

Závěrečná zpráva k zakázce HS1224541...

Návrh stínících konstrukcí v Pavilonu „B“ nukleární medicíny s pracovištěm SPECT/CT v Nemocnici Kyjov

Objednatel: A-TOMIC
Masná burza/Masná 34
602 00 Brno
IČ: , DIČ: CZ

Odpovědný řešitel: Ing. Lubomír Vítek, Ph.D.

Pracoviště: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Ústav stavebního zkušebnictví
Veveří 331/95, 602 00 Brno
IČ: 00216305, DIČ: CZ00216305

Zpracováno dne: Brno, 09. 2024

Ing. Lubomír Vítek, Ph.D.

odpovědný řešitel

Doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

vedoucí Ústavu stavebního zkušebnictví

Počet vyhotovení: 3

Vyhotovení číslo:

1. Úvodní část

Na základě objednávky firmy A-TOMIC Brno, navrhli pracovníci Střediska radiační defektoskopie FAST VUT v Brně stínící konstrukce v Pavilonu „B“ nukleární medicíny s pracovištěm SPECT/CT v Nemocnici Kyjov Obr.1).

2. Účel a rozsah zprávy

Zpráva bude sloužit jako podklad pro vypracování prováděcího projektu pracoviště s ionizujícím zářením.

Zpráva obsahuje nové předpoklady výpočtu v souvislosti s nabytím účinnosti „atomového zákona“ a následných vyhlášek, výpočet násobnosti zeslabení pro jednotlivé směry a dimenzování tlouštěk stínících konstrukcí.

3. Podklady pro výpočet stínění

3.1 Technické parametry zářičů

Technické parametry přístroje SPECT/CT, max. hodnota dávkového příkonu uvedeného zařízení byly převzaty z normy - E DIN 6812 Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV (Oktober 2011) a z naměřených dávkových příkonů v okolí CT (obr.2 a 3).

Pracoviště nukleární medicíny bude používat při aplikaci ^{99m}Tc , ^{111}In , ^{131}I , ^{123}I , ^{201}Tl , ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{81}mKr .

Dispoziční řešení jednotlivých pracovišť i pomocných místností bylo převzato z výkresů objednavatele.

3.2 Limity ozáření

Legislativní podklady - Atomový zákon (zák.263/2016 Sb.) a navazující vyhlášky

Atomový zákon a navazující vyhláška 422/2016 vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje specifikují podmínky ochrany před účinky ionizujícího záření.

Jako základ zákonných opatření jsou v § 63 AZ definovány **limity ozáření**, jejichž překročení není z hlediska radiační ochrany přípustné. Tyto limity se vztahují na ozáření ze všech činností vedoucích k ozáření. Nezapočítává se však do nich ozáření z přírodních zdrojů (cca 3-5 mSv/rok), pokud nejsou záměrně využívány, dále lékařské ozáření a další ozáření specifikovaná zákonem a vyhláškou (při výuce, při haváriích aj.).

Tyto limity jsou uvažovány jiné pro obyvatelstvo a jiné pro radiační pracovníky:

➤ **Obecné limity pro obyvatele** – (K § 63 odst. 6 AZ , §3 vyhl RO)

Obecnými limity pro obyvatele z ozáření ze všech povolených nebo registrovaných činností zjednen kalendářní rok jsou

- a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 1 mSv,
- b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv a
- c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm² kůže 50 mSv bez ohledu na velikost ozářené plochy

➤ **Limity pro radiační pracovníky** – musí být použity pro omezení profesního ozáření a jsou:

- a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 20 mSv za kalendářní rok nebo hodnota schválena SUJB, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok
- b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv v jednom kalendářním roce,
- c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm² kůže 500 mSv za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy a
- d) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 500 mSv za jeden kalendářní rok

➤ **Limity pro učně a studenty** –pro žáka a studenta ve věku od 16 do 18 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou za jeden kalendářní rok

- a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 6 mSv,
- b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv,
- c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm² kůže 150 mSv bez ohledu na ozářenou plochu a pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 150 mSv.

Limity pro žáka a studenta mladšího než 16 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou shodné s obecnými limity pro obyvatele.

Limity pro žáka a studenta staršího než 18 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou shodné s limity pro radiačního pracovníka

Hodnoty limitů však nelze brát za základ při výpočtech stínění, neboť se jedná o součet všech možných kombinací ozáření, který nesmí být překročen. Atomový zákon zavádí nový pojem Autorizovaný limit, což je kvantitativní ukazatel, který je výsledkem optimalizace radiační ochrany pro jednotlivou radiační činnost nebo jednotlivý zdroj ionizujícího záření a je zpravidla nižší než dávková optimalizační mez. Autorizované limity stanoví Úřad v povolení k činnostem v rámci expozičních situací. Nepřekročení autorizovaných limitů prokazuje nepřekročení limitů ozáření. Z důvodů časové kontinuity radiační ochrany na pracovišti navrhuje tyto autorizované limity používané dřívější legislativou:

- Dávková optimalizační mez pro obyvatele - **50 μSv**.
- Dávková optimalizační mez u radiačních pracovníků - **1 mSv**

- optimalizovaná hodnota pro roční kolektivní efektivní dávku (součet efektivních dávek u všech jednotlivců v určité skupině) - **1 Sv**

Ve výpočtu stínění rentgenového pracoviště bude uvažována hodnota týdenního dávkového ekvivalentu H_t - 0,001 mSv.

3.3 Materiál stínění

Pro stínící konstrukce rtg pracoviště je počítáno se stínícím materiálem :

- Sádrokartonové desky K 762 Knauf Safeboard
(desky chránící proti rtg záření
konstrukční provedení K131 Strahlenschutzwand)
- Pb plechy
- suchá barytová omítková směs X-RAY STOP

3.4 Literatura

- Atomový zákon (zák.263/2016 Sb.) a navazující vyhlášky
- vyhláška 422/2016 vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- Návrh Metodického pokynu Ochrana zdraví při používání zdrojů rentgenového záření (Ing.O.Kodl)
- E DIN 6812 Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV (Oktober 2011)
- Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities NCRP No.147(2004)
- naměřené dávkové příkony v okolí CT

3.5 Určení násobnosti zeslabení K

Násobnost zeslabení záření K vyjadřuje kolikrát je nutno primární svazek nebo rozptýlené záření zeslabit, aby byla dosažena dávková optimalizační mez pro radiační pracovníky nebo ostatní osoby.

Při výpočtu tlouštěk ochranných stínících konstrukcí rtg pracoviště byly použity matematické vztahy a zeslabující křivky barytové omítky z Metodického pokynu, DIN a NCRP (viz. literatura).

4. Návrh stínění

Návrh skladby stínících konstrukcí pracovišť s ionizujícím zářením je uveden v tabulce 1 – 2. Hodnoty faktoru pobytu T byly voleny tak, jak je běžně uvažuje literatura a jak se dá usuzovat, že bude probíhat provoz pracoviště.

Ing. Vítek Lubomír, Ph.D.
odpovědný řešitel

tab. 1 Výpočet násobnosti zeslabení stínících vrstev

RTG pracoviště m.č. B-1.02

Vzhledem k tomu , že pracoviště s uvedeným zařízením dosud nebylo v provozu, předpokládanou pracovní zátěž rtg přístroje za týden volím:

- SPECT/CT
- napětí = 120 kV, W = 2.000 mAmin/týden
- Ht = 0,001 mSv/týden (ostatní osoby)
- Ht¹⁾ = 0,02 mSv/týden (radiační pracovníci)

Výpočet proveden na základě podkladů prostorového zobrazení dávek CT (Obr. 2 a 3)

Doz. bod	Záření	Vzdál. [m]	Zeslabení K	Ekv. Pb [mm Pb]	Poznámka
01	RZ	2,0	1.080	2,1	podlaha –strojovna, sklad T=0,3
02	RZ	2,5	2.496	2,4	strop – pobytové prostory T=1
03 ¹⁾	RZ	4,5	40	1,0	ovladovna – pozor.okno T=1
04	RZ	4,5	770	2,0	aplikace –T=1
05	RZ	2,5	750	2,0	čekárna – T=0,3
06	RZ	3,0	173	1,5	úklid –T=0,1
07	RZ	2,5	2.496	2,4	evidence –T=1
08	RZ	-	-	-	okno, obvod. konstr. volný prostor –T=0 ²⁾

RZ – rozptýlené záření

W - týdenní provozní doba [mAmin]

Hx – dávkový příkon v 1 m [mSv/mAmin]

Ht - týdenní dávkový ekvivalent [mSv/týden]

T - očekávaná doba pobytu

Ekv. Pb – charakteristika stínící vrstvy uvedená ekvivalentní tloušťkou olova [mm Pb]

K - Násobnost zeslabení záření K vyjadřuje kolikrát je nutno primární svazek nebo rozptýlené záření zeslabit, aby bylo dosaženo povoleného limitu nebo směrných hodnot pro pracovníky se zářením nebo pro jednotlivce z obyvatelstva.

²⁾ Okenní konstrukce cca 2,4 m nad komunikací

Návrh stínících prostor s SPECT/CT

Předpoklad:

99mTc 111In, 131I, 123J, 201Tl, 89Sr, 153Sm, 81mKr

- max. aplikovaná aktivita 1,2 GBq/pac.
- předpokládané zpracování max. 30GBq/ směnu
- počet pacientů cca. 22 pac./směnu
- max. počet naaplikovaných pacientů 6
- čekací doba naaplikovaného pacienta max. 120 min.
- průměrná vyšetřovací doba 30min/pac.

Pro násobnost zeslabení $K=12$ a energii záření gama 140 keV odpovídá z tabulek „Tloušťka betonové ochranné stěny pro různé násobnosti zeslabení K – autor M.G.Gusev“:

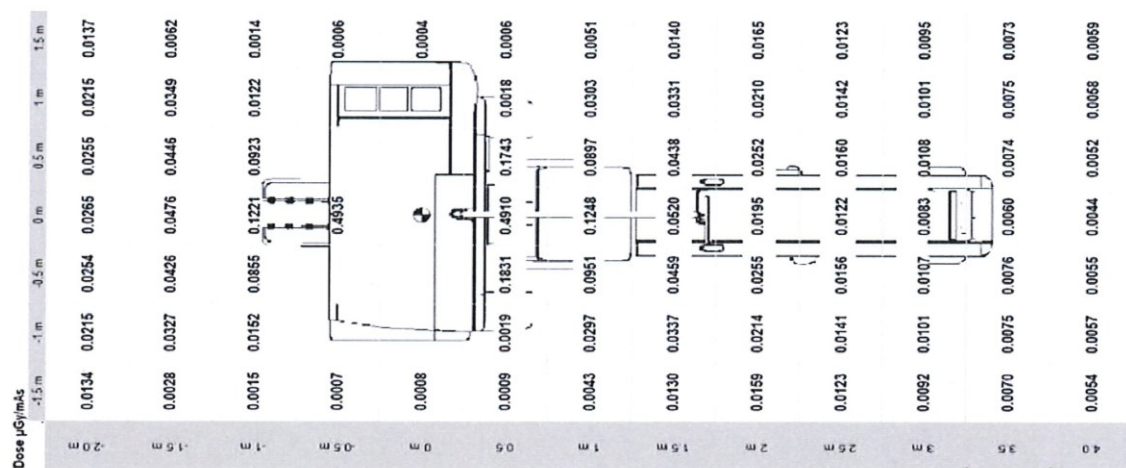
Tab. 2 Návrh stínících vrstev

Doz. bod	konstrukce [mm]	Navržená konstrukce			
		beton [mm]	CP [mm]	Baryt.om [mm]	Pb vložka [mm]
01	podlahová konstrukce 120beton deska 95beton podkladní	215 (120+95)	-	- -	-
02	stropní konstrukce 85beton deska 70beton podkladní	155 (85+70)	-	-	a) SDK+1,0Pb b) 2 ks ²⁾
03 ¹⁾	450CP	-	450		pozor. okno3,0Pb dveře 3,0Pb
04	450CP	-	450	-	dveře 3,0Pb
05	nová konstrukce	- - -	150CD - -	40 - -	dveře 3,0Pb a) SDK+3,0Pb dveře 3,0Pb b) 6 ks ²⁾ dveře 3,0Pb
06	350CP 75CP	- -	350 75	- 40	
07	350CP nová konstrukce	-	a)350CP b)150CD	- 45	
08	450CP okenní konstrukce	- -	450 -	- -	

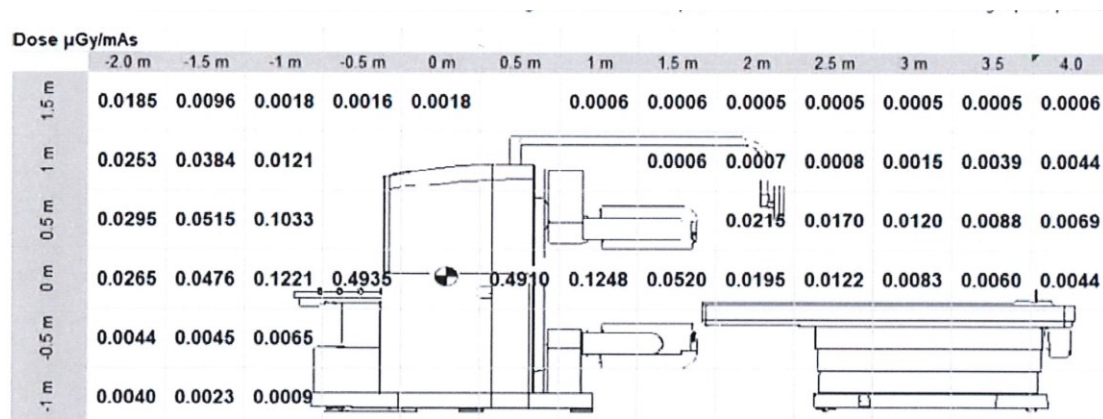
CP – cihla plná
CD – cihla děrovaná (POROTHERM)

Barytová omítka - X-RAY STOP

- 1) radiační pracovníci
- 2) Sádkartonové desky K 762 Knauf Safeboard – desky chránící proti rtg záření
(konstrukční provedení K131 Strahlenschutzwand)



Obr. 2 Horizontální zobrazení dávek CT [$\mu\text{Gy/mAs}$]



Obr. 3 Vertikální zobrazení dávek CT [$\mu\text{Gy/mAs}$]