

# **Viri sevanj na Ol in osnove varstva pred sevanji**

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,  
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji  
Onkološki Inštitut, Ljubljana

# Namen

- Seznanitev s sevanjem in viri sevanj na OI
- Odpravimo strah pred sevanjem
- Namen ni prepričevanje, da je sevanje škodljivo ali koristno



# Vsebina

- Osnove o sevanju
- Viri sevanj na OI
- Zaščita pred sevanjem
- Območja s povišanim sevanjem

# Vse seva!

- Kozmično sevanje, direktno sevanje iz zemlje (naravna radioaktivnost), ingestija s hrano:  $\sim 1/2$  letne doze
- Inhalacija radona:  $\sim 1/2$  letne doze
- Umetni viri (medicina, industrija):  $< 10\%$
- Letna doza v Sloveniji 2-3 mSv



# Neionizirajoče sevanje

- **dolgi valovi:** električna napeljava (50Hz)
- **radijski valovi:** radio, TV, mobitel, radijski oddajniki
- **mikrovalovi:** mikrovalovne pečice
- **IR svetloba:** toplota telesa, žarnica na volframovo nitko 95%, IR laser (CD, DVD)
- **vidna svetloba:** vse vidne barve mavrice

# Ionizirajoče sevanje

## ■ Svetloba:

- **UV:** del sončevega spektra, ki je odgovoren za porjavitev kože, Hg žarnice (solarij), varjenje, excimer laserji za operacije roženice
- **Röntgenski (X) žarki:** röntgenski aparati, katodne cevi (TV, CRT monitor), Linac
- **$\gamma$  žarki:** radioaktivna jedra atomov

## ■ Delci: $\alpha$ , $\beta$ , n

# Kaj mislimo z izrazom “naprava seva” ali “sevanje je prisotno”?

- Gre za ionizirajoče sevanje
- RTG aparat ali Linac je vključen in deluje
- Radioaktivni vir je izven zaščitnega vsebnika ali brez zaščite
- Nivo sevanja je precej višji kot nekajkratno naravno ozadje

# Merske enote

- Gy (Gray) = J/kg
- Sv (Sievert) = J/kg za (uporablja se za računanje efektivne doze v telesu z upoštevanjem vrste sevanja in občutljivosti organov)
- Sv/h (Gy/h): hitrost doze (nivo sevanja)
- Uporabljajo se manjše enote: nSv/h,  $\mu$ Sv/h, mSv/h,  $\mu$ Sv, mSv
- $1 \text{ Sv} = 1000 (10^3) \text{ mSv} = 1\,000\,000 (10^6) \mu\text{Sv} = 1\,000\,000\,000 (10^9) \text{ nSv}$

# Primeri

- hitrost doze v naravi (Slovenija):  $0.05 - 0.2 \mu\text{Sv/h}$
- efektivna doza v naravi:  $2 - 3 \text{ mSv/leto}$ , dnevna doza  $5-10 \mu\text{Sv}$
- polet čez ocean:  $50 \mu\text{Sv}$
- obisk Postojnske jame:  $50-300 \mu\text{Sv}$
- medicinska diagnostika  $1 \text{ mSv/leto}$  (povprečje)
- medicinska terapija:  $50 - 200 \text{ Gy!!!}$  (To je lahko tudi smrtna doza)
- zakonske omejitve:  $1 \text{ mSv/leto}$  za prebivalce,  $20\text{mSv/leto}$  za profesionalce
- posledice sevanja:  $50 \text{ mSv}$  sprememba krvne slike;  $1 - 6 \text{ Sv}$  opekline, bruhanje, izpadanje las, odpoved imunskega sistema; nad  $6 \text{ Sv}$  smrt

# Primeri na Ol (povzeto po OVID)

- TLD: stavba D, E, H: 0.03 mSv, C: 0.06 mSv mesečno
- delo s pacientom, ki ima apliciran radiofarmak: 0.01 mSv (cel dan)
- intervencija na NM (reševanje pacienta): približno 0.1 - 0.2 mSv
- Delo pri cisternah: 0.1 mSv
- Delo v jodovih sobah: 0.01 mSv

# Posledica

- Doze so zanemarljivo majhne, praktično nemerljive
- Osebe ni ogroženo

# Razvrstitev po trajanju sevanja

- Radioaktivni izotopi: stalno sevajo, dokler ne razapdejo (NM, BRT)
- Aparati s pospeševalno cevjo: sevajo samo takrat, ko so vključeni (RTG, Linac)
- MRI, UZ in  $\gamma$  kamere niso viri IO sevanja



# Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost

# Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine: priprava radiofarmaka, diagnostika in terapija (največ Tc-99m, I-131, F-18)
- Oddelek brahiradioterapije: terapija (I-131)
- Značilnost: sevajo stalno, dokler ne razpadejo
- Pacient po koncu posega seva.

# PET-CT



# Radioaktivni odpadki – skladiščenje



# Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo UV1, tabela 3)
- Izpust



# Zaprta viri (sealed sources)

## ■ Diagnostika:

- stacionarni rentgen, CT, mamograf, premični rentgen, mamotom

## ■ Terapija

- linearni pospeševalnik - Linac
- terapevtski rentgen (Gulmay)
- radioizotopi: TRT Co-60 (ni več na OI), BRT Ir-192 in Sr-90

## ■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

- $\gamma$  kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133
- PET/CT: Na-22, Ga-68

## ■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 2000

# Značilnosti

- Sami po sebi ne sevajo (v prostoru ni sevanja, ko je aparat izključen)! →
- → Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Stacionarni rentgenski aparati





# CT – računalniška tomografija



# Mamografija



# Premični aparati



Philips Practix 400 – intenziva

# Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi (radija ni več):
  - Sr-90 ( $\beta$  sevalec)
  - Ir-192 ( $\gamma$  sevalec)
- Značilnost: stalno sevajo
- Pacient po koncu posega ne seva – vir odstranimo



# Napravi za PDR in HDR



# Teleradioterapija (TRT)

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Oprema na Onkološkem inštitutu
  - 8 Linacov
  - 1 300kV RTG (Gulmay)
  - 3 simulatorji
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Linearni pospeševalnik Varian





# Raziskovalni RTG - Gulmay Darpac 2000



# Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



# 3 načini ščitenja pred sevanjem

- Čas
- Razdalja
- Ščit

# Zaščita pred sevanjem

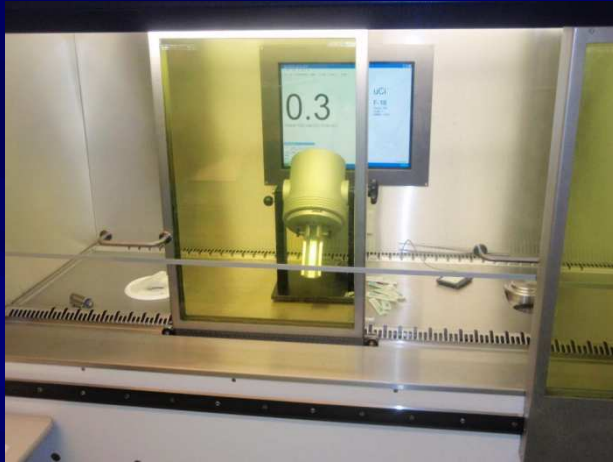
- Predpisana glede na dejavnost
- RTG: zaščitno Pb steklo ali tanka stena
- $\gamma$ : zaščitna obleka ne pomaga (ščiti nas samo pred kontaminacijo), Pb plašč je primeren samo za Tc-99m, za ostale vire pa ne, zato zmanjšamo čas zadrževanja na minimum in povečamo razdaljo do vira na maksimum
- $\beta$ : nekaj mm plastike
- Linac: 1 m betona

# Kaj ni zaščita pred sevanjem?





# Primeri zaščite





# Območja s povišanim sevanjem

## ■ Nadzorovano območje:

- Posebej označeno z znakom (POZOR SEVANJE)
- Vstop je nadzorovan
- Prostor z RTG napravo, prostori z radioaktivnimi viri (cel NM, BRT jod), prostor obsevalnega aparata + klet + travnik

## ■ Opazovano območje – tu posebnih omejitev ni - nadzorni prostori aparatov

# Oznake POZOR SEVANJE



# Povzetek

- Prejete doze pri delu na OI so nizke (razen na NM) – tveganje za sevalne posledice je majhno, delo je varno
- Prejete doze za nesevalne delavce so nemerljive, ni potrebno razvrščanje med sevalce
- Pozorni moramo biti na oznake, ki označujejo povišano sevanje
- Upoštevati moramo navodila osebja oddelka (gibanje po oddelku, možnost kontaminacije, časovni plani obsevanja)
- Seva samo pacient, ki pride iz NM (tudi BRT-jod), ostali pacienti iz drugih oddelkov (RTG, BRT in TRT pa ne)

# Hvala lepa za pozornost!

## Vprašanja?



# **Viri sevanj na Ol in osnove varstva pred sevanji**

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,  
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji  
Onkološki Inštitut, Ljubljana

# Namen

- Seznanitev s sevanjem in viri sevanj na OI
- Odpravimo strah pred sevanjem
- Namen ni prepričevanje, da je sevanje škodljivo ali koristno





# Vsebina

- Osnove o sevanju
- Viri sevanj na OI
- Zaščita pred sevanjem
- Območja s povišanim sevanjem

# Vse seva!

- Kozmično sevanje, direktno sevanje iz zemlje (naravna radioaktivnost), ingestija s hrano:  $\sim 1/2$  letne doze
- Inhalacija radona:  $\sim 1/2$  letne doze
- Umetni viri (medicina, industrija):  $< 10\%$
- Letna doza v Sloveniji 2-3 mSv

# Neionizirajoče sevanje

- **dolgi valovi:** električna napeljava (50Hz)
- **radijski valovi:** radio, TV, mobitel, radijski oddajniki
- **mikrovalovi:** mikrovalovne pečice
- **IR svetloba:** toplota telesa, žarnica na volframovo nitko 95%, IR laser (CD, DVD)
- **vidna svetloba:** vse vidne barve mavrice

# Ionizirajoče sevanje

## ■ Svetloba:

- **UV:** del sončevega spektra, ki je odgovoren za porjavitev kože, Hg žarnice (solarij), varjenje, excimer laserji za operacije roženice
- **Röntgenski (X) žarki:** röntgenski aparati, katodne cevi (TV, CRT monitor), Linac
- **$\gamma$  žarki:** radioaktivna jedra atomov

## ■ Delci: $\alpha$ , $\beta$ , n

# Kaj mislimo z izrazom “naprava seva” ali “sevanje je prisotno”?

- Gre za ionizirajoče sevanje
- RTG aparat ali Linac je vključen in deluje
- Radioaktivni vir je izven zaščitnega vsebnika ali brez zaščite
- Nivo sevanja je precej višji kot nekajkratno naravno ozadje

# Merske enote

- Gy (Gray) = J/kg
- Sv (Sievert) = J/kg za (uporablja se za računanje efektivne doze v telesu z upoštevanjem vrste sevanja in občutljivosti organov)
- Sv/h (Gy/h): hitrost doze (nivo sevanja)
- Uporabljajo se manjše enote: nSv/h,  $\mu$ Sv/h, mSv/h,  $\mu$ Sv, mSv
- $1 \text{ Sv} = 1000 (10^3) \text{ mSv} = 1\,000\,000 (10^6) \mu\text{Sv} = 1\,000\,000\,000 (10^9) \text{ nSv}$



# Primeri

- hitrost doze v naravi (Slovenija):  $0.05 - 0.2 \mu\text{Sv/h}$
- efektivna doza v naravi:  $2 - 3 \text{ mSv/leto}$ , dnevna doza  $5-10 \mu\text{Sv}$
- polet čez ocean:  $50 \mu\text{Sv}$
- obisk Postojnske jame:  $50-300 \mu\text{Sv}$
- medicinska diagnostika  $1 \text{ mSv/leto}$  (povprečje)
- medicinska terapija:  $50 - 200 \text{ Gy!!!}$  (To je lahko tudi smrtna doza)
- zakonske omejitve:  $1 \text{ mSv/leto}$  za prebivalce,  $20\text{mSv/leto}$  za profesionalce
- posledice sevanja:  $50 \text{ mSv}$  sprememba krvne slike;  $1 - 6 \text{ Sv}$  opekline, bruhanje, izpadanje las, odpoved imunskega sistema; nad  $6 \text{ Sv}$  smrt

# Primeri na Ol (povzeto po OVID)

- TLD: stavba D, E, H: 0.03 mSv, C: 0.06 mSv mesečno
- delo s pacientom, ki ima apliciran radiofarmak: 0.01 mSv (cel dan)
- intervencija na NM (reševanje pacienta): približno 0.1 - 0.2 mSv
- Delo pri cisternah: 0.1 mSv
- Delo v jodovih sobah: 0.01 mSv

# Posledica

- Doze so zanemarljivo majhne, praktično nemerljive
- Osebe ni ogroženo

# Razvrstitev po trajanju sevanja

- Radioaktivni izotopi: stalno sevajo, dokler ne razapdejo (NM, BRT)
- Aparati s pospeševalno cevjo: sevajo samo takrat, ko so vključeni (RTG, Linac)
- MRI, UZ in  $\gamma$  kamere niso viri IO sevanja

# Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost

# Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine: priprava radiofarmaka, diagnostika in terapija (največ Tc-99m, I-131, F-18)
- Oddelek brahiradioterapije: terapija (I-131)
- Značilnost: sevajo stalno, dokler ne razpadejo
- Pacient po koncu posega seva.



# PET-CT



# Radioaktivni odpadki – skladiščenje



# Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo UV1, tabela 3)
- Izpust

# Zaprta viri (sealed sources)

## ■ Diagnostika:

- stacionarni rentgen, CT, mamograf, premični rentgen, mamotom

## ■ Terapija

- linearni pospeševalnik - Linac
- terapevtski rentgen (Gulmay)
- radioizotopi: TRT Co-60 (ni več na OI), BRT Ir-192 in Sr-90

## ■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

- $\gamma$  kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133
- PET/CT: Na-22, Ga-68

## ■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 2000



# Značilnosti

- Sami po sebi ne sevajo (v prostoru ni sevanja, ko je aparat izključen)! →
- → Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Stacionarni rentgenski aparati





# CT – računalniška tomografija



# Mamografija



# Premični aparati



Philips Practix 400 – intenziva

# Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi (radija ni več):
  - Sr-90 ( $\beta$  sevalec)
  - Ir-192 ( $\gamma$  sevalec)
- Značilnost: stalno sevajo
- Pacient po koncu posega ne seva – vir odstranimo



# Napravi za PDR in HDR



# Teleradioterapija (TRT)

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Oprema na Onkološkem inštitutu
  - 8 Linacov
  - 1 300kV RTG (Gulmay)
  - 3 simulatorji
- Pacient po koncu posega ne seva.



# Linearni pospeševalnik Varian



# Raziskovalni RTG - Gulmay Darpac 2000



# Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



# 3 načini ščitenja pred sevanjem

- Čas
- Razdalja
- Ščit



# Zaščita pred sevanjem

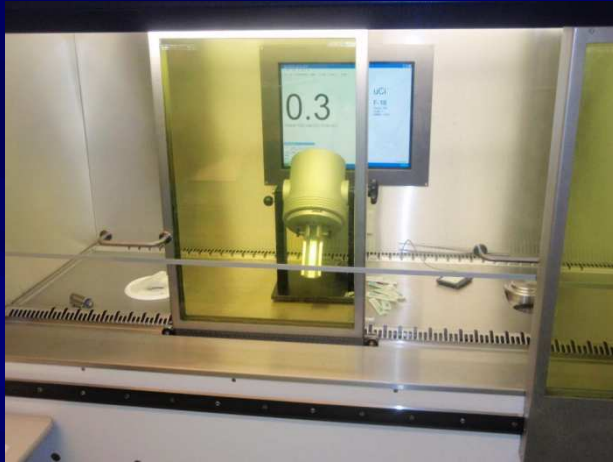
- Predpisana glede na dejavnost
- RTG: zaščitno **Pb steklo** ali tanka stena
- $\gamma$ : zaščitna obleka **ne pomaga** (ščiti nas samo pred **kontaminacijo**), Pb plašč je primeren samo za Tc-99m, za ostale vire pa ne, zato zmanjšamo čas zadrževanja na minimum in povečamo razdaljo do vira na maksimum
- $\beta$ : nekaj **mm plastike**
- Linac: **1 m betona**

# Kaj ni zaščita pred sevanjem?





# Primeri zaščite



# Območja s povišanim sevanjem

## ■ Nadzorovano območje:

- Posebej označeno z znakom (POZOR SEVANJE)
- Vstop je nadzorovan
- Prostor z RTG napravo, prostori z radioaktivnimi viri (cel NM, BRT jod), prostor obsevalnega aparata + klet + travnik

## ■ Opazovano območje – tu posebnih omejitev ni - nadzorni prostori aparatov

# Oznake POZOR SEVANJE



# Povzetek

- Prejete doze pri delu na OI so nizke (razen na NM) – tveganje za sevalne posledice je majhno, delo je varno
- Prejete doze za nesevalne delavce so nemerljive, ni potrebno razvrščanje med sevalce
- Pozorni moramo biti na oznake, ki označujejo povišano sevanje
- Upoštevati moramo navodila osebja oddelka (gibanje po oddelku, možnost kontaminacije, časovni plani obsevanja)
- Seva samo pacient, ki pride iz NM (tudi BRT-jod), ostali pacienti iz drugih oddelkov (RTG, BRT in TRT pa ne)

# Hvala lepa za pozornost!

## Vprašanja?



# **Viri sevanj na Ol in osnove varstva pred sevanji**

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,  
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji  
Onkološki Inštitut, Ljubljana



# Namen

- Seznanitev s sevanjem in viri sevanj na OI
- Odpravimo strah pred sevanjem
- Namen ni prepričevanje, da je sevanje škodljivo ali koristno



# Vsebina

- Osnove o sevanju
- Viri sevanj na OI
- Zaščita pred sevanjem
- Območja s povišanim sevanjem

# Vse seva!

- Kozmično sevanje, direktno sevanje iz zemlje (naravna radioaktivnost), ingestija s hrano:  $\sim 1/2$  letne doze
- Inhalacija radona:  $\sim 1/2$  letne doze
- Umetni viri (medicina, industrija):  $< 10\%$
- Letna doza v Sloveniji 2-3 mSv

# Neionizirajoče sevanje

- **dolgi valovi:** električna napeljava (50Hz)
- **radijski valovi:** radio, TV, mobitel, radijski oddajniki
- **mikrovalovi:** mikrovalovne pečice
- **IR svetloba:** toplota telesa, žarnica na volframovo nitko 95%, IR laser (CD, DVD)
- **vidna svetloba:** vse vidne barve mavrice

# Ionizirajoče sevanje

## ■ Svetloba:

- UV: del sončevega spektra, ki je odgovoren za porjavitev kože, Hg žarnice (solarij), varjenje, excimer laserji za operacije roženice
- Röntgenski (X) žarki: röntgenski aparati, katodne cevi (TV, CRT monitor), Linac
- $\gamma$  žarki: radioaktivna jedra atomov

## ■ Delci: $\alpha$ , $\beta$ , n

# Kaj mislimo z izrazom “naprava seva” ali “sevanje je prisotno”?

- Gre za ionizirajoče sevanje
- RTG aparat ali Linac je vključen in deluje
- Radioaktivni vir je izven zaščitnega vsebnika ali brez zaščite
- Nivo sevanja je precej višji kot nekajkratno naravno ozadje



# Merske enote

- Gy (Gray) = J/kg
- Sv (Sievert) = J/kg za (uporablja se za računanje efektivne doze v telesu z upoštevanjem vrste sevanja in občutljivosti organov)
- Sv/h (Gy/h): hitrost doze (nivo sevanja)
- Uporabljajo se manjše enote: nSv/h,  $\mu$ Sv/h, mSv/h,  $\mu$ Sv, mSv
- $1 \text{ Sv} = 1000 (10^3) \text{ mSv} = 1\,000\,000 (10^6) \mu\text{Sv} = 1\,000\,000\,000 (10^9) \text{ nSv}$

# Primeri

- hitrost doze v naravi (Slovenija): 0.05 - 0.2  $\mu\text{Sv/h}$
- efektivna doza v naravi: 2 - 3 mSv/leto, dnevna doza 5-10  $\mu\text{Sv}$
- polet čez ocean: 50  $\mu\text{Sv}$
- obisk Postojnske jame: 50-300  $\mu\text{Sv}$
- medicinska diagnostika 1 mSv/leto (povprečje)
- medicinska terapija: 50 - 200 Gy!!! (To je lahko tudi smrtna doza)
- zakonske omejitve: 1 mSv/leto za prebivalce, 20mSv/leto za profesionalce
- posledice sevanja: 50 mSv sprememba krvne slike; 1 - 6 Sv opekline, bruhanje, izpadanje las, odpoved imunskega sistema; nad 6 Sv smrt

# Primeri na Ol (povzeto po OVID)

- TLD: stavba D, E, H: 0.03 mSv, C: 0.06 mSv mesečno
- delo s pacientom, ki ima apliciran radiofarmak: 0.01 mSv (cel dan)
- intervencija na NM (reševanje pacienta): približno 0.1 - 0.2 mSv
- Delo pri cisternah: 0.1 mSv
- Delo v jodovih sobah: 0.01 mSv

# Posledica

- Doze so zanemarljivo majhne, praktično nemerljive
- Osebje ni ogroženo

# Razvrstitev po trajanju sevanja

- Radioaktivni izotopi: stalno sevajo, dokler ne razapdejo (NM, BRT)
- Aparati s pospeševalno cevjo: sevajo samo takrat, ko so vključeni (RTG, Linac)
- MRI, UZ in  $\gamma$  kamere niso viri IO sevanja

# Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost



# Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine: priprava radiofarmaka, diagnostika in terapija (največ Tc-99m, I-131, F-18)
- Oddelek brahiradioterapije: terapija (I-131)
- Značilnost: sevajo stalno, dokler ne razpadejo
- Pacient po koncu posega seva.

# PET-CT



# Radioaktivni odpadki – skladiščenje



# Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo UV1, tabela 3)
- Izpust



# Zaprta viri (sealed sources)

## ■ Diagnostika:

- stacionarni rentgen, CT, mamograf, premični rentgen, mamotom

## ■ Terapija

- linearni pospeševalnik - Linac
- terapevtski rentgen (Gulmay)
- radioizotopi: TRT Co-60 (ni več na OI), BRT Ir-192 in Sr-90

## ■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

- $\gamma$  kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133
- PET/CT: Na-22, Ga-68

## ■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 2000

# Značilnosti

- Sami po sebi ne sevajo (v prostoru ni sevanja, ko je aparat izključen)! →
- → Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Pacient po koncu posega ne seva.



# Stacionarni rentgenski aparati



# CT – računalniška tomografija



# Mamografija





# Premični aparati



Philips Practix 400 – intenziva

# Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi (radija ni več):
  - Sr-90 ( $\beta$  sevalec)
  - Ir-192 ( $\gamma$  sevalec)
- Značilnost: stalno sevajo
- Pacient po koncu posega ne seva – vir odstranimo

# Napravi za PDR in HDR





# Teleradioterapija (TRT)

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Oprema na Onkološkem inštitutu
  - 8 Linacov
  - 1 300kV RTG (Gulmay)
  - 3 simulatorji
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Linearni pospeševalnik Varian



# Raziskovalni RTG - Gulmay Darpac 2000





# Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



# 3 načini ščitenja pred sevanjem

- Čas
- Razdalja
- Ščit

# Zaščita pred sevanjem

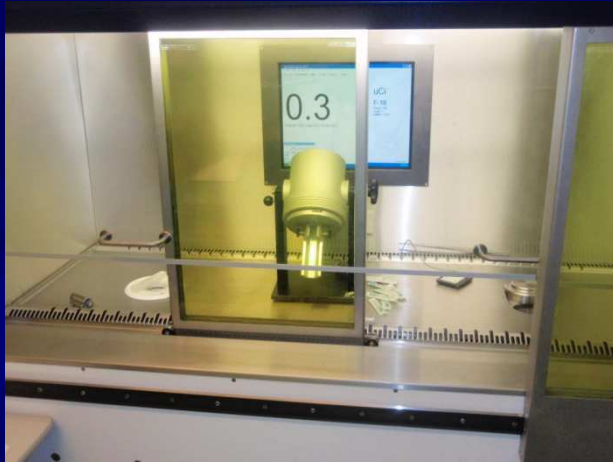
- Predpisana glede na dejavnost
- RTG: zaščitno **Pb steklo** ali tanka stena
- $\gamma$ : zaščitna obleka **ne pomaga** (ščiti nas samo pred **kontaminacijo**), Pb plašč je primeren samo za Tc-99m, za ostale vire pa ne, zato zmanjšamo čas zadrževanja na minimum in povečamo razdaljo do vira na maksimum
- $\beta$ : nekaj **mm plastike**
- Linac: **1 m betona**



# Kaj ni zaščita pred sevanjem?



# Primeri zaščite



# Območja s povišanim sevanjem

## ■ Nadzorovano območje:

- Posebej označeno z znakom (POZOR SEVANJE)
- Vstop je nadzorovan
- Prostor z RTG napravo, prostori z radioaktivnimi viri (cel NM, BRT jod), prostor obsevalnega aparata + klet + travnik

## ■ Opazovano območje – tu posebnih omejitev ni - nadzorni prostori aparatov

# Oznake POZOR SEVANJE



# Povzetek

- Prejete doze pri delu na OI so nizke (razen na NM) – tveganje za sevalne posledice je majhno, delo je varno
- Prejete doze za nesevalne delavce so nemerljive, ni potrebno razvrščanje med sevalce
- Pozorni moramo biti na oznake, ki označujejo povišano sevanje
- Upoštevati moramo navodila osebja oddelka (gibanje po oddelku, možnost kontaminacije, časovni plani obsevanja)
- Seva samo pacient, ki pride iz NM (tudi BRT-jod), ostali pacienti iz drugih oddelkov (RTG, BRT in TRT pa ne)

# Hvala lepa za pozornost!

## Vprašanja?





# **Viri sevanj na Ol in osnove varstva pred sevanji**

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,  
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji  
Onkološki Inštitut, Ljubljana

# Namen

- Seznanitev s sevanjem in viri sevanj na OI
- Odpravimo strah pred sevanjem
- Namen ni prepričevanje, da je sevanje škodljivo ali koristno



# Vsebina

- Osnove o sevanju
- Viri sevanj na OI
- Zaščita pred sevanjem
- Območja s povišanim sevanjem

# Vse seva!

- Kozmično sevanje, direktno sevanje iz zemlje (naravna radioaktivnost), ingestija s hrano:  $\sim 1/2$  letne doze
- Inhalacija radona:  $\sim 1/2$  letne doze
- Umetni viri (medicina, industrija):  $< 10\%$
- Letna doza v Sloveniji 2-3 mSv

# Neionizirajoče sevanje

- **dolgi valovi:** električna napeljava (50Hz)
- **radijski valovi:** radio, TV, mobitel, radijski oddajniki
- **mikrovalovi:** mikrovalovne pečice
- **IR svetloba:** toplota telesa, žarnica na volframovo nitko 95%, IR laser (CD, DVD)
- **vidna svetloba:** vse vidne barve mavrice

# Ionizirajoče sevanje

## ■ Svetloba:

- UV: del sončevega spektra, ki je odgovoren za porjavitev kože, Hg žarnice (solarij), varjenje, excimer laserji za operacije roženice
- Röntgenski (X) žarki: röntgenski aparati, katodne cevi (TV, CRT monitor), Linac
- $\gamma$  žarki: radioaktivna jedra atomov

## ■ Delci: $\alpha$ , $\beta$ , n



# Kaj mislimo z izrazom “naprava seva” ali “sevanje je prisotno”?

- Gre za ionizirajoče sevanje
- RTG aparat ali Linac je vključen in deluje
- Radioaktivni vir je izven zaščitnega vsebnika ali brez zaščite
- Nivo sevanja je precej višji kot nekajkratno naravno ozadje

# Merske enote

- Gy (Gray) = J/kg
- Sv (Sievert) = J/kg za (uporablja se za računanje efektivne doze v telesu z upoštevanjem vrste sevanja in občutljivosti organov)
- Sv/h (Gy/h): hitrost doze (nivo sevanja)
- Uporabljajo se manjše enote: nSv/h,  $\mu$ Sv/h, mSv/h,  $\mu$ Sv, mSv
- $1 \text{ Sv} = 1000 (10^3) \text{ mSv} = 1\,000\,000 (10^6) \mu\text{Sv} = 1\,000\,000\,000 (10^9) \text{ nSv}$

# Primeri

- hitrost doze v naravi (Slovenija):  $0.05 - 0.2 \mu\text{Sv/h}$
- efektivna doza v naravi:  $2 - 3 \text{ mSv/leto}$ , dnevna doza  $5-10 \mu\text{Sv}$
- polet čez ocean:  $50 \mu\text{Sv}$
- obisk Postojnske jame:  $50-300 \mu\text{Sv}$
- medicinska diagnostika  $1 \text{ mSv/leto}$  (povprečje)
- medicinska terapija:  $50 - 200 \text{ Gy!!!}$  (To je lahko tudi smrtna doza)
- zakonske omejitve:  $1 \text{ mSv/leto}$  za prebivalce,  $20\text{mSv/leto}$  za profesionalce
- posledice sevanja:  $50 \text{ mSv}$  sprememba krvne slike;  $1 - 6 \text{ Sv}$  opekline, bruhanje, izpadanje las, odpoved imunskega sistema; nad  $6 \text{ Sv}$  smrt

# Primeri na Ol (povzeto po OVID)

- TLD: stavba D, E, H: 0.03 mSv, C: 0.06 mSv mesečno
- delo s pacientom, ki ima apliciran radiofarmak: 0.01 mSv (cel dan)
- intervencija na NM (reševanje pacienta): približno 0.1 - 0.2 mSv
- Delo pri cisternah: 0.1 mSv
- Delo v jodovih sobah: 0.01 mSv

# Posledica

- Doze so zanemarljivo majhne, praktično nemerljive
- Osebe ni ogroženo

# Razvrstitev po trajanju sevanja

- Radioaktivni izotopi: stalno sevajo, dokler ne razapdejo (NM, BRT)
- Aparati s pospeševalno cevjo: sevajo samo takrat, ko so vključeni (RTG, Linac)
- MRI, UZ in  $\gamma$  kamere niso viri IO sevanja



# Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost

# Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine: priprava radiofarmaka, diagnostika in terapija (največ Tc-99m, I-131, F-18)
- Oddelek brahiradioterapije: terapija (I-131)
- Značilnost: sevajo stalno, dokler ne razpadejo
- Pacient po koncu posega seva.

# PET-CT



# Radioaktivni odpadki – skladiščenje



# Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo UV1, tabela 3)
- Izpust



# Zaprta viri (sealed sources)

## ■ Diagnostika:

- stacionarni rentgen, CT, mamograf, premični rentgen, mamotom

## ■ Terapija

- linearni pospeševalnik - Linac
- terapevtski rentgen (Gulmay)
- radioizotopi: TRT Co-60 (ni več na OI), BRT Ir-192 in Sr-90

## ■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

- $\gamma$  kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133
- PET/CT: Na-22, Ga-68

## ■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 2000



# Značilnosti

- Sami po sebi ne sevajo (v prostoru ni sevanja, ko je aparat izključen)! →
- → Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Stacionarni rentgenski aparati



# CT – računalniška tomografija



# Mamografija





# Premični aparati



Philips Practix 400 – intenziva

# Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi (radija ni več):
  - Sr-90 ( $\beta$  sevalec)
  - Ir-192 ( $\gamma$  sevalec)
- Značilnost: stalno sevajo
- Pacient po koncu posega ne seva – vir odstranimo



# Napravi za PDR in HDR



# Teleradioterapija (TRT)

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Oprema na Onkološkem inštitutu
  - 8 Linacov
  - 1 300kV RTG (Gulmay)
  - 3 simulatorji
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Linearni pospeševalnik Varian





# Raziskovalni RTG - Gulmay Darpac 2000



# Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



# 3 načini ščitenja pred sevanjem

- Čas
- Razdalja
- Ščit



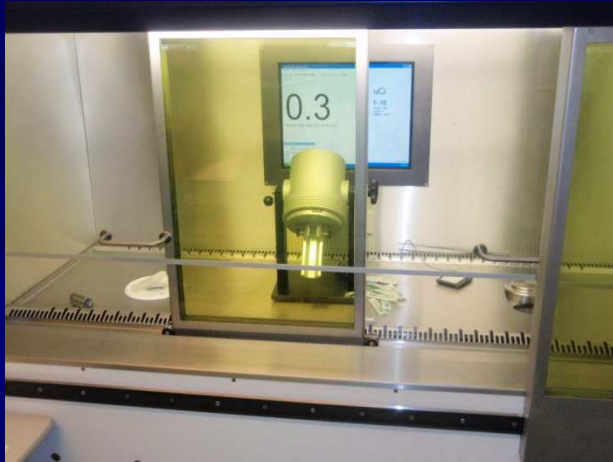
# Zaščita pred sevanjem

- Predpisana glede na dejavnost
- RTG: zaščitno **Pb steklo** ali tanka stena
- $\gamma$ : zaščitna obleka **ne pomaga** (ščiti nas samo pred **kontaminacijo**), Pb plašč je primeren samo za Tc-99m, za ostale vire pa ne, zato zmanjšamo čas zadrževanja na minimum in povečamo razdaljo do vira na maksimum
- $\beta$ : nekaj **mm plastike**
- Linac: **1 m betona**

# Kaj ni zaščita pred sevanjem?



# Primeri zaščite



# Območja s povišanim sevanjem

## ■ Nadzorovano območje:

- Posebej označeno z znakom (POZOR SEVANJE)
- Vstop je nadzorovan
- Prostor z RTG napravo, prostori z radioaktivnimi viri (cel NM, BRT jod), prostor obsevalnega aparata + klet + travnik

## ■ Opazovano območje – tu posebnih omejitev ni - nadzorni prostori aparatov

# Oznake POZOR SEVANJE





# Povzetek

- Prejete doze pri delu na OI so nizke (razen na NM) – tveganje za sevalne posledice je majhno, delo je varno
- Prejete doze za nesevalne delavce so nemerljive, ni potrebno razvrščanje med sevalce
- Pozorni moramo biti na oznake, ki označujejo povišano sevanje
- Upoštevati moramo navodila osebja oddelka (gibanje po oddelku, možnost kontaminacije, časovni plani obsevanja)
- Seva samo pacient, ki pride iz NM (tudi BRT-jod), ostali pacienti iz drugih oddelkov (RTG, BRT in TRT pa ne)



# Hvala lepa za pozornost!

## Vprašanja?



# **Viri sevanj na Ol in osnove varstva pred sevanji**

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,  
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji  
Onkološki Inštitut, Ljubljana

# Namen

- Seznanitev s sevanjem in viri sevanj na OI
- Odpravimo strah pred sevanjem
- Namen ni prepričevanje, da je sevanje škodljivo ali koristno



# Vsebina

- Osnove o sevanju
- Viri sevanj na OI
- Zaščita pred sevanjem
- Območja s povišanim sevanjem

# Vse seva!

- Kozmično sevanje, direktno sevanje iz zemlje (naravna radioaktivnost), ingestija s hrano:  $\sim 1/2$  letne doze
- Inhalacija radona:  $\sim 1/2$  letne doze
- Umetni viri (medicina, industrija):  $< 10\%$
- Letna doza v Sloveniji 2-3 mSv

# Neionizirajoče sevanje

- **dolgi valovi:** električna napeljava (50Hz)
- **radijski valovi:** radio, TV, mobitel, radijski oddajniki
- **mikrovalovi:** mikrovalovne pečice
- **IR svetloba:** toplota telesa, žarnica na volframovo nitko 95%, IR laser (CD, DVD)
- **vidna svetloba:** vse vidne barve mavrice



# Ionizirajoče sevanje

## ■ Svetloba:

- **UV:** del sončevega spektra, ki je odgovoren za porjavitev kože, Hg žarnice (solarij), varjenje, excimer laserji za operacije roženice
- **Röntgenski (X) žarki:** röntgenski aparati, katodne cevi (TV, CRT monitor), Linac
- **$\gamma$  žarki:** radioaktivna jedra atomov

## ■ Delci: $\alpha$ , $\beta$ , n

# Kaj mislimo z izrazom “naprava seva” ali “sevanje je prisotno”?

- Gre za ionizirajoče sevanje
- RTG aparat ali Linac je vključen in deluje
- Radioaktivni vir je izven zaščitnega vsebnika ali brez zaščite
- Nivo sevanja je precej višji kot nekajkratno naravno ozadje

# Merske enote

- Gy (Gray) = J/kg
- Sv (Sievert) = J/kg za (uporablja se za računanje efektivne doze v telesu z upoštevanjem vrste sevanja in občutljivosti organov)
- Sv/h (Gy/h): hitrost doze (nivo sevanja)
- Uporabljajo se manjše enote: nSv/h,  $\mu$ Sv/h, mSv/h,  $\mu$ Sv, mSv
- $1 \text{ Sv} = 1000 (10^3) \text{ mSv} = 1\,000\,000 (10^6) \mu\text{Sv} = 1\,000\,000\,000 (10^9) \text{ nSv}$

# Primeri

- hitrost doze v naravi (Slovenija):  $0.05 - 0.2 \mu\text{Sv/h}$
- efektivna doza v naravi:  $2 - 3 \text{ mSv/leto}$ , dnevna doza  $5-10 \mu\text{Sv}$
- polet čez ocean:  $50 \mu\text{Sv}$
- obisk Postojnske jame:  $50-300 \mu\text{Sv}$
- medicinska diagnostika  $1 \text{ mSv/leto}$  (povprečje)
- medicinska terapija:  $50 - 200 \text{ Gy!!!}$  (To je lahko tudi smrtna doza)
- zakonske omejitve:  $1 \text{ mSv/leto}$  za prebivalce,  $20\text{mSv/leto}$  za profesionalce
- posledice sevanja:  $50 \text{ mSv}$  sprememba krvne slike;  $1 - 6 \text{ Sv}$  opekline, bruhanje, izpadanje las, odpoved imunskega sistema; nad  $6 \text{ Sv}$  smrt

# Primeri na OI (povzeto po OVID)

- TLD: stavba D, E, H: 0.03 mSv, C: 0.06 mSv mesečno
- delo s pacientom, ki ima apliciran radiofarmak: 0.01 mSv (cel dan)
- intervencija na NM (reševanje pacienta): približno 0.1 - 0.2 mSv
- Delo pri cisternah: 0.1 mSv
- Delo v jodovih sobah: 0.01 mSv

# Posledica

- Doze so zanemarljivo majhne, praktično nemerljive
- Osebe ni ogroženo



# Razvrstitev po trajanju sevanja

- Radioaktivni izotopi: stalno sevajo, dokler ne razapdejo (NM, BRT)
- Aparati s pospeševalno cevjo: sevajo samo takrat, ko so vključeni (RTG, Linac)
- MRI, UZ in  $\gamma$  kamere niso viri IO sevanja

# Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost

# Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine: priprava radiofarmaka, diagnostika in terapija (največ Tc-99m, I-131, F-18)
- Oddelek brahiradioterapije: terapija (I-131)
- Značilnost: sevajo stalno, dokler ne razpadejo
- Pacient po koncu posega seva.

# PET-CT



# Radioaktivni odpadki – skladiščenje





# Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo UV1, tabela 3)
- Izpust



# Zaprta viri (sealed sources)

## ■ Diagnostika:

- stacionarni rentgen, CT, mamograf, premični rentgen, mamotom

## ■ Terapija

- linearni pospeševalnik - Linac
- terapevtski rentgen (Gulmay)
- radioizotopi: TRT Co-60 (ni več na OI), BRT Ir-192 in Sr-90

## ■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

- $\gamma$  kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133
- PET/CT: Na-22, Ga-68

## ■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 2000

# Značilnosti

- Sami po sebi ne sevajo (v prostoru ni sevanja, ko je aparat izključen)! →
- → Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Stacionarni rentgenski aparati



# CT – računalniška tomografija





# Mamografija



# Premični aparati



Philips Practix 400 – intenziva



# Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi (radija ni več):
  - Sr-90 ( $\beta$  sevalec)
  - Ir-192 ( $\gamma$  sevalec)
- Značilnost: stalno sevajo
- Pacient po koncu posega ne seva – vir odstranimo

# Napravi za PDR in HDR



# Teleradioterapija (TRT)

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Oprema na Onkološkem inštitutu
  - 8 Linacov
  - 1 300kV RTG (Gulmay)
  - 3 simulatorji
- Pacient po koncu posega ne seva.

# Linearni pospeševalnik Varian





# Raziskovalni RTG - Gulmay Darpac 2000



# Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije





# 3 načini ščitenja pred sevanjem

- Čas
- Razdalja
- Ščit

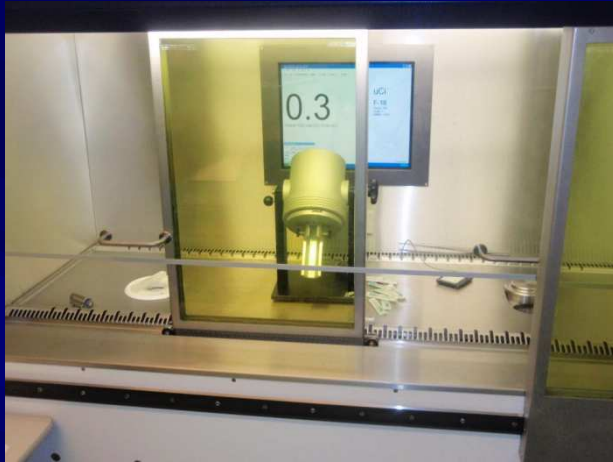
# Zaščita pred sevanjem

- Predpisana glede na dejavnost
- RTG: zaščitno Pb steklo ali tanka stena
- $\gamma$ : zaščitna obleka ne pomaga (ščiti nas samo pred kontaminacijo), Pb plašč je primeren samo za Tc-99m, za ostale vire pa ne, zato zmanjšamo čas zadrževanja na minimum in povečamo razdaljo do vira na maksimum
- $\beta$ : nekaj mm plastike
- Linac: 1 m betona

# Kaj ni zaščita pred sevanjem?



# Primeri zaščite



# Območja s povišanim sevanjem

## ■ Nadzorovano območje:

- Posebej označeno z znakom (POZOR SEVANJE)
- Vstop je nadzorovan
- Prostor z RTG napravo, prostori z radioaktivnimi viri (cel NM, BRT jod), prostor obsevalnega aparata + klet + travnik

## ■ Opazovano območje – tu posebnih omejitev ni - nadzorni prostori aparatov

# Oznake POZOR SEVANJE





# Povzetek

- Prejete doze pri delu na OI so nizke (razen na NM) – tveganje za sevalne posledice je majhno, delo je varno
- Prejete doze za nesevalne delavce so nemerljive, ni potrebno razvrščanje med sevalce
- Pozorni moramo biti na oznake, ki označujejo povišano sevanje
- Upoštevati moramo navodila osebja oddelka (gibanje po oddelku, možnost kontaminacije, časovni plani obsevanja)
- Seva samo pacient, ki pride iz NM (tudi BRT-jod), ostali pacienti iz drugih oddelkov (RTG, BRT in TRT pa ne)

# Hvala lepa za pozornost!

## Vprašanja?

