scharakteryzowano pole elektromagnetyczne wytwarzane przez stacjonarne urządzenia komputerowe (komputery osobiste i serwery): monitory ekranowe CRT i LCD oraz jednostki systemowe i współpracujące z nimi urządzenia peryferyjne, takie jak myszki i klawiatury bezprzewodowe, zasilacze stałoprądowe (AC/DC) i zasilacze awaryjne (UPS), okablowanie sieciowe i zasilające elektrycznie. Emitują one pole elektromagnetyczne (o częstotliwości od 50 Hz do pojedynczych GHz).

Wykazano, że zagrożenia elektromagnetyczne w przestrzeni pracy przy wymienionych urządzeniach komputerowych, z uwagi na ich użytkowanie w odległości co najmniej 20 cm od ciała operatora, nie wymagają indywidualnej oceny, aby potwierdzić zgodność poziomu ekspozycji użytkowników z wymaganiami prawa pracy. Prezentowana w artykule ocena pola elektromagnetycznego nie dotyczy innych scenariuszy ekspozycji, takich jak naprawy urządzeń czy eksploatacja sprzętu przenośnego.

*Słowa kluczowe: bezpieczeństwo i higiena pracy, urządzenia komputerowe, pole elektromagnetyczne, zagrożenia elektromagnetyczne, zdrowie publiczne*

## Stationary computer devices – identification and assessment of the electromagnetic field in the working space

Various sources point out that shift work (especially night shifts) has a negative influence on peoples' This article discusses the electromagnetic field emitted by stationary computer devices (personal computers and servers): CRT and LCD screen monitors, system units and peripheral equipment such as wireless communication mice and keyboards, direct current suppliers (AC/DC), uninterruptible power supplies (UPS), and network and electrical supplying cables. Computer devices emit an electromagnetic field from 50 Hz to several GHz. Electromagnetic hazards in the working space near those computer devices do not require individual assessment of the compliance of the level of electromagnetic exposure with the limits provided with respect to the protection of workers against electromagnetic hazards, because the distance between the operator's body and the equipment is at least 20 cm. This article does not discuss other exposure scenarios such as repairing devices or using portable devices.

*Keywords: occupational safety and health, computer devices, electromagnetic field, electromagnetic hazards, public health*

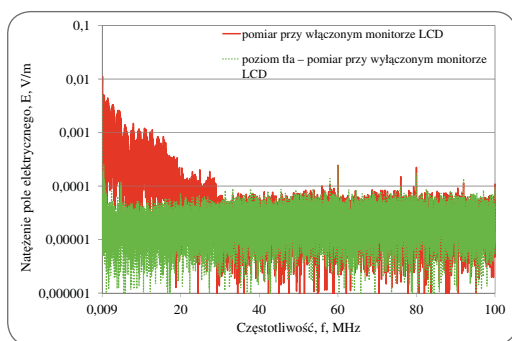
## Wstęp

Począwszy od końca lat 80. XX wieku sprzęt komputerowy stawał się coraz częściej wyposażeniem wielu stanowisk pracy – najpierw wprowadzono go w biurach, a następnie poza nimi, np. do sterowania i kontroli procesów produkcyjnych. Stacjonarny zestaw komputerowy już wtedy składał się z monitora ekranowego i współpracującej z nim autonomicznej jednostki obliczeniowej (tzw. jednostki systemowej – desktop) oraz urządzeń peryferyjnych, takich jak: klawiatura, zewnętrzne urządzenia wczytywania/zapisywania danych.

Z upływem czasu przybywały nowe urządzenia peryferyjne: myszki, drukarki, skanery. Monitor ekranowy, początkowo wyposażony w lampę kinoskopową CRT (*Catode Ray Tube*), a później w ekran ciekłokrystaliczny, płaski, typu LCD (*Liquid Crystal Display*) lub w ekran bazujący na wprowadzanej obecnie technologii typu OLED (*Organic Light-Emitting Diode*), a także jednostka systemowa (zawierająca procesor, pamięci, karty i interfejsy do obsługi urządzeń peryferyjnych), mogą być urządzeniami niezależnymi bądź zintegrowanym (tzw. komputery *All-In-One*, AIO). W przestrzeni pracy z zestawem

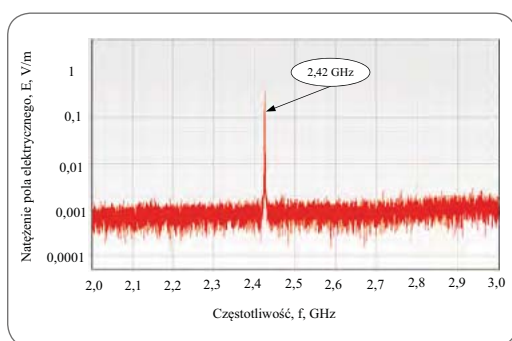
komputerowym coraz częściej można spotkać też zasilacze awaryjne, tzw. UPS (*Uninterruptible Power Supply*), zaopatrujące urządzenia w energię elektryczną w przypadku chwilowych braków energii elektrycznej [1].

W XXI w. postęp technologiczny wymusił zmiany w stacjonarnych zestawach komputerowych, co oznaczało całkowitą rezygnację z użytkowania monitorów CRT oraz stosowanie urządzeń peryferyjnych, wykorzystujących bezprzewodową (za pomocą emisji pola elektromagnetycznego) łączność z jednostką systemową (np. klawiatury, myszki),



Rys. 1. Przykładowe zestawienie porównawcze widma pola elektrycznego z pasma częstotliwości 9 kHz – 100 MHz emitowanego przez monitor LCD i występującego na stanowisku badawczym przy wyłączonym urządzeniu (tła) – pomiary w komorze ekranującej o skuteczności ekranowania 70 dB

Fig. 1. The example of comparison of spectrum of electric field 9kHz – 100 MHz emitted by LCD display and background level in shielding room while measurements (shielding efficiency at least 70 dB)



Rys. 2. Widmo częstotliwości pola elektrycznego emitowanego przez myszkę bezprzewodową z pasma (2-3) GHz

Fig. 2. Spectrum of electric field emitted by wireless computer mouse

a także wyposażenie komputerów w możliwość bezprzewodowego dostępu do sieci internetowych (standardowo stosowane w komputerach przenośnych). Bezprzewodowe urządzenia peryferyjne bazują na systemie Bluetooth lub WiFi (*Wireless Fidelity*), a modemy łączności z Internetem także na systemie WiFi lub wykorzystują systemy telefonii mobilnej (GSM, UMTS, LTE). Technologie Bluetooth i WiFi korzystają z nielicencjonowanego pasma częstotliwości ISM (*Industrial, Scientific, Medical*): najczęściej 2,40-2,48 GHz, rzadko 5,72-5,88 GHz, a częstotliwości systemów telefonii mobilnej obejmują zakres 0,8-2,6 GHz.

Pole elektromagnetyczne jest czynnikiem środowiskowym, który może niekorzystnie oddziaływać na ludzi. Skutki biologiczne lub zdrowotne takiego oddziaływania są uzależnione m.in. od jego częstotliwości i poziomu narażenia. W wyniku badań epidemiologicznych Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC), będąca agendą Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), zaklasyfikowała do czynników przypuszczalnie rakotwórczych dla ludzi (grupa 2B) pole magnetyczne małych częstotliwości, jak i pole promieniowania elektromagnetycznego częstotliwości radiowych (na podstawie wyników badań epidemiologicznych użytkowników telefonów komórkowych) – oba rodzaje pola elektromagnetycznego emitowane są przez sprzęt komputerowy. W literaturze naukowej podawane są również informacje o możliwości częstszych zachorowań, m.in. na choroby nowotworowe, neurodegeneracyjne i sercowo-naczyniowe

wśród pracowników podlegających chronicznemu oddziaływaniu silnego pola elektromagnetycznego pochodzącego od różnych jego źródeł [2]. Z tego powodu konieczne jest miarodajne rozpoznanie charakterystyki ekspozycji na pole elektromagnetyczne, aby podjąć niezbędne środki ochronne, ograniczające jej poziom [2,3,4].

W artykule zaprezentowano wyniki rozpoznania i oceny pola elektromagnetycznego, emitowanego przez stacjonarne urządzenia komputerowe w kontekście wymagań krajowego prawa pracy.

## Pole elektromagnetyczne monitorów ekranowych

Od początku powszechnego stosowania sprzętu komputerowego u jego użytkowników obserwowano typowe objawy, które związane były z charakterystyką pracy z monitorami CRT, a mianowicie objawy zmęczenia wzroku: zaczerwienienie, pieczenie oczu i nieostre widzenie oraz dolegliwości bólowe układu mięśniowo-szkieletowego, wynikające ze statycznego obciążenia mięśni i nacisku na dyski międzykręgowe [5]. Z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego, emitowanego przez wspomniane monitory, kojarzono zaburzenia przebiegu ciąży i przedwczesne porody, a także problemy skórne na odkrytych częściach ciała (twarz, przedramiona), których przyczyną mogło być silne pole elektrostatyczne ekranu CRT, oddziałujące na drobiny kurzu, które osadzały się na ciele operatora [5]. Z tego powodu pole elektromagnetyczne monitorów ekranowych wzbudzało od lat 80. ub.w. zainteresowanie operatorów, środowisk naukowych oraz organów nadzoru nad warunkami pracy, przejawiające się pomiarami kontrolnymi.

W konsekwencji stosowania wysokiego napięcia do zasilania lampy kineskopowej, monitory CRT, poza polem elektromagnetycznym, były także źródłem promieniowania jonizującego z energetycznego zakresu promieniowania rentgenowskiego (promieniowania X). W celu ochrony operatorów przed tym promieniowaniem, przednia część lampy kineskopowej (ekranu) pokrywana była odpowiednio grubą warstwą szkła ołowiowego. Nieliczne publikacje, dotyczące badań na temat tego czynnika zagrożenia w środowisku pracy, wykazywały w zdecydowanej większości pomijalny poziom promieniowania X przed ekranem badanych monitorów (porównywalny z naturalnym tłem promieniowania jonizującego lub tzw. „poziom niemierny”, czyli poniżej czułości stosowanej w badaniach środowiskowych aparatury pomiarowej) – w konsekwencji powszechnie oceniano te monitory jako zanedbywalne źródło promieniowania jonizującego, które nie wymaga nadzoru higienicznego [6,7]. W wyniku wspomnianych badań, przy nielicznych monitorach CRT stwierdzono możliwość znacznego narażenia na promieniowanie X. Jednak w konsekwencji przekazania tych danych producentom monitorów zostały one wycofane z rynku, a konstrukcja urządzeń została poprawiona.

Ocena pola elektromagnetycznego niejonizującego urządzeń komputerowych prowadzona była na podstawie obowiązujących przepisów prawa pracy, dotyczących ogółu pracowników. Ponadto od 1995 r. producenci, dostawcy sprzętu komputerowego w celach marketingowych stosowali popularne niegdyś kryteria TCO (czyli szwedzkiej Tjänstemännens Centralorganisation – centrali

związków zawodowych pracowników biurowych), dotyczące oceny parametrów technicznych urządzeń, których spełnienie jest potwierdzeniem jego ergonomiczności i bezpieczeństwa użytkowników. Kryteria TCO obejmują także pole elektromagnetyczne, emitowane przez sprzęt komputerowy – obecnie dotyczą jedynie sprzętu stacjonarnego: monitorów, komputerów (typu desktop) – oraz komputerów *All-In-One* [8,9,10]. Wymagania te nie mają charakteru limitu ekspozycji ludzi, a ich celem jest zmniejszenie oddziaływania pola elektromagnetycznego w otoczeniu urządzeń komputerowych do najsłabszego, technicznie osiągalnego, aby zminimalizować jego oddziaływanie na inne urządzenia elektroniczne, użytkowane w otoczeniu monitora i poziom ich możliwych zakłóceń.

Wymagania TCO określają limity składowej elektrycznej i składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego z dwóch pasm częstotliwości: – pasmo I (5-2000) Hz – 10 V/m oraz 0,16 A/m – pasmo II (2-400) kHz – 1 V/m oraz 0,02 A/m, a także metodę ich pomiaru i wyboru punktów pomiarowych (30 oraz 50 cm od obudowy), [1].

Wymagania TCO, dotyczące emisji pola elektromagnetycznego, są bardziej rygorystyczne niż ograniczenia ekspozycji pracowników według krajowego prawa pracy.

W paśmie częstotliwości objętym wspomnianymi wymaganiami TCO, Interwencyjne Poziomy Narażenia pomocnicze – IPNp (pomocnicze limity, określające poziom ekspozycji, powyżej którego od pracodawcy wymagane jest zastosowanie środków ochronnych odpowiednich do rozpoznanego zagrożenia) – wynoszą odpowiednio: 25 V/m; 3,0 A/m i 20 V/m; 0,15 A/m [3]. A zatem informacja o spełnieniu przez sprzęt komputerowy wymagań TCO (np. oznakowany symbolem TCO) w zakresie emisji pola elektromagnetycznego z pasma częstotliwości 5 Hz-400 kHz, potwierdza jednocześnie, że poziom pola oddziałującego na operatora jest wielokrotnie niższy od limitów dotyczących narażenia pracujących. Z tego powodu przy stacjonarnych urządzeniach komputerowych nie jest wymagane stosowanie środków ochronnych dotyczących zagrożeń elektromagnetycznych w środowisku pracy.

Niski poziom ekspozycji użytkowników stacjonarnego sprzętu komputerowego jest również wynikiem ekranowania pola elektromagnetycznego przez elementy konstrukcyjne tych urządzeń i rezygnacji z monitorów CRT na rzecz użytkowania monitorów ciekłokrystalicznych LCD. Badania własne pola elektromagnetycznego ponad 50 monitorów komputerowych CRT i LCD (szerokopasmowe pomiary pola elektrycznego i magnetycznego w odległości 30 lub 50 cm dookoła obudowy) wykazały, że wskutek unifikacji ich konstrukcji, nawet w otoczeniu urządzeń nieoznakowanych symbolem TCO i jego oddziaływanie na użytkowników nie przekracza limitów, określonych przepisami prawa pracy (m.in. z powodu odległości eksploatacyjnej monitora, co najmniej ok. 50 cm od operatora), [11].

Pasma częstotliwości pola elektromagnetycznego emitowanego przez monitory LCD jest znacznie szersze niż to, co uwzględniono w wymaganiach TCO (powyżej 400 kHz do kilkudziesięciu MHz), (rys. 1.). Również w ich przypadku natężenie emitowanego pola elektrycznego i magnetycznego w całym paśmie częstotliwości, zmierzone szerokopasmowo w paśmie częstotliwości 9 kHz-100 MHz, w odległości



10 cm przed ekranem 20 monitorów LCD, nie przekracza jednak 1V/m i 0,01A/m. Jest to pole znacznie słabsze od limitów IPNp – minimalna wartość limitu IPNp dotyczącego pola o częstotliwości przekraczającej 3 MHz, wynosi odpowiednio 7V/m i 0,02A/m [3].

Pasma częstotliwości pola elektromagnetycznego emitowanego przez jednostki centralne, jest szersze niż w przypadku pola emitowanego przez monitory (do kilku GHz). Poziomy tego pola w otoczeniu obudowy urządzeń są porównywalne z poziomami pola emitowanymi przez monitory LCD.

Omówiona charakterystyka zagrożeń elektromagnetycznych przy monitorach komputerowych i jednostkach centralnych dotyczy zarówno komputerów osobistych, jak i serwerów.

## Pole elektromagnetyczne urządzeń peryferyjnych

Urządzenia peryferyjne, takie jak klawiatury czy myszki bezprzewodowe, wykorzystują m.in. technologię Bluetooth lub WiFi w paśmie częstotliwości ISM (rys. 2.). Moc promieniowana EIRP (*Equivalent Isotropic Radiated Power*) urządzeń radiowej transmisji danych WiFi eksploatowanych w paśmie ISM na terenie Unii Europejskiej nie może przekraczać 100 mW w paśmie 2,4 GHz oraz 1W w paśmie 5,8 GHz [12].

Jednak w przypadku klawiatur i myszek bezprzewodowych, które mają się łączyć z adapterem w jednostce systemowej w odległości do kilku metrów, wykorzystuje się słabsze emisje (np. 2,5 mW w przypadku urządzeń Bluetooth klasy 2, mającej zapewniać łączność w zasięgu do 10 m). Natężenie emitowanego pola elektrycznego mierzone w odległości kilku cm od urządzeń, nie przekracza 1V/m (rys. 2.) i limitu IPNp (7V/m).

Zasilacze UPS o mocy zależnej od przeznaczenia (od 0,3 kVA w przypadku urządzeń współpracujących z pojedynczym zestawem komputerowym, do kilkudziesięciu kVA w przypadku urządzeń zasilających serwerownie) są źródłami pola elektromagnetycznego o częstotliwości sieciowej 50 Hz. Natomiast zasilacze stałoprądowe (AC/DC), stosowane do urządzeń peryferyjnych, są źródłami pola magnetycznego z szerszego pasma niskich częstotliwości – zależnie od konstrukcji urządzenia.

W bezpośredniej bliskości urządzeń UPS i kabli zasilających występuje pole magnetyczne 50 Hz o poziomie zwiększonym w stosunku do typowego środowiska biurowego i mieszkalnego (w pomieszczeniach biurowych, mieszkalnych natężenie pola magnetycznego, H, zwykle poniżej 0,1 A/m), (rys. 3.). Poziomy pola magnetycznego jest zależny od mocy UPS i jego obciążenia prądowego. Pole magnetyczne maleje w miarę oddalania się od urządzenia i instalacji – typowo w odległości ok. 1 m od obudowy UPS natężenie pola magnetycznego (H) nie przekracza 1,5 A/m (limit IPNp-H dotyczący środowiska pracy, dla pola o częstotliwości 50 Hz wynosi 60 A/m [1,3]). Przy zasilaczach stałoprądowych zwiększony poziom pola magnetycznego jest zwykle bardziej lokalny ze względu na ich mniejsze wymiary i moce.

Nagromadzenie w jednym miejscu dużej liczby urządzeń komputerowych oraz okablowanie sieci komputerowej i zasilającej urządzenia, prowadzone w różnorodny sposób (w listwach naściennych, pod podłogą lub w sufitach podwieszanych) np. w serwerowniach, także nie zwiększa istotnie

poziomu ekspozycji. Metalowe obudowy serwerów i ekranowanie tradycyjnych kabli transmisyjnych lub stosowanie łącz w światłowodach (nieemitujących pola elektromagnetycznego) są bowiem skutecznym środkiem ochronnym.

## Podsumowanie

Pole elektromagnetyczne, emitowane przez urządzenia stacjonarne, takie jak monitory CRT i LCD, komputery stacjonarne (jednostki centralne – desktpy, osobiste lub serwery), komputery *All-In-One* oraz współpracujące z nim urządzenia peryferyjne, czyli klawiatury i myszki bezprzewodowe oraz ich okablowanie sieciowe i zasilające, a także zasilacze awaryjne – UPS i stałoprądowe – AC/DC) nie przekracza limitów określających zobowiązanie pracodawcy do wprowadzenia środków ochronnych.

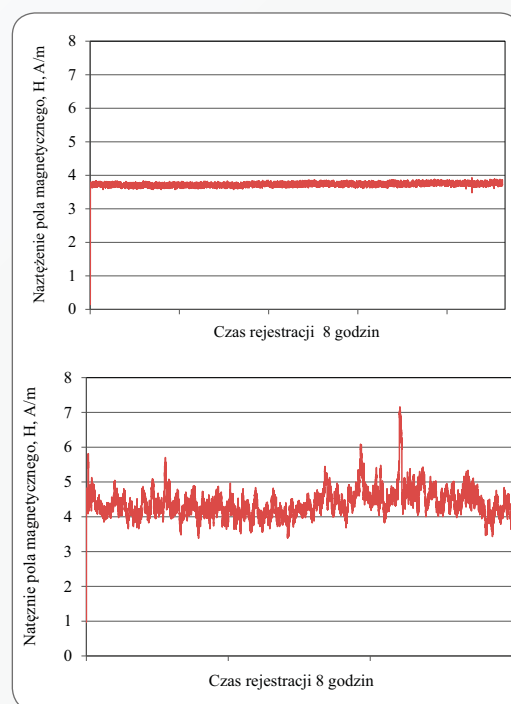
Dodatkowym czynnikiem ograniczającym ekspozycję pracowników jest użytkowanie tego rodzaju urządzeń (na stanowisku pracy zorganizowanym zgodnie z odpowiednimi wymaganiami ergonomicznymi w odległości od operatora wynoszącej co najmniej 20 cm od klawiatury i myszki, a co najmniej 50 cm od monitorów [5]. Także ekspozycja kończyn górnych pracowników przy dotykaniu klawiatury i myszki bezprzewodowej jest poniżej limitów (wymagania dotyczące ochrony kończyn przed oddziaływaniem składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego w paśmie częstotliwości do 10 MHz są znacznie łagodniejsze w porównaniu z ochroną głowy i tułowia).

Jednakże, pomimo formalnej zgodności z przepisami prawa pracy, ze względu na wspomniane zagrożenia zdrowia, wiązane przez naukowców z przewlekłym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego, źródła tego pola powinny być lokalizowane w możliwie największej odległości od pracujących. Na stanowiskach pracy z komputerami stacjonarnymi zalecenia takie odnoszą się do zasilaczy UPS i stałoprądowych AC/DC oraz kabli zasilających.

Trzeba podkreślić, że przedstawiona w artykule ocena poziomu ekspozycji nie dotyczy innych prac przy urządzeniach komputerowych, np. związanych z serwisowaniem i naprawami sprzętu komputerowego, odbywających się często przy zdemontowanych osłonach, które pełnią rolę ekranów elektromagnetycznych. Tak jednoznacznie pozytywnej oceny poziomu ekspozycji operatorów na pole elektromagnetyczne nie można także sformułować w odniesieniu do urządzeń komputerowych przenośnych (laptopy, tablety). W przypadku tych urządzeń oddziaływanie pola elektromagnetycznego może być istotne podczas ich użytkowania bezpośrednio przy ciele operatora.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Gryz K., Karpowicz J. *Metody badań i ocena ekspozycji na pole elektromagnetyczne emitowane przez urządzenia komputerowe* [w:] „Nowe trendy w bezpieczeństwie pracy i zarządzaniu”, monografia Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, pod red. B. Szczuckiej-Lasoty i W. Kriesera. Katowice 2018 ISBN 978-83-61378-65-5
- [2] Karpowicz J., Gryz K. *Dostosowanie środków ochrony przed zagrożeniami elektromagnetycznymi do wymagań prawa pracy. Poradnik*. CIOP-PiB, Warszawa 2018
- [3] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. 2018, poz. 1286



Rys. 3. Wyniki monitoringu pola magnetycznego o częstotliwości z pasma (40-800) Hz w otoczeniu urządzenia UPS: a) o mocy znamionowej 1,5 kVA, podtrzymującego zasilanie pojedynczego zestawu komputerowego; b) o mocy znamionowej 30 kVA, podtrzymującego zasilanie serwerowni (brak danych o obciążeniu prądowym UPS) – rejestracje w odległości 10 cm od obudowy UPS

Fig. 3. The results of magnetic field monitoring in the frequency range (40-800) Hz in the distance of 10cm UPS devices with output power: a) 1.5 kVA supplying single computer kit; b) 30 kVA supplying server room (lack data about current load)

[4] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne, tj. Dz.U. 2018, poz. 331

[5] *Komputerowe stanowisko pracy – aspekty zdrowotne i ergonomiczne* pod. red. J. Bugajskiej. CIOP, Warszawa 1997

[6] Investigation of radiation emissions from video display terminals. Minister of National Health and Welfare Canada, 83-EHD-91, 1983

[7] Radiation Emissions and Their Effects Video Displays, Work, and Vision NCBI Bookshelf. National Academies Press 1983 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216487/>

[8] TCO Development, TCO Certified Displays 6.0, 5.03.2012

[9] TCO Development, TCO Certified Desktops 5.0, 11.11.2015

[10] TCO Development, TCO Certified All-in-one PCs 3.0, 11.11.2015

[11] Gryz K., Karpowicz J. *Źródła pól elektromagnetycznych – monitory ekranowe*, „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2002, 369, 4:13-17

[12] Karpowicz J., Simunic D., Gryz K. *Can electromagnetic field exposure caused by mobile communication systems in a public environment be counted as dominant?* [w:] Mobile Communications and Public Health, pod. red. Markov M., CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 101-128

*Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*