




STUK-B 312 / HUHTIKUU 2024

Emmi Koskenlehto, Venla Kuhmonen

B



Matkatavaroiden turvatarkastuksessa käytettävien TT-skannerien aiheuttama säteilyannos

Valvontaprojektin raportti

ISBN 978-952-309-582-3 (pdf)
ISSN 2243-1896

KOSKENLEHTO Emmi, KUHMONEN Venla. Matkatavaroiden turvatarkastuksessa käytettävien TT-skannerien aiheuttama säteilyannos. Valvontaprojektin raportti. STUK-B 312. Vantaa 2024. 15 s.

AVAINSANAT: Henkilökohtainen annostarkkailu, dosimetri, turvatarkastus, läpivalaisulaite, säteilytyöntekijä

Tiivistelmä

Säteilyturvakeskus (STUK) selvitti Helsinki-Vantaan lentoasemalla käsimatkatavaroiden läpivalaisussa käytettävien röntgenlaitteiden aiheuttamaa säteilyannosta. Aihe on noussut esiin, koska säteilytyöntekijöiden henkilökohtaiseen annostarkkailuun käytettävissä dosimetreissä on havaittu säteilyannoksia, jotka ovat käsimatkatavaroiden läpivalaisun aiheuttamia. Useissa tapauksissa dosimetri on unohtunut laukkuun läpivalaisun ajaksi. Ylimääräinen säteilyannos heikentää säteilytyöntekijöiden henkilökohtaisen annostarkkailun luotettavuutta. Turvatarkastuksen uudentyyppiset läpivalaisulaitteet on otettu käyttöön vaiheittain vuodesta 2022 alkaen. Selvityksessä läpivalaistiin henkilöannoksien mittaamiseen käytettäviä dosimetrejä ja tavoitteena oli selvittää läpivalaisun dosimetriin aiheuttama säteilyannos. Termoloistedosimetreillä mitatut annokset vaihtelivat välillä 1,91...3,14 mSv (millisievert) ja olivat keskimäärin 2,44 mSv. DIS-dosimetreillä mitatut annokset vaihtelivat 1,13...2,17 mSv ja olivat keskimäärin 1,55 mSv. Kaikki dosimetrit läpivalaistiin kertaalleen, mutta läpivalaisutapaa vaihdeltiin. Osa dosimetreistä sijoitettiin esimerkiksi matkalaukun sisään. Matkalaukun sisällä olleisiin dosimetreihin kertyi noin 20 % pienempi annos kuin matkalaukun ulkopuolisessa sivutaskussa olleisiin.

KOSKENLEHTO Emmi, KUHMONEN Venla. Stråldos orsakad av genomlysning med CT-skanner i säkerhetskontroll. Övervakningsprojektets rapport. STUK-B 312. Vanda 2024. 15 s.

NYCKELORD: Individuell dosövervakning, dosimeter, säkerhetskontroll, genomlysningsapparat, strålningsarbetare

Sammanfattning

Strålsäkerhetscentralen (STUK) undersökte den stråldosen som registreras av en dosimeter vid genomlysning av handbagaget vid säkerhetskontrollen på Helsingfors-Vanda flygplats. Frågan har aktualiserats när dosimetrar som används för individuell dosövervakning har upptäckt stråldoser från screening med nya genomlysningsapparater, "CT-skannrar". På grund av den ytterligare exponeringen är mätningen av arbetstagarnas stråldos mindre tillförlitlig. Den nya typen av genomlysningsapparat vid säkerhetskontroller har införts stegvis från och med 2022. Syftet med studien var att undersöka stråldosen till de dosimetrar som orsakas av en genomlysning. De stråldoser som uppmättes med termoluminiscensdosimetrar varierade från 1,91 till 3,14 mSv (millisievert), med ett medelvärde på 2,44 mSv. De doser som uppmättes med DIS-dosimetrar varierade från 1,13 till 2,17 mSv, med ett medelvärde på 1,55 mSv. Alla dosimetrar genomlystes en gång, men genomlysningssättet varierade. Till exempel placerades vissa dosimetrar inuti en resväska. Dosimetrar inuti resväskan ackumulerade ca 20 % lägre dos än de i en sidoficka utanför resväskan.

KOSKENLEHTO Emmi, KUHMONEN Venla. Radiation dose caused by a CT scan in security control. Supervision project report. STUK-B 312. Vantaa 2024. 15 p.

KEYWORDS: Individual monitoring, dosimeter, security control, X-ray scan, radiation worker

Abstract

Radiation and Nuclear Safety Authority in Finland (STUK) carried out a study on the radiation dose of the x-ray scanners used for hand luggage screening at Helsinki-Vantaa airport at luggage security control. Some workers who are classified as radiation workers travel with dosimeter used for individual dose monitoring. These dosimeters are sometimes forgotten inside hand luggage and they will be accidentally scanned in the luggage security control.

New CT-scanners (Computed Tomography scanner) are x-ray scanners that have come into operation gradually from 2022 onwards. There has been increasing number of observations on radiation doses in dosimeters caused by CT-scanner at the airport security control. Incorrect radiation doses undermine the reliability of the individual dose monitoring of radiation workers.

The aim of this study was to investigate the radiation dose of CT-scanner caused to the dosimeter used for individual monitoring. Thermoluminescent dosimeters measured radiation doses ranged from 1.91 to 3.14 mSv (millisievert), with an average of 2.44 mSv. DIS dosimeters measured radiation doses ranged from 1.13 to 2.17 mSv, with an average of 1.55 mSv. All dosimeters were scanned once. Dosimeters were placed in different position of luggage for example inside the luggage. Dosimeters inside the luggage accumulated about 20% lower dose than those in a side pocket outside the luggage.

Sisällys

TIIVISTELMÄ	3
SAMMANFATTNING	4
ABSTRACT	5
1 TAUSTA	7
2 MITTAUKSET LENTOASEMALLA	8
2.1 TT-SKANNERI	8
2.2 DOSIMETRIT	8
2.3 ERI LÄPIVALAISUTAVAT	9
2.3.1 DOSIMETRIN SIJAINTI	9
2.3.2 MATKALAUKUN AIHEUTTAMA VAIMENNUS	10
2.3.3 DOSIMETRI TAKIN TASKUSSA	10
2.3.4 PERINTEINEN MATKALAUKKURÖNTGEN	10
3 TULOKSET	11
3.1 ERI LÄPIVALAISUTAVAT	11
3.1.1 DOSIMETRIN SIJAINTI	12
3.1.2 MATKALAUKUN AIHEUTTAMA VAIMENNUS	13
3.1.3 DOSIMETRI TAKIN TASKUSSA	13
3.1.4 PERINTEINEN MATKALAUKKURÖNTGEN	13
4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	13

1 Tausta

Vuodesta 2022 lähtien Finavia Oyj on ottanut vaiheittain käyttöön uudenlaisia, tietokonetomografiaan (TT) perustuvia läpivalaisulaitteita Helsinki-Vantaan lentoaseman matkustajien käsimatkatavaroiden turvatarkastuksessa. TT-skannereiksi kutsutuissa laitteissa röntgenputki ja säteilyilmaisim pyörivät matkatavarahihnan ympäri. Matkalaukusta ja sen sisällöstä eri suunnista otetuista poikkileikkauksista muodostuu korkean resoluution kolmiulotteinen kuva laskentaohjelman avulla. Perinteisissä läpivalaisulaitteissa röntgenputki ja ilmaisim ovat paikallaan, vastakkaisilla puolilla laitetta. Matkatavarat kulkevat liukuhihnalla ilmaisimen ja röntgenputken välistä.

TT-skannerit aiheuttavat läpivalaistaville käsimatkatavaroille huomattavasti suuremman säteilyaltistuksen aiemmin käytettyihin perinteisiin läpivalaisulaitteisiin verrattuna. TT-skannereissa käytetty röntgensäteily ei aiheuta vaaraa matkustajille tai turvatarkastuksen työntekijöille, koska laite on suojattu siten, että säteily ei suuntaudu sen ulkopuolelle. TT-skannereista aiheutunut säteilyaltistus ei myöskään vaurioita matkatavaroita. Toisinaan kuitenkin säteilytyöntekijät matkustavat henkilökohtainen dosimetri eli säteilyannosmittari mukanaan, ja yhdestäkin läpivalaisukerrasta dosimetriin kertyy merkittävä annos.

STUK pitää säteilylaissa (859/2018) säädettyä työntekijöiden annosrekisteriä, johon tallennetaan tiedot muun muassa säteilytyöntekijöiden henkilökohtaisen annostarkkailun tuloksista. STUK valvoo säteilytyössä aiheutuvaa säteilyaltistusta ja varmistaa, ettei säteilytyölle asetettuja annosrajoja ylitetä. STUK pyytää tarkempaa selvitystä toiminnanharjoittajalta, mikäli työntekijöille mitataan tavallista suurempia säteilyannoksia. Vuonna 2022 selvitettävien mittaustulosten määrä kasvoi selvästi ja tässä yhteydessä kävi ilmi, että huomattava määrä selvitettävistä mittaustuloksista on aiheutunut lentoasemalla tapahtuneista käsimatkatavaroiden läpivalaisuista.

STUK muutti ohjeistustaan dosimetrien kanssa matkustamisesta, kun TT-skannerien aiheuttaman annoksen suuruusluokka kävi ilmi. Aiemman ohjeistuksen mukaan dosimetriä suositeltiin pidettävän matkustettaessa käsimatkatavaroissa, koska perinteiset käsimatkatavaroiden läpivalaisulaitteet, tai puhekielessä matkalaukkuröntgenit, aiheuttivat pienemmän säteilyaltistuksen kuin lentokoneen ruumaan menevien laukkujen läpivalaisulaitteet. Uuden ohjeistuksen mukaan dosimetrin käyttäjän tulee pyytää turvatarkastuksessa, ettei dosimetriä läpivalaistaisi TT-skannereissa. Helsinki-Vantaan lentoasemalla on edelleen käytössä myös perinteisiä läpivalaisulaitteita, matkalaukkuröntgeneitä, joissa läpivalaisuista aiheutuva säteilyannos on merkityksettömän pieni. Ohjeistuksesta huolimatta vahingossa tehtyjen läpivalaisujen määrä ei vähentynyt, vaan edelleen vuonna 2023 STUKin annosselvityksistä yli puolet oli seurausta lentoasemalla tapahtuneista vahinkoläpivalaisuista uusilla TT-skannereilla.

Annosselvitysten perusteella läpivalaisuista aiheutuneet säteilyannokset vaihtelivat yhdestä millisievertistä (mSv) useisiin millisieverteihin. Finavia Oyj:ltä saadun karkean arvion mukaan yhdestä läpivalaisuista TT-skannerissa aiheutuva annos olisi noin 2 mSv. Vertailun vuoksi, luokan A säteilytyötä tekevän työntekijän vuosittainen annosraja on 20 mSv efektiivisenä annoksena. Efektiivinen annos kuvaa koko kehoon absorboitunutta säteilyannosta. Kudoksen tai elimen ekvivalenttiannos on säteilyn painotuskertoimella kerrottu kudoksen tai elimen keskimääräinen absorboitunut säteilyannos. Kudosten painotuskertoimilla kerrottujen ekvivalenttiannosten summasta saadaan efektiivinen annos.

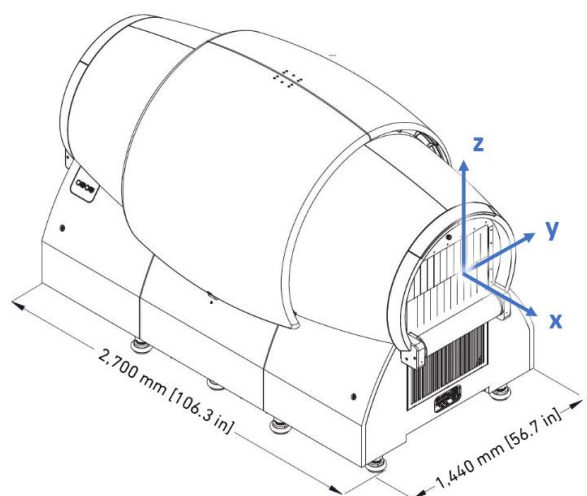
STUK toteutti keväällä 2023 valvontaprojektin, jonka tarkoituksena oli selvittää käsimatkatavaroiden läpivalaisussa käytettävistä TT-skannereista dosimetriin aiheutuva säteilyannos. Tavoitteena oli saada annosvalvonnan käyttöön mitattua tietoa läpivalaisun aiheuttamasta säteilyannoksesta sekä lisätä matkustavien dosimetriä työssään käyttävien työntekijöiden tietoisuutta dosimetriensä käsittelystä matkustettaessa.

2 Mittaukset lentoasemalla

2.1 TT-skanneri

Valvontaprojektin mittaukset tehtiin läpivalaisemalla dosimetrejä Helsinki-Vantaan lentoaseman TT-skannerissa. Kuvassa 1 on esitetty kaaviokuva lentoasemalla käytössä olevasta Rapiscan Systems 920CT -skannerista.

Skannerissa on 160 kV:n jännitteellä toimiva röntgenputki, joka kiertää ympyrärataa matkalaukkuhinnan ympäri. Säteilyilmäisin sijaitsee vastakkaisella puolella ympyrärataa. Matkalaukut kulkevat hihnalla vakionopeudella kuvaan 1 merkityn x-akselin suuntaisesti.



Kuva 1. Helsinki-Vantaan lentoasemalla on käsimatkatavaroiden turvatarkastuksessa käytössä useita Rapiscan Systems 920CT -skannereita. Xyz-koordinaatisto valittiin siten, että origo sijaitsee skannerin pyöreän tunnelin keskipisteessä ja matkalaukkuhinna kulkee x-suunnassa.

2.2 Dosimetrit

Suomessa yleisimmin henkilöiden säteilyannosten mittaamiseen käytettävät dosimetrityypit ovat termoloistedosimetri ja DIS-dosimetri. Termoloistedosimetrin eli TL-dosimetrin toiminta perustuu termoloisteilmiöön, jossa ionisoiva säteily aiheuttaa termoloistekiteeseen viritystiloja, jotka purkautuvat valona, kun kidettä lämmitetään. Annosmittauspalvelu lukee TL-dosimetriin kertyneen säteilyannoksen tarkoitukseen sopivalla luentalaitteistolla, jolloin TL-kiteen viritystila purkautuu. DIS-dosimetrissä (Direct Ion Storage) säteily synnyttää varauksia ionisaatiokammiossa ja varaukset kerätään puolijohteen avulla. DIS-dosimetri voidaan lukea kannettavalla luentalaitteella, eikä annoksen luenta tyhjennä dosimetriä.

STUK tilasi valvontaprojektia varten annosmittauspalvelulta 30 TL-dosimetriä. Lisäksi käytössä oli vastaava määrä STUKin omia DIS-dosimetrejä. TL- ja DIS-dosimetreillä vaste on erilainen eri säteilylaaduilla. Esimerkiksi röntgensäteilyllä, erityisesti matalaenergisien röntgensäteilyn tapauksessa, DIS-dosimetri aliarvioi ja TL-dosimetri yliarvioi todellista säteilyannosta jonkin verran. Dosimetreillä mitataan laajasti eri ionisoivan säteilyn lajeja ja erot vasteessa kuuluvat dosimetrien ominaisuuksiin.

Dosimetreillä mitataan henkilöannosekvivalenttia $H_p(10)$, joka kuvaa säteilyn vaikutusta kehossa 10 mm:n syvyydellä. Henkilöannosekvivalenttia $H_p(10)$ kutsutaan myös syväannokseksi. Syväannos antaa hyvän arvion efektiivisestä annoksesta. Tässä raportissa mitatut annokset ovat syväannoksia.

2.3 Eri läpivalaisutavat

TT-skannerien dosimetreihin aiheuttamaa annosta selvittäessä otettiin huomioon mahdolliset annoksen suuruuteen vaikuttavat tekijät kuten matkalaukun aiheuttama säteilyn vaimeneminen tai dosimetrin sijainti laitteen sisällä tunnelissa. Tästä syystä dosimetrejä läpivalaistiin muutamalla eri variaatiolla. Jokaista variaatiota mitattiin neljällä dosimetrillä, jotta statistinen vaihtelu mitatussa annoksessa voitiin ottaa huomioon. Jokaisessa variaatiossa mitattiin lisäksi molemmilla dosimetrityypeillä. Seuraavaksi kuvataan eri variaatiot, jotka on nimetty A–F-sarjoiksi.

2.3.1 Dosimetrin sijainti

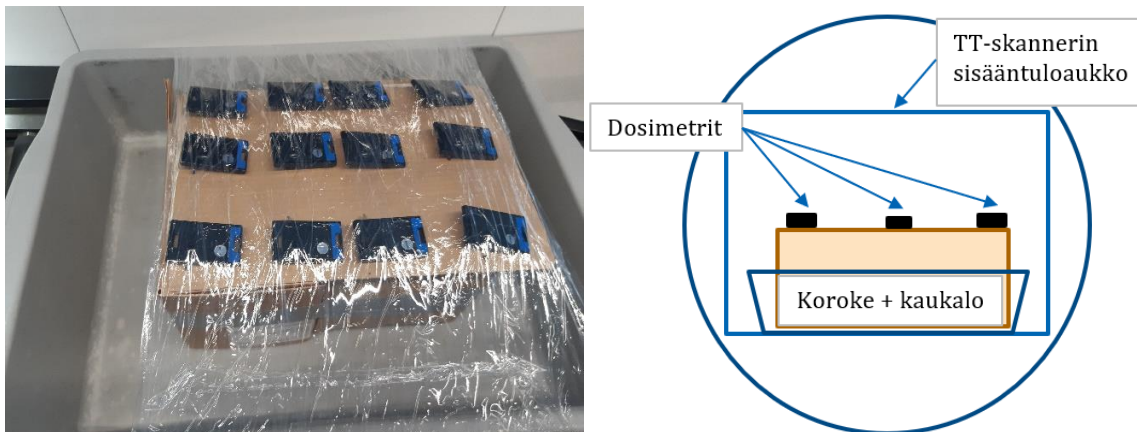
Dosimetrin sijainnin vaikutusta annoksen suuruuteen testattiin asettamalla dosimetrejä eri kohtiin kuvassa 1 määriteltyä xy-tasoa eli skannerin läpi tavaraita kuljettavaa liukuhihnaa.

Tämä toteutettiin kiinnittämällä 12 DIS- ja TL-dosimetriä kolmeen riviin pahviseen telineeseen kuvien 2a ja 2b mukaisesti. Pahvitelineet asetettiin korokkeen päälle ja koroke turvatarkastuksessa käytettävään tavarakaukalo. Asetelmaa on havainnollistettu kuvissa 3a ja 3b. Korokkeena käytetyn pahvilaatikon korkeus oli 19,5 cm, puolet tunnelin suuaukon korkeudesta. Korotuksen ansiosta B-sarjan dosimetrit kulkivat laitteen läpi tunnelin keskipisteessä. Ympyräsymmetrian takia A- ja C- sarjan dosimetreillä mitattujen annosten pitäisi teoriassa olla samat.



Kuva 2a. A-, B- ja C-sarjan dosimetrit kiinnitettynä pahviseen telineeseen. Vasemmanpuoleisessa telineessä on TL-dosimetrejä ja oikealla DIS-dosimetrejä.

Kuva 2b. Kaaviokuva dosimetrien asetelusta. Dosimetrit A1, B1 ja C1 menivät ensimmäisenä TT-skannerin tunneliin.



Kuva 3a. Dosimetrit telineessä tavarakaukaloon kiinnitettyinä. Dosimetrit kiinnitettiin telineineen kaukaloon muovikelmulla, jotta kevyt pahvilaatikko ei liikkuisi kaukalossa osuessaan laitteen tunnelin lyijykumiverhoihin.

Kuva 3b. Kaaviokuva koejärjestelystä kohtisuoraan TT-skannerin tunnelin aukkoon katsottuna.

2.3.2 Matkalaukun aiheuttama vaimennus

Matkalaukun aiheuttama mahdollinen säteilyn vaimeneminen huomioitiin läpivalaisemalla neljä dosimetriä matkalaukun sisällä ja neljä ulkopuolella. Tällä variaatiolla jäljiteltiin tyypillistä tilannetta, jossa säteilytyöntekijä on unohtanut dosimetrin laukkuun. Matkalaukku täytettiin tavanomaisilla matkatavaroilla. D-sarjan dosimetrit (4 kpl) laitettiin pahviseen alustaan kiinnitettyinä lähekkäin toisiaan matkalaukun sisälle, tavaroiden keskelle ja E-sarjan dosimetrit (4 kpl) lähekkäin toisiaan matkalaukun päällä olevaan sivutaskuun. Jos matkalaukku vaimentaa säteilyä, E-sarjan dosimetreihin kohdistuu suurempi säteilyannos.

2.3.3 Dosimetri takin taskussa

F-sarjan dosimetrit läpivalaistiin tavarakaukaloon sijoitetun takin taskussa. Tavarakaukalossa takin alla oli lisäksi reppu, jonka sisällä oli kannettava tietokone. Dosimetrit olivat taskussa satunnaisessa järjestyksessä. Myös tällä variaatiolla jäljiteltiin tavanomaista tapausta.

2.3.4 Perinteinen matkalaukkuröntgen

Kolme DIS- ja TL-dosimetriä (G-sarja) läpivalaistiin myös turvatarkastuksissa aiemmin yleisesti käytetyllä läpivalaisulaitteella (Rapiscan Systems Orion 918CX). G-sarjan dosimetrit asetettiin tavarakaukaloon sellaisenaan ja läpivalaistiin kertaalleen.

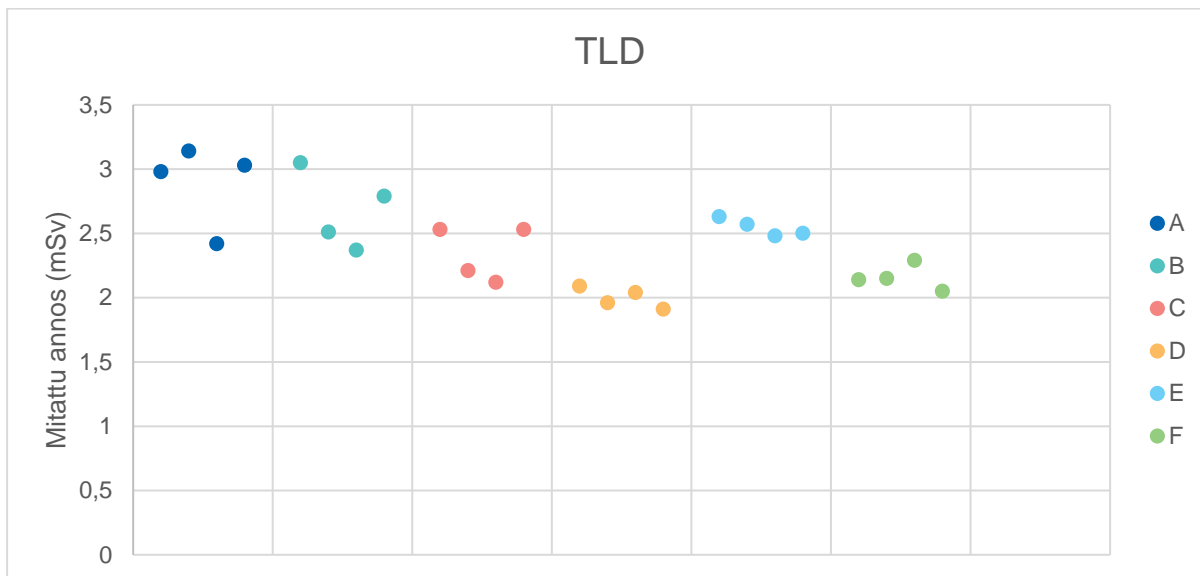
3 Tulokset

3.1 Eri läpivalaisutavat

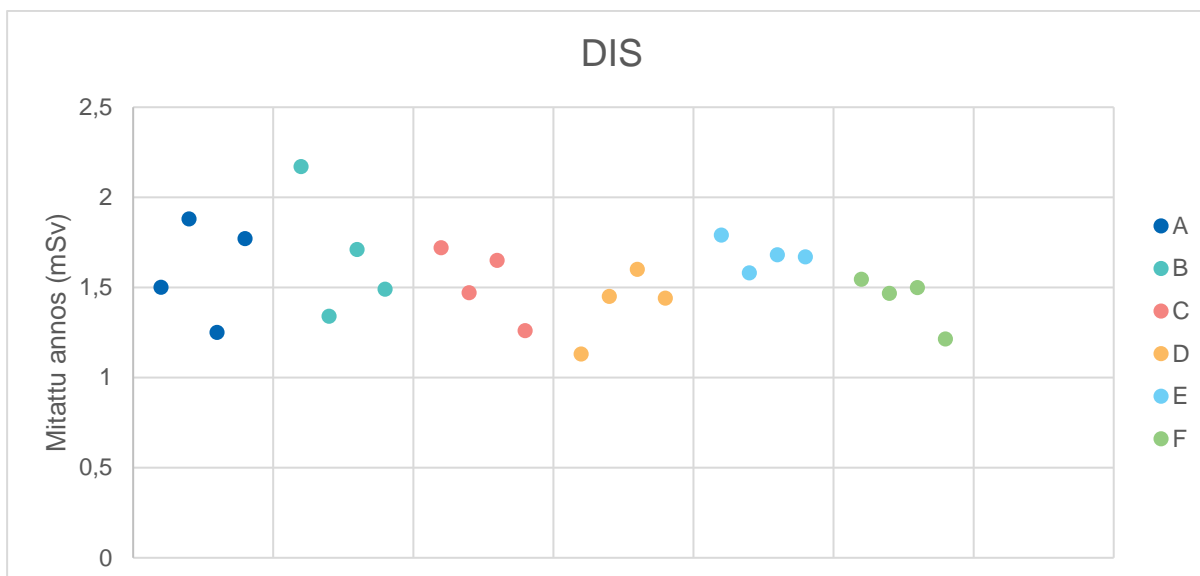
Taulukossa 1 on esitetty TT-skannerista (A, B, C, D, E ja F-sarjat) ja perinteisestä matkalaukkuröntgenistä (G-sarja) dosimetreillä mitatut säteilyannokset eri variaatioissa. Jokaisesta variaatiosta on laskettu myös säteilyannosten keskiarvot ja tulokset on ilmoitettu syväannoksena, $H_p(10)$. TL-dosimetreillä kaikkien variaatioiden keskiarvot olivat välillä 2,0...2,9 mSv ja DIS-dosimetreillä 1,4...1,7 mSv. Tulosten perusteella dosimetrityyppillä on annokseen suurempi vaikutus kuin läpivalaisutavalla.

Taulukko 1. Dosimetreillä mitatut syväannokset, $H_p(10)$ ja keskiarvot eri variaatioille. Syväannos kuvaa säteilyannosta 10 mm:n syvyydellä. G-sarjan dosimetreillä perinteisestä matkalaukkuröntgenistä mitattu säteilyannos oli alle määrittämissä rajoissa.

Mittari	Variaatio	TL annos (mSv)	Keskiarvo (mSv)	DIS annos (mSv)	Keskiarvo (mSv)
A1	dosimetrin sijainti (A)	2,98	2,9	1,50	1,6
A2	dosimetrin sijainti (A)	3,14		1,88	
A3	dosimetrin sijainti (A)	2,42		1,25	
A4	dosimetrin sijainti (A)	3,03		1,77	
B1	dosimetrin sijainti (B)	3,05	2,7	2,17	1,7
B2	dosimetrin sijainti (B)	2,51		1,34	
B3	dosimetrin sijainti (B)	2,37		1,71	
B4	dosimetrin sijainti (B)	2,79		1,49	
C1	dosimetrin sijainti (C)	2,53	2,3	1,72	1,5
C2	dosimetrin sijainti (C)	2,21		1,47	
C3	dosimetrin sijainti (C)	2,12		1,65	
C4	dosimetrin sijainti (C)	2,53		1,26	
D1	matkalaukun vaimennus (D)	2,09	2,0	1,13	1,4
D2	matkalaukun vaimennus (D)	1,96		1,45	
D3	matkalaukun vaimennus (D)	2,04		1,60	
D4	matkalaukun vaimennus (D)	1,91		1,44	
E1	matkalaukun vaimennus (E)	2,63	2,5	1,79	1,7
E2	matkalaukun vaimennus (E)	2,57		1,58	
E3	matkalaukun vaimennus (E)	2,48		1,68	
E4	matkalaukun vaimennus (E)	2,50		1,67	
F1	takin tasku (F)	2,14	2,2	1,55	1,4
F2	takin tasku (F)	2,15		1,47	
F3	takin tasku (F)	2,29		1,50	
F4	takin tasku (F)	2,05		1,21	
G1	matkalaukkuröntgen (G)	-	-	-	-
G2	matkalaukkuröntgen (G)	-	-	0,001	-
G3	matkalaukkuröntgen (G)	-	-	-	-



Kuva 4. A–F-sarjojen TL-dosimetrien mitaamat säteilyannokset.



Kuva 5. A–F-sarjojen DIS-dosimetrien mitaamat säteilyannokset.

3.1.1 Dosimetrin sijainti

Taulukosta 1 sekä kuvista 4 ja 5 nähdään, että A-, B- ja C-sarjan mittauksissa on suurta vaihtelua sarjojen sisällä dosimetrien mitaamissa annoksissa. Esimerkiksi TL-dosimetrien A-sarjassa suurimman (3,14 mSv) ja pienimmän (2,42 mSv) mitatun annoksen erotus oli 0,72 mSv. TL-dosimetreillä suurin keskimääräinen annos mitattiin A-sarjalla ja pienin keskimääräinen annos C-sarjalla. DIS-dosimetreillä suurin annos tuli B-sarjalle ja pienin C-sarjalle. Dosimetrien määrä on liian vähäinen luotettavaa tilastollista analyysiä varten. Tuloksista kuitenkin nähdään, ettei säteilyannoksen mahdollista paikkariippuvuutta voida havaita tehdyistä mittauksista.

3.1.2 Matkalaukun aiheuttama vaimennus

Kuvissa 4 ja 5 ovat D- ja E-sarjan dosimetrit merkitty oransseilla ja sinisillä pisteillä. D-sarjan dosimetrit läpivalaistiin matkalaukun sisällä ja E-sarjan dosimetrit laukun ulkopuolella olevassa sivutaskussa. Kuvissa nähdään ero annosten suuruuksissa D- ja E-sarjan välillä. Lisäksi sarjojen sisällä dosimetreillä mitatuissa säteilyannoksissa vaihtelu oli vähäistä.

TL-dosimetreillä matkalaukun sisällä olleiden dosimetrien keskiarvo oli 2,0 mSv ja matkalaukun ulkopuolella olleiden 2,5 mSv. DIS-dosimetreillä vastaavat luvut olivat 1,4 mSv ja 1,7 mSv. E-sarjan dosimetreihin kertynyt säteilyannos oli 25 % suurempi kuin D-sarjan dosimetreihin TL-dosimetreillä ja 21 % suurempi DIS-dosimetrien tapauksessa.

3.1.3 Dosimetri takin taskussa

Kuvissa 4 ja 5 ovat F-sarjan dosimetrit merkitty vihreillä pisteillä. F-sarjan dosimetrit läpivalaistiin takin taskussa. Tavarakaukalossa oli lisäksi reppu, jossa oli kannettava tietokone. TL-dosimetreillä F-sarjan dosimetrien säteilyannoksen keskiarvo oli 2,2 mSv ja DIS-dosimetreillä 1,4 mSv. Mittaustuloksissa on pieni hajonta verrattuna A-C-sarjoihin.

3.1.4 Perinteinen matkalaukkuröntgen

3 TL- ja 3 DIS-dosimetriä läpivalaistiin myös turvatarkastuksessa käytössä olevalla perinteisillä matkalaukkuröntgeneillä. TL-dosimetreillä ja kahdella DIS-dosimetrillä havaitsemiskynnys ei ylittynyt eli säteilyannosta ei kirjautunut dosimetriin. Yhdellä DIS-dosimetrillä mitattiin annokseksi 1 μ Sv.

4 Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

Projektissa tehdyt mittaukset vahvistavat STUKin annosvalvonnassa tehdyt havainnot. TT-skannerit aiheuttavat merkittävästi suuremman säteilyaltistuksen matkatavaroille verrattuna perinteisiin läpivalaisulaitteisiin. Eniten läpivalaistavaan dosimetriin kertyvän säteilyannoksen suuruuteen vaikuttaa dosimetrin tyyppi. DIS-dosimetrin vaste matalaenergiseen röntgensäteilyyn on havaittu olevan keskimäärin pienempi. Vastaavasti TL-dosimetri yliarvioi todellista säteilyannosta jonkin verran.

Statistinen vaihtelu oli suurinta lähes tyhjässä matkatavaratunnelissa läpivalaistuilla dosimetreillä. Mahdollinen selitys ilmiölle on matalaenergisten röntgensäteiden suodattuminen pois silloin, kun matkatavaratunnelissa on matkatavaroita dosimetrin lisäksi. Röntgenputki tuottaa jatkuvan energiaspektrin, ja suurin mahdollinen putkessa syntyvän röntgenfotonin energia vastaa röntgenputkeen asetettua putkijännitteen arvoa. Kun dosimetriä läpivalaistetaan tyhjässä matkatavaratunnelissa, dosimetrin havaitsemien röntgenputken tuottamien ja skannerin rakenteista sironneiden matalaenergisten fotonien osuus kasvaa dosimetriä peittävän säteilyä vaimentavan materiaalin puuttuessa.

Dosimetrillä tehdyn mittauksen mittausepävarmuus kasvaa röntgenfotonien energian pienentyessä, ja statistinen vaihtelu kasvaa. Lisäksi sirontailmiöt voivat korostua tyhjässä matkatavaratunnelissa. Dosimetrin havaitsemien röntgenfotonien energian pienentyessä annosmittauksen epävarmuus kasvaa, ja tämä voi olla syynä tyhjässä matkatavaratunnelissa tehtyjen annosmittausten suureen vaihteluväliin. Toisaalta on mahdollista, etteivät symmetriaoletukset päde valitussa koejärjestelyssä ja suuri vaihtelu sarjojen sisällä johtuukin siitä, että dosimetrit kulkivat eri kohdissa tunnelia.

Projektissa havaittiin, että matkalaukun sisällä olleisiin dosimetreihin (D-sarja) aiheutui noin 20 % pienempi annos verrattuna matkalaukun ulkopuolisessa sivutaskussa olleisiin dosimetreihin (E-sarja) sekä TL- että DIS-dosimetreillä. Eroa voivat selittää matkalaukun ja matkatavaroiden aiheuttama säteilyn vaimeneminen ja matalaenergisien röntgensäteilyn suodattuminen pois. Riippuen matkalaukun sisällöstä vaimennuksen vaikutus voi todellisissa tilanteissa näkyä myös enemmän. Toisaalta dosimetrit sijaitsivat eri kohdissa korkeussuunnassa (z-suunta), joten ero voi selittyä myös dosimetriin kertyvän säteilyannoksen paikkariippuvuudella. Kuitenkin A-, B- ja C-sarjojen dosimetreillä statistista vaihtelua esiintyi niin paljon, ettei testissä saatu varmuutta siitä, johtuuko D- ja E-sarjoissa havaitut erot statistisesta vaihtelusta vai matkalaukun vaimentavasta vaikutuksesta.

Läpivalaisutapaa varioimalla koejärjestelyssä todettiin TL-dosimetriin aiheutuvan todennäköisimmin noin 2–3 mSv:n säteilyannos ja DIS-dosimetriin karkeasti noin 1–2 mSv:n säteilyannos yhdestä läpivalaisusta. Tieto on tarpeen tilanteissa, joissa työntekijän dosimetri on vahingossa mennyt TT-skannerin läpi ja mittauksen perusteella pitäisi jälkikäteen arvioida työntekijään hänen työssään kohdistunut säteilyannos ja matkatavaroiden läpivalaisusta dosimetriin aiheutunut säteilyannos.

TT-skannereiden matkatavaroille aiheuttamasta säteilyannoksesta on tärkeää tiedottaa dosimetriä työssään käyttäviä säteilytyöntekijöitä, etenkin heitä, jotka matkustavat työnsä vuoksi lentäen. Tietoisuuden lisääminen vähentää toivottavasti jatkossa epähuomiossa tapahtuvaa dosimetrien läpivalaisua. Tämän selvityksen tulosten avulla voidaan jakaa tietoa dosimetreistä ja niiden käytöstä myös turvatarkastuksia lentoasemalla tekevä henkilöstön parissa. Dosimetrien läpivalaisut ovat aiheuttaneet ongelmia myös muissa maissa, joissa vastaavia laitteita on otettu käyttöön. TT-skannereiden yleistyessä lentoasemilla STUKin tekemä selvitys voi tarjota lisätietoa myös muiden maiden säteilyturvallisuusviranomaisille ja säteilyn käyttäjille.

STUK-B -sarjan julkaisuja

STUK-B 312 Koskenlehto Emmi, Kuhmonen Venla. Matkatavaroiden turvatarkastuksessa käytettävien TT-skannerien aiheuttama säteilyannos. Valvontaprojektin raportti.

STUK-B 311 Alén Riina. Teollisuuden ja tutkimuksen turvallisuuskulttuurikysely. Valvontaraportti.

STUK-B 310 Liukkonen Jukka. Kokovartaloprotokollien kuvanlaadun vaihtelu PET-FDG kuvauksissa Terveystieteiden valvontaraportti.

STUK-B 309 Alén Riina, Korhonen Milla, Siru Tuomas. Säteilylähteitä varastoivat kauppiat. Valvontaprojektin raportti.

STUK-B 308 Kojo Katja, Perälä Marjo. Mittauspurkkien määrä työpaikkojen radonmittauksissa.

STUK-B 307 Liukkonen Jukka. Turvallisuusarviot valvonnan välineenä. Isotooppilääketieteen valvontaraportti.

STUK-B 306 Hoilijoki H. Teollisuuden ja tutkimuksen omavalvontakysely. Valvontaraportti.

STUK-B 305 Venelampi E (ed.). Radiation practices. Annual report 2022.

STUK-B 304 Mattila A, Inkinen S (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2022. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2021. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2022.)

STUK-B 303 Venelampi E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2022.

STUK-B 302 Häikiö J (ed.). Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2022.

STUK-B 301 Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Mattila A. Monitoring of radioactivity in the environment of Finnish nuclear power plants. Annual report 2022.

STUK-B 300 Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Mattila A. Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2022.

STUK-B 299 Peri V (ed.). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2022.

STUK-B 298 Häikiö J (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2022.

STUK-B 297 Kuurne I. Isotooppitutkimukset ja -hoidot Suomessa vuonna 2021. Terveystieteiden valvontaraportti.

STUK-B 296 Kojo K, Mänttari I, Kallio A, Kurttio P. Työpaikkojen radonpitoisuudet hyvin ilmaa läpäisevällä maalla.

STUK-B 295 Ruonala V. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2021. Terveystieteiden valvontaraportti.

STUK-B 294 Hietamies T. Säteilyturvallisuusasiantuntijan käyttäminen eläinröntgentoiminnassa. Terveystieteiden valvontaraportti.

STUK-B 293 Siru T, Tanhua-Tyrkkö M. Umpilähteitä varastoivat toiminnanharjoittajat. Valvontaprojektin raportti.