

# Kontaminaation mittaus säteilyn käytössä

Teollisuuden ja tutkimuksen 12. säteilyturvallisuuspäivät  
5.-7.4.2017

Hanna Tuovinen  
STUK

# Sisältö

- Miksi kontaminaatiomittauksia tarvitaan?
- Avolähteen määritelmä
- Hyvät työtavat säteilylähteiden käsittelyssä
- Kontaminaatiosta aiheutuvia ihoannoksia
- Pintakontaminaatorajat
- Kontaminaatiomittarit
- Oikean kontaminaatiomittarin valitseminen
- Toiminta vahinko – ja onnettomuustilanteessa
- Pintakontaminaation mittaaminen - pikaohje

# Miksi kontaminaatiomittauksia tarvitaan?

- Kontaminaatio aina mahdollista säteilylähteiden käsittelyssä – erityinen riski avolähteiden käytössä
- Vähäinenkin kontaminaatio terveydelle haitallista – erityisesti jos pinnoilla, josta radioaktiiviset aineet voivat joutua elimistöön tai iholle
- Ainoa luotettava tapa kontaminaation poissulkemiselle on mittaus tarkoitukseen sopivalla mittarilla suoraan pinnalta tai pyyhintänäytteestä.  
**Kontaminaation mittaaminen ja tulosten tulkinta vaativat erityisosaamista!**
- Mittarin valinta, kontaminaation luonne sekä mitattavan radionuklidin ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi mittaustuloksen luotettavuuteen
- Mittaustuloksen edustavuuden arviointi ja erityisesti aktiivisuuskatteen määrittäminen vaatii normaaleista säteilysuojelumittauksista poikkeavaa taustatietoa

→ tarjoillaan tässä esityksessä

# Avolähteen määritelmä

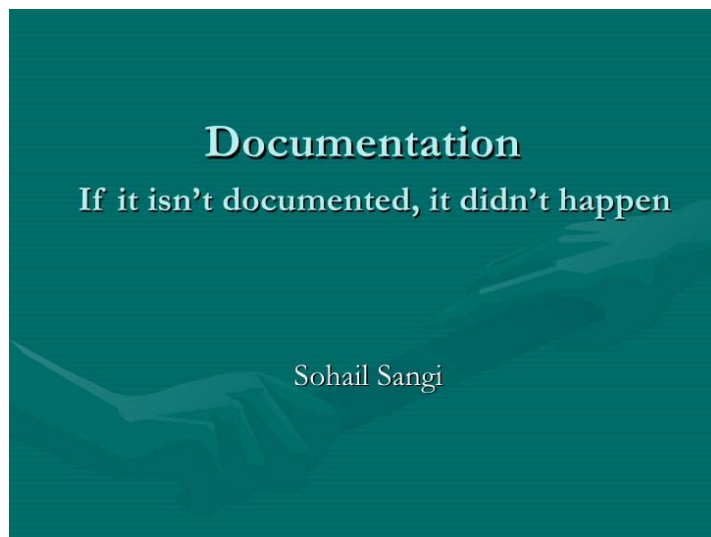
- **Umpilähde** on lähde, jonka rakenne estää radioaktiivisten aineiden leviämisen ympäristöön **tavanomaisissa käyttöolosuhteissa**.
- Muut säteilylähteet ovat **avolähteitä**.

# Hyvät työtavat säteilylähteiden käsittelyssä

- Avolähteiden käytössä huomioitava ulkoisesta säteilystä aiheutuvan altistuksen lisäksi huomioon myös sisäisestä säteilystä aiheutuva altistus
- Aiheutuu hengitysilman, työskentelytasojen tai muiden pintojen kontaminoitumisesta
- Radioaktiivinen aine voi päätyä kehoon suun kautta, hengityksen mukana tai absorboitumalla ihon läpi
- Radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen laboratorion ulkopuolelle ja niiden joutuminen asiattomien haltuun tulee estää!

- Työvälineet on puhdistettava käytön jälkeen ja pidettävä erillään muista työvälineistä
- Laboratoriossa oltava toiminnan laatuun nähden riittävä määrä säteilysuojia, henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja säteilymittareita
- Radioaktiivisia aineita käsitellessä on pidettävä riittävää suojaruustusta, joita ei saa käyttää laboratorion ulkopuolella
- **Hyvät työskentelytavat, säännöllinen puhdistus ja kontaminaatiomittaukset!**
- Työskentelyalustat on suojattava kontaminaation leviämisen estävällä materiaalilla sellaisten työvaiheiden ajaksi, joissa on kontaminaatiovaara
- Leviämisen estämiseksi ja kontaminaation poistamiseksi oltava saatavilla tarpeelliset välineet

- Ulkoisen säteilyn annosnopeutta ja kontaminaation määrää on tarkkailtava riittävän usein
- Kontaminaatiomittaukset on tehtävä työn päätyttyä ja aina silloin, kun epäillään kontaminaatiota
- **Mittaustulokset on dokumentoitava! 'Mitä ei ole dokumentoitu, ei ole tehty.'**



# Kontaminaatiosta aiheutuvia ihoannoksia

Eri radionuklidien aiheuttama annosnopeus,  
kun iholla on tasaisesti jakautuneena aktiivisuus 1 kBq/cm<sup>2</sup>

Radionuklidi	Säteilylaji ja energia	Annosnopeus (mSv/h)
<sup>32</sup> P	$\beta_{\max}$ 1,7 MeV	1,9
<sup>35</sup> S	$\beta_{\max}$ 168 keV	0,4
<sup>99m</sup> Tc	$\gamma$ 140 keV	0,3
<sup>125</sup> I	EC 30 keV	0,02
<sup>131</sup> I	$\gamma$ 365 keV, $\beta$ 606 keV	1,6
<sup>60</sup> Co	$\gamma$ 1,17 MeV, $\gamma$ 1,33 MeV	0,8
<sup>137</sup> Cs	$\beta$ 512 keV, $\gamma$ 662 keV	1,6



# Pintakontaminaatorajat

- Jos rajat eivät ylity, kontaminaatiosta ei vaaraa työntekijöille
- syytä kuitenkin poistaa, etenkin, mikäli helposti tehtävissä!

Radioaktiivinen aine	Työpaikat ja työvälineet		Työntekijät	
	Valvonta-alue (Bq/cm <sup>2</sup> )	Tarkkailualue (Bq/cm <sup>2</sup> )	Vaatteet (Bq/cm <sup>2</sup> )	Iho (Bq/cm <sup>2</sup> )
Alfasäteilijät	4	0,4	0,4	0,2
Beeta- ja gamma-säteilijät	40	4	4	2

- Aktiivisuuskatteelle annetut rajat eivät koske vetokaappien ja muiden vastaavanlaisten käsittelytilojen sisäpintoja eivätkä kontaminaatiosuojaimia, joita käytetään tavanomaisten suojavaatteiden lisäksi työskenneltäessä kontaminoituneissa tiloissa. **Tällöinkin kontaminaatio on pidettävä niin pienenä kuin se käytännöllisin toimin on mahdollista.**
- Aktiivisuuskatetta määritettäessä otetaan huomioon sekä irtoavien että kiinni tarttuneiden radioaktiivisten aineiden määrä. Aktiivisuuskate määritetään keskimääräisenä aktiivisuutena 100 cm<sup>2</sup>:n suuruiselta alueelta, mikäli mahdollista.
- *Pintakontaminaation määrittäminen on esitetty standardissa ISO 7503 (Part 1 – Part 3).*

# Kontaminaatiomittarit

- Sovelluttava kohteena olevan säteilyn mittaamiseen niillä mitattavan suureen arvoilla ja säteilyn lajeilla ja energioilla, joita säteilyn käyttöpaikalla tai sen ympäristössä esiintyy
- Kalibrointien välillä säteilymittarin toimintakunto on tarkistettava säännöllisin välein → yleiskunnon tarkistus ja toimintakoe
- Voidaan käyttää suoraa tai epäsuoraa mittausta: epäsuoralla mittauksella tarkoitetaan pyyhintätestiä standardin ISO 7503 mukaisesti
- Mittarin pienimmän havaittavissa olevan aktiivisuuden on oltava sellainen, että pystytään mittaamaan pintakontaminaatorajojen suuruisia tai jopa pienempiä aktiivisuuksia.

- Jos samassa tilassa käytetään useita radionuklideja ja mittari ei kykene erottamaan eri säteilylajeja toisistaan, ei voida varmistua, mistä isotoopista/säteilylajista on kyse.
- Markkinoilla monenlaisia mittareita
- Mittarin sovelluttava tarkoitettun säteilylajin ja energian mittaamiseen, sekä käyttöoloihin.
- Hyvä ottaa huomioon mittarin reagointinopeus, koko, paino, luotettavuus ja mittarin käyttäytyminen muun kuin mittaushetkenä olevan säteilyn vaikutuksesta
- Muutamat mittarit näyttävät pulssitaajuutta, jota ei saa sotkea annosnopeuteen!
- Jos tarvitaan annosnopeuslukemaa, on mitattava annosnopeusmittarilla!



# Oikean kontaminaatiomittarin valitseminen (1)

## Alfasäteilijät

- Lyhyt kantama ilmassa (3-5 cm)
- Kontaminaatiomittarin ikkunan tulee olla ohut (noin 1 mg/cm<sup>2</sup>), jotta  $\alpha$ -hiukkaset pääsevät ilmaisimen herkkään tilaan.
- $\alpha$ -hiukkaset luovuttavat paljon energiaa. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää hyväksi erottamaan  $\alpha$ -säteily  $\beta$ - ja  $\gamma$ -säteilystä tai röntgensäteilystä.
- Mittarin taustan tulee olla alhainen (muutama cpm).
- Tyypillisiä ilmaisimia ovat
  - Sinkkisulfidi
  - Sinkkisulfidi + muovituikeaine yhdessä (dual probe)
  - Pääteikkuna GM-putki, jossa ohut mica-ikkuna; **GM-putken heikkous on, että se ei pysty erottamaan säteilylajeja toisistaan!**
  - Tausta < 1 cps; Mittausefektiiivisyys 10-20 %

# Oikean kontaminaatiomittarin valitseminen (2)

## Beetasäteilijät

- Maksimienergia vaihtelee ( $^3\text{H} = 0,018 \text{ MeV}$  ,  $^{106}\text{Rh} = 3,6 \text{ MeV}$ ).
- $^3\text{H}$ :a voi mitata suoraan pinnalta vain erikoismittarilla.
- $^{14}\text{C}$  ( $E_{\text{max}} = 0,156 \text{ MeV}$ ) on käytännössä matalaenergisin suoraan mitattava beetasäteilijä.
- Tyypillisiä ilmaisimia ovat ohutikkunainen GM-ilmaisim (tyypillinen ikkunan paksuus noin  $2 \text{ mg/cm}^2$ ), muovituikeilmaisimet ja verrannollisuuslaskuri.
- Jotkut ilmaisimet (dual alpha and beta contamination probes) pystyvät erottelmaan alfa- ja beetasäteilyn toisistaan ja näyttävät mittaustulokset erillisillä kanavilla.
- Tausta muutamasta cps:stä useisiin kymmeneen cps:iin; mittausefektivisyys muutamasta prosentista 25 %:iin.

# Oikean kontaminaatiomittarin valitseminen (3)

## Gamma- tai röntgensäteilyä lähettävät radionuklidit

- Jos radionuklidi emittoi sekä beeta- tai alfasäteilyä että gammasäteilyä, kontaminaatiomittauksessa mitataan mieluummin beeta- ja alfasäteilyä (pienempi tausta/helpompi havaita pieni kontaminaatio)
- Gammasäteilyä mitattaessa käytetään ohutikkunaista NaI-tuikteilmaisinta, (muovituikteilmaisinta), GM-putkea. Suorassa mittauksessa korkea tausta voi häiritä mittausta. Tällöin otettava pyyhintänäyte.
- NaI-tuikteilmaisimen tausta jopa 100 cps; mittausefektiivisyys riippuu ko. radionuklidin lähettämän gamma- tai röntgensäteilyn energiasta.

# Kontaminaatiomittareita



Minimonitor 900,  
GM-ilmaisin, beeta



RDS-80 (GM-  
ilmaisin), beeta



LB 124  
SCINT-300  
(alfa/beeta)



Minimonitor 900  
(NaI-ilmaisin),  
gamma



Alfa/beeta -ilmaisin;  
Canberra -100  
(ZnS + muovituikeaine)



# Alfa-beeta -kontaminaatiomittareita

SAB-100 Alpha/Beta Probe



Canberra Colibri



LB 124, Berthold



Detection efficiencies and MDAs with 100 cm<sup>2</sup> ISO 8769 sources in contact with probe:

Nuclide	Emitter	Typical efficiency over 2π (%)	Guaranteed efficiency over 2π (%)	Response to activity (c/s)/Bq	MDA (Bq)
<sup>241</sup> Am	Alpha	37	33	0.18	0.59
<sup>239</sup> Pu	Alpha	37	33	0.17	0.62
<sup>90</sup> Sr+ <sup>90</sup> Y	Beta	37	33	0.23	9.4
<sup>36</sup> Cl	Beta	37	33	0.23	9.3
<sup>60</sup> Co	Beta + Gamma	13	11	0.065	33.4

MDA: Background = 0.01 c/s (alpha) and 4.0 c/s (beta), measured during 100 s in a 0.1 µGy/h ambience.

Measuring time on source = 10 s.

Statistic: false alarm = 5% and non-detection = 5%.

# Käsi-kenkämonitoreita



Myös alfasäteilyn mittaamiseen soveltuvia on olemassa!

# Toiminta vahinko- ja onnettomuustilanteissa (1)

Jos radioaktiivista ainetta on päässyt leviämään, puhdistustoimiin tulee ryhtyä välittömästi, jotta estetään radioaktiivisen aineen leviäminen.

- ✓ Varoita lähistöllä olevia henkilöitä!
- ✓ Estä pääsy alueelle!
- ✓ Ilmoita vastaavalle johtajalle!
- ✓ Ensin kontaminoituneiden työntekijöiden puhdistus, sitten työskentelytilojen puhdistus ohjeiden mukaisesti.
- ✓ Mahdollisesti ilmoitus STUKille

# Toiminta vahinko- ja onnettomuustilanteissa (2)

## Roiskeet

- ✓ Siivoustyötä tekevillä on oltava suojavaatetus.
- ✓ Jos lattia on kontaminoitunut, estetään pääsy alueelle.
- ✓ Neste imeytetään paperipyyhkeisiin.
- ✓ Pöly pyyhitään kostealla pyyhkeellä.
- ✓ Puhdistusta jatketaan, kunnes pintakontaminaatorajat alittuvat.
- ✓ Jos roiske sisältää jodin isotooppeja, se käsitellään 5-%:sella natriumtiosulfaatilla jodin haihtumisen estämiseksi.

# Toiminta vahinko- ja onnettomuustilanteissa (3)

## Työntekijän kontaminoituminen

- ✓ Kontaminoituneet **vaatteet** riisutaan.
- ✓ **Kädet** pestään vedellä ja saippualla (ei harjata ihoa rikki).
- ✓ **Suu** huuhdellaan vedellä.
- ✓ **Silmät** huuhdellaan steriilillä keittosuolaliuoksella tai vedellä.
- ✓ **Haavat** pestään vedellä (pienen haavojen ollessa kyseessä verenvuotoa voi yrittää edesauttaa).
- ✓ **Hiuksista ja iholta** nesteet imeytetään ensin esim. pumpuliin ja vasta sen jälkeen suihkuun

# Pintakontaminaation mittaaminen - pikaohje

- Tarkista patteri!
- Jos mittarissa on äänisignaali, laita ääni päälle!
- Tarkista tausta
  - Mene paikkaan, jossa on normaalitausta
  - Huomaa, että tausta vaihtelee mittarista riippuen
  - Älä käytä mittaria, jos taustan lukema ei ole normaali!
- Tarkista testilähdettä käyttäen, että mittari näyttää oikein!
- Mitatessasi pidä ilmaisin mahdollisimman lähellä (max noin 1 cm etäisyydellä) mitattavasta pinnasta ja liikuta sitä noin 1 cm/s nopeudella.
- Pidä mittari esillä aina työskennellessäsi radioaktiivisilla aineilla!
- Tarkista säännöllisin väliajoin, että suojakäsineet eivät ole kontaminoituneet!
- Tarkista työskentelytilat, työvälineet ja suojavaatteet aina työn päätyttyä!

'Turvallisuus muodostuu kokonaisuudesta, jossa toimijoina ovat tekniikka, organisaatiot ja ihmiset. Olennainen tekijä turvallisuuden rakentumisessa on hyvin kehittynyt turvallisuuskulttuuri, joka esimerkiksi kannustaa kyseenalaistamiseen, rohkaisee avoimuuteen ja ohjaa jatkuvaan parantamiseen.'

