



# Przeciwpozarowy Miecz Damoklesa w placówce diagnostyki rezonansu magnetycznego

## The Fire Safety Sword of Damocles in an MRI Diagnostic Facility

Jolanta Karpowicz<sup>1</sup>, Natalia Cymerman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-2547-2728; e-mail: j.karpowicz@bioem-ka.pl

<sup>2</sup> Inspektor ochrony przeciwpożarowej, ekspert prawa pracy

### Streszczenie

### Abstract

**Z**e względu na specyficzne konsekwencje środowiskowe stosowania silnych magnesów w skanerach rezonansu magnetycznego rutynowe stosowanie ogólnych wymagań przeciwpożarowych w ich otoczeniu może wiązać się z powstaniem nieoczekiwanych zagrożeń bezpieczeństwa i zdrowia w placówkach ochrony zdrowia. Omówiono specyfikę zagrożeń, związanych z rutynowym użytkowaniem sprzętu przeciwpożarowego w otoczeniu skanerów rezonansu magnetycznego, określanych jako „zagrożenia balistyczne” występujące z powodu „flying objects” gwałtownie przyciąganych do magnesu. Uderzenie przedmiotem przyciągniętym do magnesu może spowodować poważne straty materialne, a nawet urazy lub śmierć pacjentów, pracowników placówki ochrony zdrowia lub służb ratunkowych, takich jak straż pożarna czy pogotowie ratunkowe. Zaproponowano również dobre praktyki, które mogą zmniejszyć prawdopodobieństwo niepożądanych zdarzeń, jakie mogą z takiego powodu wystąpić podczas użytkowania skanera. Elektroradiologom, inżynierom i fizykom medycznym przypada istotna rola w procesie zapewnienia bezpiecznego użytkowania sprzętu przeciwpożarowego w otoczeniu skanerów rezonansu magnetycznego, ponieważ zwykle są w placówce medycznej osobami najlepiej obeznanymi ze specyfiką zagrożeń związanych z użytkowaniem tego rodzaju urządzeń (a niejednokrotnie jedynymi osobami o takich kompetencjach), a w razie wystąpienia zdarzenia niepożądanego również jego prawdopodobnymi ofiarami.

**Słowa kluczowe:** skaner rezonansu magnetycznego, diagnostyka obrazowa, bezpieczeństwo pracy, bezpieczeństwo przeciwpożarowe

**D**ue to the specific environmental consequences of using strong magnets in MRI scanners, routinely applying general fire safety requirements in their environment may result in unexpected health and safety hazards in healthcare facilities. The specific hazards associated with the routine use of firefighting equipment in the vicinity of MRI scanners are discussed, most notably the rapid attraction of ferromagnetic objects there, known as the “missile effect” from “flying objects” attracted to magnets. Such incidents can threaten serious property damage and even a loss of life or major trauma for patients, healthcare facility personnel, or officers from the emergency services. The article also proposes best practices to mitigate the likelihood of adverse events that may occur involving the scanner. Radiographers and medical engineers and physicists play a crucial role in ensuring the safe use of firefighting equipment near the MRI scanners, as they are typically the most knowledgeable individuals in a medical facility about the specific hazards associated with using such equipment (and often the only individuals with such expertise) – in an adverse event, they are also likely victims.

**Key words:** MRI scanner, imaging diagnostics, work safety, fire safety

otrzymano / received:  
23.03.2026

poprawiono / corrected:  
26.03.2026

zaakceptowano / accepted:  
30.03.2026

## Wprowadzenie <sup>a)</sup>

Wśród różnorodnych urządzeń do diagnostyki i terapii użytkowanych w placówkach ochrony zdrowia (Ryc. 1) szczególnymi parametrami oddziaływania na otoczenie wyróżniają się skanery rezonansu magnetycznego (**S-RM**) stosowane w diagnostyce obrazowej z wykorzystaniem zjawiska rezonansowej absorpcji i reemisji niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego radiofalowego (RF) w organizmie pacjenta.

Podczas badania pacjent przebywa w przestrzeni roboczej S-RM w silnym polu magnetostaticznym (**PMS**) wytwarzanym przez magnes nadprzewodzący lub stały. W związku z tym, że poziom PMS w S-RM jest jednym z najistotniejszych parametrów użytkowych takiego urządzenia diagnostycznego, parametry techniczne S-RM charakteryzuje w pierwszym rzędzie poziom PMS w przestrzeni roboczej (inaczej mówiąc, siła magnesu zainstalowanego w urządzeniu) określaną wartością jego indukcji magnetycznej,  $B_0$ , podanej w teslach (T). W zastosowaniach klinicznych najpopularniejsze jest wykorzystanie S-RM o wartości  $B_0$  wynoszącej 1,5 T lub 3 T (S-RM 1,5-teslowe, określane jako średnio-polowe, i 3-teslowe, określane jako wysoko-polowe), chociaż w mniej typowych zastosowaniach klinicznych lub naukowych wykorzystywane są również S-RM z roboczym PMS z zakresu od ok. 0,1 T do kilkunastu tesli.

Wprawdzie wymagania prawa pracy określone w rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne, wprowadzające w Polsce wymagania dyrektywy europejskiej 2013/35/UE, dopuszczają warunkowo wykonywanie pracy w PMS nieprzekraczającym 8 T (jeśli spełniono wymagania dotyczące okoliczności i warunków wykonywania takiej pracy), jednak określają również (enumeratywnie) rodzaje zagrożeń związanych z oddziaływaniem PMS na ludzi i materialne środowisko pracy, jakie należy rozpoznać i ograniczać poprzez stosowanie odpowiednich środków ochronnych (technicznych i organizacyjnych) [1]. Zgodnie z tymi wymaganiami wspomniane środki ochronne powinny być stosowane w otoczeniu źródeł PMS ze względu na mogące tam wystąpić:

- zagrożenia z powodu gwałtownego przyciągania przedmiotów ferromagnetycznych do magnesu



**Ryc. 1.** Przykładowe zbliżone wizualnie urządzenia do diagnostyki i terapii użytkowane w placówkach ochrony zdrowia: a) skaner rezonansu magnetycznego (S-RM), b) tomograf komputerowy (TK), c) TMS – tomoterapia Radixact  
Źródło: (a) i (b) Neusoft Medical Systems, (c) TMS sp. z o.o.



- (określane jako „*flying objects*” lub zagrożenia bali-  
styczne),
- zagrożenia dla użytkowników implantów medycznych,
  - zagrożenia wynikające z bezpośrednich skutków oddziaływania PMS na człowieka poruszającego się przy magnesie S-RM (takie jak zawroty głowy, mdłości i inne objawy indukowanej przez oddziaływanie PMS elektrostymulacji narządów zmysłów).

Ponadto organizacja pracy w silnym PMS powinna zapewniać, że jest to narażenie tymczasowe (Załącznik 3, Część I, ust. 11 wspomnianego rozporządzenia), a jednocześnie środki ochronne dostosowano do rozwoju wiedzy naukowej o skutkach narażenia wieloletniego [dyrektywa 2013/35/UE].

Niezależnie od wspomnianych wymagań prawa pracy dotyczących ochrony przed niepożądanymi skutkami oddziaływania PMS, podczas użytkowania S-RM w placówkach ochrony zdrowia obowiązują rutynowe wymagania dotyczące zapewnienia ochrony przeciwpożarowej określone w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [2], określające m.in. zasady doboru i stosowania sprzętu przeciwpożarowego.

Celem niniejszego opracowania jest syntetyczne scharakteryzowanie specyfiki zagrożeń bezpieczeństwa i zdrowia, jakie mogą pojawić się w placówkach ochrony zdrowia w otoczeniu S-RM podczas rutynowego stosowania tam wspomnianych ogólnych wymagań przeciwpożarowych.

Największym wyzwaniem dla procesu ochrony przed takimi zagrożeniami jest budowanie odpowiedniej świadomości wszystkich osób, które bywają w pobliżu magnesu S-RM (z dowolnego powodu: elektroradiologów, pracowników medycznych, inżynierów i techników medycznych, osoby wykonujące w tego rodzaju pomieszczeniach diagnostycznych prace porządkowe, remontowe lub serwisowe, a nawet pacjentów i osoby im towarzyszące): **jakie zagrożenia mogą tam wystąpić, gdzie i kiedy, a także z jakiego powodu dochodzi do niepożądanych zdarzeń i wypadków** (w szczególności jakie przedmioty stanowią krytyczne zagrożenie w pobliżu magnesu S-RM). Ponieważ elektroradiolodzy, inżynierowie i fizycy medyczni zwykle są w placówce medycznej osobami

najlepiej obeznanymi ze specyfiką zagrożeń związanych z oddziaływaniem PMS podczas użytkowania S-RM (a niejednokrotnie jedynymi osobami o takich kompetencjach), mogą i powinni zatem stanowić wsparcie merytoryczne dla specjalistów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej w działaniach prewencyjnych, ograniczających zagrożenia.

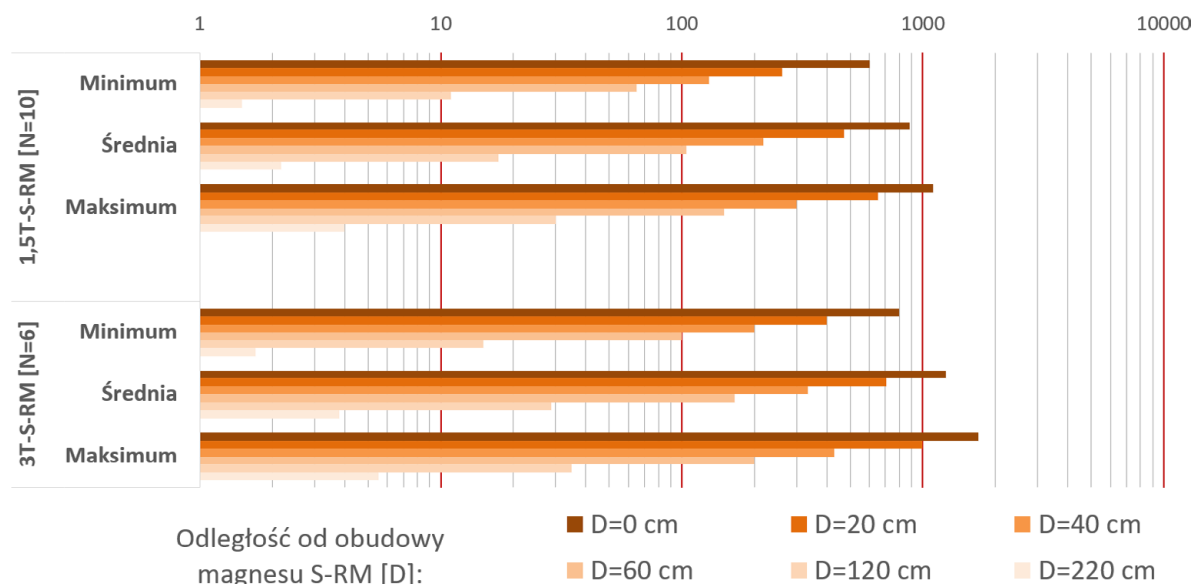
## Jakie zagrożenia powoduje oddziaływanie PMS podczas użytkowania S-RM?

W otoczeniu magnesu S-RM występuje PMS o niejednorodnym rozkładzie przestrzennym [3–6]. W takich warunkach przedmioty ferromagnetyczne (zawierające elementy wykonane głównie ze stali lub niklu) są w danym miejscu (x) przyciągane z siłą proporcjonalną do iloczynu indukcji magnetycznej PMS,  $B(x)$ , i jego gradientu przestrzennego ( $dB(x)/dx$ ). Co szczególnie istotne – w pobliżu magnesu obie składowe tej zależności gwałtownie rosną (Ryc. 2, 3) [3].

Skutkuje to powstawaniem siły magnetomechanicznej powodującej gwałtowne przyciąganie przedmiotów ferromagnetycznych (nawet o wadze wielu kilogramów), które stają się tzw. „*flying objects*” rozpędzającymi się w kierunku magnesu. W pobliżu magnesu ich energia kinetyczna staje się wystarczająca do niekontrolowanego, spontanicznego przemieszczania się do magnesu oraz uszkodzenia ciała uderzonego człowieka, a nawet spowodowania jego śmierci, a także poważnego uszkodzenia samego urządzenia (Ryc. 4) [7, 8]. Wyłącznie dla potrzeby zobrazowania tego procesu można zastosować uproszczone porównanie: obiekt ferromagnetyczny w pobliżu magnesu jest niczym ciało lub fala wciągane przez czarną dziurę – i zachowuje się podobnie jak one po przekroczeniu horyzontu zdarzeń.

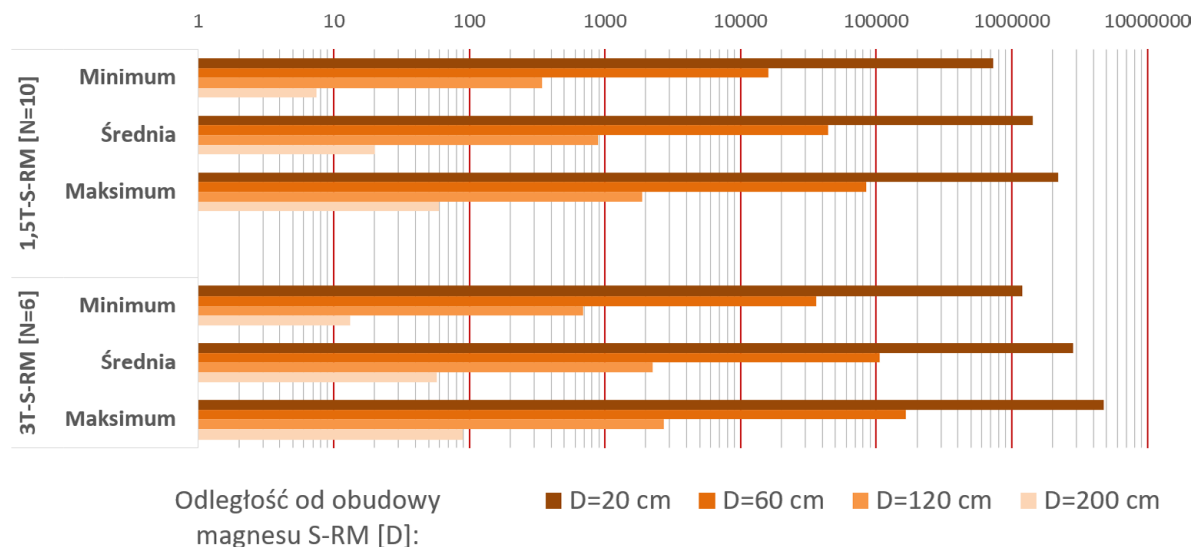
Innym skutkiem oddziaływania na obiekty przemieszczające się w niejednorodnym przestrzennie PMS jest indukowanie w nich potencjałów elektrycznych wywołujących przepływ prądu egzogenego. W organizmie człowieka takie bezpośrednio oddziaływanie PMS podczas poruszania się przy magnesie S-RM może wywołać m.in. zawroty głowy, mdłości i inne objawy indukowanej przez oddziaływanie PMS elektrostymulacji narządów zmysłów – odczucia takie są w znacznym stopniu zindywidualizowane i zależne

### Indukcja PMS w osi magnesu S-RM wzdłuż stołu pacjenta [B, mT]



**Ryc. 2** Typowy rozkład PMS w otoczeniu magnesów S-RM (N = 16 różnego typu urządzeń; 1000 mT = 1 T)  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3].

### Względna wartość współczynnika siły magnetomechanicznej w osi magnesu S-RM wzdłuż stołu pacjenta [B(dB/dx), mT<sup>2</sup>/m]



**Ryc. 3** Typowy rozkład siły magnetomechanicznej w otoczeniu magnesów S-RM (N = 16 różnego typu urządzeń)  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3].

od charakterystyki narażenia organizmu oraz sposobu poruszania się [3, 6, 9–11].

Oba rodzaje oddziaływania PMS rozpatruje się również w kontekście zagrożenia dla użytkowników implantów medycznych i możliwych konsekwencji narażenia wieloletniego [11, 12]. W obu przypadkach

poziom zagrożenia zależy jest od charakterystyki oddziałującego PMS, ale również od czasu tego oddziaływania. Przykładowo, w badaniach epidemiologicznych ze wzrostem obciążenia układu sercowo-naczyniowego, u pracowników narażonych podczas wieloletniej pracy w PMS, skorelowano wartość progową narażenia



**Ryc. 4.** Przykładowa wizualizacja konsekwencji uderzenia przez „flying object” przyciągnięty do magnesu S-RM  
 Źródło: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.instagram.com/reel/DUWbLXnDvSC/&ved=2ahUKEwjzjI\\_F7sSTAXX9NxAIHdHSAPI4ChCH7Ap6BAhIEA U&usq=AOvVaw3ZXAgpVu22SHeLpPEB4MJk](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.instagram.com/reel/DUWbLXnDvSC/&ved=2ahUKEwjzjI_F7sSTAXX9NxAIHdHSAPI4ChCH7Ap6BAhIEA U&usq=AOvVaw3ZXAgpVu22SHeLpPEB4MJk)

skumulowanego sparametryzowanego przez tzw. dozę o wartości na poziomie  $7500 \text{ T} \times \text{min}$  [12]. Gdyby pracownik przebywał stale przy S-RM w PMS o poziomie  $0,1 \text{ T}$  podczas 250 dni roboczych rocznie i podczas 30 minut dziennie, wykonując wtedy badania 15 pacjentów, jego narażenie skumulowane osiągnie wspomnianą dozę podczas 10 lat pracy w placówce diagnostyki rezonansu magnetycznego. Korygując założenia dotyczące liczby pacjentów badanych rocznie, czasu narażenia podczas przygotowania typowego badania i poziomu narażenia, w jakim ta praca jest wykonywana (korzystając z danych zaprezentowanych na Ryc. 2), można zgrubnie oszacować poziom narażenia skumulowanego dotyczącego pracowników zatrudnionych w otoczeniu różnych S-RM. Dokładniejsze badania wymagają wykorzystania danych charakteryzujących indywidualne narażenie podczas pracy przy S-RM [3].

### Gdzie w placówce ochrony zdrowia występują zagrożenia wynikające z oddziaływania PMS w pobliżu S-RM?

W typowej placówce ochrony zdrowia najczęściej używany jest pojedynczy S-RM. W nielicznych

placówkach jest kilka takich urządzeń. Omawiane zagrożenia występują wyłącznie w sali diagnostycznej, w której znajduje się magnes S-RM. Ponieważ na zewnątrz magnesu S-RM poziom PMS raptownie zmniejsza się wraz z odległością, na zewnątrz tego pomieszczenia nie występuje PMS o poziomie wystarczającym do wywołania omawianych zagrożeń.

Wyzwaniem dla większości osób, zaprezentowanym przykładowo na Ryc. 1, jest rozróżnienie S-RM od podobnych urządzeń medycznych innego typu (np. tomografu komputerowego), użytkowanych często w pobliskich pomieszczeniach – ich podobny wygląd przy całkowicie odmiennej konstrukcji i odmiennym oddziaływaniu na otoczenie bywa przyczyną groźnych w skutkach zachowań (takich jak użycie ferromagnetycznych akcesoriów do sprzątania w pobliżu tomografu komputerowego, a następnie podejście z nimi do magnesu S-RM).

### Kiedy występują zagrożenia wynikające z emisji PMS przez magnes S-RM?

Najistotniejszą okolicznością omawianej problematyki jest **wytwarzanie PMS przez magnes nadprzewodzący lub trwałe nieprzerwanie – 24 godziny na dobę, codziennie, 7 dni w tygodniu, przez cały rok**. Wobec tego omawiane zagrożenia występują w otoczeniu magnesu S-RM stale. **Należy sobie uzmystowić, że samo odłączenie urządzenia od źródła zasilania energią elektryczną nic w tym przypadku nie zmieni!**

**Magnes nadprzewodzący można wyłączyć natychmiast jedynie** podczas niebezpiecznej procedury tzw. quenchingu, która jest inicjowana **wyłącznikiem awaryjnym** znajdującym się przy każdym S-RM (Ryc. 5), powodującym rozłączenie obwodu elektrycznego zasilającego cewki wytwarzające PMS oraz gwałtowne wypuszczenie do atmosfery helu chłodzącego magnes. Ze względu na zagrożenie rozszczelnienia instalacji ciekłego helu w takiej sytuacji konieczne jest natychmiastowe ewakuowanie ludzi z pomieszczeń w otoczeniu S-RM i zapewnienie ich przewietrzania. Przywrócenie aktywności magnesu nadprzewodzącego wymaga długotrwałych prac serwisowych i kosztownego ponownego napełnienia helem instalacji chłodzącej.



**Ryc. 5** Przykładowy wyłącznik awaryjny magnesu nadprzewodzącego S-RM  
 Źródło: Archiwum własne.

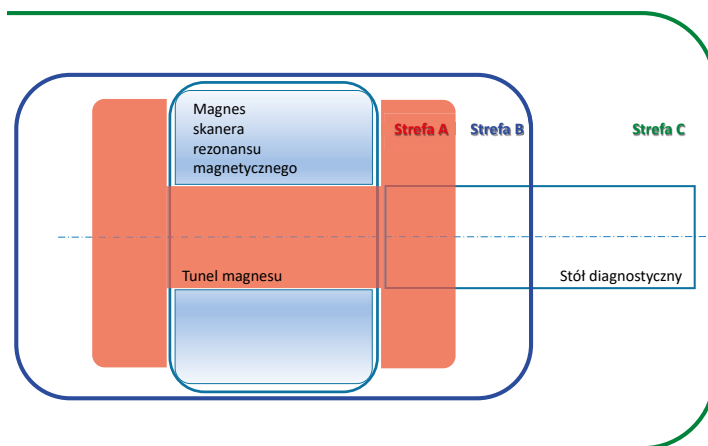
## Z jakiego powodu dochodzi do niepożądanych zdarzeń i wypadków?

Kluczowym etapem parametryzacji omawianych zagrożeń elektromagnetycznych i ich eliminacji lub ograniczania jest rozpoznanie zasięgu przestrzeni otaczającej S-RM, w której PMS osiąga poziom, którego oddziaływanie może spowodować (Ryc. 6) [6]:

- zaburzenia równowagi, zawroty głowy, mdłości, zakłócenia koordynacji wzrokowo-ruchowej itp. odczucia wynikające z elektrodynamicznych konsekwencji oddziaływania PMS na człowieka poruszającego się w otoczeniu skanera, które mogą prowadzić do bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa pracowników lub pacjentów (np. upadku) – **strefa A** znajduje się bezpośrednio przy obudowie magnesu, przed/za jego tunelem;
- przyciągnięcie ciężkich przedmiotów ferromagnetycznych do magnesu S-RM, które może stwarzać śmiertelne zagrożenie dla pracowników i pacjentów, a także poważne uszkodzenie S-RM – **strefa B** znajduje się w pobliżu obudowy magnesu, ale sięga połowy długości stołu diagnostycznego (rzędu 1–1,5 metra od obudowy magnesu);
- przyciągnięcie małych przedmiotów ferromagnetycznych do magnesu, które może stwarzać zagrożenie dla pracowników lub pacjentów, na przykład urazy w wyniku uderzenia osób znajdujących się na drodze takich przedmiotów; małe przedmioty zazwyczaj nie stwarzają zagrożenia dla S-RM – **strefa C** obejmuje niemal całą salę diagnostyczną.

Niepożądane zdarzenia i wypadki związane ze skutkami oddziaływania PMS na ludzi i inne obiekty wynikają z postępowania niedostosowanego do poziomu narażenia w otoczeniu magnesu S-RM: nieodpowiedniego

## Parametryzacja zagrożeń elektromagnetycznych w przestrzeni otaczającej magnes S-RM



### Strefa A

Skutki bezpośredniego oddziaływania PMS na poruszających się tam ludzi – zaburzenia równowagi, zawroty głowy, mdłości itp.

### Strefa B

Skutki przyciągnięcia ciężkich przedmiotów ferromagnetycznych do magnesu S-RM – śmiertelne zagrożenie dla pracowników i pacjentów, zagrożenie poważnego uszkodzenia SRM

### Strefa C

Skutki przyciągnięcia małych przedmiotów ferromagnetycznych do magnesu S-RM – zagrożenie dla pracowników lub pacjentów (urazy, np. przecięcia skóry osoby uderzonej przedmiotem), brak zagrożenia dla S-RM

**Ryc. 6** Schemat lokalizacji stref A, B i C charakteryzujących skutki oddziaływania PMS w otoczeniu typowego magnesu S-RM 1,5T lub 3T  
 Źródło: Opracowanie na podstawie [6].



i zbyt gwałtownego poruszania się w strefie A lub wtargnięcia z przedmiotami ferromagnetycznymi do strefy C lub B.

W związku z tym, że możliwość percepcji zmysłowej oddziaływania PMS na człowieka występuje jedynie bezpośrednio przy obudowie magnesu S-RM (strefa A), nie jest możliwe zmysłowe rozpoznanie miejsca występowania zagrożeń balistycznych (strefa B i C) – odpowiednie oznakowanie i informowanie o tych zagrożeniach jest bezwzględnie konieczne, aby ograniczyć ich występowanie. Podobnie trudne jest rozróżnienie przedmiotów ferromagnetycznych od niemagnetycznych – konieczne jest ich odpowiednie oznakowanie ułatwiające odpowiednie dobranie akcesoriów do prac wykonywanych w pobliżu S-RM.

Powszechnie znana jest konieczność stosowania w placówkach diagnostyki rezonansu magnetycznego akcesoriów z materiałów niemagnetycznych – w wielu placówkach stosowane jest czytelne oznakowanie stołów, wózków, kardiomonitorów, strzykawek automatycznych, akcesoriów do sprzątanía czy narzędzi do prac serwisowych w otoczeniu magnesu S-RM, aby nie powodować tam zagrożeń balistycznych w otoczeniu magnesu S-RM [13, 14, 15].

O zagrożeniach balistycznych związanych z użytkowaniem S-RM należy także pamiętać przy stosowaniu wymagań bezpieczeństwa pożarowego. Szczególnie uwagi wymaga w tym kontekście stosowany w pobliżu sali diagnostycznej sprzęt przeciwpożarowy, w tym prądownice czy gaśnice, ponieważ są to przedmioty o wadze nawet kilku–kilkunastu kilogramów. W razie wystąpienia zagrożeń balistycznych, kiedy zmieniają się we „*flying objects*”, stanowią one zagrożenie dla zdrowia, a w skrajnych przypadkach życia osób znajdujących się w pobliżu magnesu.

Gaśnica jest metalowym pojemnikiem ze środkiem gaśniczym, podobnym do butli z tlenem lub gazem anestetyjnym. Typowo gaśnice są klasyfikowane ze względu na znajdujący się w pojemniku środek gaśniczy – stosowany zależnie od rodzaju gaszonego pożaru. Ze względu na użytkowanie urządzeń elektronicznych, w placówkach ochrony zdrowia popularne jest

stosowanie gaśnic śniegowych, wypełnionych sprężonym dwutlenkiem węgla (CO<sub>2</sub>). Typowa gaśnica ma stalowy (A ZATEM MAGNETYCZNY!) pojemnik.

Wprowadzie do S-RM również zalecane jest stosowanie gaśnic śniegowych, jednak użycie standardowej gaśnicy magnetycznej w pobliżu magnesu jest równoznaczne z jej gwałtownym przyciągnięciem przez magnes i zniszczeniem tego urządzenia, a także zagrożeniem spowodowania wypadku śmiertelnego w razie uderzenia człowieka znajdującego się przy magnecie lub w jego tunelu.

Z tych powodów w pobliżu sali diagnostycznej z magnesem S-RM powinna znajdować się specjalna **gaśnica wykonana całkowicie z materiałów niemagnetycznych** (bezpieczna w pobliżu magnesu S-RM). Jednak szczególnej uwagi wymaga również jej wieloletnie użytkowanie, kiedy **gaśnica NIEMAGNETYCZNA przez nieuwagę może zostać przestawiona w inne miejsce** podczas prac porządkowych, remontowych lub podczas jej okresowego serwisowania, a **później zamieniona gaśnicą typową (MAGNETYCZNA)** – szczególnie jeśli oznakowanie gaśnicy kompatybilnej ze S-RM nieznacznie różni się od oznakowania gaśnicy standardowej (Ryc. 7). Niestety dotychczas brak ujednoliconego, łatwego do rozpoznania oznakowania gaśnic przeznaczonych do użytku w pobliżu S-RM.

O występujących w pobliżu S-RM zagrożeniach należy pamiętać również podczas działań prowadzonych przez strażaków w przypadku wystąpienia pożaru – wejście do pomieszczenia, w którym znajduje się S-RM w pełnym, typowym ekwipunku strażackim, którego jednym z elementów jest aparat powietrzny z butlą stalową może się bowiem skończyć tragicznie. Z tego powodu szczególnie istotne jest zawarcie szczegółowych informacji na temat sposobu prowadzenia akcji w tego rodzaju pomieszczeniach w instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego – samo oznakowanie pomieszczenia, w sytuacji gdy pomieszczenia są zadymione i ograniczona jest widoczność, może nie być wystarczające. Ponadto służby powinny być wyposażone w sprzęt umożliwiający bezpieczne prowadzenie akcji w tego rodzaju pomieszczeniach.



**Ryc. 7.** Przykładowy wygląd: (a) typowych gaśnic śniegowych, ferromagnetycznych stanowiących zagrożenie przy magnesie S-RM; (b) gaśnic śniegowych niemagnetycznych, bezpiecznych w pobliżu magnesu S-RM

Źródło: Materiały ilustracyjne, kompilacja: dzięki uprzejmości dr. n. o zdr. inż. Adriana Truskiewiczza; Internet; archiwum własne.

## Dobre praktyki ograniczające zagrożenia związane ze stosowaniem wymagań bezpieczeństwa pożarowego w otoczeniu S-RM

Dobre praktyki powinny tworzyć okoliczności, w których omawiane zagrożenia balistyczne nie wystąpią w otoczeniu S-RM lub ich prawdopodobieństwo zostanie znacznie ograniczone:

- oznakowanie miejsca występowania zagrożeń balistycznych,
- oznakowanie przedmiotów bezpiecznych (niemagnetycznych) i niebezpiecznych (ferromagnetycznych) w otoczeniu S-RM – obejmujące również sprzęt gaśniczy,
- oznakowanie miejsca przechowywania gaśnicy niemagnetycznej (łącznie z informacją, jak wygląda ta gaśnica i wskazaniem kontaktu do zgłoszenia w razie pojawienia się niewłaściwej gaśnicy w takim miejscu),
- adekwatne informowanie pracowników placówki ochrony zdrowia i służb ratowniczych o specyficze zagrożeń balistycznych w otoczeniu S-RM,
- adekwatna komunikacja między specjalistami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa przeciwpożarowego z elektroradiologami oraz fizykami i inżynierami medycznymi z placówki rezonansu magnetycznego podczas sporządzania dokumentacji rozpoznania zagrożeń i oceny ryzyka oraz instrukcji bezpieczeństwa pożarowego dla obiektu (placówki ochrony zdrowia),
- czytelne i jednoznaczne informacje w tym zakresie zawarte w instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego,

- zwracanie szczególnej uwagi na zagrożenia balistyczne zarówno podczas szkoleń p.poż., jak i podczas szkoleń w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy,
- wyraźne wskazówki w tym zakresie dla personelu firm zewnętrznych.

## Podsumowanie

Ze względu na specyficzne konsekwencje środowiskowe stosowania silnych magnesów w S-RM rutynowe stosowanie ogólnych wymagań przeciwpożarowych w ich otoczeniu może wiązać się z powstaniem nieoczywistych zagrożeń bezpieczeństwa i zdrowia w placówkach ochrony zdrowia. W otoczeniu S-RM występuje gwałtowne przyciąganie przedmiotów ferromagnetycznych, określane jako „zagrożenia balistyczne” z powodu „flying objects”, które mogą spowodować poważne straty materialne, a nawet utratę zdrowia lub życia pacjentów, pracowników placówki ochrony zdrowia lub służb ratunkowych, takich jak straż pożarna czy pogotowie ratunkowe.

O zagrożeniach balistycznych związanych z użytkowaniem S-RM należy także pamiętać przy sporządzaniu instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, na próżno bowiem można szukać wzmianki na ten temat w przepisach dotyczących tego obszaru, a osoby sporządzające te instrukcje, pomimo szerokiej wiedzy na temat wymagań ochrony przeciwpożarowej, często nie mają świadomości istnienia tego problemu i jego specyfiki. Wieloletnie funkcjonowanie placówki diagnostyki rezonansu magnetycznego bez poważnego wypadku może natomiast tworzyć iluzję bezpieczeństwa, mimo




stałego występowania w niej bardzo silnego PMS w pobliżu magnesu S-RM.

Zatem w celu zapewnienia właściwych warunków ochrony przeciwpożarowej, jak i właściwego poinformowania pracowników i służb ratowniczych na temat zagrożeń występujących nawet po odłączeniu S-RM od źródła zasilania prądem elektrycznym, bezwzględnie konieczne jest zawieranie stosownej informacji w tym zakresie zarówno w odpowiedniej dokumentacji, jak i w ramach szkoleń.

W szczególności istotne jest zwrócenie uwagi na potrzebę stosowania odpowiednich, pozbawionych ferromagnetyków, elementów wyposażenia, urządzeń gaśniczych i ekwipunku w strefie, w której znajduje się S-RM.

W kontekście ochrony przeciwpożarowej warto zwrócić uwagę na fakt, że wymagania zawarte w rozporządzeniu w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [2] nie omawiają tego rodzaju zagrożeń, a regulacje odnoszące się choćby do gaśnic skupiają się na wymogu dostosowania rodzaju środka gaśniczego do grup pożarów, jakie mogą wystąpić w obiekcie. Ponadto brak dotychczas ujednoliconego, łatwego do rozpoznania oznakowania gaśnic przeznaczonych do użytku w pobliżu S-RM.

Zaproponowano również dobre praktyki, jakie mogą zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń, jakie mogą z takiego powodu wystąpić podczas użytkowania S-RM. Elektrodziagnostom, inżynierom i fizykom medycznym przypada istotna rola w procesie zapewnienia bezpiecznego użytkowania sprzętu przeciwpożarowego w otoczeniu S-RM ponieważ zwykle są w placówce medycznej osobami najlepiej obeznanymi ze specyfiką zagrożeń związanych z użytkowaniem takich urządzeń (a niejednokrotnie jedynymi osobami o takich kompetencjach), a w razie wystąpienia zdarzenia niepożądanego również jego prawdopodobnymi ofiarami. 

## Piśmiennictwo

1. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne, Dz.U. 2018, poz. 331.
2. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, Dz.U. 2023, poz. 822, z późn. zm.
3. K. Sklinda, J. Karpowicz, A. Stępniewski: *Electromagnetic Exposure of Personnel Involved in Cardiac MRI Examinations in 1.5T, 3T and 7T Scanners*, International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(1), 2022, 76. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010076>
4. J. Karpowicz, K. Gryz: *Health Risk Assessment of Occupational Exposure to a Magnetic Field From Magnetic Resonance Imaging Devices*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), 12(2), 2006, 155–167. DOI: 10.1080/10803548.2006.11076679
5. J. Karpowicz, M. Hietanen, K. Gryz: *Occupational risk from static magnetic fields of MRI scanners*, Environmentalist, 27(4), 2007, 533–538. DOI: 10.1007/s10669-007-9064-1
6. J. Karpowicz: *Multimodal evaluations of electromagnetic hazards while using MRI systems*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1320, 2024, 012008. DOI:10.1088/1757-899X/1320/1/012008
7. J. Karpowicz: *Oddziaływanie wywierane przez pole magnetostaticzne wytwarzane przez magnesy na przedmioty metalowe – zagrożenia bezpieczeństwa przy skanerach rezonansu magnetycznego i spektrometrach NMR*, Inżynier Medyczny, 3, 2012, 135–137.
8. W. Leszko, K. Gryz: *Elektromagnetyczne zagrożenia balistyczne podczas służby funkcjonariuszy straży pożarnej*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 2(46), 2017, 12–27. DOI:10.1088/1757-899X/1320/1/012008
9. J. Karpowicz, K. Gryz: *Bezpieczeństwo pacjentów i pracowników przy wykorzystaniu pól elektromagnetycznych w diagnostyce i terapii medycznej*, INDYGO Zahir Media, Wrocław, Inżynier i Fizyk Medyczny, 1, 2012, 25–28.
10. J. Karpowicz, K. Gryz: *Niepożądane skutki oddziaływania pola magnetostaticznego podczas poruszania się pracowników przy magnesach skanerów rezonansu magnetycznego – identyfikacja i profilaktyka*, INDYGO Zahir Media, Wrocław, Inżynier i Fizyk Medyczny, 5, 2014, 253–257.
11. J. Karpowicz, K. Gryz: *Rozpoznanie i ocena zagrożeń elektromagnetycznych w placówkach diagnostyki obrazowej rezonansu magnetycznego – część 1*, INDYGO Zahir Media, Wrocław, Inżynier i Fizyk Medyczny, 6, 2017, 399–406.
12. J. Karpowicz: *Ocena zagrożeń zdrowia związanych ze skumulowanym narażeniem pracowników na silne pole magnetostaticzne skanerów rezonansu magnetycznego – badania pilotowe*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 4(10), 2021, 319–325.
13. M. Sokół, M. Waligórski, M. Wicher, J. Walecki: *Bezpieczeństwo w pracowni rezonansu magnetycznego*, INDYGO Zahir Media, Wrocław, Inżynier i Fizyk Medyczny, 3, 2016, 109–118.
14. J. Karpowicz, K. Gryz: *Dostosowanie środków ochronnych w placówkach diagnostyki rezonansu magnetycznego do wymagań prawa pracy dotyczących zagrożeń elektromagnetycznych – część 2*, INDYGO Zahir Media, Wrocław, Inżynier i Fizyk Medyczny, 2, 2018, 107–115.
15. IEC: *601-2-33: Medical electrical equipment – Part 2. Particular requirements for the safety of magnetic resonance equipment for medical diagnosis*.