

# **Příloha provozního řádu CF MAFIL č. 1: Bezpečnostní předpisy MR**

V souvislosti s MR systémem se mohou vyskytovat různá nebezpečí. Některá z nich hrozí jen v průběhu vyšetření, zatímco jiná existují trvale, a proto se vztahují i na osoby, které nejsou uživateli MR systému (např. pracovníci úklidu).

K nejčastějším nehodám dochází v souvislosti s působením statického a časově proměnného magnetického pole.

Dbejte návodu k použití pro MR!

## **1 Osoby na pracovišti**

### **1.1 Osoba seznámená**

Jedná se o osobu, která absolvovala proškolení pro práci na MR pracovišti a je prokazatelně znalá zásad první pomoci. Osoba seznámená se sama může pohybovat v prostorách MR pracoviště – zóny I-IV. Návštěvy může vodit po zónách I-III

### **1.2 Osoba poučená**

Jedná se o osobu seznámenou, která dále absolvovala zaškolení a praxi pro ovládnutí a práci na MR. Tato osoba může samostatně provádět měření na MR pracovišti, pokud není stanoveno jinak. Může ukládat měřené subjekty a vodit návštěvy do prostor s označením zóna IV.

### **1.3 Měřený subjekt, návštěva**

Návštěvy jsou osoby vstupující do prostor MR pracoviště bez zjevné souvislosti s aktuálním měřením či vyšetřením. Měřený subjekt je osoba, která je objednaná a přišla se nechat vyšetřit. Její pohyb po MR pracovišti je kontrolován a částečně omezen.

## **2 Bezpečnost**

### **2.1 Bezpečnostní opatření týkající se statického magnetického pole (MR vyšetřovny)**

Smí se používat pouze certifikovaná zařízení (“MR Safe” / “MR Conditional”), nebo zařízení, která byla schválena vedoucím laboratoře.

Zranění měřeného subjektu nebo obsluhujícího personálu

- Nepoužívat resuscitační zařízení nebo kyslíkové láhve
- Nepoužívat přepravní vozíky, pohyblivá lůžka, nosítka, které obsahují magnetované součásti
- Používat výhradně stroje a zařízení, které jsou bezpečné z hlediska MR
- Používat jen schválené příslušenství

- Zajistit, aby do oblasti s řízeným přístupem, Zóna IV (ochranná zóna 0,5mT) vstupovaly jen osoby s náležitým oprávněním
- Zabezpečit MR vyšetřovnu proti náhodnému vstupu osob bez proškolení (Dveře do vyšetřovny nechávat zavřené, uzamčení prostorů zóny III a IV.)

Jsou-li osoby vystaveny účinkům statického magnetického pole, mohou být možnými projevy závratě, zvedání žaludku nebo kovová pachuť v ústech, což platí zejména u systémů s intenzitou magnetického pole 3 Tesla. Personál je povinen informovat měřené subjekty o možném výskytu těchto příznaků.

## 2.2 Vytváření elektrických proudových smyček

Proudové smyčky se vytvářejí tehdy, když se kůže měřeného subjektu dotýká pláště tunelu nebo kabelů VF cívek

- Zajistit, aby subjekt neměl mokré nebo propocené oblečení
- Zajistit, aby na sobě subjekt neměl kovové náramky, řetízky nebo elektricky vodivé materiály zabudované do částí oděvu (v podprsence, tkaniny s kovovými vlákny)
- Měřený subjekt vždy ukládat tak, aby byly paže rovnoběžně s trupem
- Zachovat minimální vzdálenost 5 mm mezi subjektem a pláštěm tunelu
- Zajistit dostatečné větrání
- Používat pouze příkrývky vyrobené z papíru, bavlny nebo plátna

## 2.3 Kontraindikace

Obecně je vyšetření kontraindikováno pro subjekty s elektronickými nebo elektricky vodivými implantáty nebo kovy. Kontraindikace jsou průběžně aktualizovány na základě doporučení české i evropské radiologické společnosti.

Typické relativní či absolutní kontraindikace jsou:

- Elektronické implantáty (kardiostimulátory, stimulátory, inzulínové pumpy)
- Umělé srdeční chlopně
- Kovové střepiny v oku
- Umělý vývod střeva s magnetickým zakončením
- Náplasti pro transdermální podávání léků s kovovými výztuhami
- Elektricky vodivé implantáty a protézy
- Transdermální nebo jiné implantáty pro piercing na těle, jakož i magnetický piercing

Dále:

- Zeptat se subjektu na implantáty a inkluze.
- Neprovádět MR vyšetření u subjektů s elektronickými nebo elektricky vodivými implantáty a magnetizovanými cizími tělesy.
- Zajistit, aby subjekty s takovými implantáty zůstali mimo ochrannou zónu (hranice 0,5 mT).
- Požádat měřený subjekt, aby si odložil všechny elektricky vodivé předměty

(náhrdelníky, prsteny, náušnice, náramky, gumičky do vlasů, piercingové ozdoby a ostatní šperky.

- Požádat subjekt, aby odložil veškeré oblečení, které obsahuje vodivé materiály (podprsenku, kovové nášivky nebo tkaniny s kovovými vlákny).
- Informovat subjekt, že oční linky a tetování mohou obsahovat přísady, které způsobí artefakty nebo podráždění pokožky během MR vyšetření. V některých případech může být měřený subjekt popálen. Dejte subjektu pokyn, aby se před měřením zbavili make-upu.
- Poučit měřený subjekt, že v případě nevolnosti během nebo po MR vyšetření mají vyhledat lékařskou pomoc.

## **2.4 Požadavky na okolní prostředí**

- Zajistit, aby teplota ve vyšetřovně byla 22 °C nebo méně a relativní vlhkost vzduchu byla v rozmezí 40-60 %.
- Cestu do vyšetřovny je nutno dodržovat neustále volnou, aby bylo možno přicházet i odcházet.
- Provádět pravidelné kontroly správného fungování dveří vyšetřovny a zajistit, aby se dveře vyšetřovny správně otevíraly a zavíraly.

## **2.5 Ochrana před hlukem**

Kvůli spínání proudů v gradientních cívkách pro účely zobrazování způsobují v průběhu MR vyšetření mechanické síly vznik hluku (hučení, klepání a jiné zvuky), jehož intenzita v tunelu může překračovat 99 dB(A).

- Měřenému subjektu poskytnout ochranu sluchu, která sníží hluk minimálně na 99 dB(A)
- Pracovníkům obsluhy a doprovázející osoby ve vyšetřovně během vyšetřování zajistit ochranu sluchu např. ucpávkami do uší tak, aby snižovaly úroveň hluku minimálně na 85 dB(A).

## **2.6 Oblast s řízeným přístupem**

### **Zóna I**

Oblast, do které spadají všechny veřejnosti přístupné prostory.

### **Zóna II**

Oblast, která tvoří rozhraní mezi nekontrolovanou zónou I a přísně kontrolovanými zónami III IV. Subjekty jsou typicky přijímány v zónách I-II.

### **Zóna III**

Oblast, ve které může volný přístup neškolených osob způsobit vážné nehody. Je kontrolována personálem MR a jinému než MR personálu nebo osobám realizujícím měření/vyšetření a provádějícím další související úkony (viz. kapitola 3. 1. provozního řádu CF MAFIL) není

samostatný přístup do zóny III povolen, dokud nepodstoupí řádné vzdělání a školení. Zóna III, nebo oblast uvnitř ní, kde intenzita statického magnetického pole přesahuje 0,5 mT, je vyznačena a zřetelně označena jako potenciálně nebezpečná.

#### **Zóna IV**

Oblast, která znamená totéž, co vlastní oblast s magnetem MR skeneru. Z definice je vždy umístěna uvnitř zóny III. Zóna IV je vyznačena a zřetelně označena jako potenciálně nebezpečná z důvodu velmi silných magnetických polí.

Statické základní pole je vytvářeno supravodivým magnetem a může zasahovat i mimo vyšetřovnu (stěny, stropy).

Na podlaze je vymezena oblast s řízeným přístupem základního pole (čára 0,5 mT). Mimo oblast s řízeným přístupem je intenzita magnetického toku menší než 0,5 mT.

### **3 Kapalně a plynné kryogeny**

Manipulace s kapalnými kryogeny: helium a dusík

Vlastnosti kryogenů

- Zdraví škodlivé
- Bez vůně a zápachu
- Nehořlavé
- Netoxické
- Helium je lehčí než vzduch
- Při vypařování produkují studenou mlhu šířící se do okolí
- Dusíková mlha padá rychle k podlaze

Při teplotě prostředí (20 °C) vytvoří 1 l kapalného helia přibližně 810 l plynného helia a 1 l kapalného dusíku přibližně 700 l plynného dusíku.

#### **3.1 Nebezpečí související s kryogeny**

Vzniká při nesprávné manipulaci s heliem a dusíkem.

##### **3.1.1 Omrzliny**

Při manipulaci s kapalným dusíkem nebo heliem je nutno z důvodu nebezpečí omrznutí zabránit jakémukoli styku s pokožkou. Postříkání pokožky způsobuje poškození podobné spáleninám. Oči jsou mimořádně zranitelné.

##### **3.1.2 Nebezpečí zadušení**

Únikem plynného helia nebo dusíku dojde k vytěsnění kyslíku. Koncentrace kyslíku v okolním vzduchu pod 17 % až 18 % pro dýchání člověka nepostačuje. Unikne-li heliová nebo dusíková mlha do místnosti s MR, doporučuje se místnost opustit a znovu do ní

vstoupit až po zjištění, že je obsah kyslíku dostatečně vysoký.

### 3.1.3 Kondenzace kyslíku

Teplota povrchu kontejnerů s dusíkem a heliem může být natolik nízká, že dojde ke kondenzaci kyslíku nebo kyslíkem obohaceného vzduchu, což přispívá k nebezpečí požáru. Je-li v blízkosti kontejnerů přítomen tuk, olej, nebo jiný hořlavý materiál, může únik kryogenních plynů vést v důsledku zkapalňování vzdušné vlhkosti a koncentrace kyslíku k vytvoření potenciálně hořlavé kapaliny.

### Ochranný oděv

Používání ochranných oděvů při všech pracích se zkapalněnými kryogeny je zcela zásadní. Tyto oděvy se skládají z:

- Ochranných rukavic
- Pracovních rukavic
- Obličejové masky
- Laboratorní kombinézy (bavlněné nebo plátěné)
- Nemagnetické ochranné obuvi.

## 3.2 QUENCH

Vzniká z nadměrného ohřevu vodičů magnetu, ponořených v kapalném heliu (např. vyvolané ztrátou vakua, mechanickými poruchami, nadměrnými venkovními silami atd.) Supravodivé magnety mohou za hodinu normálního provozu odvětrat až několik set litrů kryogenních plynů. Při QUENCH může být během několika minut odvětráno přibližně 10 m<sup>3</sup> až 103 m<sup>3</sup> plynu o atmosférickém tlaku.

QUENCH se obvykle vyskytuje, když množství kapalného helia nepostačuje pro chlazení supravodivé cívky. V důsledku vzrůstu teploty cívky přejdou vodiče do stavu normální vodivosti a dojde k nadměrnému odparu.

QUENCH může být doprovázen nadměrným syčením nebo pískáním, způsobeným rychle unikajícím proudem chladného plynného helia. Obláčky bílé mlhy klesají k podlaze zvláště z horních částí magnetu v blízkosti potrubí QUENCH v důsledku kondenzace vodních par a vzduchu. Proud plynného helia slábne několik minut. Vzdušná vlhkost v blízkosti neizolovaných součástí magnetu a potrubí QUENCH kondenzuje a kape na podlahu.

Není-li použita řádná ventilace, mohou se při QUENCH v důsledku rychlého odparu vyskytnout tři účinky:

- Nadměrně ochlazené plyny zmrazí molekuly vody v oblasti blízko magnetu, a tím vznikne hustá bílá mlha;
- Vzduch v místnosti se vytěsňuje heliem, což ztěžuje nebo dokonce znemožňuje dýchání;
- Plynné helium, které při QUENCH unikne, je extrémně studené a může dokonce zmrazit předměty, ke kterým se dostane.

### Nouzové úkony v případě QUENCH

1. Obsluha MR zajistí neprodlené opuštění prostoru vyšetřovny všemi osobami:

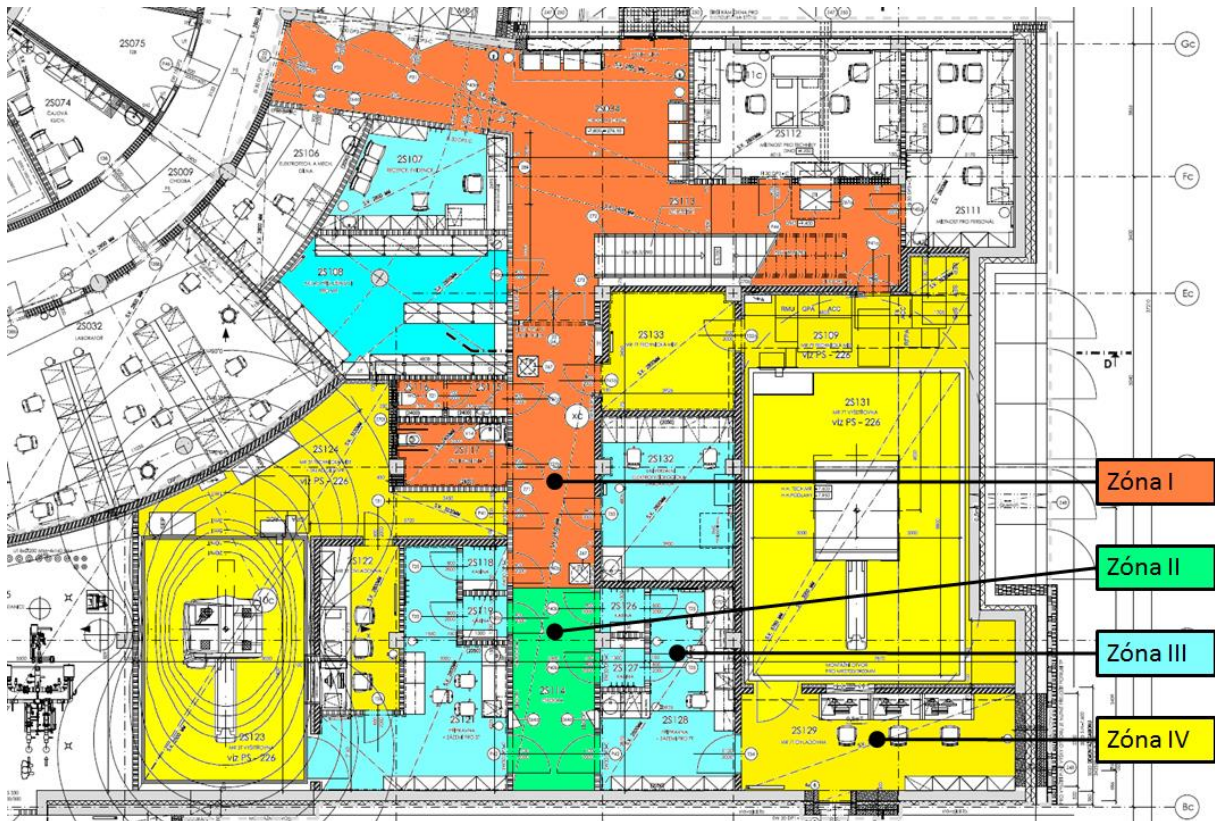
1. vysunout měřenou osobu z dutiny magnetu (elektronické vysunutí, či manuálně odblokovat lehátko a ručně jej vysunout)
  2. vyvést / vynést měřený subjekt, případně další osoby z vyšetřovny
- 
1. Zavřít dveře vyšetřovny
  2. V případě zranění (např. popálení kůže v důsledku jejího kontaktu s kapalným vzduchem či respirační problémy) zajistit první pomoc a přivolat lékařskou pomoc
  3. Kontaktovat pověřenou osobu

Pozn.1.: Po stisknutí nouzového tlačítka ztráta magnetismu MR přístroje není okamžitá. Trvá to cca 30 s., po tuto dobu je v prostoru vyšetřovny stále silné magnetické pole.

Pozn.2.: V případě QUENCH s částečným nebo úplným poškozením vypouštěcího potrubí (hélium uniká do prostoru vyšetřovny) záchranné práce dle bodu 1) smí vykonávat minimálně 2 osoby. Je zhoršená viditelnost, zvýšené riziko udušení se héliem. Vyklidit je nutné nejen prostor vyšetřovny, ale i přilehlé místnosti.

**Nouzový plán má obsahovat:**

- Rozložení pracoviště MR s ohledem na okna, únikové cesty jak pro personál, tak pro plyn odvětrávaný do okolí a nouzové manuální vypínače na stole měřeného subjektu
- Dosažitelnost personálu v nouzových situacích
- Pokyny a informace poskytované hasičským a policejním sborům
- Záchranná cvičení prováděná s příslušným personálem
- Provozní personál má být školen v dohledu na evakuaci pracoviště MR a přilehlých místností
- Personál se má vrátit na pracoviště MR až po uvedení situace do normálu, tj. když ustane hluk a nic nebrání viditelnosti. Z důvodu bezpečnosti mají být všechny místnosti důkladně větrány, okna a vchodové dveře mají být otevřeny. Obvykle zajistí účinnou výměnu vzduchu klimatizační systém.



**Obrázek XX Plán rozvržení zón na MR pracovišti**

Příloha schválena dne 8.7.2024  
Schválil: Michal Mikl, vedoucí CF MAFIL